00521
135

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA PARA RECICLADO DE POLIETILEN TEREFTALATO (PET)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA QUIMICA

P R E S E N T A :

BARBARA RIVERA MORALES

MEXICO, D. F. 2003

PAGINACION

DISCONTINUA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA RECICLADO DE POLIETILÉN TEREFTALATO (PET)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA QUIMICA

P R E S E N T A :

BARBARA RIVERA MORALES

MEXICO, D.F. 2003

2

Jurado Asignado:

Presidente:	Prof. Marco Antonio Uresti Maldonado
Vocal:	Prof. Carlos Galdeano Bienzobas
Secretario:	Prof. Andoni Garritz Cruz
1er.Suplente:	Prof. Luis Gallo Sánchez
2o.Suplente:	Prof. Eduardo Flores Palomino

Sitio donde se desarrollo el tema:

Facultad de Química U.N.A.M.

Asesor del Tema:

M en E. Andoni Garritz Cruz

Sustentante:

Bárbara Rivera Morales

INDICE

PÁGINA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de la resina PET (POLIETILEN TEREFTALATO) para la fabricación de envases se incrementa día con día, debido a necesidad de cubrir la demanda de los consumidores la cual es cada vez más con el paso de los años, estos consumos van desde el uso para contener bebidas carbonatadas, mayonesas, aderezos, hoy en día cubrir las necesidades del consumidor de bebidas dietéticas, ya que se busca que estas botellas sean irrompibles, fáciles de transportar, que se puedan llevar a eventos deportivos(en caso de bebidas), en el carro, en la calle, en fin todas las demandas de un nuevo estilo de vida moderno.

El problema que genera es que la basura de estos productos es muy voluminosa y el impacto es grande, por lo que se propone como solución recuperar estos desechos y reciclarlos, con el objeto de que vuelvan a ser materia prima para la fabricación de otros productos, ya que según fuentes en 1999 [1], cinco envases de PET se necesitan para fabricar una playera de poliéster, cinco envases de PET se necesitan para fabricar la fibra para relleno de una chamarra, treinta y seis envases de PET se necesitan para fabricar 0.83m² de alfombra, diez envases de PET se necesitan para fabricar un par de zapatos etc.

En fin es variado el uso que se le puede dar al PET reciclado, estos usos solo se considera en el presente estudio para el recuperado de un proceso de reciclaje mecánico.

Los objetivos de este proyecto se mencionan a continuación:

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un estudio de factibilidad técnico-económico, para saber si se trata de un negocio rentable.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer lo referente al acopio de los envases de PET.
- Conocer los usos que se le pueden dar al material reciclado de PET.
- Conocer la tecnología para reciclar los envases de PET.
- Elaborar un estudio económico, para demostrar que este proyecto es económicamente rentable.

El presente trabajo consta de seis capítulos en los cuales, se desarrollará el proyecto y se concluirá, si elaborar un estudio de factibilidad tecnico-económica para PET, resulta ser un negocio rentable.

1. Según AIREPET (Asociación para Promover el Reciclado de PET), en su hoja "su dato 3 no.9 por MAPCOR 1999.

En el **CAPITULO I MARCO TECNOLÓGICO(Tratado del PET)**, se abarca todo el aspecto teórico del PET y del PET reciclado, para tener los conocimientos teóricos del proyecto; en el **CAPÍTULO II ESTUDIO DE MERCADO** se hará el estudio del producto que se desea fabricar, en cuanto a presentación calidad, precio, demanda, competencia etc, para saber nuestro lugar en el mercado, enfatizando que para todo proyecto de inversión, es de lo más importante para que funcione; en el **CAPÍTULO III ESTUDIO TÉCNICO**, se busca saber el tamaño óptimo de la capacidad de la planta, que por razones lógicas, iniciando el proyecto, se buscará la tecnología que pueda aumentar su capacidad instalada según sea la necesidad; así también se analizará la localización de este proyecto, en bases a el costo de insumos y costo del terreno, y finalmente la ingeniería del proyecto y la organización humana que se requiere para el funcionamiento del proyecto; en el **CAPÍTULO IV ESTUDIO ECONÓMICO**, se hará una evaluación financiera para saber si el negocio es económicamente rentable, haciendo un estudio de prospectiva, mediante la creación de tres posibles escenarios, posteriormente se obtendrán tres valores de tasa de interés del proyecto o negocio, y se hará un gráfico para tener una visión de estos posibles tres escenarios y observar la alternativa más atractiva para un inversionista; en el **CAPÍTILO V RESULTADOS**, se analizará lo obtenido a través de los capítulos, en cuanto a desecho de productos plásticos, situación de México en cuanto al reciclado de material plástico, tecnologías para reciclar y finalmente si este proyecto es económicamente rentable.

CAPITULO I. MARCO TECNOLÓGICO.

TRATADO DEL PET.

1. ANTECEDENTES.

Es importante conocer algunos conceptos que se involucran con el desarrollo del presente trabajo, por lo que se empezará definiendo que es un polímero.

Un polímero es una especie química, la cual es una molécula grande que está formada por enlaces repetidos de muchas moléculas pequeñas llamadas monómeros, un polímero se distingue por tener un peso molecular elevado que puede oscilar entre los miles y millones de gramos, también se les conoce como macromoléculas. La palabra polímero, es de origen latín, la cual significa poli=muchos y mero=partes es decir "muchas partes".

El siguiente paso es saber como se forman estas moléculas gigantes, el proceso de polimerización es en términos muy generales, el que se refiere a casi todos los procesos en los que se forman moléculas grandes a partir de pequeñas.

El estudio de los polímeros, llevó a clasificarlos de muchas maneras, en primer lugar su clasificación en cuanto a si se trata de un polímero natural o sintético y después, por su estructura, sus propiedades físicas, por el uso final que se le de etc. Los polímeros sintéticos pueden clasificarse, por el tipo de método utilizado para su síntesis, como polímeros formados en cadena o polímeros producidos en pasos.

Dentro de la gran familia de los polímeros se encuentran los plásticos, de los cuales, se tratar en especial al Polietilén Terefitalato.

La palabra plásticos se deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado", esta definición no es suficiente para describir de forma clara a la gran variedad de materiales que así se denominan.

Los plásticos técnicamente hablando son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Estos en general, se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural. Es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando calor y presión.

El desarrollo histórico de los plásticos comenzó cuando se descubrió que las resinas naturales podían emplearse para elaborar objetos de uso práctico, entre estas resinas se encuentran el betún, la gutapercha, la goma laca, el ámbar y el hule o caucho. La primera resina sintética fue el hule vulcanizado, obtenida por Charles Goodyear en 1839. A mediados del siglo XIX, el inventor inglés Alexander Parkes

Al rededor de 1860,en los Estados Unidos surgió el primer plástico de importancia comercial, casualmente los hermanos Hyatt aprovechando las ideas de Parkes, obtuvieron el Celuloide. Otro plástico semisintético que tuvo buena aceptación comercial fue el que se desarrollaron Krische y Spitteler en 1897, su principal aplicación fué para la elaboración de botones. En 1899 Leo H.Baekelan, descubrió una resina considerada totalmente sintética, "la baquelita". El siglo XX puede considerarse como el inicio de "La Era del Plásticos". En 1907 salió al mercado la resina fenólica "Baquelita", mientras Staudinger trabajaba en la fabricación de poliestireno y Otto Rhom enfocaba sus estudios al acrílico, que para 1930 ya se producían industrialmente. El PVC aunque habían sido sintetizado desde 1872 por Bauman, fue hasta 1920 cuando Waldo Semon, obtuvo una masa parecida al caucho, iniciándose así la comercialización del PVC en 1938.
Se considera al químico Herman Staudinger, premio Nobel en 1953, como el "Padre de los Plásticos", ya que demostró con sus trabajos iniciados en 1920 que muchos productos naturales y todos los plásticos, están formados por macromoléculas. Entre los años de 1930 y 1950, surgieron plásticos como el Nylon, Polietileno de baja densidad y el Teflón. La década de los sesenta se distinguió porque se lograron fabricar algunos plásticos mediante nuevos procesos, dentro de estos grupos destacan las llamadas "resinas reactivas"como: Resinas Epoxi, Poliésteres Insaturados, y principalmente Poliuretanos.
En los años setentas y ochentas, se inició la producción de plásticos de altas propiedades como las Polisulfonas, Poliarileterceetonas y Polímeros de Cristal Líquido. Las tendencias actuales van enfocadas al desarrollo de catalizadores para mejorar las propiedades de los materiales y la investigación de las mezclas y aleaciones de polímeros con el fin de combinar las propiedades de los ya existentes.

2.HISTORIA DEL PET.

El PET es un poliéster termoplástico, por consiguiente, en esta sección se tomará la historia de cuando se pudo fabricar un poliéster, teniendo como dato que fue Carothers, en el año de 1929, quien logró establecer los principios para la fabricación de poliesteres, sus estudios acerca de la condensación de compuestos bifuncionales, permitieron conseguir la síntesis de polímeros lineales. Siguiendo con la historia de los poliesteres, los químicos ingleses J.T.Dickson y J.R.Whinfield, aproximadamente en los años 30's, partiendo de ácidos aromáticos lograron desarrollar poliésteres saturados con mayor punto de fusión. Ya para el año de 1946 se iniciaba la producción de Polietilén Tereftalato (PET), esta producción se destinó para la fabricación de fibras textiles. Teniendo como dato que para los años 50's el PET se utilizaba para la fabricación de películas.

Para los años 60's este Poliéster Termoplástico además del uso para la fabricación de textiles, se utilizó también en la elaboración de películas flexibles biorentadas para empaques de diversos productos, cassettes, cintas y película biorentada para aplicaciones en fotografía y rayos x. Posteriormente, gracias a procesos aptos y aditivos se consiguió fabricar productos de alto grado de cristalinidad(con estructura microcristalina uniforme), a los cuales se les llamo C-PET, esto sucedió aproximadamente en el año de 1969. Más tarde fueron fabricados los grados amorfos completamente transparentes llamados A-PET.

La demanda a mediados de los 70's de un material que contuviera alimentos, los cuales requieren larga vida de anaquel, permitió que el PET fuera útil para la elaboración de botellas y envases biorentados.

El uso del PET, para principios de los 80's, atravesó una rápida expansión principalmente en los sectores automotriz y eléctrico/electrónico, debido a que este material es resistente a deformaciones a una temperatura de uso invariable. Actualmente el PET tiene un gran mercado en la industria de los envases.

3.CLASIFICACIÓN.

Actualmente hay varios tipos de plásticos, por lo que, su comportamiento y caracteristicas son determinantes para su uso.

Las propiedades que poseen los plásticos así como su comportamiento en la transformación o su aplicación, en general aspectos que puedan usarse en la práctica, es la base para los criterios de clasificación.

Se analizará la clasificación de acuerdo al comportamiento de los plásticos frente a la temperatura, por su polaridad, por su consumo, la clasificación de los Poliésteres Termoplásticos en cuanto a su contenido de monómero y finalmente por su grado.

3.1.COMPORTAMIENTO FRENTE A LA TEMPERATURA.

De acuerdo a este criterio, los polímeros se clasifican en Termoplásticos, Termofijos y Elastómeros. De estas clasificaciones la más importante para este estudio son los termoplásticos, de los cuales se tratará a continuación.

a. TERMOPLASTICOS.

Los termoplásticos se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor, se disuelven o por lo menos se hinchan al contacto con solventes. En el estado sólido pueden deformarse

permanentemente después de aplicar una fuerza, esto se debe a que sus macromoléculas están libres o sueltas unas de otras y pueden deslizarse entre sí ante la aplicación de calor. A temperatura ambiente pueden ser blandos, duros, frágiles y rígidos. Su comportamiento se deriva de la misma estructura molecular, ya que las moléculas tienen forma de cadena abierta o de hilos.

La capacidad de los termoplásticos de reblandecerse o fundirse tiene sus ventajas y desventajas, entre las ventajas podemos mencionar que pueden moldearse por calor, es decir, una lámina o un tubo pueden pasar al estado elástico, similar al de la goma blanda y adquirir nueva forma después enfriarla en un molde; y la ventaja que más interesa para este trabajo es que los termoplásticos pueden soldarse y sus desechos son *RECICLABLES*.

Las desventajas consisten en que el reblandecimiento provocado por el calor limita en gran manera sus temperaturas de uso, sobre todo cuando se someten a la acción simultánea de fuerzas mecánicas.

Los termoplásticos se subdividen en amorfos y semicristalinos.

a.1.Amorfos.

Los termoplásticos amorfos se carcterizan porque sus moléculas filamentosas y ramificadas están en completo desorden, este arreglo molecular permite el paso de la luz, razón por la cual los plásticos amorfos son transparentes o translúcidos generalmente.

Entre los termoplásticos amorfos se encuentran:

- A-PET.
- Copoliésteres de Glicol.

a.2.Semicristalinos.

El orden molecular de los plásticos semicristalinos es relativamente bueno. En él se aprecia cierto paralelismo dentro de los filamentos moleculares y sus ramificaciones más cortas.

El ordenamiento en los tramos de macromoléculas paralelas equivale al ordenamiento de átomos o moléculas en forma de cristales, los cuales se oponen al paso de la luz provocando una apariencia lechosa o translúcida.

A los semicristalinos pertenecen:

- C-PET.
- PBT.

3.2.POLARIDAD

La polaridad de los compuestos orgánicos se debe al desplazamiento de los electrones compartidos entre

los átomos de dos distintos elementos que constituyen la molécula, debido principalmente a las diferencias de número atómico. El par de electrones compartido es atraído con mayor fuerza por el átomo que presente mayor carga en el núcleo. A medida que aumenta la polaridad aumentan también los valores de las propiedades como resistencia mecánica, dureza, rigidez, resistencia a la deformación por calor, absorción de agua y humedad, resistencia a solventes y aceites minerales, permeabilidad al vapor de agua, adhesividad y adherencia sobre piezas metálicas y la cristalinidad.

Cuando la polaridad aumenta, disminuyen las propiedades de dilatación térmica, poder de aislamiento eléctrico, la tendencia a acumular cargas electrostáticas, la permeabilidad a gases no polares O_2, N_2, CO_2 etc.

Ejemplos de esta clasificación son:

•Alta Polaridad: Poliamidas, Poliuretanos, Esteres de Celulosa, Polifluoruro de Vinilo, Polifluoruro de Vinilideno y Plásticos Termofijos.

•Polaridad Media: Estireno-Acrilonitrilo, Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno, Policloruro de Vinilo y sus Copolimeros, TERMOPLÁSTICOS TIPO ESTER y Poliamidas.

•Polaridad Baja: Copolimeros de Etileno y Esteres Insaturados(EVA), Etileno-Tetrafluoroetileno y Polióxido de Fenileno.

•No Polares: Polietileno, Polipropileno, Poliestireno y Politetrafluoroetileno.

3.3.EN CUANTO A CONSUMO EN MÉXICO.

Para poder facilitar, de alguna manera el tratado de los plásticos, se ha dado una clasificación en cuanto a su consumo como materia prima, lo cual agrupa al PET y a los demás plásticos de acuerdo a su importancia y sus aplicaciones en el mercado y así se tienen los COMODITIES, VERSÁTILES, TÉCNICOS O DE INGENIERÍA Y ESPECIALIDADES.

Los COMODITIES[1] son los plásticos más utilizados ya que tienen buenas aunque no sobresalientes propiedades, y que además su precio es de nivel moderado, por lo que el PET[2] por su consumo en la industria de envases esta dentro de un plástico comoditie. También son comodities: el HDPE, LDPE, PVC, PP y PS. Los VERSÁTILES, es un grupo de plásticos intermedios en cuanto a consumo, se caracteriza por requerir de una gran creatividad para diseñar productos, principalmente en aspectos de apariencia, color y forma, entre los versátiles estan el Acrílico, PUR y el grupo de plásticos termofijos como el silicón, resinas poliéster y epoxicas.

1 Conocidos también como plásticos de gran volumen.
2 Para comprender sus abreviaturas de los polímeros, favor de consultar el GLOSARIO de términos.

Los TÉCNICOS O DE INGENIERÍA, estos plásticos se caracterizan por tener un alto desempeño funcional además de un excelente conjunto de propiedades entre las que destacan la resistencia mecánica y límites de temperatura elevados. Tienen como desventaja que son muy caros, aquí, encontramos al PET grado ingeniería en los usos principalmente automotriz, eléctrico/electrónico, plomería/cerrajería y enseres domésticos. En este grupo se incluyen a las poliamidas, poliacetales, policarbonato y poliéster termoplástico. Los ESPECIALES se asocian normalmente con una o más propiedades sobresalientes como bajo índice de fricción, elevada resistencia dieléctrica, y sobre todo un elevado precio por lo que ocupan el menor porcentaje en el consumo global de los plásticos, entre ellos se encuentran: el PPS y PEN.

3.4.CLASIFICACIÓN DE LOS POLIÉSTERES TERMOPLÁSTICOS.

Los Poliésteres Termoplásticos se pueden clasificar de acuerdo a su contenido de monómero, en homopolímeros y copolímeros.

•HOMOPOLÍMEROS.

Un homopolímero, es un polímero obtenido de un solo tipo de monómero. La reacción para su obtención se lleva a cabo, a través del uso de agentes químicos llamados iniciadores.

Dentro de estos se encuentran:

-PET.

-PBT.

Los homopolímeros son el resultado de la polimerización del éster tereftálico, formado al reaccionar ácido tereftálico y un glicol.

•COPOLÍMEROS.

Cuando en la polimerización participan dos o más monómeros de diferentes tipo se obtienen plásticos denominados copolímeros. De acuerdo al arreglo que toman los diferentes monómeros en la cadena polimérica se tienen los siguientes tipos de copolímeros: alternado, bloque, azar e injerto.

Los polímeros resultantes sufren cambios en sus propiedades en función del porcentaje de monómero utilizado y su arreglo, siendo posible modificar en menor o mayor grado muchas propiedades físicas, químicas y de proceso de transformación.

Dentro de los copolímeros tenemos:

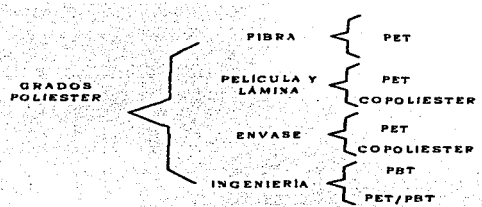
-PETG, Modificado con Glicol.

-PETG, Modificado con Hexanodimetanol y Glicol.

Los copoliesteres son modificados agregando un ácido o un glicol durante la polimerización.

3.5.POR GRADO DE POLIÉSTER

Industrialmente se conoce mejor a estos materiales por su grado y aplicación que está en función del peso molecular y en consecuencia de la viscosidad intrínseca.



PET.

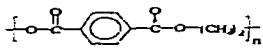
El Polietilén Tereftalato, se puede decir en base a lo tratado, que es un poliéster cuya característica principal es la presencia de uniones éster:

Puesto que el Polietilén Tereftalato se caracteriza por uniones de éster, se dice que es un polímero clasificado como sintético, el cual se produce mediante la polimerización por pasos mediante una reacción de policondensación[1]; a este polímero lo llamamos plástico, el cual pertenece a la familia de los termoplásticos, debido a lo anterior el PET es un poliéster termoplástico y por su consumo decimos que es un COMODITIE.

4.CARACTERÍSTICAS DEL PET.

4.1.ESTRUCTURA.

El PET se puede encontrar en estado amorfo–transparente(A-PET) o semicristalino (C-PET)esto se debe principalmente a su baja velocidad de cristalización y a las condiciones de operación en la transformación. A continuación se presenta la estructura química del PET:



1 El término policondensación, se refiere a grandes términos generales a la reacción de policondensación, en la cual, se forma un polímero cuya fórmula molecular de la unidad repetitiva de la cadena de polímero carece de algunos átomos presentes en el monómero del que esta formado.

Existe variedad en los grados de PET y para poder hacer una diferencia entre estos se toma en cuenta su cristalinidad y peso molecular. Los de peso molecular menor se denominan grado fibra, los de peso medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería. Los que son grado ingeniería poseen mayor cristalinidad, el grado amorfo se utiliza para lámina y botella.

4.2.PROPIEDADES.

Como se ha mencionado hay dos formas de encontrar al PET, es decir, en su estado amorfo y semicristalino. A continuación se presentan propiedades de estos dos estados del PET.

El Polietilen Tereftalato Semicristalino (C-PET)posee una densidad de 1.38 g/cm^{3}siendo mayor que la del A-PET del cual se tratará posteriormente. El C-PET es un termoplástico blanco opaco, el cual posee rigidez y dureza elevadas, resistencia mecánica media, una baja resistencia al impacto y gran resistencia a la abrasión. Para su uso continuo hay que tomar el intervalo de temperatura que abarca desde -20 a +100 ^{0}C (en aire caliente incluso hasta 135^{0}C). En cuanto a la dilatación térmica se sitúa en valores medios y bajos. Como aislante eléctrico presenta un término medio, por lo que, no es apto para aislante en alta frecuencia. La absorción de agua es elevada, posee buena resistencia a la fisura por tensión y a la intemperie, elevada, impermeabilidad a gases, vapor de agua y aromas. Este material presenta las siguientes propiedades de barrera los cuales se presentan en la tabla 4.1 junto con otros materiales.

TRANSMISIÓN			
MATERIAL	OXÍGENO	CO_2	VAPOR DE AGUA
PET	2.6	31	1.72
PETG	40	200	6
PVC	12	24	2
PVDC	0.016	0.47	0.16
PEAD	213	900	0.5
PEBD	600	300	2
PP	360	950	0.8
PA	2.6	4.7	-
PAN	1.24	1.7	7.8
EVAL	-	0.13	6
cm^3/0.001pulg/100pulg^2 24h a 1 atm/ 23^{0}C 0% h.r			

Tabla 4.1. Propiedades de Barrera.

También cabe decir que el C-PET, resiste a los ácidos diluídos, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, aceites, grasas, ésteres y alcoholes. No resiste agua caliente, vapor, ácidos y bases concentrados, hidrocarburos halogenados y cetonas.

Tratando ahora del Polietilén Tereftalato Amorfo (A-PET), presenta una densidad de 1.33 g/cm^3, la cual es menor que la de C-PET, este termoplástico al contrario que el C-PET es transparente, tiene una menor

rigidez y dureza, pero mejor resistencia al impacto. Su intervalo e temperatura de uso, se encuentra entre −40 a +60ºC y en ausencia de aire hasta 100ºC. Se cristaliza por encima de los 90ºC, provocando cierta turbidez a menos que haya sido orientado o sometido a tratamiento térmico con anterioridad. Este material resiste a hidrocarburos clorados, posee propiedades químicas similares a las del C-PET. Tiene buenas propiedaes de barrera a los gases no polares como O_2 y CO_2.

La propiedad más particular del PET, es que debido a que presenta una baja temperatura de transición vítrea (T_g=70ºC), se puede controlar el grado de cristalinidad del polímero mediante el proceso de transformación, es decir, si se enfría razonablemente rápido desde su estado fundido, arriba de 270ºC, hasta una temperatura menor a la transición vítrea, solidifica en estado amorfo obteniéndose un producto de apariencia transparente. Por otra parte, cuando el polímero se calienta por encima de la T_g, entonces tomará lugar la cristalización y como consecuencia el producto moldeado será opaco.

El PET con refuerzo mejora sus propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas.

A continuación en la tabla 4.2, se presentan valores típicos de esta resina con 0 y 45% de fibra de vidrio como refuerzo.

PROPIEDADES DEL PET SIN REFUERZO Y CON REFUERZO

PROPIEDAD	0% Fibra de Vidrio	45% Fibra de Vidrio
Resistencia a la tension	0.54 Kg/cm²	1.96 Kg/cm²
Módulo de flexión	1.16 Kg/cm²	2.96Kg/cm²
Esfuerzo de impacto (ranurado)	43 J/m	128 J/m
Coeficiente de expansión lineal termica	$7.2x10^{-5}$/c	$2.3x10^{-5}$/c
Temperatura de flexion a 4.7 Kg/cm²	215ºC	250ºC
% de absorción de agua a 23ºC despues de 24 h	0.08	0.04
% de absorción de agua al equilibrio	0.6	0.45

Tabla 4.2. Propiedades del PET sin refuerzo y con refuerzo.

4.3.GRADOS ESPECIALES.

Los grados sin reforzamiento pueden ser claros o de color. Los de color se usan por lo general para bebidas carbonatadas. Las resinas claras se presentan en una variedad de grados, con diferentes viscosidades intrinsecas[1], según se muestra:

APLICACIÓN	VISCOSIDAD INTRÍNSECA (dl/g)
Fibras Textiles	Baja(aprox.0.62-0.75)
Fibras ind. Y películas	Alta(aprox.0.9-1.04)
Botellas	Entre(0.72-0.85)

1 Viscosidad intrínseca(V.I), se determina como una medida inherente del peso molecular, es decir, del tamaño promedio de las moléculas que definen el polímero.

4.4.MANIFESTACIÓN CON ADITIVOS.

Para mejorar las propiedades del PET, hay diversos aditivos que modifican las propiedades del PET. Las propiedades del PET que generan los Retardantes a la flama, Cargas y Refuerzos, Modificadores de Impacto, Agentes Antiestáticos, Antioxidantes, Agentes Nucleantes, se describen a continuación en el mismo orden antes descrito.

°Retardantes a la Flama.

El PET arde fácilmente, es por ello que se recomienda utilizar retardantes como los óxidos de antimonio, sales de potasio y refuerzos fibrosos para reducir el goteo del material durante su combustión.

Cuando se adicionan estos aditivos, se obtienen productos con aprobación Underwrite Laboratories (UL), clasificando como 94-VO.

°Cargas o Refuerzos.

Estos se usan para PET grado ingeniería, cuando se quiere mejorar sus propiedades mecánicas naturales. El refuerzo con fibra de vidrio en el PET puede ser hasta del 55%. Las cargas más utilizadas son: el carbonato de calcio, talco y fibra de vidrio.

°Modificadores de Impacto.

Los grados ingeniería de PET son por lo regular quebradizos debido a su estructura cristalina. Cuando se requiere resistencia al impacto, se recomienda formar aleaciones de PET con policarbonato, polietileno o elastómeros.

°Agentes Antiestáticos.

El PET grado lámina al estar en contacto con otros materiales adquiere carga eléctrica y, como no es conductor, es difícil retirar la carga, por lo que se utilizan agentes antiestáticos que cobran mayor importancia cuando se fabrican películas fotográficas.

°Antioxidantes.

El PET es relativamente estable a la auto oxidación, contiene algunos segmentos en su estructura que son facilmente oxidables. Se utilizan agentes antioxidantes para artículos de larga vida útil. Estos antioxidantes son del grupo amino y se pueden agregar durante la policondensación o la pelletización en concentraciones del 1%.

°Agentes Nucleantes.

Antes, los tiempos de cristalización del PET resultaban largos, porque su procesamiento a través del moldeo por inyección era económico a nivel comercial. Después se desarrollo la tecnología para lograr una

cristalización más rápida. Ahora, dicho desarrollo se utiliza sólo para el PET grado ingeniería. Como agentes nucleantes, se utilizan óxidos de metales a una concentración de 0.5%. El objetivo de agregar este aditivo, es para que el material cristalice completamente en el molde y no sufra distorsiones o encogimientos.

5.OBTENCIÓN.

El PET se obtiene por medio de los siguientes caminos[1]:

•A partir del ácido tereftálico y el etilenglicol.

•Partiendo del dimetiltereftalato y etilenglicol.

•Por medio de ácido tereftálico y óxido de etileno.

5.1.MATERIAS PRIMAS.

Se mencionó anteriormente las materias primas para la obtención del PET, siendo estas el ácido tereftálico, etilenglicol, dimetiltereftalato y óxido de etileno.

Con objeto de generalizar, a continuación se mencionará la estructura, propiedades y obtención de algunas materias primas.

•ÁCIDO TEREFTÁLICO(TPA).

a. Estructura.

El ácido tereftálico, también llamado ácido paraftálico o ácido benceno -p-dicarboxílico, es del tipo aromático donde los radicales carboxilos se encuentran en posición *para*, en lados opuestos.

b. Propiedades.

Se presenta en forma de cristales o polvo blanco, es insoluble en agua, cloroformo, éter y ácido acético, ligeramente soluble en alcohol y soluble en álcalis, es poco combustible y tóxico. Sublima a temperaturas entre 300 y 425ºC.

c. Obtención.

La figura 5.1. muestra el diagrama de producción del ácido tereftálico a partir del paraxileno por medio de una oxidación. La reacción es:

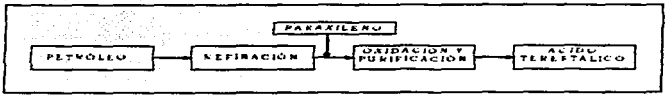


Figura 5.1.Obtención de Ácido Tereftálico.

1 Metodos de obtencion obtenidos de la SEMIP, COMISIÓN PETROQUÍMICA MEXICANA.

•ETILENGLICOL.

a. Estructura.

También conocido con el nombre de alcohol etilénico, glicol ó 1,2-etanodiol. Es el glicol más simple, tiene dos radicales oxidrilo, uno en cada átomo de carbono.

b. Propiedades.

Es un líquido transparente, incoloro, de sabor dulce, higroscópico y poco volátil. Es soluble en agua, alcohol y éter. Baja el punto de congelación del agua, usándose como base en los anticongelantes. Es tóxico por ingestión.

c. Obtención.

La obtención del etilenglicol parte del etileno, que se obtiene de la refinación del petróleo. Posteriormente, se lleva a cabo una oxidación para obtener el óxido de etileno y finalmente, a través de hidrólisis se obtiene el etilenglicol. La figura 5.2 representa el proceso de producción.

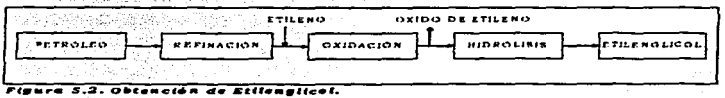


Figura 5.2. Obtención de Etilenglicol.

•ÓXIDO DE ETILENO.

a. Estructura.

Es conocido también como 1,2-epoxietano, también a menudo se le da el nombre de oxirano.

b. Propiedades.

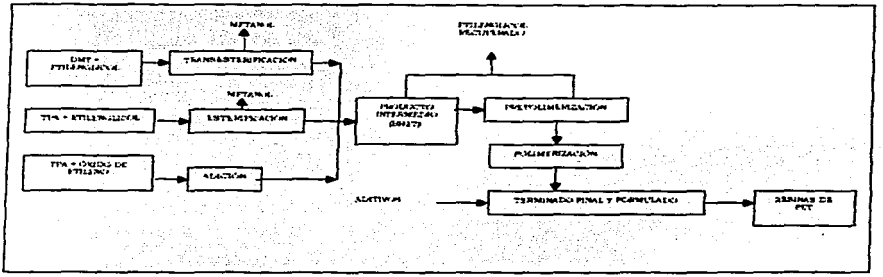
Es un gas incoloro de olor dulce y algo lacrmógeno, su punto de ebullición es de 10.5°C. Soluble en agua y disolventes orgánicos.

c. Obtención.

Se fabrica calentando etilenclorhidrina con $Ca(OH)_2$ ó NaOH, o por oxidación directa del eteno (etileno) a 250-300°C usando un catalizador de plata. La figura 5.3. representa la producción de óxido de etileno:

Figura 5.3 Obtención de Óxido de Etileno

Retomando, lo mencionado acerca de los caminos tecnológicos de obtención del poliéster termoplástico, se manifiesta que estos caminos son similares, ya que su obtención es a partir de una reacción de policondensación[1]. Los caminos para obtener PET se muestran a continuación:



Los caminos para obtener el PET son diferentes en la primera etapa, en la cual se obtiene el producto intermediario Bis(2-hidroxietil)-Tereftalato(BHET). Una vez obtenido el producto intermediario(BHET), las operaciones necesarias para obtener el polimero final son: Prepolimerización, Polimerización, Separación de disolventes y/o subproducto,Terminado del polimero y Formulación.

El camino a partir de ácido tereftálico y etilenglicol, tiene como reacción inicial la esterificación:

$$TPA + 2\ Etilenglicol \Leftrightarrow BHET + 2\ AGUA$$

Esta es una reacción reversible por lo que para que el equilibrio se desplaze hacia la derecha se debe efectuar la reacción bajo ciertas condiciones, se tiene que volatilizar y eliminar el agua producida, en cuanto a las condiciones en las que se tiene que trabajar tenemos la presión que usualmente debe ser mayor a 1 atm y la temperatura entre 200 y 260ºC

El camino a partir de dimetiltereftalato y etilenglicol, tienen como primera etapa la reacción de transesterificación:

$$DMT + 2Etilenglicol \Leftrightarrow BHET + 2Metanol$$

Al igual que el primer camino analizado, esta reacción es reversible y como se pretende desplazar el equilibrio hacia los productos (derecha), la reacción se lleva a cabo bajo condiciones que volatilicen el

1 Para mayores de policondensación, favor de ver la nota a pie de página, en la página 11.

metanol y que pueda eliminarse fácilmente de los reactores de transesterificación.

Se trabaja usualmente a presión atmosférica y a una temperatura de 170ºC al inicio de la reacción y al final de la misma de 230ºC. El camino a partir de ácido tereftálico y óxido de etileno, presenta la siguiente reacción:

TPA + 2Óxido de etileno ⇒ BHET

Esta reacción se efectúa en un medio orgánico (usualmente benceno, y se utiliza una amina como catalizador (trietanol amina), a una temperatura de 116ºC y presiones superiores a la atmosférica al rededor de 15.48atm(16Kg/cm²). La reacción es seguida por la reacción de policondensación:

TPA + BHET ⇔ PET + Etilenglicol + H_2O

y se lleva acabo a una presión cercana a la atmosférica y a una temperatura de 250ºC.

La aplicación de este camino para obtener PET ha estado limitado a escala comercial.

Como se mencionó, las etapas posteriores de operación necesarias para obtener el polímero final son similares y en general la reacción de Prepolimerización se conduce normalmente a presiones menores a la atmosférica, hasta alcanzar 1.3158 e⁻³ atm(1mmHg) y con temperaturas que oscilan entre 230 y 285ºC.

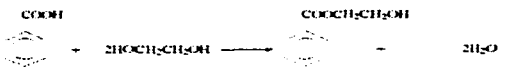
BHET ⇔ POLIMERO + Etilenglicol

El etilenglicol formado se elimina como vapor conforme avanza la reacción. El peso molecular obtenido en este paso es de aproximadamente 6000g/mol. La polimerización final se hace a menos de 1.3158 e⁻³atm(1mmHg) y a 285ºC, el polímero obtenido tiene un peso molecular de aproximadamente 18000 g/mol. El polímero obtenido en esta etapa tiene aplicaciones textiles o para películas.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PARA OBTENCIÓN DE PET.

•OBTENCIÓN PARTIENDO DE ÁCIDO TEREFTÁLICO Y ETILENGLICOL.

El proceso inicia al introducir el TPA mediante alimentadores tipo "tornillo"al reactor(es) en los que se produce el BHET, junto con el etilenglicol, el cual se precalienta hasta una temperatura de 232ºC antes de su entrada a dicho(s) reactor(es), en el(los)reactor(es) la presión requerida es de 4.3515atm(4.5Kg/cm²) y se efectúa la siguiente reacción:



Ácido Tereftálico P.M. 166	Etilenglicol P.M. 62	Bis(2-Hidroxietil)Tereftalato P.M. 254	Agua P.M. 18

Conforme avanza la reacción el agua formada se separa en forma de vapor junto con algo de etilenglicol, parte de este etilenglicol se separa y recircula al reactor. El producto formado se envía a la sección de prepolimerización para continuar su procesamiento en forma similar a como ocurre en el proceso de DMT y etilenglicol descrito a continuación.

La tabla 5.1. muestra las claves y nombres de los equipos que forman parte del proceso.

CLAVE	NOMBRE
AT	Alimentador de tornillo
R-BHET	Reactor BHET
SA	Silo de almacenamiento
TA (1-3)	Tanque de almacenamiento
IC (1-5)	Intercambiador de calor

Tabla 5.1. Claves y Nombres de los Equipos.

En la figura 5.4. se muestra un esquema simplificado de las secciones de producción del BHET del proceso para obtener PET a partir de este proceso.

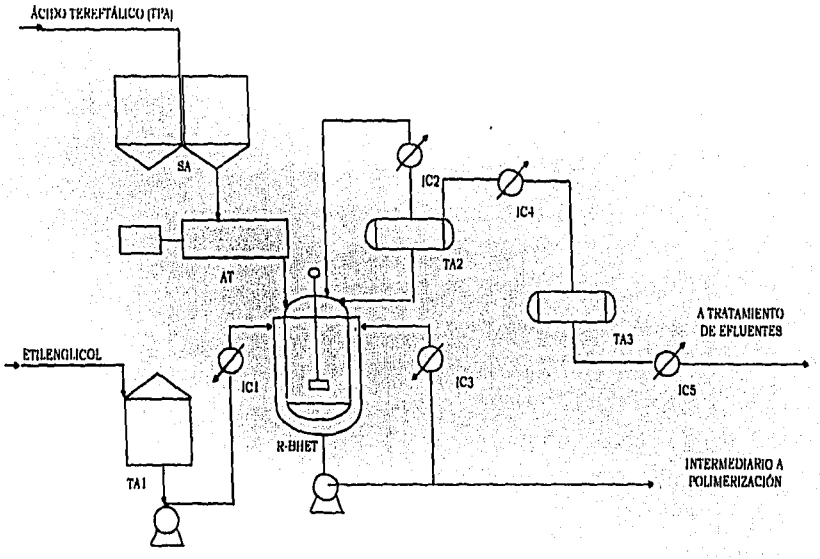
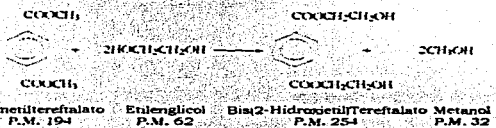


FIG. 5.4. OBTENCIÓN DE POLIETILENTEREFTALATO (PET)
SECCIÓN DE ESTERIFICACIÓN

Fuente: SEMIP, Comisión Petroquímica Mexicana, Plásticos de Ingeniería.

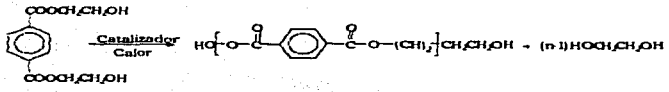
•OBTENCIÓN PARTIENDO DE DIMETILTEREFTALATO Y ETILENGLICOL.

El Dimetiltereftalato(DMT) se introduce por medio de un alimentador de tornillo, a los fundidores (con vapor) de DMT, de aqui se bombea al domo del reactor de intercambio de éster. El etilenglicol del almacenamiento se calienta y se divide en dos partes, una pasa a la torre de recuperación de metanol y la otra parte se alimenta al tanque de mezclado con catalizador. El efluente de este mezclador pasa al reactor de intercambio de éster donde tiene lugar la reacción:



La relación de alimentación etilenglicol: DMT es de 2:1, el tiempo de residencia del liquido es de cerca de 2.5horas y la conversión del DMT es mayor de 99%. Este reactor es en realidad una columna de platos que opera a una presión atmosférica y a una temperatura de 170ºC en el domo, y de 234ºC en los fondos utilizando acetato de zinc como catalizador. El metanol producido en la reacción se recupera en el domo de la columna de metanol. Por el fondo de la misma se obtiene una corriente que contiene principalmente etilenglicol y DMT la cual, después de vaporizarse, se retorna al reactor de intercambio de éster.

La corriente que sale del fondo del reactor de intercambio de éster se envía a la sección de Prepolimerización. Los reactores de prepolimerización operan a una presión que llega a ser de 1.3158e^{-3}atm(10mmHg) y a una temperatura de 234ºC en la parte superior y 273ºC en los fondos y utilizan trióxido de antimonio como catalizador en estos reactores se obtiene etilenglicol por la parte superior, el cual se envia a purificar para ser recirculado; y un prepolímero con un peso molecular promedio aproximadamente de 6000g/mol. El prepolimero obtenido se mezcla con una corriente de titanio en emulsión y se alimenta a los reactores de polimerización a 273ºC. La temperatura al final del tren de polimerización es de 293ºC, mientras que la presión es menor a 1.3158e^{-3}atm(1mmHg). El tiempo de residencia es de 6 horas o menor y el peso del polimero obtenido es de 18000g/mol o más; la reacción de polimerización es la siguiente:



Bis(2-Hidroxietil)Tereftalato P.M. 254 | Polietilentereftalato P.M. 10,000-30,000 | Etilenglicol P.M. 62

El polimero se envía a manejo de efluentes y formulado final. El etilenglicol obtenido tanto en la prepolimerización como en la polimerización se purifica mediante destilación. En una primera columna los fondos del domo se calientan hasta 130°C y se envía a una segunda columna en la que se obtiene etilenglicol de la concentración necesaria para recircularse.

En la tabla 5.2. se describen las claves y nombres de los equipos que conforman el proceso.

CLAVE	NOMBRE
AT	Alimentador de tornillo
F1-DMT	Fundidor de DMT
RI-E	Reactor de intercambio de éster
IC-ET	Intercambiador de calor para etilenglicol
TR-M	Torre de recuperación de metanol
TM1	Tanque de mezclado con catalizador
RPP	Reactor de prepolimerización
TM2	Tanque de mezclado con óxido de titanio
RP	Reactor de polimerización
TR-ET (1,2)	Torre de recuperación de etilenglicol
VAP	Vaporizador
IC (1-9)	Intercambiador de calor

Tabla 5.2. Claves y Nombres de Equipos.

En la figura 5.5. se presenta este proceso.

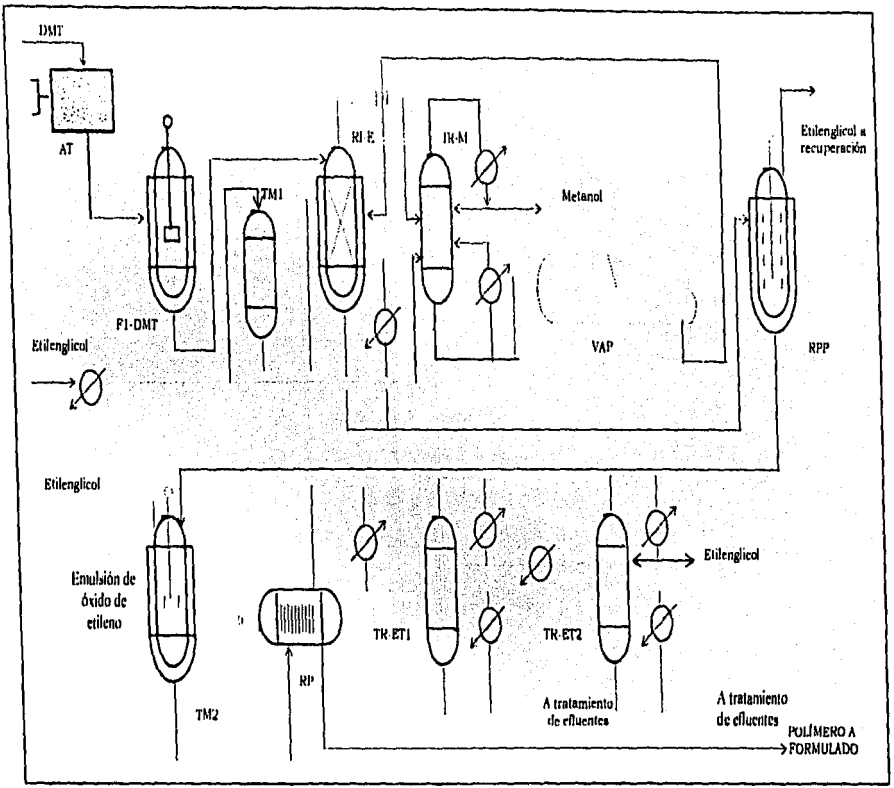


FIG.5.5. OBTENCIÓN DE POLIETRILENTEREFTALATO A PARTIR DE DIMETILTEREFTALATO Y ETILENGLICOL.

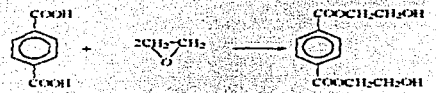
Fuente:SEMIP,Comisión Petroquímica Mexicana.

•OBTENCIÓN PARTIENDO DE ÁCIDO TEREFTÁLICO Y ÓXIDO DE ETILENO.

El TPA se introduce a través de los alimentadores de tornillo a un tanque de mezcla al que se agrega además, benceno de reposición

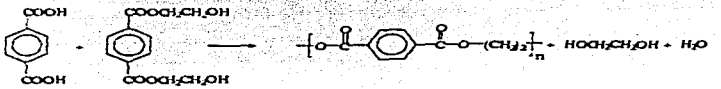
y una mezcla de óxido de etileno-benceno de recirculación, junto con el catalizador (trietanolamina); la mezcla en emulsión formada se alimenta al reactor de TPA-OE. Una parte adicional de óxido de etileno se agrega directamente del almacenamiento.

El reactor utilizado es un tanque agitado provisto de una chaqueta y unas bobinas internas de enfriamiento para remover el calor de reacción. Las condiciones de reacción son: una temperatura de 115ºC y una presión de 15.472atm(16Kg/cm²), con un tiempo de residencia de cerca de 100 minutos. La reacción principal es:



Ácido Tereftálico P.M. 166 | Óxido de Etileno P.M. 44 | Bis(2-Hidroxietil)Tereftalato P.M. 254

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



Ácido Tereftálico P.M. 166 | Bis(2-Hidroxietil)Tereftalato P.M. 254 | Polietilén Tereftalato | Etilenglicol P.M. 62 | Agua P.M. 18

Este segundo reactor trabaja a una temperatura de 250ºC y una presión de 0.967atm(1 Kg/cm²) y tiene un tiempo de residencia aproximado de 2 horas; el prepolímero producido hasta este momento, con un peso molecular promedio de 2000g/mol pasa ala sección de polimerización y el proceso continúa en una forma similar a la del proceso de DMT descrito anteriormente.

A continuación se presenta la tabla 5.3. la cual presenta la clave y nombre del equipo.

CLAVE	NOMBRE
TA-1	Tanque de almacenamiento de TPA
AT	Alimentador de tornillo
TM	Tanque mezclador
TA-2	Tanque de almacenamiento de benceno
TA-3	Tanque de almacenamiento de OE
TA-4	Tanque de almacenamiento de TPA
IC-1	Intercambiador de calor
RTPA-OE	Reactor de TPA-OE
IC-2	Intercambiador de calor
TA-4	Tanque de almacenamiento
EVA	Evaporador
IC-3	Intercambiador de calor
TA-5	Tanque de almacenamiento
RPP	Reactor de prepolimerización
IC-4	Intercambiador de calor
TA-6	Tanque de almacenamiento
IC-5	Intercambiador de calor

Tabla 5.3. Claves y Nombres de los Equipos.

En la figura 5.6. se muestra una sección del diagrama de flujo de proceso correspondiente a la sección entre el óxido de etileno y el ácido tereftálico.

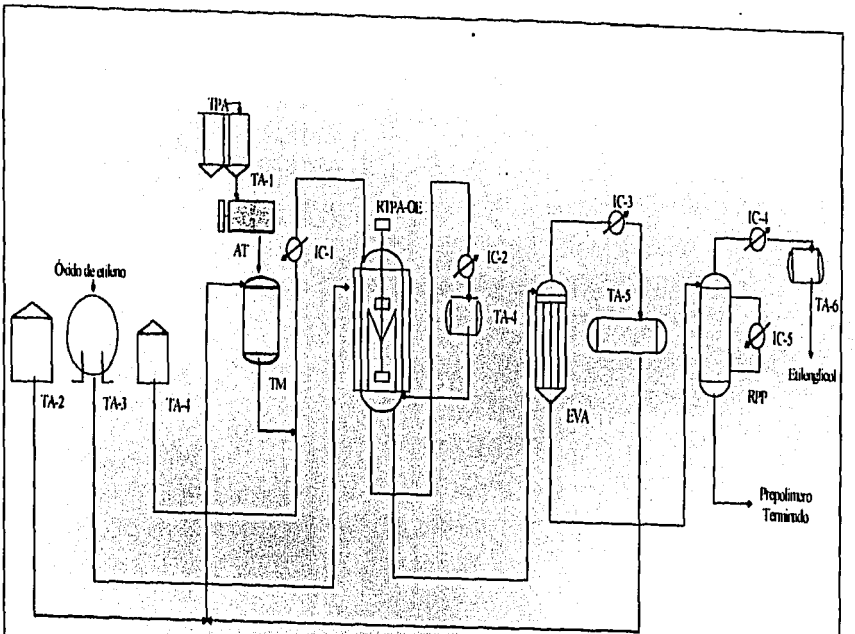


FIGURA 5.6 OBTENCIÓN DE PET A PARTIR DE ÁCIDO TEREFTÁLICO Y ÓXIDO DE ETILENO(SECCIÓN DE REACCIÓN Y POLIMERIZACIÓN)

Fuente: SNIP(Comisión Petroquímica Mexicana)

6.PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN.

6.1. CLASIFICACIÓN.

Para facilitar el estudio de los Procesos de Transformación se clasifican en:

Procesos para Termoplásticos:

- Extrusión
- Inyección
- Soplado
- Termoformado
- Calandreo
- Sinterizado
- Recubrimiento por cuchillas
- Inmersión

Procesos para Termofijos:

- Laminado
- Transferencia
- Embobinado de filamento continuo
- Pultrusión

Procesos para Termoplásticos y Termofijos:

- Vaciado
- Rotomoldeo
- Compresión
- Espreado
- RIM

Aunque existe un número mayor de procesos de moldeo de plásticos, los anteriores se pueden encontrar con más frecuencia.

Otra clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios del estado que sufre el plástico dentro de la maquinaria. Así podemos encontrar la siguiente división:

- Procesos Primarios
- Procesos Secundarios

En el primer caso, el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado liquido y se obtiene una lámina amorfa y transparente, en los procesos secundarios se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico.

Con base en estos criterios, los procesos de transformación principales se clasifican como:

Procesos Primarios:

- Extrusión
- Inyección
- Soplado
- Calandreo
- Inmersión
- Rotomoldeo
- Compresión

Procesos Secundarios

- Termoformado
- Doblado
- Corte
- Barrenado

6.2. ACONDICIONAMIENTO PREVIO.

Antes de que el PET sea moldeado por cualquiera de los procesos mencionados para los Termoplásticos, es necesario que reciban un tratamiento previo, siendo estos principalmente el secado y regranulado.

6.3. PROCESO DE INYECCIÓN-SOPLO CON BIORENTACIÓN.

Este proceso es el más importante en este caso, puesto que nuestro trabajo esta orientado hacia el Pet grado botella y como este proceso se refiere preferemente a la producción de envases de PET, que generalmente se dirigen a mercados como el envase de bebidas carbonatadas y agua purificada.

La variación contra el proceso normal de inyección-soplo, es que con biorentación, la introducción de una etapa de estiramiento longitudinal, con lo que la preforma crece a más del doble de su tamaño original, consiguiendo una extraordinaria mejoría en sus propiedades mecánicas que le permite resistir a impactos exteriores, estando sometida a presiones interiores considerables.

Esto ha provocado un importante desplazamiento del vidrio en la industria refresquera, con una reducción de más del 90% en peso de envase. La figura 6.1. ilustra el mecanismo seguido para la

biorentación en un proceso de inyección-soplo. En este proceso la preforma es estirada longitudinalmente por medio de un vástago de movimiento vertical, mientras la inyección de aire a presión ofrece a las paredes del recipiente la biorentación que permite paredes delgadas con altas propiedades mecánicas, además de las mejoras en transparencia, bajo peso y costo.

De las partes de importancia dentro de este proceso de Inyección-Soplo con Biorentación, se encuentran los moldes, lo cual, hace este método de soplado el de mayor complejidad.

En la etapa de obtención de la preforma, se debe utilizar un molde de alta resistencia y de extraordinaria capacidad de enfriamiento, ya que en el moldeo del PET, un enfriamiento ordinario puede conducir a la obtención de piezas opacas por la cristalización de las cadenas del polímero. En estos moldes, la zona más difícil de enfriar es el punto de inyección, por esta razón, en las botellas terminadas se pueden apreciar ligeras zonas opacas en la parte inferior del producto.

Posteriormente, se emplea un molde similar al usado en el método de biorentación de preformas extruidas, con la diferencia de que en este caso, deben ser previstas mayores capacidades de estiramiento longitudinal.

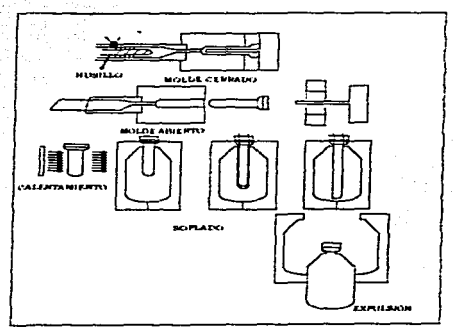


FIG.1.1. PROCESO DE INYECCIÓN-SOPLO CON BIORRETACIÓN.

7.USOS DEL PET.

A continuación se mencionan los usos principales del PET[1]:

7.1. PET GRADO ENVASE.

El tema de esta tesis se inclina al PET con uso para envase, ya que el PET posee buenas propiedades de barrera a gases y resistencia química. Por lo anterior expuesto, el PET se utiliza en la fabricación de botellas, tarros y frascos para envasar bebidas, alimentos, productos cosméticos y farmacéuticos entre los que sobresalen, aguas, refrescos, jugos, vinos, licores, aceites comestibles, aderezos para ensalada, vinagre, salsas, mermeladas, productos lácteos, shampoos, lociones, artículos de tocador y medicamentos, principalmente.

7.2.USO ELECTRODOMÉSTICO.

Se usa en bases de carcazas de aparatos de mediano y pequeño tamaño, tostadores, hornos de convección, freidoras, tenazas eléctricas, sartenes eléctricos, planchas, secadoras de cabello y asas.

7.3.USO ELECTRICO-ELECTRÓNICO.

Se usa para la fabricación de cintas magnéticas, rayos x y otras películas fotográficas, aislamiento eléctrico(metalizado para capacitores o condensadores), también se fabrican carcazas para motores eléctricos, engranes, bases de relevadores, transformadores, copiadoras, capacitores y contactores.

7.4.USO AUTOMÓTRIZ.

Las buenas propiedades de la resina del PET han hecho posible su uso en la industria automótriz encontrándoseles en componentes tanto decorativo como funcionales, su aplicación es para defensas, paneles de carrocerías y conectores eléctricos.

7.5. USO PARA PLOMERÍA Y CERRAJERÍA.

El volumen de aplicaciones es pequeño, se espera que el consumo se incremente cuando se requiera una mayor resistencia en la aplicación. Las aplicaciones típicas son armaduras o carcazas de bombas, componentes de albercas, propulsores, componentes de válvulas, componentes de calentadores de agua, soportes, broches, partes de herramientas, cerraduras de puertas, válvulas de irrigación, cámaras de medidores de agua, rociadores mecánicos y para reemplazar partes metálicas en elementos sujetos a esfuerzos mecánicos.

1 Los usos del PET, mencionados anteriormente, fueron proporcionados por CANACINTRA, en la enciclopedia del plástico año 1998.

7.6.PET GRADO PELÍCULA.

Cuando la película se destina al empaque de alimentos, se emplea como base para laminados termosellables o metalizados. Recientes desarrollos ofrecen una película de PET metalizada con aluminio por un lado y recubierta por ambos lados con Policloruro de Vinilideno(PVDC) sellable térmicamente. Su uso es para el empaque de productos muy sensibles a la humedad que requieren larga vida de anaquel como los dulces, galletas, fármacos, reactivos y polvos para preparar bebidas.

Otro desarrollo interesante es el de la película que se encuentra químicamente preparada, para asegurar la adhesión de tintas y recubrimientos que no se adhieren bien a éste material. Se puede imprimir, recubrir, laminar, metalizar y colorear. Las cintas magnéticas para computación, audio y video también son de PET.

7.7.PET GRADO FIBRA.

Debido a su resistencia, se emplea en telas tejidas y cordeles, partes para cinturones de seguridad, hilos de costura y refuerzo de llantas; por su baja elongación y alta tenacidad, en refuerzos para mangueras.

8.RECICLADO DE PET.

8.1ANTECEDENTES.

Gracias al desarrollo de la Industria del Plástico, se ha podido contribuir en los cambios y avances de diversos sectores importantes entre los que se cuentan: automotriz, industrial, alimentos, farmacéutico, comunicaciones y agrícola. Por lo anterior, se sabe de algunos de los convenientes que tiene el uso de los plásticos, más aún, si estos plásticos se reciclarán sería un logro muy importante, que hoy en día es posible. El uso de plásticos en la sociedad actual esta creciendo a grandes pasos, propiciando a que posteriormente estos materiales se conviertan en desechos, los cuales ocasionan un grave problema en la acumulación de basura.

Actualmente a nivel mundial, se ha hecho principal énfasis en el cuidado del medio ambiente y de recursos naturales. El impacto ambiental que esto ocasiona, ha puesto en cuestión sus ventajas como la resistencia a la degradación y su economía frente a otros materiales, por lo que los plásticos enfrentan este problema, proponiendo como solución el ***RECICLAJE.***

Algunos países han creado medidas legislativas como la retornabilidad y la reglamentación en el uso de materiales para reciclado.

Reciclar plásticos tiene varios beneficios entre los que se cuentan el mejoramiento ecológico y la generación de nuevas industrias que pueden resolver los problemas de contaminación generada por estos materiales, asociado con la obtención de utilidades económicas.

Retomando lo mencionado en el párrafo anterior, existen tres factores importantes para reciclar plásticos:

I. Ecología.

Las normas ecológicas han sido estructuradas, siendo sumamente estrictas para el control de desechos plásticos. La contribución del proceso de reciclar con la ecología, es que se ahorra hasta el 88%de la energía que se requiere para producirlos a partir de petroquímicos y conserva los recursos naturales a reutilizar los productos del petróleo.

II. Economía.

En la industria de transformación de los plásticos, la generación de desperdicios es inevitable, lo menos que se quiere es tener una pérdida económica, por lo tanto, los empresarios reciclan las mermas (disminuciones)combinándolas con material virgen.

Estas mezclas ayudan a reducir el costo del producto, de acuerdo a los porcentajes que se utilicen de granulados, siempre y cuando no se afecten las caracteristicas del producto fabricado.

Por lo que, el precio del material reciclado es menor que el virgen, con lo que el costo del producto se reduce y puede competir en el mercado.

III. Escasez.

Por lo mencionado sobre el crecimiento de la Industria del Plástico, y además la crisis de materiales por la que ha atravesado; son los dos factores que propician la escasez y desabasto de materias primas que origina buscar otras fuentes de abasto como los plásticos reciclados.

En este trabajo se dará énfasis a la economía, aunque no por ello se ignoren los demás factores.

A continuación se mostrará en la figura 8.1.una secuencia de acciones para disminuir el problema que generan los materiales de corta vida útil.

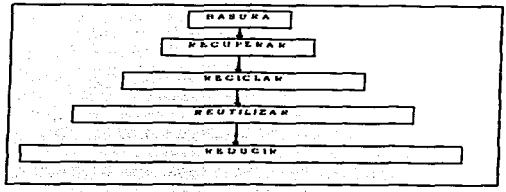


FIG.5.1 Tendencias para la Disminución de Desechos Plásticos.

1.Reducir[1].

Reducir significa utilizar la menor cantidad posible de materiales que se vayan a desechar. Con este propósito se han desarrollado plásticos más resistentes, aditivos y procesos que permiten fabricar productos más ligeros y de espesores menores y diseños ergonómicos.

Como ejemplo de lo anterior, se han sustituido botellas rígidas por películas flexibles para contener líquidos con el objetivo de ocupar menores espacios en los centros de acopio y rellenos sanitarios.

2.Reutilizar.

Reutilizar es aprovechar al máximo la vida útil de los productos a través de sistemas de retornabilidad, como es el caso de las botellas para bebidas gaseosas y las cajas donde se transportan, así la empresa fabricante logra un control en el manejo de los productos terminados, disminuyendo el desperdicio y su impacto visual en la basura.

3.Reciclar.

Se aplica una vez que los productos ya no pueden ser utilizados para su objetivo original. Sirve para obtener materia prima que será utilizada para fabricar artículos útiles para una segunda aplicación.

4.Recuperar.

El concepto de recuperar es la utilización de métodos químicos para obtener materias primas o energía a partir de desechos plásticos.

1 La presente paramatrie de tendencias, se propone como alternativa para reducir los desechos plásticos, lo cual se discutió en la Encuadripedia del Plástico IMP.

5.Basura.

La última etapa en el tratamiento de desechos sólidos es la basura y solamente deberá ser útil para cuando los productos hayan alcanzado su máximo uso y no se justifica su reciclamiento.

Actualmente esta secuencia no aplica, pues como se observa en la figura 8.1,el menor esfuerzo es la producción de basura.

8.2.HISTORIA DEL RECICLADO.

Para empezar esta sección se dará una definición de "reciclar". Reciclar significa "La circulación de materiales dentro de un sistema cerrado con el propósito de optimizar recursos, disminuir la generación de basura, propiciar la separación de desperdicios y reintroducir los mismos al sistema productivo para generar artículos útiles al hombre".

No se sabe cuando inició el reciclado de plásticos, se dice que probablemente en los inicios del desarrollo de la industria, los transformadores empezaron a reciclar las piezas defectuosas que se obtenian durante el proceso de producción y posteriormente determinaron que mezclándolas en determinados porcentajes con el material virgen se podrian obtener partes moldeadas de buena calidad.

En el año de 1970, inicia el desarrollo del reciclado de plásticos debido a que el precio de los plásticos comenzó a incrementar y, posteriormente, al desabasto de materias primas (materiales)como consecuencia dl embargo petrolero y el incremento en el precio del petróleo. Debido a estas circunstancias se propició al desarrollo de tecnologias de recuperación, las cuales atenderian las necesidades de los consumidores para solucionar los problemas de abasto. Para dar solución al problema de los desechos plásticos, se han desarrollado diversas investigaciones que incluyen métodos fisicos y químicos. Los métodos fisicos consisten en sistemas para lavado y separación, molienda, fusión y granulado. Los métodos químicos no han prosperado fuera del laboratorio, tal es el caso del proceso de pirólisis para aprovechar el poder calorífico de los materiales plásticos o los procesos de hidrólisis que sirven para depolimerizar las moléculas de plásticos o los procesos de hidrólisis que sirven para depolimerizar las moléculas de plásticos, como el PET y el Acrílico, y obtener sus materias primas originales.

Cuando se analizó el costo energético y productivo desde la extracción del crudo hasta su transformación final, se obtuvieron datos poco favorables para hacer de la incineración la solución que eliminara la basura plástica, creándose otras tecnologias que permitieran transformarla en una vida útil secundaria.

Tomando en cuenta las ventajas de los métodos fisicos, nace el reciclado de materias plásticas, que cobra gran importancia en los años 80's, donde surgen mercados y aplicaciones como una opción de negocio.

En los 90's, surge la idea de desarrollar Centros de Acopio, en donde se recolectan sistemáticamente los diferentes materiales para facilitar su transformación posterior. Sabemos que actualmente uno de los problemas a los que se enfrenta el acopio de los envases de PET es el volumen, por tal motivo es necesario que antes de depositarlos en los contenedores: 1)Se vacíen completamente, 2)Se aplaste la botella pisándola y 3)Se separe del resto de la basura[1].

Los desperdicios plásticos se vuelven a integrar a un ciclo industrial o comercial, convirtiéndose en materias primas a través de procesos cada vez más especializados.

La escasez de materias primas, (de la cual se habló en párrafos anteriores) que presenta la Industria del Plástico provocará el desarrollo tecnológico del reciclado.

8.3 DESPERDICIOS PLÁSTICOS.

8.3.1 Clasificación de desperdicios plásticos.

La generación de desperdicios plásticos se produce por dos grupos, los cuales son:

a. Desecho Industrial.

b. Basura.

a. Desecho Industrial.

Se conoce como desecho industrial a todo aquel artículo que es separado antes de formar parte de la basura, de este modo su recuperación es económica y práctica, originando que se utilicen de nuevo los materiales.

Los usos de los desperdicios industriales se presentan a continuación en la tabla 8.1.

MATERIAL	APLICACIÓN
Papel y Cartón	Se recicla para fabricar papel
Plásticos	Se recicla para fabricar otras piezas de plástico.
Metal	Se recicla para piezas metálicas.
Vidrio	Se recicla para fabricar vidrio.
Materia Orgánica	Se fabrica composta.
Madera	Se recicla para fabricar piezas más pequeñas o se quema.
Otros	No se recuperan, sino que se dirigen a centros de confinamiento.

Tabla 8.1. Uso de desechos Industriales.

En la industria de transformación de plásticos se obtienen piezas defectuosas y mermas, que se separan de acuerdo al tipo de material y se reciclan.

Su reutilización es práctica, ya que estos artículos no han tenido contacto con el usuario o con la

1 Información preparada por la APMEPET.

basura y están libres de contaminación.

Los desperdicios se pueden volver a transformar o vender a un reciclador, para que no generen pérdidas a la empresa.

b. Basura.

La basura siempre ha sido un problema para la sociedad y el medio ambiente, se considera basura a todo objeto que ya no tiene uso o valor, surgiendo el deseo de eliminarlo. Sin embargo, los desperdicios como un cascarón de huevo, una bolsa de plástico, un recipiente de alguna bebida gaseosa, al separarlos, se pueden manejar y reutilizar.

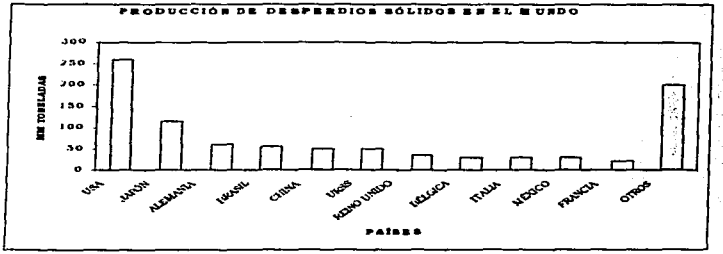
En 1993,se produjeron 1,000 millones de toneladas de basura en el mundo que representan 2.7 millones de toneladas diarias, considerando que presentan una densidad de 200 Kg/m^3 equivalentes a 13 millones m^3. De este volumen, sólo el 30%(300millones) recibió un tratamiento, el resto se convirtió en un problema ecológico, higiénico, social y económico, ya que el costo de su recolección, transporte y eliminación es cada vez más elevado y cuestionable. Paises de primer mundo como Alemania y Japón han desarrollado programas de recolección de desperdicios, es decir, articulos de desecho son separados por especie; articulos de papel, vidrio, madera y plástico. Estos programas se fundamentan en un cambio de cultura, en la que los pobladores desde pequeños conocen la diferencia entre los distintos materiales para que los separen, éstos los convierten en desperdicios y no en basura que es difícil de recuperar. No es muy común que los desperdicios plásticos provenientes de ala basura se recuperen, ya que es necesario someterlos a sistemas de lavado, asi como de recursos humanos para su recuperación.

En México, el manejo de los desechos sólidos es el reflejo de la desenfrenada urbanización, originando un incremento en la generación de basura, sobre todo porque no existen programas de separación de desperdicios. Es uno de los paises con mayor producción de basura, llegando en 1994 a los 29 millones de toneladas y cuyo dato se muestra en la tabla 8.2. En la UNAM se inició una campaña de recolección de basura, clasificándola de acuerdo al tipo de desperdicio del que se tratara, papel etc.; desgraciadamente esta campaña no ha tenido el auge esperado ya que como se mencionó anteriormente, para que estas campañas funcionen se necesita concientizar a la población por medio de una cultura ecologista y esto aun no lo hemos logrado del todo, aunque la APREPET(ASOCIACIÓN PARA PROMOVER EL RECICLADO DE PET) esta luchando actualmente por fomentar esta cultura entre la ciudadania empezando por nuestros niños mexicanos, promoviendo el acopio en diversas escuelas primarias con gran éxito.

TOTAL: 1000 MILLONES DE TONELADAS.

PAÍS	MILTON
USA	260
JAPÓN	115
ALEMANIA	60
BRASIL	55
CHINA	50
REINO UNIDO	35
BÉLGICA	30
ITALIA	30
MÉXICO	29
FRANCIA	22
OTROS	200

Tabla 8.2. Principales Países Productores de Desperdicios Sólidos.



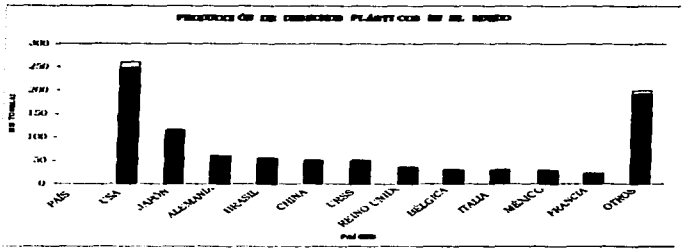
Gráfica 8.1. Producción de Desperdicios Sólidos en el Mundo.

TOTAL:75 MILLONES DE TONELADAS.

PAÍS	MILTON	MILTON
USA	260	13 (5%)*
JAPÓN	115	3.45 (3%)
ALEMANIA	60	3.6 (6%)
BRASIL	55	1.1 (2%)
CHINA	50	1.5 (3%)
URSS	50	1.5 (3%)
REINO UNIDO	35	1.75 (5%)
BÉLGICA	30	1.8 (6%)
ITALIA	30	1.2 (4%)
MÉXICO	29	0.58 (2%)
FRANCIA	22	0.66 (3%)
OTROS	200	8 (4%)

Tabla 8.3. Principales Países Productores de Desechos Plásticos en el Mundo.

*El porcentaje se refiere al total de desperdicios sólidos por país.



Gráfica 8.2. Producción de Desechos Plásticos en el Mundo.

b.1. Tipos de Desechos Presentes en la Basura.

Generalmente, los materiales que se encuentran presentes en la basura son: papel, cartón, vidrio, metales, madera, materia orgánica y plástico, ya que por excelencia son utilizados para envasar y empacar cualquier producto.

MATERIAL	**%**
Papel y Cartón	38
Plásticos	18
Metal	14
Materia Orgánica	4
Vidrio	2
Madera	2
Otros	22
TOTAL	100

Tabla 8.4. Desechos que se encuentran en la Basura.

De acuerdo a esta tabla el papel ocupa casi el doble del porcentaje que presentan los plásticos, sin embargo, estos últimos poseen mayor impacto visual, debido a que flotan en ríos y mares; en los tiraderos de basura es común que las amas de casa desechen sus desperdicios en bolsas de plástico. En tabla 8.4. se menciona "otros" entre los que destacan: jeringas, pilas, equipo hospitalario, material radiactivo y productos que deben desechar por seguridad después de su uso.

b.2. Sistemas para Tratamiento de Basura.

A continuación se mencionarán las técnicas aplicadas a la disposición final de residuos sólidos.

- Relleno Sanitario. Es un lugar legalmente autorizado donde la basura municipal se deposita y clasifica para su posterior entierro. Hay dos tipos de relleno sanitario:

1. Relleno Sanitario Mecánico.

2. Relleno Sanitario Rústico.

- Pepena.

Es un sistema de clasificación manual de la basura en sus diferentes componentes como vidrio, metales, plásticos y otros. Se realiza en los llamados tiraderos a cielo abierto.

Esta técnica requiere de grandes equipos como un camión recolector que no compacte la basura para poderla seleccionar, un área que será inutilizada por mucho tiempo y que no se encuentre lejos de los centros de producción.

La pepena no es un técnica eficiente, debido a que un 30% de la basura se queda en barrancas, rios, calles, y el 70% en los tiraderos, sin embargo, con esta técnica se aprovecha sólo el 40% ya que el otro 30%, no se puede separar por ser materiales en vías de putrefacción.

- Compactación.

Es un tratamiento de residuos sólidos que reduce el volumen de éstos, por la aplicación de altas presiones.

- Incineración.

Consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los residuos mediante su combustión con la transformación de los desechos en gases, cenizas y escorias con el fin de aprovechar la energía producida.

- Composteo.

Se basa en la fermentación de materias orgánicas contenidas en los residuos sólidos, por la acción de bacterias que generan nutrientes al suelo de agricultura. No es aplicable para materiales PLÁSTICOS.

- Degradación de Plásticos.

También se conoce como pirólisis a la descomposición de elementos orgánicos que contienen los residuos sólidos. Se realiza a altas temperaturas y en ausencia de oxígeno. Durante el proceso de descomposición, las materias orgánicas se convierten en líquidos, gases y residuos que representan la mitad del volumen inicial.

La ventaja de esta técnica es que controla los gases emitidos y la recuperación de subproductos.

La pirólisis se emplea para producir carbón sintético, la recuperación de metanol y ácido acético. Su proceso requiere de reactores especiales para tratar residuos.

8.3.2. Fuentes de desperdicios plásticos.

Los plásticos generan desperdicios desde la obtención de materias primas, transformación hasta su consumo final. Las fuentes generadoras de dichos desperdicios son:

- *Hogar*
- *Comercio*
- *Industrias usuarias*
- *Transformadores*
- *Fabricantes de materia prima*

Hogar

Los desperdicios plásticos generados por el hogar son películas de empaque, botellas y envases de bebidas, detergentes líquidos, aceites, shampoos y otros artículos desechables que generan el 60% del total.

Cuando estos productos van directamente a al basura se contaminan para su reciclaje, por lo que se requiere separarlos y lavarlos.

Comercio

Contribuye con el 10% de los desperdicios, este rubro comprende: tiendas, supermercados, cines, restaurantes y centros comerciales en general. Los supermercados desechan películas termoencogibles, utilizadas en el embalaje de cajas, utilizado en frutas, verduras, y protección de aparatos domésticos, así como ganchos de ropa. En los cines se desechan: botellas de bebidas, vasos, cucharas, bolsas y envolturas de botanas y dulces. En los restaurantes, los desperdicios que se generan son semejantes a los del hogar. Para los supermercados y centros comerciales, existen pequeñas empresas que se dedican a la recolección de los desperdicios plásticos, de forma que se pueden procesar directamente o únicamente requieren de un pequeño lavado.

Industria Usuaria

La principal aplicación del PET es en botellas para agua y bebidas carbonatadas, las cuales para RECICLAR se recolectan de las compañías refresqueras que las extraen del ciclo de llenado cuando han cumplido con un determinado número de vueltas o porque la botella se encuentra en malas condiciones.

Las industrias de alimentos, cosméticos y productos de limpieza, generan una cantidad importante de desechos plásticos derivados del empaque de sus materias primas, así como de los desperdicios.

Estos desperdicios se contaminan por los productos que contienen y su RECICLAJE se complica.

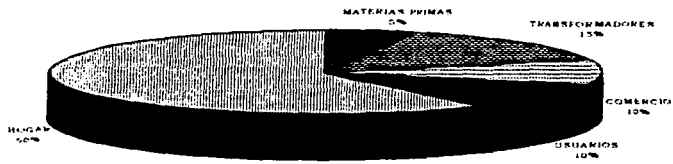
Transformadores

En la industria transformadora la cantidad de desperdicios depende de los procesos utilizados, la eficiencia del equipo y el tipo de plástico que se maneje.

Es común que los desechos se utilicen en la misma empresa para productos de menor calidad, ya que la industria transformadora aporta un 15% del total de desperdicios. Existen productos que no aceptan material reciclado, por lo que éste se vende a empresas que lo procesan y comercializan como remolidos.

Fabricantes de Materia Prima.

Generan un 5% con el material de purga y limpieza para los reactores, estos plásticos se presentan en grandes volumenes, son difíciles de moler y procesar, sin embargo, también deben ser considerados como una fuente de desperdicios, ya que con ciertas tecnologías, como la molienda criogénica, es posible recuperarlos.



Gráfica 8.3. Fuentes de Desperdicios Plásticos. APREPET 1999.

8.3.3. Identificación de los Plásticos.

Anteriormente se mencionó una clasificación de desperdicios, lo cual da la visión de donde se encuentran los desperdicios plásticos, es decir, estos pueden ser desechos provenientes del desecho industrial y la basura en general, la problemática que estos desperdicios plásticos presentan, es lo que lleva a pensar en RECICLARLOS; también analizando de donde proviene la mayor parte de los desperdicios plásticos se observa que es en el Hogar ;el Hogar contribuye a ser una fuente de desperdicios plásticos con un 60% del total de los desperdicios plásticos.

La recolección de estos plásticos en especial, las botellas de PET el cual representa el 25% de todas las botellas de plástico, es el punto que se tratará posteriormente, ahora la problemática a analizar, es como identificar las botellas de PET.

Identificar un material plástico a simple vista o con el tacto no es del todo fácil, por ello, fue implementado un sistema que ayuda a identificar el material plástico. "The Society of the Plastic Industry(SPI)" fue quien desarrollo este sistema, el cual es usado en todo el mundo. Este sistema basado en una simbología es el que permite la recolección del material plástico para su posterior reciclaje.

El símbolo se compone de tres flechas que forman un triángulo con un número en el centro y letras en la base (generalmente son los ACRÓNIMOS o siglas del polímero).

El símbolo es moldeado mediante un inserto o grabado, en el fondo del recipiente, o cerca de este, según permita la geometría del artículo. El tamaño recomendado es de 2.5 cm (como mínimo) para lograr su rápido reconocimiento. Las botellas de PET tienen como número de código el uno(1), este código esta situado cerca del fondo del envase.

Otra forma de identificación a parte de la codificación, es que en el fondo del envase aparece un punto resaltado.

También otra forma, es que al doblar el envase no aparece una raya blanca como con otros plásticos.

Las botellas de PET tienen la propiedad de ser transparentes como el vidrio, son ligeras, resistentes al impacto lo que evita que se rompa y provoquen accidentes; también poseen buena barrera a los gases principalmente al CO_2.

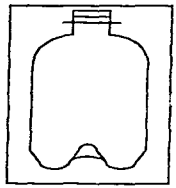


Figura 8.2. Botella clásica de PET.

8.4. CARACTERÍSTICAS DEL PET RECICLADO.

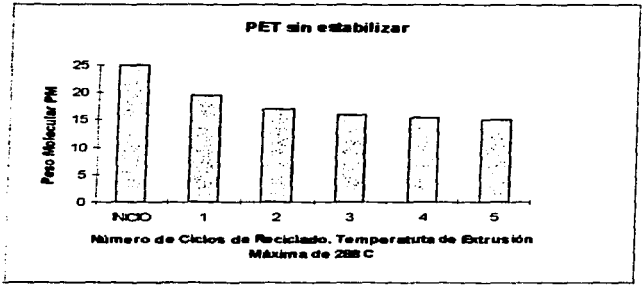
8.4.1. Propiedades.

Las propiedades del PET se modifican por la presencia de contaminantes en los artículos a reciclar, siendo éstos: etiquetas de PEAD que por no ser compatible con el poliéster origina que el PET presente turbidez, adhesivos que en presencia de calor degradan al material disminuyendo su viscosidad y el acetaldheido, que debido a que es un compuesto volátil, fácilmente se desprende del PET propiciando la degradación durante el pelletizado.

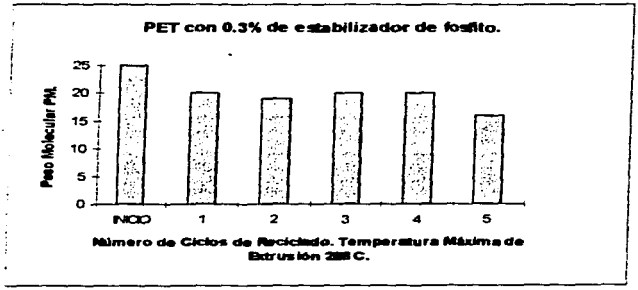
8.4.2. Aditivos.

El PET es uno de los materiales que más se utilizan para fabricar botellas, colocándolo como un plástico comoditie por el gran consumo (como se mencionaba anteriormente); es por ello que se han desarrollado aditivos especiales para conservar sus propiedades al reciclarse.

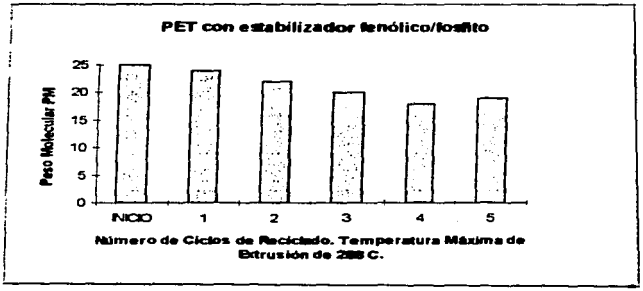
En las siguientes gráficas se muestra la variación del peso molecular en función del número de historias térmicas.



Gráfica 8.4. PET sin estabilizador.



Gráfica 8.5.PET con 0.3% de estabilizador de fosfito.



Gráfica 8.6. PET con estabilizador fenólico/fosfito.

De las siguientes gráficas se puede observar que los estabilizadores son sumamente importantes, ya que al agregar estos, el cambio en el peso molecular no es tan variado conforme al INICIO, el estabilizador fenólico/fosfito es el mejor.

8.5. PRINCIPALES USOS DEL PET.

En esta sección, se conocerá el uso del PET reciclado, para situar su uso a través de la historia, se tiene como dato que en el año de 1960, se inicio su uso para la fabricación de fibra, para el año de 1970 para la fabricación de lámina delgada (blister, lámina para fotografía etc.) ya para los años 80'sse empezo a usar para la fabricación de empaques rígidos (para el hogar y envases). El uso del PET recomendado[1] actualmente comprende tres sectores principalmente:

- FIBRA.

Debido al bajo costo del PET reciclado, éste se utiliza para rellenar almohadas, bolsas de dormir y chamarras, actualmente en Estados Unidos se hacen camisetas de PET.

- FLEJE.

El que se fabrica de PET reciclado se pigmenta de color verde mejorando la apariencia del convencional que es de color negro. La viscosidad que debe tener el PET para producir este artículo es elevada.

- ALEACIONES Y COMPUESTOS.

Son desarrollos de las compañías fabricantes de la materia prima para proporcionarle una aplicación a los desechos de PET.

8.6.TECNOLOGÍAS PARA RECICLAR BOTELLAS DE PET.

Las tecnologías para reciclar PET cada vez son más debido a que los empresarios se han dado cuenta de los beneficios que tiene el Reciclar materiales plásticos para su posterior reutilización.

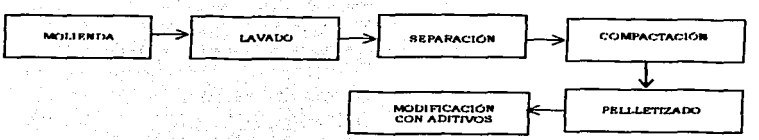
Anticipando lo que más adelante se analizará cabe mencionar que en el presente trabajo se hará un estudio de factibilidad para posteriormente saber la tecnología a emplear para una planta de reciclamiento de PET grado botella. Anteriormente se mencionó que cada día existen más tecnologías que por lo general son adaptaciones o mejoras de las tecnologías ya existentes, las nuevas mejoras en la tecnología permanecen como secretos industriales. Hay que mencionar que para tener una mayor rentabilidad en el negocio de Reciclar, es necesario que los desperdicios estén lo más limpios posible.

8.6.1.PROCESO GENERAL.

El proceso en general involucra la separación de las tapas, bases, adhesivos, tintas y etiquetas en el lavado, hasta la molienda del material limpio.

La mayoría de las tecnologías comerciales para reciclar botellas de PET que existen consisten del siguiente proceso en general:

1 Usos recomendados según la Aprepet año 1998.



8.6.2.TECNOLOGÍAS.

Las tecnologías para reciclar botellas de PET se presentan a continuación:

- CPRR
- M.A.INDUSTRIES
- CARPO INC.
- VÍA MOLIENDA CRIOGÉNICA
- LUMMUS
- JOHN BROWN
- ARC
- REGRANULADO
- MODIFICACIÓN CON ADITIVOS
- GOODYEAR
- RECOT-PET
- SMORGON CONSOLIDATED
- NETZSCH CONDUX-PLASTCOMPACTOR

Las tecnologías aquí presentadas tienen variantes que tienen como objetivo mejorar la calidad del producto obtenido, por lo que solo se mencionarán algunas de estas tecnologías.

8.6.2.1. CPRR.

Esta tecnología fue desarrollada por el Centro de Investigación en Reciclado de Plásticos (Center for Recycling Research,CPRR) a finales de los 80's en la Universidad de Rutgers en Pistaway, NJ, con una capacidad estimada de 2300 toneladas anuales.

Este proceso debe conseguir la separación de los materiales de las botellas después de la trituración y granceado a partir de las mezclas heterogéneas de los componentes de la botella. Para recuperar el PET debe realizarse como primera etapa La adecuación del tamaño de partícula del material molido para

asegurar su perfecto recorrido por la planta del proceso de reciclado. Estos fragmentos tienen escasa área superficial y de apenas 0.5 cm de tamaño medio. Después de la granulación la mezcla seca se alimenta a un sistema de clasificación por ciclón, eliminándose así la mayoría de los finos y el papel de las etiquetas. Tras la separación por aire, los metales y los fragmentos de botellas pasan a un tanque de lavado mediante un disolvente acuoso a 80ºC, donde se disuelven los adhesivos y materiales adicionales que no fueron eliminados en la etapa previa. Después el material se somete a un ciclo de lavado intensivo que purifica y limpia al material. El agua de lavado se recupera, filtra y recicla.

El polietileno de alta densidad(HDPE) del soporte base se separa del resto por flotación en agua aprovechando la diferencia de densidad que existe entre el PET y el polietileno. Al ser menos denso que el agua[1], el HDPE[2] flota, mientras que la mayor densidad del PET[3] y del aluminio hace que permanezcan en el fondo de la cámara de flotación. La separación se completa retirando mediante palas el HDPE de la superficie y la mezcla de PET y aluminio del fondo de la cámara de flotación., la separación se completa retirando mediante palas el HDPE de la superficie y la mezcla de PET y aluminio del fondo del tanque, dirigiendo ambas fracciones a distintos transportadores de salida. Cada fracción se centrifuga y se introduce en tolvas descargadoras hasta la eliminación total del agua. El HDPE se empaqueta como producto terminado.

El PET y el aluminio pasan a un separador electrostático, en donde son extendidos uniformemente en un tambor metálico que gira y cargados bajo un electrodo de alto voltaje, los gránulos de PET, que son malos conductores de electricidad, mantienen la carga y se adhieren al tambor rotatorio, el aluminio, que es buen conductor, pierde rápidamente la carga y cae en un recipiente colector situado bajo el tambor, mientras este gira sobre aquel, los fragmentos de PET son retirados de este a un contenedor y empaquetados para su venta o almacenamiento.

Existen dos empresas que emplean esta tecnología:

1. Luminus Development Corp.
2. Procedyne Corp.

En 1999 la inversión estimada oscilaba entre 1.5 y 2 millones de dólares.

1 La densidad del agua es aproximadamente de 1g/cm³.
2 La densidad del HDPE es aproximadamente de 0.96g/cm³.
3 La densidad del PET es aproximadamente de 1.38g/cm³.

8.6.2.2. M.A.INDUSTRIES.

Al inicio de la década de los 90's M.A.Industries Inc. desarrolló el sistema 741 para la recuperación de botellas de pet post-consumidor, la capacidad de producción de este sistema es de 8000 toneladas al año y está diseñado para operar con gran eficiencia y libre de fallas. Las pacas de botellas de PET verde y claro se envían a un sistema de alimentación, son desatadas y transportadas a través de una banda donde se efectúa la clasificación manual de las botellas. Las botellas son alimentadas a un granulador para reducirlas a escamas de 3/8 de pulgada. Estas escamas o fragmentos son transportadas a un sistema de clasificación por aire, para eliminar los rótulos y los finos, posteriormente son introducidas a un tanque de clasificación donde por flotación y asentamiento, se separan las escamas de PET de las escamas de HDPE contaminantes. Las escamas de PET son enviadas a un secador centrífugo para eliminarles parte del líquido que se llevaron de la etapa de flotación. Después, por gravedad, las escamas son descargadas a un clasificador intermedio eliminándose todos los contaminantes junto con el líquido de lavado intermedio.

Las escamas se vuelven a lavar con el fin de eliminar todos los contaminantes remanentes. Después de pasar por la etapa de lavado, las escamas son enviadas a las mallas para eliminarles el líquido de lavado y por último son secadas. Finalmente se separa el aluminio de las escamas de PET. Estas van a un contenedor en donde son empaquetadas para su venta. La figura 8.3. muestra esta tecnología.

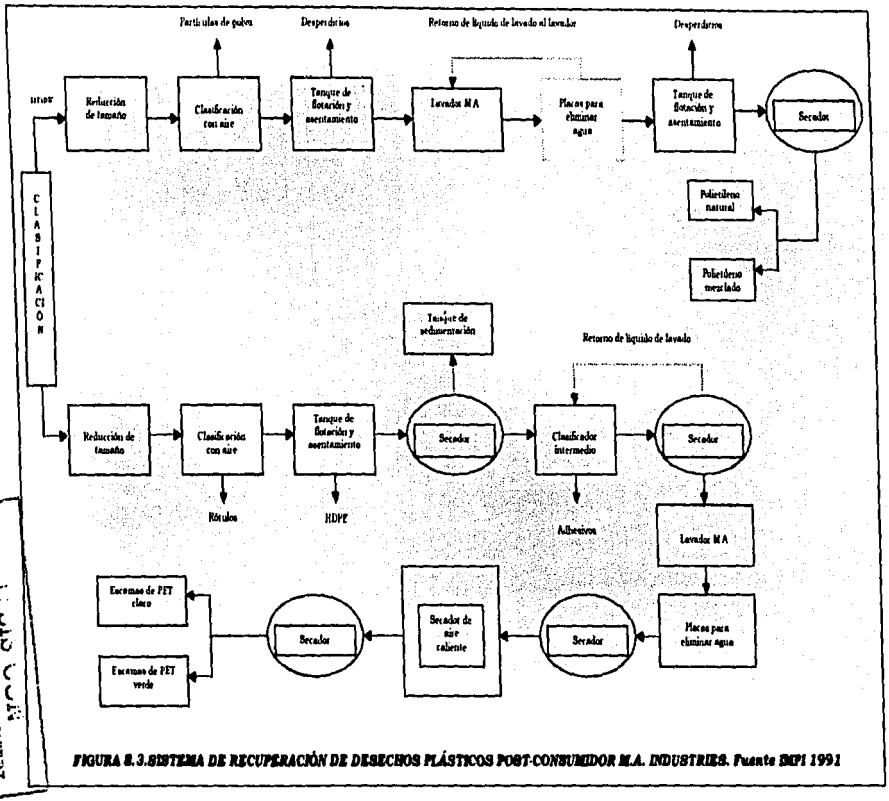


FIGURA 8.3.SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE DESECHOS PLÁSTICOS POST-CONSUMIDOR M.A. INDUSTRIES. Fuente IMPI 1991

8.6.2.3. LUMMUS.

Desarrollado por Lummus Development Corp. en 1990, utilizado para obtener PET de EXCELENTE calidad a partir de las botellas. Las botellas se introducen a un triturador para ser reducidas a escamas de 3/8 de pulgada; estas escamas posteriormente pasan a una primera etapa de limpieza separando cerca del 95% de los rótulos, algunas botellas tienen polietileno en las bases, por ello se pasa a una segunda etapa de limpieza, donde se separa un 98% de polietileno, posteriormente para eliminar el agua y detergente de las escamas se usa un separador centrífugo. Las escamas pasan al hidrociclón en donde se enjuagan los fragmentos de PET y se separan los últimos fragmentos existentes de polietileno y rótulos. Se procede a secar el material hasta una humedad no mayor del 1%. Después es separado el aluminio contaminante del producto hasta una concentración no mayor de 100ppm. El material pasa a una segunda etapa de separación de aluminio, reduciendo su contenido a menos de 50ppm. El material pasa a una segunda etapa de secado en donde los fragmentos de PET se secan a una temperatura de condensación de -40ºF.

Los fragmentos de PET pasan a la etapa de extrusión para ser fundidos, extruidos y enfriados en un baño de agua. Más adelante el material extruido es pelletizado y cribado hasta separar los gránulos de tamaño anormal logrando de esta forma, un producto de tamaño uniforme y de gran calidad. Como etapa final se utiliza un cristalizador para reorientar las moléculas del plástico PET. Los gránulos que salen del cristalizador, están listos para ser vendidos a los fabricantes de productos de plástico.

El producto obtenido tiene las siguientes características, las cuales se muestran en la tabla 8.4.

CARACTERÍSTICA	ESCAMAS	GRÁNULOS
Contenido de humedad no mayor a:	0.5%	0.5%
Aluminio contaminante no mayor a:	50ppm	10ppm
Adhesivo contaminante no mayor a:	100ppm	100ppm
Polietileno contaminante no mayor a:	50ppm	50ppm
Viscosidad intrínseca:	0.70	0.67

Tabla 8.5. Características del producto terminado.

La tecnología descrita anteriormente se muestra en la figura 8.4.

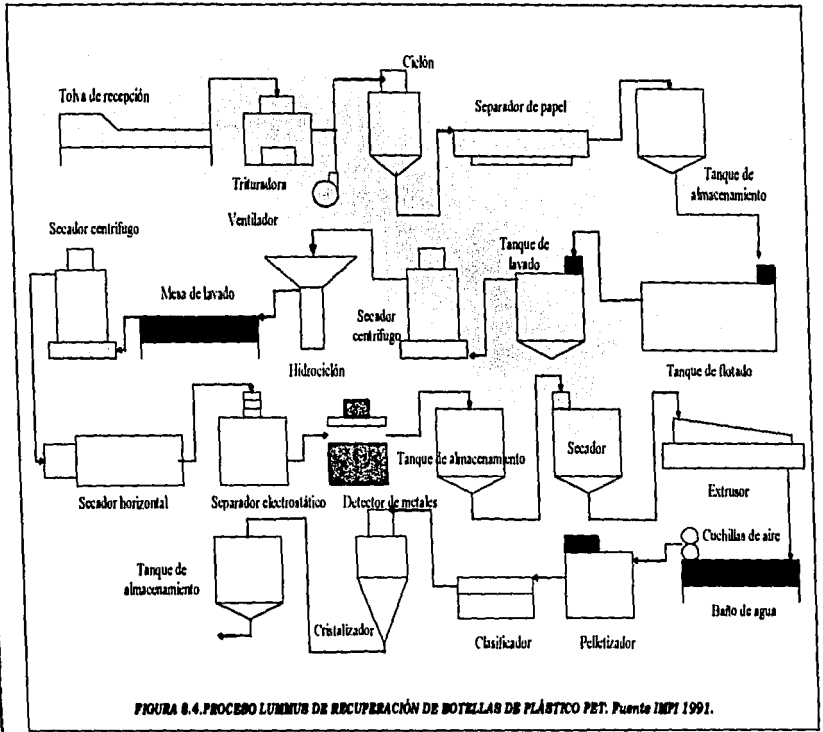


FIGURA 8.4.PROCESO LUMMUS DE RECUPERACIÓN DE BOTELLAS DE PLÁSTICO PET. Fuente IMPI 1991.

8.6.2.4 JOHN BROWN

Los sistemas John Brown están diseñados para reciclar las botellas con una capacidad de producción que va de 4000 a 20000 toneladas al año. Las pacas de botellas son pasadas a través de un abridor de balas, donde son desatadas. Las botellas ya sueltas, son transportadas por medio de un transportador vibratorio; la vibración produce la eliminación de todos los contaminantes no plásticos. Las botellas continúan a lo largo de un transportador y se les clasifica por color en forma manual; en el transportador, está instalada una polea magnética que atrapa todos los contaminantes metálicos antes de que las botellas entren al granulador. La mezcla de fragmentos de plástico obtenida en el granulador es transportada con el aire al elutriador donde se efectúa la separación de los rótulos y las etiquetas de plástico. Los fragmentos de plástico pasan al sistema de lavado en donde se elimina todo el adhesivo residual y los rótulos contaminantes. El proceso continúa con la separación de PET, HDPE y aluminio. Para ello se utiliza un hidrociclón. Después de separar las escamas, estas pasan a un secador centrífugo para ser secadas en forma independiente. Para hacer gránulos a partir de las escamas, el plástico tiene que recuperar su orientación molecular, la cual fue alterada durante el proceso por lo que se utiliza un cristalizador que restablece la orientación molecular y la fuerza dimensional de la estructura polimérica.

El material pasa a un deshumificador / secador para preparar el material que va a procesar en el extrusor.

El polímero es extruido a través de una boquilla en hilos que pasan por un baño de agua en donde se enfrían y se dirigen hacia el pelletizador donde los hilos son recortados en gránulos.

Después de obtener los gránulos, estos están listos para ser vendidos a los transformadores y procesadores de plástico.

La figura 8.5. muestra esta tecnología.

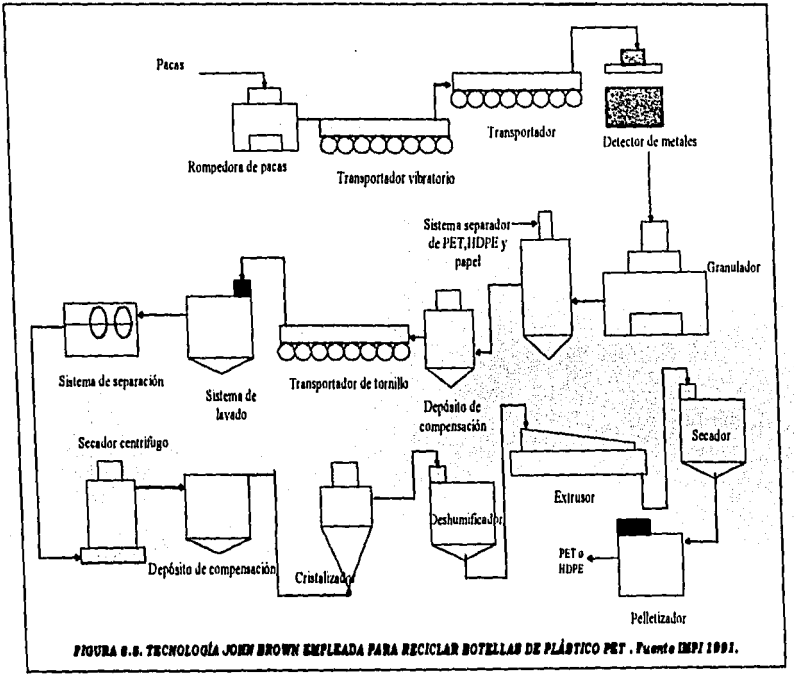


FIGURA 6.8. TECNOLOGÍA JOHN BROWN EMPLEADA PARA RECICLAR BOTELLAS DE PLÁSTICO PET . Fuente IMPI 1991.

8.6.2.5. SMORGON CONSOLIDATED.

En el año de 1994, la conferencia sobre reciclado que se celebró en Suiza fue testigo de un nuevo proceso desarrollado en Australia para PET recuperado de mezclas sin clasificar y sin lavar, aceptado por la FDA para grado de embalaje de alimentos, este proceso ha sido desarrollado por Smorgon Consolidated.

La primera etapa del proceso es el lavado de las botellas trituradas con agua caliente limpia y la separación de las etiquetas de papel y las poliolefinas utilizando un hidrociclón con fregadero/flotación. Las escamas o trozos lavados se secan y pasan a través de una cámara continua de reflujo continua en la que vapor de etanol hirviendo (197ºC) despolimeriza parcialmente el PET hasta llevarle a un estado frágil de bajo peso molecular.

Las escamas o trozos calientes pasan a continuación entre los rodillos de acceso que trituran el material transformándolo en casi polvo, que se hidroliza a 200ºC dando lugar a ácido tereftálico.

El proceso requiere sólo agua purificada, etanol y energía térmica y según los inventores, es fácilmente automatizable. La pérdida de ácido tereftálico es menor del 5%.

El costo para una capacidad de 5000ton/año es de alrededor de 5 millones de dólares, con un costo de conversión de 360 dólares por tonelada equivalente de PET.

8.6.2.6. NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR(1 y 2)[1].

Esta tecnología nos ofrece dos posibilidades, las cuales, comprenden ambas de lo siguiente:

1. Toda botella de PET de post-consumo, en forma comprimida se pone sobre una banda transportadora. La banda transportadora esta equipada con un puente detector de metales.
2. Desde la banda transportadora, las botellas entran aun granulador primario, donde el material es granulado hasta un tamaño de partícula entre 10 y 12 mm aproximadamente.
3. Después del granulado, un sistema neumático transportador, toma las hojuelas y las pone en un sistema de lavado, separando(tapas de PE y etiquetas de papel)y secando el sistema.
4. Después de la operación de secado, las hojuelas son transportadas neumáticamente hacia un silo de almacenamiento. Dependiendo de la capacidad, este silo de almacenamiento puede ser suministrado con una o dos salidas horizontales.
5. Desde el silo de almacenamiento, el material es transportado neumáticamente hacia un sistema de compactación. La salida del sistema de compactación puede ser equipada con un separador de metales para impurezas de NE y FE.

1 Cotización elaborada por NETZCH INCORPORATED.

6. Después de la operación de compactado, el material es otra vez transportado neumáticamente hacia un secador.
7. Desde el secador, el material va por una operación de extrusión. Según la información obtenida de esta cotización, el material obtenido se puede usar para láminas de extrusión, operación de termoformado, uso textil y otras aplicaciones.

Dicha tecnología se muestra en la figura 8.6:

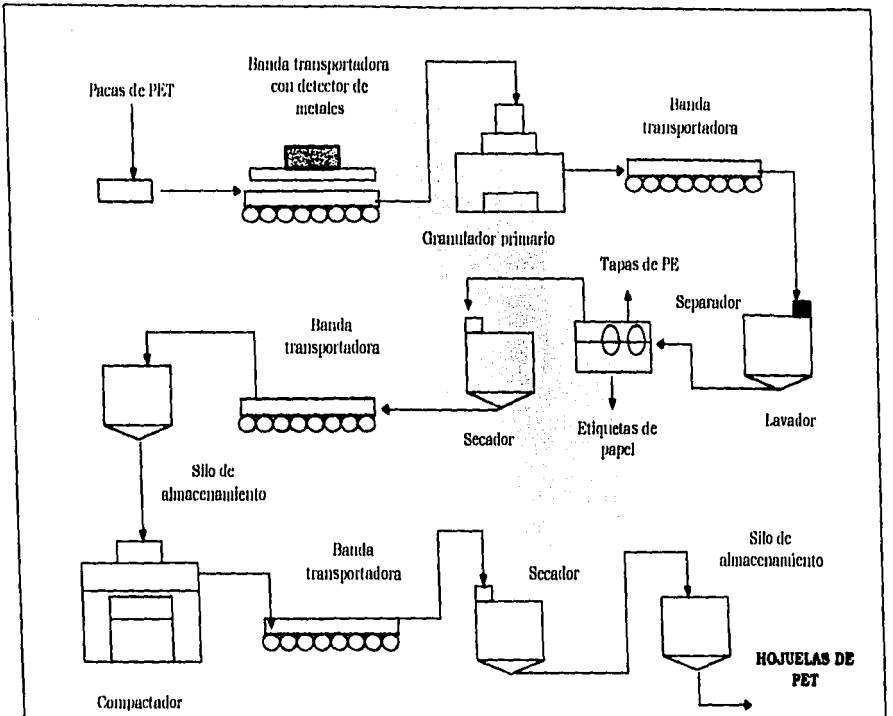


Figura 8.6. PROCESO NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR PARA RECICLAJE DE BOTELLAS DE PET. Fuente NETZSCH INCORPORATED.

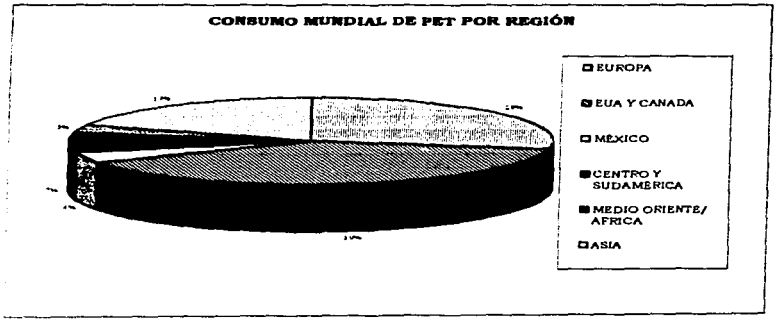
CAPÍTULO II.ESTUDIO DE MERCADO.

1.ANTECEDENTES.

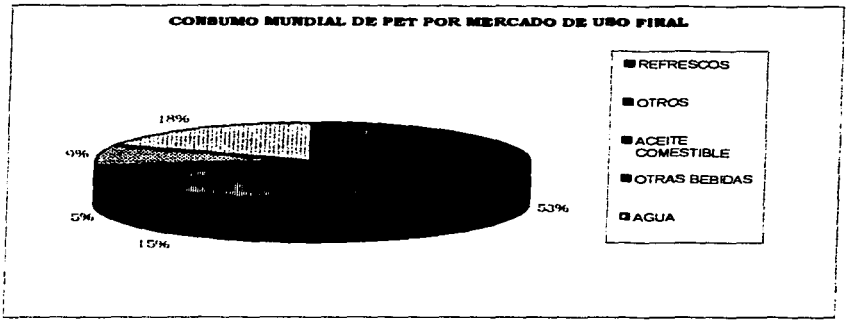
Los envases de PET se usan para contener bebidas carbonatadas (refrescos), agua purificada, aceite comestible, alimentos, farmacéuticos, licores, limpiadores líquidos, agroquímicos, productos de aseo personal entre otros.

Es necesario conocer la ubicación del mayor mercado de resina PET, así como el país que más produce esta resina, con el único objeto de hacer un buen análisis de mercado.

A continuación se muestran las gráficas 1.1 y 1.2 donde se observa el mercado de resina PET por región y uso final.



Gráfica 1.1.CONSUMO MUNDIAL DE PET POR REGIÓN. Fuente: Bancomext 1998.



Gráfica 1.2.CONSUMO MUNDIAL DE PET POR MERCADO DE USO FINAL. Fuente: Bancomext 1998.

Analizando lo anterior se ve que el mayor mercado es abarcado por los envases para refrescos y agua a nivel mundial y que el principal consumidor de esta resina es E.U.A.

En México la prosperidad del agua embotellada ha sido la causa de que la demanda de PET vaya en aumento, este mercado para la resina PET es relativamente nuevo y surge por los problemas de calidad del agua municipal, el consumo del agua purificada percápita es de 0.722L/persona-día y el total es de 23.4 M MM litros (aproximadamente 90% garrafones y 10% presentaciones en anaquel).

En 1996 México ocupó el tercer lugar mundial en consumo de envases de PET, después de Estados Unidos y Brasil. El crecimiento nacional y mundial de la demanda de PET superó desde 1995 la capacidad instalada, provocando un alza considerable en su precio y favoreciendo los negocios de reciclaje de resina PET.

Con el inicio de operaciones de la planta de Eastman Chemical en Cosoleacaque -Veracruz, en 1996, así como ampliaciones de capacidad por parte de Celanese Mexicana, el PET se ha convertido en el plástico con mayor capacidad instalada nacional, lo cual ha propiciado que disminuya su precio.

El gran crecimiento en el consumo de PET es cubierto por los fabricantes nacionales Eastman, Celanese Mexicana, Kimex, Fisisa y Shell Chemical.

Shell Chemical inauguró en febrero de 1998 su nueva planta de PET en Altamira -Tamaulipas, con capacidad de 90 mil toneladas anuales. Esto aumenta la capacidad nacional de PET en un 30%, elevándola a 400,000 toneladas anuales. En el año 1999, KoSa, una de las empresas líder en poliéster a nivel mundial, con una inversión de 25 millones de dólares anunció el 8 de marzo de ese año, el incremento en su capacidad de producción de resina PET a través de una expansión en sus instalaciones ubicadas en Querétaro. Dicha planta producirá 70,000 toneladas anuales. Con esta inversión KoSa alcanzará una capacidad instalada total de 230,000ton/año.

En la tabla 1.1 se muestran las productoras de PET para botellas y su capacidad instalada en México.

EMPRESA	TONS/AÑO
Eastman Chemical Coatzacoalcos	120,000
Celanese Mexicana Querétaro/Jalisco	110,000
Kimex Tlanepantla	55,000
Fisisa Veracruz	25,000
Shell Chemical Altamira	90,000
KoSa	230,000
TOTAL	630,000

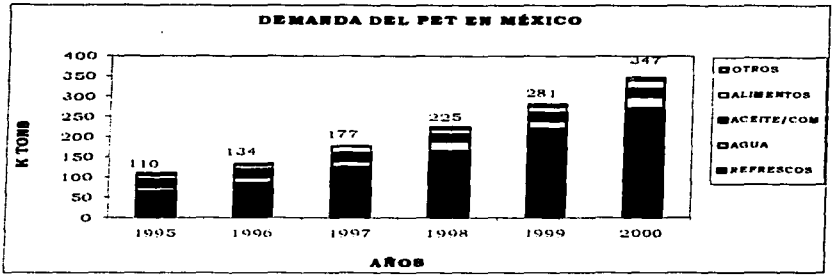
Tabla 1.1. Productoras de PET para botellas en México. Fuente :Impi 1998 y Aprepet año 3 no.6.

El consumo nacional es aún bastante inferior a la producción por lo que Shell y Eastmann exportan buena parte de su producción.

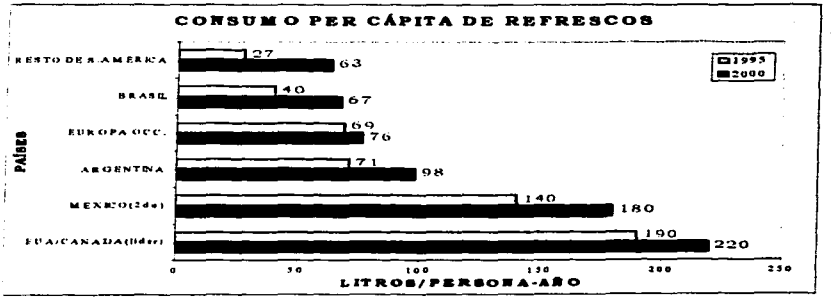
En 1997, el consumo nacional de PET alcanzó 190 mil toneladas anuales con el mayor crecimiento en nuevas operaciones para envasado de refrescos, principalmente de los grupos Coca Cola y Pepsi, así como el desarrollo de nuevos envases para alimentos como vinagre, miel, cajeta, salsas, lácteos etc.

Existen alrededor de 100 empresas que fabrican botellas a base de PET, de las cuales 60% están integradas al envasado de productos, principalmente refrescos, aceites y aguas, con 40% de transformadores que venden envases de diferentes tipos al mercado abierto.

En la gráfica 1.3 se muestra la demanda de resina PET.



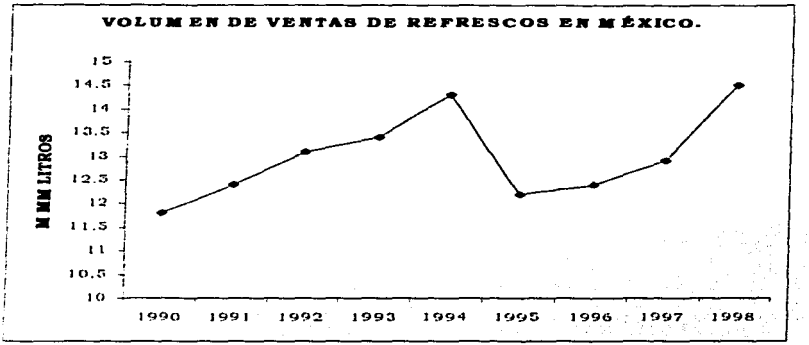
Gráfica 1.3.DEMANDA DE LA RESINA PET EN MÉXICO. Fuente: Celanese.

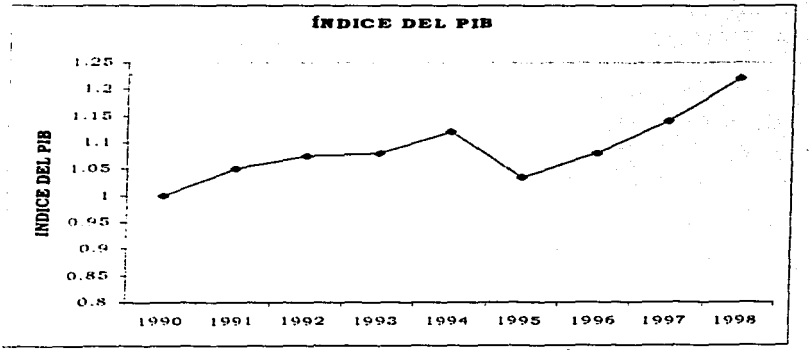


En la gráfica 1.4 se muestra el consumo per cápita de refrescos.

Gráfica 1.4 CONSUMO PER CÁPITA DE REFRESCOS. Fuente: Celanese.

En las gráficas, 1.5 y 1.6, se muestra el volumen de ventas para refrescos.





Gráficas 1.5.y 1.6. VOLUMEN DE VENTAS DE REFRESCOS EN MÉXICO VS. PIB.

Año	1990	1991	1992	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Volumen de ventas Refrescos, M MM L	11.8	12.4	13.1	13.4	14.3	12.2	12.4	13.0	13.1
Crecimiento vs año anterior, %		5.0	5.9	2.6	6.1	-14.3	1.6	4.5	4.5
PIB, %	4.5	3.6	2.8	0.6	3.5	-6.9	5.1	5.4	6.4

FUENTE: ABPEAC para volumen de ventas de refrescos. PIB 1999 proyectado por CIEMEX-WEFA, Diciembre de 1997.

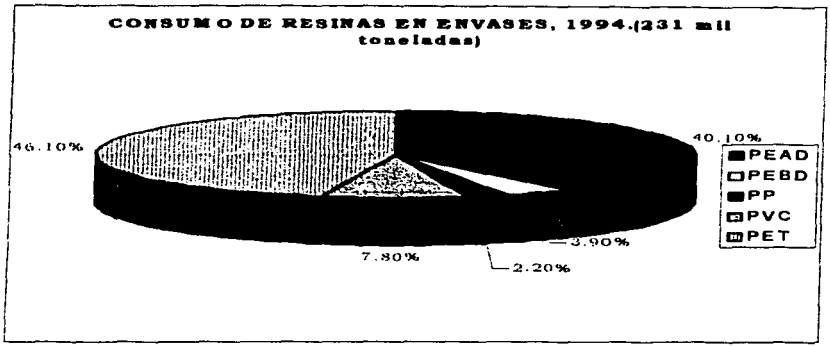
Como se mencionó anteriormente en 1995 hubo problemas de demanda insatisfecha y la producción de botellas cayó en alrededor de un 13.3%, mientras que la producción de garrafones se incrementó un 17.8% en ese año. Algunos tamaños de botellas mantuvieron crecimientos importantes durante el año de 1995, como los de 125 a 250 ml y los envases más grandes de 4 a 12 L, según se muestra en la tabla 1.2. Los tamaños de envases más afectados por la crisis fueron los de 250 a 500 ml.

TAMAÑO	1994-1995	1995-1996	1996-1997
Hasta 125 ml	-15.9	47.8	3.3
125 a 250 ml	16.4	30.0	8.8
250 a 500 ml	39.8	-21.5	22.4
0.5 a 1 litro	-2.3	16.5	31.9
1 a 4 litros	-4.7	7.9	38.1
4 a 12 litros	43.4	14.2	26.2
Más de 12 litros	-3.9	-28.8	10.3

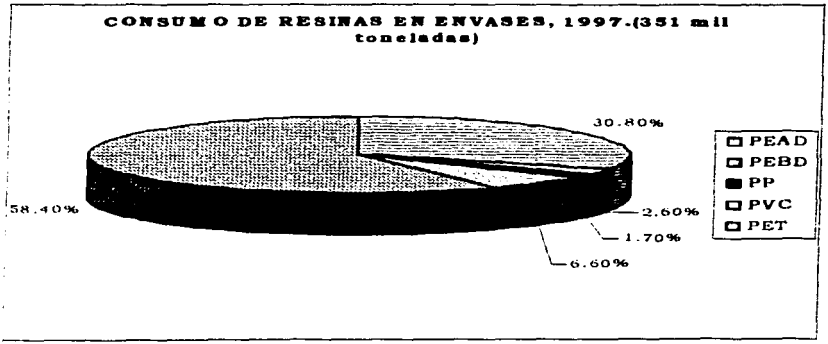
Tabla 1.2.PRODUCCIÓN DE BOTELLAS. (variación con base en el número de piezas, %).
Fuente: Informes 1998

Para 1996, la producción de botellas se recuperó en casi 12%, impulsada por los envases menores a 250 ml y los de 0.5, 4 y 12 L. La producción de botellas de 250-500 ml y la de garrafones de 18 o más litros mostraron caídas sustanciales respecto de los niveles observados en 1995.

En 1994, el 40% de toda la resina consumida para envases era PEAD, y un poco más del 46% de PET como se muestra en la gráfica 1.7.



Gráfica 1.7.CONSUMO DE RESINAS EN ENVASES, 1994.



Gráfica 1.8.CONSUMO DE RESINAS EN ENVASES, 1997.

En 1997, el consumo de PET en botellas aumentó con respecto al PEAD y representó el 58% de toda la resina consumida para envases, esto se muestra en la gráfica 1.8.

Se espera que para el resto de la década, la producción de botellas a base de PET continué incrementándose.

2.DEMANDA (USOS EN MÉXICO DEL PET RECICLADO).

La industria hace válido su interés en el reciclaje, apoyando el reciclaje de botellas PET principalmente. Las condiciones del mercado hacen esperar que esta situación no cambie prontamente, pero si se cree que los grandes volúmenes de material disponible serán una motivación importante para promover la industria del reciclaje.

En la década de los 80's, los programas de reciclaje estuvieron soportados por fondos privados y públicos que les permitieron desarrollarse en forma dinámica. En la presente década, la competencia en todos los sectores industriales se ha visto afectada por el fenómeno de la globalización de mercados. Como consecuencia las industrias han tratado de manera exitosa de disminuir sus costos de producción para mantenerse competitivas ante los productos importados.

El empresario que se dedique al negocio de reciclado debe tener en cuenta esta situación y además de que el reciclaje es una víctima de esta tendencia mundial, puesto que ahora los materiales recuperados de PET deben competir con las resinas vírgenes de PET, las cuales han aumentado considerablemente en producción y además han bajado sus precios (como se analizaba anteriormente, la resina PET ha disminuido su precio por su alta demanda en envases de diferentes características).

Según el estudio que se ha elaborado, en México los usos del PET recuperado son reducidos, pero hay infinidad de usos que se le dan internacionalmente, los cuales algún día pueden ser adoptados aquí en México. De manera general se tratará el uso en México, pero también cabe enfatizar el uso en el extranjero pues como se mencionó, pueden ser mercados que pueden tener demanda en México algún día y sobre todo para que se conozca que otros usos puede tener el producto estudiado.

Según APREPET (Asociación para Promover el Reciclado del PET) en México los usos son principalmente en la fabricación de poliéster fibra corta que se usa para la fabricación de relleno para cojines, almohadas, peluches, colchas, también se utiliza para filtros, felpa para rodillos para pintar, alfombras, playeras, madera plástica, entre otros .

La demanda en México del PET reciclado es generalmente de la industria textil.

En México según RECIMEX la mayor parte de la producción de hojuela limpia, que ellos producen, la exportan a Estados Unidos y en México su principal cliente es Crisol Textil.

Entender que el PET recuperado puede ser un buen negocio para infinidad de usos es difícil, puesto que en México hay mercados que todavía no han sido demandados.

A continuación se analizarán los usos que tiene el PET recuperado, de manera internacional.

En 1995 más de 286,000 TON de PET recuperado entraron al mercado para competir con la resina virgen.

El mercado para el PET reciclado comprende dos principales divisiones, el alto y el de bajo valor agregado.

El PET reciclado para usos con bajo valor agregado es utilizado para producir fibras para aplicaciones textiles (como es el caso de México). El PET verde reciclado se puede usar para aplicaciones en fibras geotextiles y materiales para la industria de la construcción("tabiques de plástico"). Estos materiales son pigmentados normalmente con carbón negro.

Otros usos son:

- Para una gran variedad de bienes caseros, desde juguetes hasta tapas para aerosoles.
- Para la producción de fibras para ropa, bases de alfombra, cuerdas, velas de barco entre otros.
- Para envases no sanitarios, tanto en forma de botellas como extruidas.
- Para materiales de aislamiento y barra de relleno para sacos de dormir, cojines y chamarras.
- Para geotextiles, utilizándose como estabilizadores en los durmientes, en las vías de ferrocarril, en lozamiento de caminos, muros de contención y otros.
- Para cartones transparentes para huevos.

El PET reciclado con alto valor es utilizado para rellenos de fibra y bridas para bandejas de carga, por empresas como Envipco Plastics, Nycoun Industries entre otras.

M.A. Industries produce los compuestos Malon que son aplicaciones en forma de láminas, fibras, películas o piezas moldeadas por soplado.

También produce los compuestos Marmex de poliéster moldeables por inyección. Estos incluyen rellenos y reforzados recomendados para aplicaciones que requieren un impacto mejorado o resistencias a altas temperaturas, resistencia química y durabilidad.

Otros usos son:

- Comercialmente en mezclas con PBT o policarbonatos. Los productos fabricados se destinan principalmente para usos automotriz, conexiones, componentes eléctricos, partes de bombas y correas.
- Empresas Reko proporciona un recuperado de alto grado para reutilizar en envases, piezas de automóvil y filmes.

- Empresas como Coca-Cola y Pepsi/Seven-Up estan utilizando 25% de PET reciclado para botellas, estas botellas se estan usando en Holanda, Alemania, Suecia y Brasil. Esto debido, a que son botellas multicapa, el PET reciclado va entre dos capas de PET virgen. Contribuyendo a la producción de envases para alimentos y bebidas.
- Eastman Chemical Co. Ha desarrollado una resina PET, 9980R, conteniendo 25% de PET reciclado.
- Hoechst Celanese Corp. Está produciendo una resina PET con contenido de 25% de PET reciclado, para Coca-Cola Co.,que esta usando en envases de su refresco.
- Ultra Pac.Inc. está produciendo una línea de empaque hecho de PET reciclado. El plástico reciclado es utilizado para producir contenedores para frutas y vegetales frescos.
- El PET reciclado y moldeado por inyección está siendo utilizado para la fabricación de sumideros, baldosas y plataformas en Japón y Alemania.
- Mediante la hidrólisis de PET reciclado, se utiliza en la recuperación de polioles.
- Se utiliza en la fabricación de tapas base, para botellas de bebidas carbónicas eliminando el uso de adhesivo que une la tapa base con la botella.
- Reforzado con fibra de vidrio es utilizado como componente estructural para la empresa automotriz Chrysler en paneles de apertura, tableros y protectores de faros.
- Reforzado con el Finaprene, que es un estireno-butadieno, es utilizado como sustituto de ABS.
- Reforzado con polvo de mármol es utilizado para producir materiales para lavabos, tinas, regaderas, baños entre otros.
- Para la obtención de polioles, de alta calidad para usarse en aislantes térmicos a base de espuma rígida de poliuretano.

3.PRINCIPALES CONSUMIDORES.

En esta parte del estudio de mercado, se analizará quien consume el PET reciclado, tanto nacional como internacionalmente.

Es importante conocer quienes consumen el PET reciclado, puesto que, este estudio pretende comprobar que el PET reciclado es un negocio rentable, y como en todo negocio se tiene que tener consumidores del producto a vender.

Como empresa recicladora de PET hay dos opciones contempladas para vender el producto:

1. A nivel nacional, el cual es muy reducido.
2. Exportar el producto a Estados Unidos.

1.A NIVEL NACIONAL.

El principal consumidor nacional, es la industria textil; aunque Crisol en su división textil, también recicla PET, se puede introducir PET reciclado de otras empresas, incluyendo la que se estudia en este trabajo.

La demanda de textiles en nuestra sociedad es amplia, lo cual justifica que Crisol puede comprar más PET reciclado del que ellos producen.

Otros consumidores serían los que fabrican "madera plástica"; cabe aclarar que en México el consumo de PET reciclado es reducido, pero se pueden abrir nuevos mercados, concientizando al cliente sobre los beneficios de este producto.

2.EXPORTAR A ESTADOS UNIDOS.

Aunque en E.U. existen empresas recicladoras, siempre la demanda se incrementa constantemente, posiblemente esto se debe a la cultura sobre el reciclaje en ese país o a la legislación, puesto que en California y Oregón se legisló el reciclado como una obligación, las compañías tienen que hacer uso de materiales reciclados aún a pesar de un precio superior.

El reciclado de PET en E.U. es muy elevado, por lo que se dice que es el país que más recicla este material plástico, en 1996 recicló 572 MM lb(259 M ton), que representan una tasa de reciclado del 26%.

Las opciones que tienen para reciclar son:

- Reciclado Mecánico.

-Actualmente practicado en una amplia escala.

-Reusado en otras aplicaciones de poliéster (fibras, plásticos de ingeniería).

- Reciclado Químico.

-Regresado a sus componentes originales.

-Resina producida aceptada por la FDA para el envasado de alimentos.

-Dos procesos: metanólisis y glicólisis.

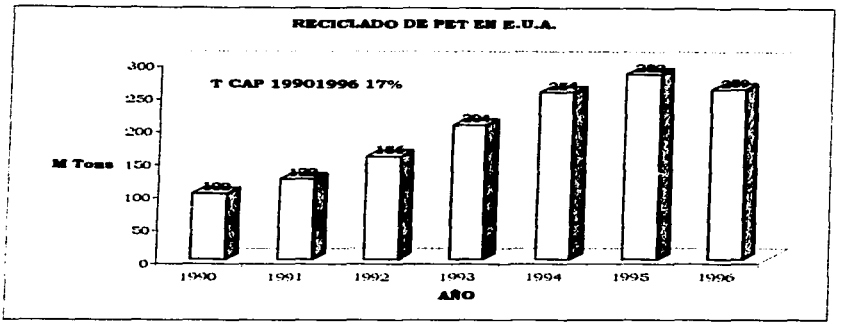
La FDA ha otorgado al menos 10 cartas de no objeción para usar el PET reciclado por el método químico en contacto con alimentos.

En la tabla 3.1. se muestran las opciones para el reciclado de PET en E.U.

FACTORES	RECICLADO MECÁNICO	GLICÓLISIS	METANÓLISIS
Calidad del Desperdicio	Alta	Moderada	Amplia
Costo de operación	Bajo	Moderado	Alto
Calidad de Producción	Moderada	Alta	"Virgen"
Mercado	Reducido	Muchos	Todos

Tabla 3.1.Opciones para el Reciclado de PET en E.U.

En la gráfica 3.1. se muestra el reciclado de PET en E.U.



Gráfica 3.1. RECICLADO DE PET EN E.U.A.

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Tasa de reciclado %	21	24	27	30	34	32	26

La demanda de PET reciclado en 1993 se muestra en la tabla 3.2.

DEMANDA	TONELADAS
FIBRA	190,680
MOLDEO POR INYECCIÓN	45,400
EXTRUSIÓN	40,860
BOTELLAS (uso no alimenticio)	13,620
AISLANTE	13,620
EXPORTACIÓN	13,620

Tabla 3.2.DEMANDA DE PET RECICLADO EN E.U.A. 1993.

Teniendo presente que la legislación es severa, en cuanto al uso de material reciclado, se tiene que en California se ha introducido una ley que exige un mínimo de 25% de PET reciclado de post-consumo (RPC) y en Florida se ha impuesto una sanción económica por cada botella que no contenga RPC.

La FDA autorizó las preformas co-inyectadas en abril de 1993, con la condición de que el contenido de la botella esté separado del RPC por medio de material virgen. Esta aprobación incluye bebidas carbonatadas, aguas minerales y todos los demás productos alimenticios acuosos envasados a temperatura ambiente.

Con lo descrito anteriormente, se piensa como posible consumidor, en E.U.A, a la industria refresquera y de agua purificada. Por ley puede usarse el PET reciclado y la introducción en el mercado es posible puesto que en México se exporta PET reciclado. Las empresas refresqueras que podrían ser posibles clientes son Coca-Cola y Pepsi.

También otro principal consumidor es la industria textil(al igual que en México), ya que el PET recuperado está desplazando al algodón y a la resina virgen de poliester, tanto es así que se fabrican playeras, chamarras, a base de PET recuperado. Empresa Politex.

Por último, en México el consumo Per Cápita de refrescos en 1995 fué de 140 L/persona-año y se estima que para el año 2000 sea de 180 l/persona-año, por lo tanto se verá en aumento el consumo de resina PET para la fabricación de botellas, pero sería conveniente que para la fabricación de estas botellas se ocupará PET reciclado adoptando una legislación severa para su uso. Por lo regular el RPC cuesta aproximadamente una tercera parte menos que la resina virgen, es probable que este ahorro económico ayude a fomentar el cambio a envases que contengan PET recuperado.

4.PRODUCTO.

CALIDAD

El PET recuperado que se obtiene debe tener una calidad igual o mejor a la de la competencia, esto es importante puesto que en un momento dado el consumidor tendrá que hacer una elección entre el producto de esta empresa y el de la competencia, los factores más importantes estudiados hasta ahora son el precio y la calidad del producto, los cuales permitirán la introducción de el producto al mercado.

La tecnología seleccionada, casi siempre garantiza las especificaciones del producto obtenido, por ejemplo el proceso Lummus, el cual llega hasta el pelletizado, pero también se obtienen escamas e igualmente se

venden, garantiza que el producto obtenido puede ser vendido a fabricantes de productos plásticos incluyendo el uso para industria textil. Estas especificaciones se muestran en la tabla 4.1.

CARACTERISTICA	ESCAMAS	GRANULOS
Contenido de humedad no mayor a:	0.5%	0.5%
Aluminio contaminante no mayor a:	50ppm	10ppm
Adhesivo contaminante no mayor a:	100ppm	100ppm
Polietileno contaminante no mayor a:	50ppm	50ppm
Viscosidad intrinseca:	0.70	0.67
Tamaño de partícula:	10mm	-

TABLA 4.1 ESPECIFICACIONES DEL PROCESO LUMMUS.

En la planta de RECIMEX (LERMA EDO.MEX.), la tecnología empleada es de nacionalidad Italiana y la nueva es SOREMA, esta tecnología les garantiza que su producto tendrá las siguientes especificaciones:

CARACTERISTICA	PELLET-GRANULADO
Contenido de PVC	-300ppm
Contenido de Al	-300ppm
Contenido de polietileno(Olefinas)	-300ppm
Contenido de celulosas	-300ppm
Tamaño de partícula:	12-15 mm

TABLA 4.2 ESPECIFICACIONES DE LA TECNOLOGÍA SOREMA.

Esta calidad en el producto es la que les permite venderlo al extranjero y en México a la Industria Textil, cabe aclarar que el pellet-granulado que obtienen no es del todo transparente y que contiene gran parte de PET verde.

La tecnología seleccionada en este trabajo es de NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR la cual ofrece una calidad del producto parecida a la de nuestra competencia en México, RECIMEX. Dichas características se muestran en la tabla 4.3.

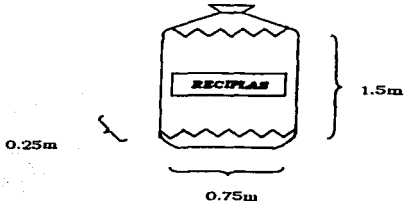
CARACTERISTICA	HOJUELA
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DEL SECADO:	Menor de 5%
CONTENIDO DE ETIQUETAS DE PAPEL:	Menor de 200 ppm
CONTENIDO DE PE:	Menor de 200 ppm
CONTENIDO DE METALES:	Menor de 200 ppm
TAMANO DE PARTÍCULA:	10-12 mm

TABLA 4.3. ESPECIFICACIONES DE LA TECNOLOGÍA NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR.

PRESENTACIÓN.

Para su venta, el producto en forma de hojuelas será puesto en sacos de rafia reforzada color hueso, con las medidas que se muestran a continuación:

Hojuela de PET de 10-12mm



El peso aproximado de los sacos llenos es de 60.0Kg, del cual, los sacos tienen un peso aproximado de 5.0Kg y el contenido de PET T es de 55.0Kg, cada hojuela pesa aproximadamente 0.07g y mide 10mm (1 cm).

MARCA.

La empresa tendrá el nombre de RECIPLAS S.A. DE C.V. (Reciclados Plásticos), por lo que el producto se identificará por la marca, hojuelas de PET grado fibra corta (de uso textil), de la empresa RECIPLAS S.A. DE C.V.

5.POSICIONAMIENTO (PLACE).

El siguiente paso es saber las oportunidades que tenemos para vender el producto, en pocas palabras cual es el momento adecuado para venderlo, como empresa recicladora se tiene el mercado nacional (siendo este poco) y el extranjero, si escogemos la tecnología que se oferta seguramente se obtendrá un producto de características excelentes que le lleguen a interesar al cliente, cuyo uso garantiza una satisfacción, como nuestro producto no es de consumo directo(producto terminal), sino que es una materia prima, la cual procesada por la industria textil, es usada para la fabricación de productos terminales de consumo directo para el público, desgraciadamente estos productos(telas de poliéster reciclado), aún no tienen gran auge en el mercado Mexicano, siendo demandados estos productos, las empresas recicladoras Mexicanas no tendrían que exportar el 65% de su producción a E.U. principalmente. El auge que estos productos

necesitan es una buena campaña de productos reciclados en la cual también puede entrar el papel, el vidrio, latas de aluminio etc., se tuvo la oportunidad de conocer ropa hecha de poliéster reciclado (la cual proporcionó APREPET), y se hizo una encuesta preguntando a la gente entre 17 a 30 años, si usarían estos productos y de 30 entrevistados el 6% dijo que no(es decir 2 personas), lo cual da la seguridad de que siendo la mayoría de las personas las que si usarían estos productos y obviamente más económicos que el algodón, se puede entrar al mercado, y entrando al mercado, el consumo de PET reciclado aumentaría.

6.PROMOCIÓN.

Como empresa recicladora se tienen varias opciones para anunciar el producto, el IMPI(Instituto Mexicano del Plástico Industrial) lanza anualmente una publicación acerca de lo relacionado con la industria del plástico llamada Enciclopedia del Plástico en la cual al asociarse RECIPLAS S.A. se cuenta con la seguridad de que los empresarios relacionados con el mundo de los plásticos podrán enterarse de lo que RECIPLAS S.A. tiene como producto mediante nuestra dirección y publicidad que le hagamos al producto hojuelas de PET tipo T. La existencia de esta revista se conoce de manera internacional principalmente debido a la existencia en internet, la compañía Wellman, Inc. líder mundial en el reciclaje de PET, tiene buenas relaciones tecnológicas y de mercado con RIMEX,S.A. de C.V., la estrategia sería contactar con esta compañía para tener un crecimiento internacional, por lo que primero y como parte de estrategia está el tener bases de mercado en México para posteriormente poder introducirse al mercado internacional, pero para ello, el punto clave es ofrecer un producto de óptima calidad, además de que tenga un precio accesible.

De manera más directa, la primera opción es asociarse a APREPET, esta asociación tiene como objetivo promover el reciclado de PET en México, ellos contactan con toda la gente que este relacionada con el creciente mundo del reciclado. Este tipo de promoción masiva, tiene un costo anual de $5,000.00 pesos, dando la seguridad de tener los contactos necesarios para este negocio

Para efecto de este tipo de planta que se desea estudiar, se propone iniciar una campaña de concientización ecológica junto con empresas envasadoras de agua purificada (como electropura o bonafont), con la cual se pretenden recolectar los envases de plástico pagando cierta cantidad por kilogramo de envase, junto con ellos podrían entrar las empresas embotelladoras de refresco, pues como se ha estudiado a lo largo de este trabajo, últimamente han introducido al mercado gran cantidad de

envases a base de PET. Otra interesante opción sería iniciar esta campaña con la empresa Avangard Industries Inc., la cual se dedica a la recolección de botellas de PET y venderlas a las empresas recicladoras. Se pretende ser cliente de esta empresa por el momento, para poder adquirir la materia prima.

7.PRECIO DEL PRODUCTO.

El precio al que se tiene que vender el producto está establecido de manera internacional en la revista "Plastics News", el precio del producto se puede bajar, pero no subir, en otras palabras es posible vender más barato que ese precio establecido, pero no más caro.

Para 2002 se tiene de acuerdo a lo establecido que el costo en el mercado por gránulo reciclado fué de 0.30 a 0.41 $USD/lb. La penetración al mercado depende de la limpieza y la presentación del PET recuperado, así como la reglamentación existente. Los principales compradores de PET lo pagan a 0.09 $USD/lb, es decir, a 180$USD/TON (0.1984 $USD/Kg), para el material transparente.

EL contenido de PET verde mezclado con el transparente reduce el precio al que lo pagan (dependiendo del uso, en este caso en particular, las botellas pueden ir mezcladas). Un contenido de 36 a 50% de PET verde reduce el precio de compra a 0.03 $USD/lb (60 $USD/TON)(0.06614 $USD/Kg).

A continuación en la tabla 7.1 se muestran los precios del PET como resina y preforma.

PRECIO	RESINA $USD/Kg	PREFORMA(Tomando como base botella de 1L de capacidad peso preforma 40-41.5 g $USD/PZA)
NACIONAL	1.50-1.55	(PARA AGUA 0.078-0.088) (PARA AGUA CON GAS 0.086-0.093)
INTERNACIONAL	1.42-1.47	(PARA AGUA 0.071-0.079) (PARA AGUA CON GAS 0.071-0.079)

Tabla 7.1.PRECIOS DEL PET COMO RESINA Y PREFORMA.

Como se puede observar el precio de la resina es más elevado que el del material recuperado; la calidad del producto recuperado se manejará en la siguiente sección, la cual es importante para poder introducir el producto en el mercado.

El precio al que se dará el producto, de acuerdo a lo establecido y a precios similares de la competencia y procurando estar debajo de estos precios, será de $1,650/TON.

8.COMPETENCIA

Se pretende tener consumidores nacionales, pero se pretende en un futuro abarcar mercado internacional, por lo que en esta sección se conocerán a las empresas recicladoras nacionales y extranjeras, es decir nuestra competencia nacional y extranjera.

Los recicladores extranjeros a los que se harán mención serán los ubicados en Estados Unidos, puesto que son los contemplados en este trabajo como posible competencia.

Estas empresas son:

- Envipco Plastics.
- Nyconn Industries.
- Pure Teach Industries Research.
- St. Jude Polymer.
- Star Plastics.
- Wellman Inc.

Wellman Inc. está reciclando más de 45,400 toneladas de PET al año. La mayoría de estas empresas utiliza el producto recuperado en sus propios productos acabados con valor añadido principalmente relleno de fibra y bridas para bandejas de carga.

Envipco recupera cerca de 10,000 toneladas al año; Nyconn, Pure Teach, St Jude y Star Plastics reciclan cada una de 5,000 a 10,000 toneladas al año.

Dupont Co. en unión con Waste Management Inc. han instalado 5 plantas de reciclado de botellas de PET en E.U. con una capacidad de 18,000 toneladas anuales cada una.

La National Associartion of Plastics Containeer Recovery (NAPCR)que está patrocinada por la Dupont, Eastman, Hoechst-Celanese, ICI, Serrell Plastics y Goodyear, han establecido su sede central en Charlotte y anualmente se recicla de 60,000 a 90,000 toneladas.

En México las empresas recicladoras son las siguientes:

- RECIMEX, S.A. DE C.V.
- RECICLADOS CRISOL, S.A. DE C.V.
- RIMEX, S.A. DE C.V.
- AVANGARD MEXICO, S.A. DE C.V.
- ENVASES PLÁSTICOS DEL CENTRO, S.A. DE C.V.
- RECICLADOS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

Rimex es una empresa 100% mexicana fundada en 1994, dedicada fundamentalmente a la recuperación de polímeros plásticos y otros materiales industriales, especializándose principalmente en los envases de PET. A principios de 1995 Rimex incursiona en la exportación, creciendo rápidamente y enfocándose al desarrollo de infraestructura y de diversas fuentes de acopio a nivel nacional para la recuperación de envases retornables y desechables de la industria de bebidas y refrescos, estableciendo una estrecha relación con la compañía Wellman, Inc. líder mundial en el reciclaje de PET.

Actualmente su capacidad es de cerca de 23,000 toneladas anuales, esto gracias a un proyecto de ampliación y modernización , adquiriendo tecnología de punta mediante contratos con Wellman, Inc. para la fabricación de hojuela PET grado fibra.

Crisol Textil en su división de reciclados realiza el acopio, limpieza y procesamiento de botellas de PET, que se utilizan como materia prima reciclada para las industrias del plástico y textil. Cuenta con una capacidad de producción de 1,500 toneladas por mes de hojuela de botellas de PET. Parte de la producción de hojuela se autoconsume para la fabricación de poliéster fibra corta, que posteriormente es utilizado para la elaboración de telas no tejidas, poliéster cardado y guata.

Recimex, Reciclados de México, puso en operación una planta para reciclado de PET con capacidad de 12000 toneladas por año en Lerma, Edo.México, con una inversión cercana a los 4 millones de dolares.

La planta muele y limpia las botellas recolectadas principalmente en la Ciudad de México y vende las hojuelas a fabricantes nacionales de fibra y también al mercado de exportación.

Esta empresa también se ha dedicado a la concientización acerca de la cultura de reciclaje uniéndose en 1994 con la cadena comercial Aurrerá, para crear centros de acopio llamados CER (Centro Ecológico de Reciclado) para los envases de PET. Recimex también inició un programa con 50000 escolares llamado el "Pasaporte Ecológico".

Aparte de estas tres empresas, no se tiene datos de otras empresas recicladoras en México, aunque seguramente existen, no han de ser tan sofisticadas tecnológicamente hablando, puesto que un negocio de estos requiere tecnología de punta para poder subsistir, hay empresas que fracasan por no tener la tecnología adecuada, es por eso que probablemente no se tienen datos de otras empresas ya que fracasaron u operan de manera irregular; y las empresas anteriormente mencionadas operan regularmente y con buena tecnología.

Otro aspecto interesante, es saber que existe una empresa que se dedica al acopio o recolección a nivel nacional de plásticos post-consumo, esta empresa es Avangard y recupera de tiraderos los plásticos de

post-consumo, los cuales clasifica y hace pacas, preparando el producto como materia prima para el reciclador. Cuenta con 23 centros de acopio en toda la República, donde tiene equipos para compactar y de transporte especializado. En el caso de las botellas de PET acopian de 1,000 a 1,500 toneladas por mes. Esta empresa será a la que se le comprarán las pacas de botellas para alimentar el proceso.

CAPÍTULO III. ESTUDIO TÉCNICO

En el presente capítulo se verificará la posibilidad técnica de fabricación de la hojuela de PET tipo T, también se analizará y determinará el tamaño óptimo, la localización óptima, el equipo y la organización requerida para el proyecto.

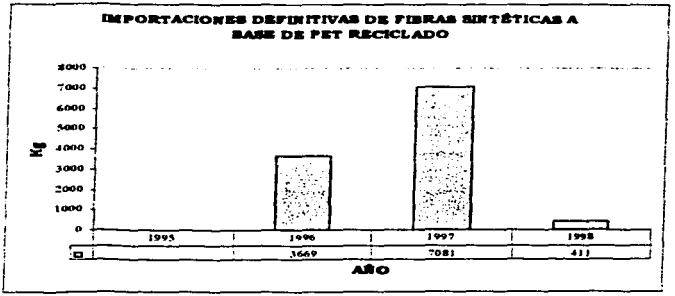
1.DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE LA PLANTA.

Determinar el tamaño de una nueva unidad de producción no es una tarea fácil, hay que tomar varios factores en cuenta, tal como, la demanda, el suministro confiable de materias primas e insumos, la tecnología etc. En esta sección se abordarán estas problemáticas.

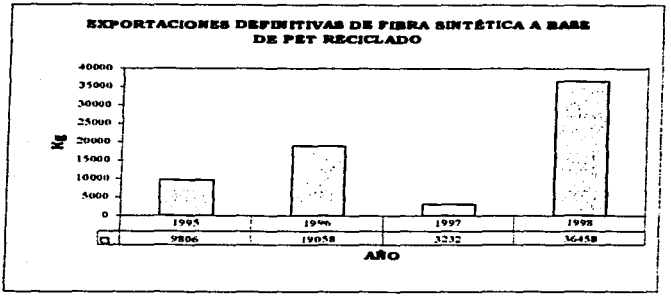
La demanda es sin duda el factor más importante para determinar el tamaño. El tamaño que debe aceptarse debe ser menor a la demanda del producto, a continuación se presentan unas gráficas que muestran la demanda para fibra sintética a base de PET reciclado, en base a las exportaciones e importaciones, datos proporcionados por BANCOMEXT.

De acuerdo a las estadísticas mostradas a continuación sobre las exportaciones e importaciones de fibras sintéticas a base de PET reciclado, se aprecia que las exportaciones de este producto van aumentando:

Gráficas 1.1. y 1.2. donde se muestran las exportaciones e importaciones.



Gráfica 1.1. IMPORTACIONES DE FIBRA SINTÉTICA.



Gráfica 1.2.EXPORTACIONES DE FIBRA SINTÉTICA.

En el estudio hecho en el capítulo uno, se analizó lo referente a la cantidad de botellas y residuos plásticos a base de PET y se asegura que en México se dispone de suficiente materia prima como para alimentar el proceso así como de insumos, es decir que el *suministro de materias primas e insumos* esta en calidad y en cantidad, se comprarán las pacas de PET a la empresa dedicada al acopio de estas botellas(Avangard) la cual vende a $1.65/Kg de botella. Además que en la sección 2 de este capítulo, se presenta un análisis de este suministro como problemática para determinar la localización de la planta.

En cuanto a la *tecnología*, se tienen dos ofertas las cuales se mostrarán más adelante, pero se eligió la oferta número dos por ser la de mayor capacidad de producción, para este proyecto se requiere una producción anual aproximada de 7,100 TON, si se recuerda que en el estudio de mercado se analizó a la competencia y que el principal productor (WELLMAN INC.) produce anualmente 45,400 TON de estas hojuelas.

Por lo que se refiere a este trabajo, se requiere para el año cinco de operación un 100% de la capacidad es decir 7,100 TON al año, es decir, 14,200,000.lb al año.

2.DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA.

De acuerdo a un seguimiento que se tiene de la competencia, el sitio en el que tienen situada su planta de reciclaje, esta cerca del lugar que genera la materia prima, es decir, el Distrito Federal(D.F.), de igual manera RECIPLAS S.A. DE C.V. se ubicará cerca del D.F., ello traerá muchos beneficios en cuanto a transporte de materia prima y distribución de las hojuelas al cliente.

Los sitios que se tienen contemplados para la localización se encuentran ubicados en CUATITLÁN Estado de México al norte del D.F., tales sitios se presentan en la tabla 2.1.

MUNICIPIO	CABECERA MUNICIPAL
Coacalco de Berriozabal	San Francisco Coacalco
Tultitlán	Tultitlán de Mariano Escobedo
Ecatepec	Ecatepec de Morelos (Autopista México-Pachuca Mex. 85)

Tabla 2.1. POSIBLES SITIOS PARA INSTALAR LA PLANTA.

2.1.MATERIAS PRIMAS.

Dentro de los puntos más importantes se encuentra el abastecimiento de materias primas, para efectos de este proyecto la materia primase obtendrá directo de la empresa recolectora Avangard, comprando las pacas a $1.65/Kg. el lugar donde se encuentra ubicado este proveedor, es en México D.F., por lo que, la planta debe estar localizada en el lugar más cercano para el abastecimiento de la materia prima.

En cuanto a los tres sitios Ecatepec presenta algunos problemas de accesibilidad para el abastecimiento de materia prima.

COACALCO	TULTITLÁN	ECATEPEC
EXCELENTE ABASTECIMIENTO	EXCELENTE ABASTECIMIENTO	REGULAR ABASTECIMIENTO

2.2.MERCADO.

El lugar donde se encuentra el cliente máximo en México (Crisol Textil), esta cerca de los tres sitios mencionados anteriormente. Para exportar se tiene cerca el aeropuerto de Toluca, lo cual se mencionará más adelante.

De los sitios contemplados sólo el que presenta problemas de accesibilidad con el cliente máximo es Ecatepec.

COACALCO	TULTITLÁN	ECATEPEC
EXCELENTE ACCESIBILIDAD	EXCELENTE ACCESIBILIDAD	REGULAR ACCESIBILIDAD

2.3.TRANSPORTE.

Siempre se recomienda tener acceso a tres tipos de transporte ó en su defecto a dos, lo que se necesita transportar es la materia prima y el producto terminado, para el mercado nacional se puede usar camión de carga. Tultitlán tiene acceso a Ferrocarril, dos Autopistas (Mex.-Pachuca 85 y Mex.- Querétaro 57) gran viabilidad por medio de la avenida Vía López Portillo para el caso de transporte por camión. al igual que Tultitlá , Coacalco tiene accesibilidad para transportar. Por su parte Ecatepec sólo tiene como vía la Autopista

Mex-Pachuca para el caso de transporte por camión. En la siguiente tabla se muestra el nivel de accesibilidad que se tiene a los diferentes medio de transporte.

TRANSPORTE	COACALCO	TULTITLÁN	ECATEPEC
CAMIÓN	EXCELENTE ACCESIBILIDAD	EXCELENTE ACCESIBILIDAD	REGULAR ACCESIBILIDAD
FERROCARRIL	EXCELENTE ACCESIBILIDAD	BUENA ACCESIBILIDAD	REGULAR ACCESIBILIDAD
AVIÓN	BUENA ACCESIBILIDAD	BUENA ACCESIBILIDAD	REGULAR ACCESIBILIDAD

2.4.SUMINISTRO DE AGUA.

El suministro de agua para el proceso de la planta recicladora es un aspecto sumamente importante puesto que se va a requerir suficiente agua para el lavado de las botellas así como uso general (mantenimiento, sanitarios etc.), se requiere de un sitio cuyo abastecimiento de agua sea confiable.

Las corrientes de agua con las que cuenta Cuatitlán son :

CORRIENTES DE AGUA.

NOMBRE
Lerma
San Felipe
Temascaltepec
Sultepec
Tejalpa
Punguancho
La Asunción
La Venta
San Juan del Río

NOMBRE
San Bernardino
Ixtapan
Zarco
San Agustín
Almoloya
Meyuca
Chalma
Los Lobos

Los cuerpos de agua cercanos a Cuatitlán son:

CUERPOS DE AGUA.

NOMBRE
P.Valle de Bravo
P.Villa Victoria
P.Huapango
P.Tepetitlán
P.Guadalupe
P.Antonio Alzate

NOMBRE
P.Danxhó
P.Ignacio Ramírez
L.Nabor Carrillo
L.Zumpango

También se cuenta con un acueducto superficial y uno subterráneo, los cuales se cruzan a 90° a Pachuca de Soto y 70° a Teotihuacán, los cuales abastecen la mayor parte de la zona de Cuautitlán.

Tultitlán y Coacalco cuentan con buenas referencias de abastecimiento de agua (ambos terrenos), el terreno de Ecatepec donde se planea localizar la planta, tiene referencias regulares de abastecimiento de agua, aunque la zona si tiene buen abastecimiento el terreno no lo tiene regularmente. Tal como se puede verificar en las siguientes tablas:

FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y VOLUMEN PROMEDIO DIARIO DE EXTRACCIÓN DE AGUA POTABLE[1].

	FUENTES DE ABASTECIMIENTO a/				VOLUMEN PROMEDIO DIARIO DE EXTRACCIÓN (Miles de metros cúbicos por día)			
MUNICIPIO	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/	TOTAL	POZO PROFUNDO	MANANTIAL	OTRAS b/
COACALCO	1	-	-	1	12.30	-	-	12.30
ECATEPEC	8	-	-	8	55.01	-	-	55.01
TULTITLAN	10	1	-	9	39.56	3.06	-	36.50

1 Nota: La información comprende los volúmenes de agua que administra la comisión nacional del agua CNA y CEAS o los municipios para su aprovechamiento. No incluye los volúmenes producidos por los mismos municipios ni por los consumos autoproducidos.

a/ Datos referidos al 31 de diciembre.

b/ Comprende fuentes de derivación y desbarlo.

TOMAS DOMICILIARIAS INSTALADAS CON EL SERVICIO DE AGUA POTABLE POR TIPO.

MUNICIPIO	TOTAL	DOMÉSTICAS a/	COMERCIALES	INDUSTRIALES	OTRAS b/
COACALCO	51 977	47 000	4 950	27	-
ECATEPEC	228 108	225 747	1 973	388	-
TULTITLÁN	74 767	72 441	782	381	1 163

a/ Comprende cuota fija y servicio medido.

b/ Se refiere a uso no doméstico de servicio medido, destinados a riego de parques y jardines, mercados y otros.

FUENTE: Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección General del Programa Hidráulico.

Para los tres sitios se cuenta con el abastecimiento suficiente requerido para la planta. Por lo que no representa problema, excepto para Ecatepec donde el terreno no cuenta con la red de tubería suficiente para el abastecimiento de agua y hay que tener en cuenta que meter la tubería necesaria representaría un fuerte gasto.

El costo por metro cúbico no varía por zona, se mantiene un tanto constante como se puede observar a continuación:

COACALCO	TULTITLÁN	ECATEPEC
EXCELENTE SERVICIO	EXCELENTE SERVICIO	BUEN SERVICIO
COACALCO	**TULTITLÁN**	**ECATEPEC**
$30.5/m³	$29.0/m³	$32.0/m³
COSTO ACCESIBLE	COSTO ACCESIBLE	COSTO REGULAR

3.2.5. ELIMINACIÓN DE DESECHOS.

La problemática que se tiene es la eliminación del agua ocupada en la planta, tanto la del proceso como la ocupada en mantenimiento general, según datos encontrados se cuentan con las siguientes plantas públicas de tratamiento de aguas residuales, ubicadas en Cuautitlán.

PLANTAS PÚBLICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN USO, CAPACIDAD INSTALADA Y VOLUMEN TRATADO.

PLANTAS DE TRATAMIENTO a/				CAPACIDAD INSTALADA a/	VOLUMEN TRATADO
MUNICIPIO	TOTAL	LAGUNAS DE OXIDACIÓN	OTRAS b/	(Litros por segundo)	(Millones de metros cúbicos por año)
ACAMBAY	1	1	-	22	473.0
ALMOLOYA DE JUAREZ	1	1	-	34	630.7
ALMOLOYA DEL RIO	1	1	-	31	567.6
ATIZAPAN	1	1	-	28	788.4
CUATITLAN IZCALLI c/	2	-	2	430	10 406.9
CHIMALHUACAN	3	1	2	1 550	48 980.8
ECATEPEC	1	-	1	450	9 460.8
IXTAPAN DE LA SAL	1	1	-	12	346.9
JIQUIPILCO	1	1	-	9	220.8
JOQUICINGO	1	1	-	18	473.0
LERMA d/	1	-	1	1000	19 867.7
MEXICALTZINGO	1	1	-	37	788.4
MORELOS	1	1	-	10	220.8
NAUCALPAN	1	-	1	40	946.1
NEZAHUALCOYOTL	1	1	-	200	5 576.5
ORO, EL	1	1	-	15	378.4
RAYON	1	1	-	32	788.4
SAN ANTONIO LA ISLA	1	1	-	42	946.1
SAN FELIPE DEL PROGRESO	1	1	-	12	252.3
TEXCALYACAC	1	1	-	17	315.4
TEXCOCO	2	-	2	45	1 103.8
TIANGUISTENCO	1	1	-	5	94.6
TOLUCA d/	1	-	1	1 250	29 959.2

a/ Datos referidos al 31 de diciembre.

b/ Comprende: Lodos activados, biológicos y proceso dual y terciario.

c/ Una de las plantas está ubicada en Lechería, aunque que esta convencionada a particulares.

d/ Estas plantas son controladas por la Comisión Nacional del Agua pero están concesionadas a particulares.

FUENTE: Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno del Estado. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección General del Programa Hidráulico.

La planta de tratamiento de Cuautitlán Izcalli, es de las opciones más cerca que se tiene para Coacalco y Tultitlán, aunque esta concesionada, se puede formar parte de esta concesión.

Para la zona de Ecatepec se cuenta con una planta que es pública, lo cual da una mejor accesibilidad, aunque la planta de tratamiento de Cuautitlán Izcalli esta especializada para tratamiento de agua residual industrial y es el punto de interés para este estudio y es lo que se tiene que analizar detalladamente.

Según se han estudiado plantas de reciclamiento de PET, el problema más importante de eliminación de desechos que se tiene es el agua residual, por otra parte no genera otro desecho de importancia grave pues se considera un proceso ecológico.

2.6.SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Como toda planta, se requiere de un suministro de energía eléctrica confiable, por lo que el suministro de energía eléctrica estará a cargo de la compañía de luz y fuerza, puesto que como inicio del negocio no es conveniente autogenerarla y además los costos locales se consideran accesibles como se mostrará a continuación.

POTENCIA REAL INSTALADA, GENERACIÓN BRUTA Y NETA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA COMPAÑÍA DE LUZ Y FUERZA.

TIPO DE PLANTA	POTENCIA REAL INSTALADA a/ (Megawatts)	GENERACIÓN BRUTA DE ENERGÍA (Gigawatts por hora)	GENERACIÓN NETA DE ENERGÍA (Gigawatts por hora)
HIDROELÉCTRICAS	14.1	44.1	43.9
TERMOELÉCTRICAS	450.0	724.6	677.6
VAPOR	224.0	675.7	628.7
TURBOGAS	226.0	48.9	48.9

a/ Datos reteridos al 31 de diciembre

FUENTE. Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Gerencia de Comercialización.

USUARIOS, VOLUMEN Y VALOR DE LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA SEGÚN TIPO DE USUARIO.

TIPO DE USUARIO	USUARIOS a/	VOLUMEN DE VENTAS (Megawatts por hora)	VALOR DE LAS VENTAS (Miles de pesos)
INDUSTRIAL	54 493	7 965 737	1 993 998
RESIDENCIAL	2 137 883	2 607 499	752 191
COMERCIAL	148 863	900 348	462 168
AGRÍCOLA	1 471	50 379	7 318
ALUMBRADO PÚBLICO	399	237 699	175 387
BOMBEO DE AGUAS POTABLES Y NEGRAS	1907	579 781	210 176
TEMPORAL	44	102	ND

a/Se refiere al número de contratos celebrados para el suministro de energía eléctrica, existentes al 31 de diciembre.

FUENTE. Comisión Federal de Electricidad, División Centro Sur, Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Gerencia de Comercialización.

VOLUMEN Y VALOR DE LAS VENTAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

MUNICIPIO	VOLUMEN INDUSTRIAL (Megawatts por hora)	VALOR INDUSTRIAL (Miles de pesos)
COACALCO	22 151	97230
ECATEPEC	904 708	2778920
TULTITLÁN	392 993	1144 810

FUENTE Compañía de Luz y Fuerza del Centro. Gerencia de Comercialización.

MUNICIPIO	VALOR/VOLUMEN
COACALCO	$5,400/MW/h
ECATEPEC	$3,800/MW/h
TULTITLÁN	$3,500/MW/h

Según los datos obtenidos, el menor valor de costo de energía eléctrica es el correspondiente al municipio de Tultitlán, Ecatepec en segundo lugar y Coacalco en tercero.

Resultado de encuesta de servicio:

COACALCO	TULTITLÁN	ECATEPEC
EXCELENTE SERVICIO	EXCELENTE SERVICIO	BUEN SERVICIO

Resultado del costo del servicio:

COACALCO	TULTITLÁN	ECATEPEC
COSTO ALTO	COSTO ACCESIBLE	COSTO REGULAR

2.7.DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA.

En esta sección se analizará la disponibilidad de mano de obra, la planta requerirá personal, en su mayoría de obreros, los cuales se requieren con un nivel de escolaridad mínimo de secundaria. El pago se efectuará de acuerdo al salario mínimo establecido para enero del 2001 es $35.12/día(siendo el mismo para los tres municipios), en referencia a este salario los obreros contratados ganarán aproximadamente y dependiendo del puesto $50.00/día, es decir, un 42.4% más que el salario mínimo.

NIVEL EDUCATIVO POR MUNICIPIO Y TOTAL DE ALUMNOS EGRESADOS. 1996/1997

MUNICIPIO Y NIVEL	ALUMNOS EGRESADOS
COACALCO DE BERRIOZABAL	
PREESCOLAR	3 269
PRIMARIA	4 395
CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO	402
SECUNDARIA	3 420
PROFESIONAL MEDIO	84
BACHILLERATO	1 111
ECATEPEC	
PREESCOLAR	18 028
PRIMARIA	31 848
CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO	2 901
SECUNDARIA	17 206
PROFESIONAL MEDIO	975
BACHILLERATO	2 277
TULTITLÁN	
PREESCOLAR	5 973
PRIMARIA	8 455
CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO	-
SECUNDARIA	3 916
PROFESIONAL MEDIO	103
BACHILLERATO	770

SOLICITANTES DE EMPLEO, CON NIVEL DE ESCOLARIDAD MÍNIMO DE SECUNDARIA. 1998.

	SOLICITANTES DE EMPLEO	VACANTES DISPONIBLES DE EMPLEO	SOLICITANTES CANALIZADOS A UN EMPLEO	SOLICITANTES COLOCADOS EN UN EMPLEO
TOTAL	139 151	145 025	116 797	38 802

FUENTE. Secretaría del Trabajo y de la Previsión Social del Gobierno del Estado. Dirección General de la Previsión Social.

De alguna se observa que estos datos proporcionan una posible seguridad de que en cualquiera de los sitios mencionados hay disponibilidad de mano de obra.

2.8.FACTORES CLIMÁTICOS.

Los datos climáticos reunidos son los que a continuación se mencionan.

CLIMAS.

TIPO O SUBTIPO	***SIMBOLO***	***%DE LA SUPERFICIE ESTATAL***
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	A(w)	11.46
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	ACw	10.42
Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w)	61.03
Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	C(E)(m)	0.58
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	C(E)(w)	11.02
Semiseco templado	BS1k	5.28
Frío	E(f)	0.21

Los climas predominantes en la zona son los semisecos templados y semifrío subhúmedo con lluvias en verano.

De acuerdo a datos recopilados del CNA, los tres municipios corresponden a una estación meteorológica, la cual se ubica en el municipio de Acolman y cuyos datos climatológicos son los correspondientes a los tres municipios en cuestión.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL. (°C).

ESTACIÓN	PERIODO	TEMPERATURA PROMEDIO	TEMPERATURA DEL AÑO MÁS FRÍO	TEMPERATURA DEL AÑO MAS CALUROSO
ACOLMAN	1981-1990	14.9	14.2	15.6

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Temperatura Media en °C. Inédito.

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL(Milímetros).

ESTACIÓN	PERIODO	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	PRECIPITACIÓN DEL AÑO MÁS SECO	PRECIPITACIÓN DEL AÑO MÁS LLUVIOSO
ACOLMAN	1981-1990	623.2	503.3	885.3

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. Inédito.

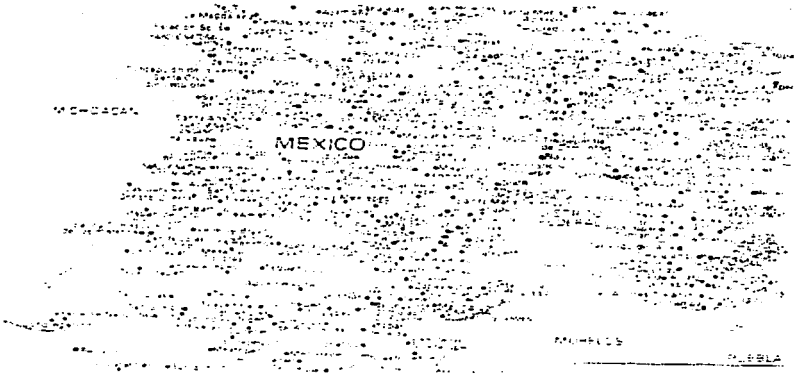
Datos obtenidos nos revelan que en tiempos de lluvia no hay peligro de inundación en la zona de Coacalco, en Tultitlán hay un poco de problemas con el drenaje y por ello llegan a presentar inundaciones considerables, por su parte Ecatepec presenta problemas regulares con inundaciones. La zona norte es predominantemente semiseca, el problema con climas extremosos es que hay tener precaución con equipo de proceso que requiera algún aislante o cubierta especial debido a la temperatura predominante así como la seguridad de los trabajadores; por lo que respecta al proceso la temperatura no es un factor crítico.

Como conclusión final, se puede asegurar que la mejor opción para instalar la planta es en la zona de **Coacalco**, las zonas de Tultitlán y Coacalco presentaron muchas semejanzas solo variaron en el costo de energía eléctrica y el clima donde la zona de Tultitlán es propensa a presentar inundaciones. Ecatepec es la zona que definitivamente queda fuera del estudio.

La última decisión entre elegir la zona de Tultitlán o la de Coacalco, se tomó en referencia al costo del terreno, siendo más accesible el de Coacalco, el cual cuesta menos que el de Tultitlán, y además dispone de documentos en regla para la instalación de una planta (llámese uso de suelo, permisos ambientales y factores de la comunidad "politica del buen vecino").

MUNICIPIO	COSTO POR m²
COACALCO	$1200.00
TULTITLÁN	$1400.00
ECATEPEC	$1470.00

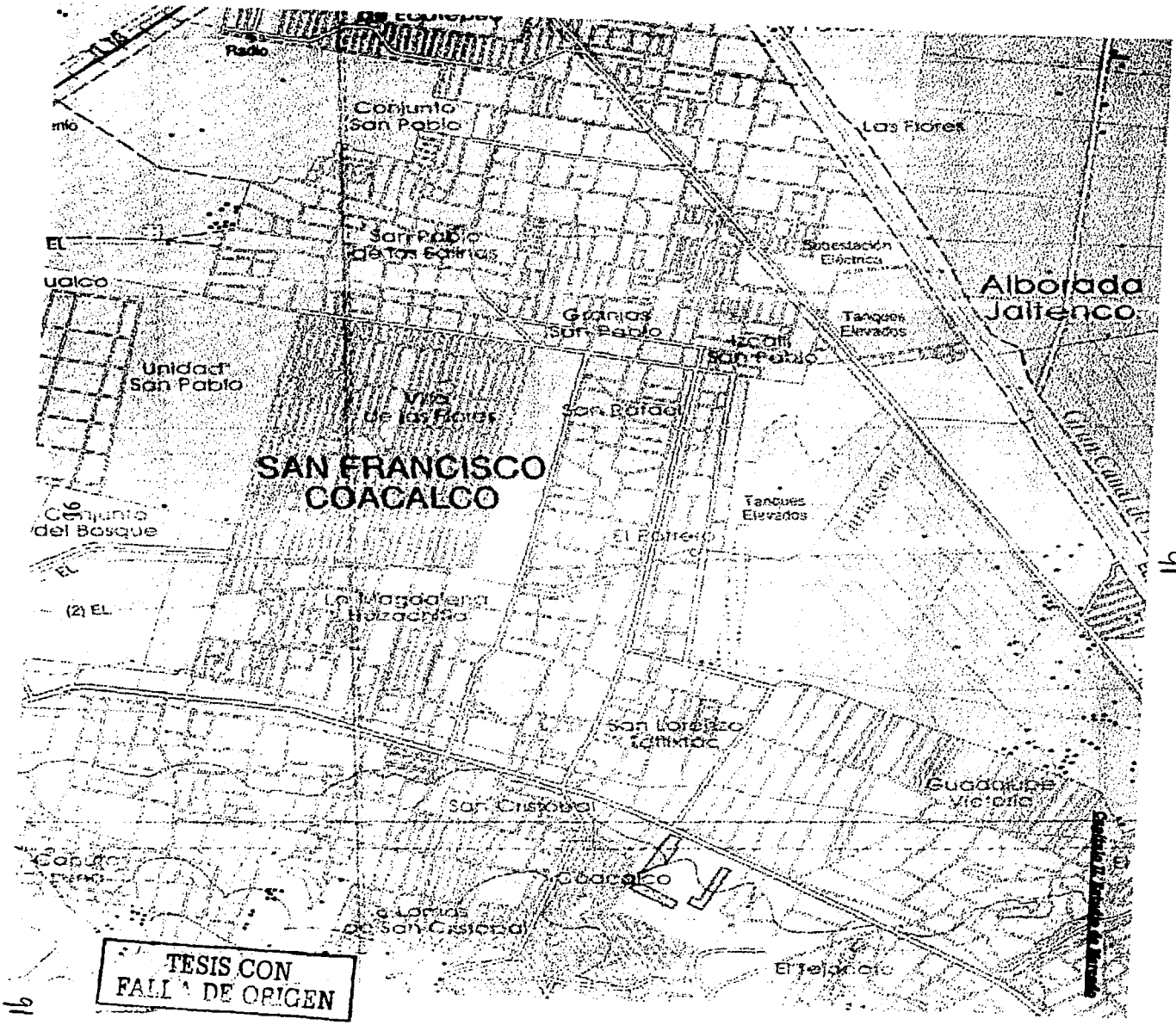
Por último y para terminar esta sección, la zona norte fue la más accesible que se encontró económicamente hablando, ya que, por ejemplo los costos de servicios y terreno varían de región a región y en la zona sur los costos son aproximadamente 40% mayores que en la zona norte. A continuación se muestran los mapas de macrolocalización y microlocalización del proyecto:



Mapa 1. Macrolocalización del proyecto

El mapa anterior muestra la macrolocalización del proyecto, ubicado en Coacalco Edo.Mex.

El mapa que se muestra en la siguiente página, se refiere a la microlocalización, cuyn dirección es Av.José López Portillo S/N, esquina Av.Revolución, Col. San Juan.



3. INGENIERÍA DEL PROYECTO.

3.1.DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE PROCESO.

A continuación se mencionan las etapas del proceso(antes ya mencionado en el capítulo I), junto con el diagrama de proceso.

1. Toda botella de PET de post-consumo, en forma comprimida se pone sobre una banda transportadora. La banda transportadora esta equipada con un puente detector de metales.
2. Desde la banda transportadora, las botellas entran aun granulador primario, donde el material es granulado hasta un tamaño de partícula entre 10 y 12 mm aproximadamente.
3. Después del granulado, un sistema neumático transportador, toma las hojuelas y las pone en un sistema de lavado, separando(tapas de PE y etiquetas de papel)y secando.
4. Después de la operación de secado, las hojuelas son transportadas neumáticamente hacia un silo de almacenamiento. Dependiendo de la capacidad, este silo de almacenamiento puede ser suministrado con una o dos salidas horizontales.
5. Desde el silo de almacenamiento, el material es transportado neumáticamente hacia un sistema de compactación. La salida del sistema de compactación puede ser equipada con un separador de metales para impurezas de NE y FE.
6. Después de la operación de compactado, el material es otra vez transportado neumáticamente hacia un secador.
7. Desde el secador, el material va a un silo de almacenamiento. Según la información obtenida de esta cotización, el material obtenido se puede pasar a un proceso de extrusión para obtener láminas de extrusión o venderse para uso textil entre otras aplicaciones.

En la figura 1.1 se muestra el proceso antes mencionado, aclarando que aunque es un solo equipo, para poder ejemplificar lo que sucede en este proceso, se usarán por separado el proceso de secado, lavado etc.

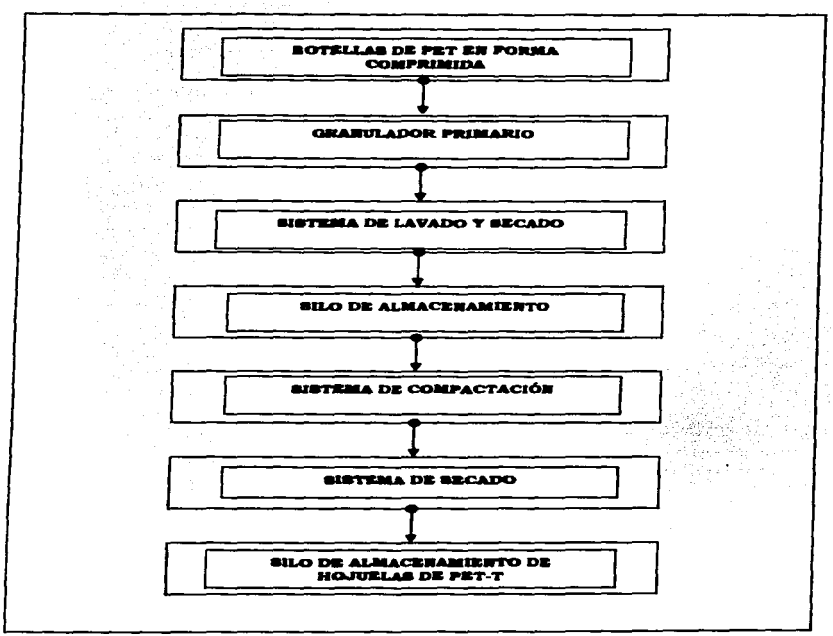


Figura 1.1. Proceso de la tecnología NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR

3.2.TECNOLOGÍA *NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR.*

En la presente sección se tratará la tecnología del equipo a seleccionar, retomando lo tratado en el capítulo dos, la tecnología elegida fue *NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR*, la problemática que se tiene es seleccionar una de las dos ofertas.

Entre los factores que se deben considerar al revisar el problema de seleccionar la tecnología estan: el proceso adoptado; la escala de producción seleccionada; el costo de adquisición; el grado de automatización; el espacio requerido y la factibilidad de ampliación de su capacidad.

Esta tecnología *NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR*, es ampliamente recomendada por APREPET, y es usada por la competencia en Estados Unidos. Por lo que, a este estudio se refiere, la principal problemática será la escala de producción.

3.2.1. NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR(1).

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y LO QUE INCLUYE.

APLICACIÓN:	COMPACTACIÓN.
MATERIAL:	HOJUELAS DE PET DESPUÉS DEL LAVADO, SEPARACIÓN DE TAPAS DE PE Y ETIQUETAS DE PAPEL Y SECADO.CONTENIDO DE ETIQUETAS DE PAPEL Y PE MENOR A 200 ppm. Tamaño de partícula de 10-12mm.
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUÉS DEL SECADO:	Menor de 5%
CAPACIDAD	770-840 lb/h

SUCCIÓN.

- El abrevadero de succión se encuentra debajo de la salida del silo seguido por una conexión de tubería hacia un dispositivo de alimentación.
- Ciclón cilíndrico dividido con sujetadores rápidos.
- Conexión de tuberías con tapas agotadoras de aire.
- Ciclón para calar aire situado en el Plastcompactor.

DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN.

- Tres(3) astas barrenas con canalete.
- Barrenas alimentadas con motor de 15 HP.
- Alto y bajo indicador de nivel y control.
- Frecuencia invertida.

NETZSCH-CONDUX PLASTCOMPACTOR, TIPO CV 50.

Envoltura del Motor.

- Soldada y la construcción lanzada.

Discos de compactación.

- Diámetro de 500 mm.
- Instalación de la envoltura.
- Abertura despejada y ajustada para el panel eléctrico de control remoto.
- Agua de enfriamiento rotatoria y discos estacionarios.

Envoltura de cojinetes.

- Máximo manejo de rodillo cojinete.
- Sello radial de asta.

Dispositivo de seguridad.

- Interruptor próximo sobre la envoltura del compactador.

Sistema de manejo.

- Manejo de V-banda con gavilla y polea de guardo.
- Montado de motor en burrudilla y armadura.

MOTOR PLASTCOMPACTOR.

- 150 HP, 460 Volt, 60 Hertz, 3 Fases, 1800 RPM.
- TEFC.

SUCCIÓN II.

- Ventilador (principal).
- Capaz de estar oscilando abierto con manejo de P= 10 HP.
- Conexión de tubería desde el compactador hasta el ciclón con soporte.

SISTEMA INTERMEDIARIO DE ENFRIAMIENTO.

- Consiste de un abrevadero de succión situado debajo del ciclón.
- Seguido por un soplador con motor de P= 7 HP.
- Tuberías con inclinaciones y ciclón con brincador de transición para lugares sobre inclinaciones CS 300/600-4WK.

NETZCHS-CONDUX CUTTING GRANULATOR-CS 300/600-4WK.

- Diámetro de rotor 300 mm.
- Longitud del rotor 600 mm.
- Dimensiones del colador(criba). 200x594 mm.

Envolturas.

- Máxima soldadura de construcción.
- Partidor de envolturas, oscilando en la abertura superior para mantenimiento y limpieza del motor.

- Abriendo la bomba vía operación manual.
- 4(cuatro lechos con cuchillas).
- Aumento en la cámara de cortado para extra enfriar.

Rotor

- Precalentador, soldadura e hincapié en el aliviador.
- 3(cuchillas) rotatorias.

Soportes.

- Flange montado.
- Sello asta de fieltro.

Pantalla.

- Una (1) pantalla puesta en un sitio para la salida del abrevadero de succión.
- Salida y pantalla pueden estar en el acceso a la cámara de cortado.
- Elección entre 6 mm u 8 mm.

Sistema de manejo.

- V-banda de manejo con fajos y polea guardo.

Armadura base.

- Base para granulador, manejo de motor, abrevadero de succión y sistema de manejo de pérfil pintado de acero.

MOTOR GUÍA.

- 20 HP, 460 Volt, 60 Hertz, 3 fases, 1800 RPM.
- TEFC.

SUCCIÓN III.

- Ventilador capaz de estar oscilando abierto con manejo P=5 HP.
- Conexión de tuberías al ciclón, armadura soporte.

SEPARADOR DE FINOS.

- Finos reciclables atrás del plastcompactor.
- Tuberías desde el separador hasta el ciclón plastcompactor.

PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO.

- Panel de control con motor iniciador, botón empujador, frecuencia invertida, etc. para sistema de control completo.
- Controles de alimentación y plastcompactor disco boquete de claridad.
- Incluye soplador para condensación.

Incluyendo:

- Control Remoto PCS 1.
- Para regular la velocidad del tornillo alimentador para el paso de el compactor.
- Integrado en el armario de control.

SEPARADOR DE METALES.

- Con soporte debajo del lugar del material de salida.
- Suministrador con rollo de registro para impurezas de EN y FE.
- Con una sensibilidad de 0-6 mm en bolas de acero.

EL SISTEMA INCLUYE LO SIGUIENTE:

NÚMERO DE EQUIPO	EQUIPO
1	SUCCIÓN I
2	DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN
3	PLASTCOMPACTOR, TIPO CV 50
4	MOTOR-P=150 HP
5	SUCCIÓN II
6	SISTEMA INTERMEDIO DE ENFRIAMIENTO
7	GRANULADOR CORTADOR, TIPO CS 300/600-4WK
8	MOTOR-P=20 HP
9	SUCCIÓN III
10	SEPARADOR DE FINOS
11	PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO
12	SEPARADOR DE METALES

TOTAL DE INVERSIÓN $3,115,754.00 *para enero del 2002.*

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO A COMPRAR.

*ESPECIFICACIONES UTILES DEL CV 50.

Agua de enfriamiento.

Cantidad: 2.5-3.5 gpm.

Rango de temperatura: 68-70°F.

Temperatura de salida: 104°F max.

Presión: 40 PSI max.

Sistema: Abierto a descarga sobre cerrado.

Energía Eléctrica.

Voltage del motor guía: 460 V, 3 Fases.

Frecuencia: 60 Hz.

Consumo de Energía.

Tornillo de alimentación: 12.0 kW.

CV 50: 110.0 kW.

Transportador: 7.5 kW.

Enfriador intermedio: 5.5 kW.

CS 320/600-4 WK: 15.0 kW.

Transportador: 4.0 kW.

TOTAL 154.0 kW.

70% de uso durante operación normal x0.7

NORMAL USO DE ENERGÍA 108.0 kW/h.

3.2.2. NETZCHS CONDUX-PLASTCOMPACTOR(2).

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y LO QUE INCLUYE.

APLICACIÓN:	COMPACTACIÓN.
PRODUCTO:	HOJUELAS DE PET DESPUÉS DEL LAVADO, SEPARACIÓN DE TAPAS DE PE Y ETIQUETAS DE PAPEL Y SECADO, CONTENIDO DE ETIQUETAS DE PAPEL Y PE, MENOR DE 200 ppm. Tamaño de partícula de 10-12mm.
CONTENIDO DE HUMEDAD DESPUES DEL SECADO:	Menor de 5%
CAPACIDAD	Arriba de 1555-1665 lb/h

TRANSPORTADOR Y DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN.

- Succión al sitio del abrevadero debajo de la salida del silo y seguido por una conexión de tuberías hacia el ciclón cilíndrico.

BRINCADOR PLASTCOMPACTOR Y BARRENA DE ALIMENTACIÓN.

- 3(tres) astas barrenas con canalete.
- Motor de la barrena de alimentación de 25 HP.
- Alto y bajo indicadores de nivel y controles.
- Frecuencia invertida.

CV 70 PLASTCOMPACTOR.

Envolturas.

- Construcción soldada y alzada.

Discos compactadores.

- 700 mm de diámetro.
- Instalado en las envolturas.
- Hueco despejado y ajustado por control remoto en el panel eléctrico.
- Agua de enfriamiento rotatoria y discos estacionarios.

Cojinete para envolturas.

- Máximo manejo de rodillo cojinete.
- Motor montado en barandilla y armadura.

Motor PLASTCOMPACTOR.

- 250 HP, 460 Volt, 60 Hertz, 3 fases, 1800 RPM.
- TEFC.

Transporte de tubería II.

- Tubería entre plastcompactor y granulador.
- Soplador transportador, 30 HP.
- Granulador ciclón secundario.

Abrevadero de succión.

- Situado bajo la salida del ciclón.
- Seguido por un soplador con P=10 HP.
- Tubería con inclinación.
- Ciclón con transición brincada arriba del granulador.

NETZSCH-CONDUX GRANULADOR CORTADOR – CS 400/ 1000-III A-WK.

- Diámetro del rotor 400 mm
- Longitud del rotor 1000 mm
- Doble ángulo de corte.

Envoltura del motor.

- Máxima soldadura para construcción.
- División en la envoltura, oscilando a la mitad de la abertura superior para mantenimiento y limpieza del motor
- Abriendo la bomba vía operación manual.
- 3 tres lechos con cuchilla.
- Aumento en la cámara de cortado para extra enfriamiento.

Rotor.

- Precalentador, soldado y con aliviador.
- 6(seis) cuchillos rotatorios.

Cojinetes(soportes).

- Montado en el exterior de la envoltura del granulador, en bloques "almohadas".
- Sello asta de fieltro.

Pantalla.

- Una pantalla puesta en el sitio por la salida del abrevadero de succión.
- Salida y pantalla son capaces de estar abajo para el acceso a la cámara de cortado.
- Elección de 6 mm u 8 mm.

Sistema guía.

- V-banda guía con gavilla y polea de guardo.

Base de armadura.

- Base para granulador, manejo de motor, abrevadero de succión y sistema de manejo con pérfil pintado de acero.

MANEJO DE MOTOR.

- 75 HP, 460 Volt, 60 Hertz, 3 Fases, 1800 RPM.
- TEFC.

TUBERÍAS DE TRANSPORTE III.

- Tuberías entre granulador secundario y el separador de finos.
- Transportador soplador, 10 HP.
- Ciclón separador de finos.

SEPARADOR DE FINOS.

- Finos reciclados detrás del PLASTCOMPACTOR.
- Tuberías desde el separador hasta el ciclón plastcompactor.

PANEL DE CONTROL ELÈCTRICO.

- Panel de control con motor iniciador, botón empujador, frecuencia invertida, etc. para el sistema de control completo.
- Controles de alimentación de barrenas y plastcompactor disco hueco aclarecido.
- Incluye soplador para condensación.

Incluyendo:

- 1(un) control remoto PCS 1.
- Para regular la rapidez del tornillo de alimentación para el peso del compactador.
- Integrado en el gabinete de control.

Control eléctrico de separación despejada.

- Para asegurarse que el operador no esta manejando el espacio despejado de discos de compactación en O(toque).

SEPARADOR DE METALES.

- Con soporte situado debajo del material de salida.
- Provisto con rollo de registro para impurezas de NE y FE.
- Con una sensibilidad de 0-6 mm en bolas de acero.

EL SISTEMA INCLUYE LO SIGUIENTE:

NÚMERO DE EQUIPO	EQUIPO
1	TRANSPORTADOR Y DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN.
2	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.
3	PLASTCOMPACTOR, TIPO CV 70
4	MOTOR GUIA-P=250 HP
5	TRANSPORTADOR II
6	ABREVADERO DE SUCCIÓN
7	GRANULADOR CORTADOR, TIPO CS 400/1000-IIIA-WK
8	MOTOR-P=70 HP
9	TRANSPORTADOR III
10	SEPARADOR DE FINOS
11	PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO
12	SEPARADOR DE METALES

TOTAL DE INVERSIÓN $4,227,864.00 *para enero del 2002.*

ESPECIFICACIONES DE UTILIDAD DEL CV-70.

Agua de Enfriamiento.

Cantidad: 4.0-5.0 gpm.

Rango de temperatura: 68-70°F.

Temperatura de salida: 104°F.

Presión: 40 PSI max.

Sistema: Abierto a descarga en sobrecerrado.

Energía eléctrica.

Alimentador de tornillo: 18.5 kW.

CV-70: 200.0 kW.

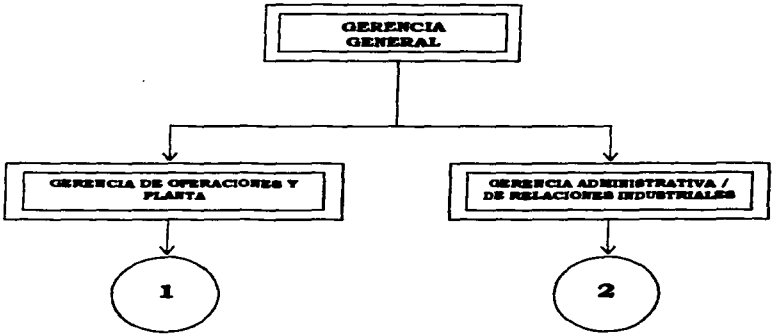
Transportador: 22.0 kW.

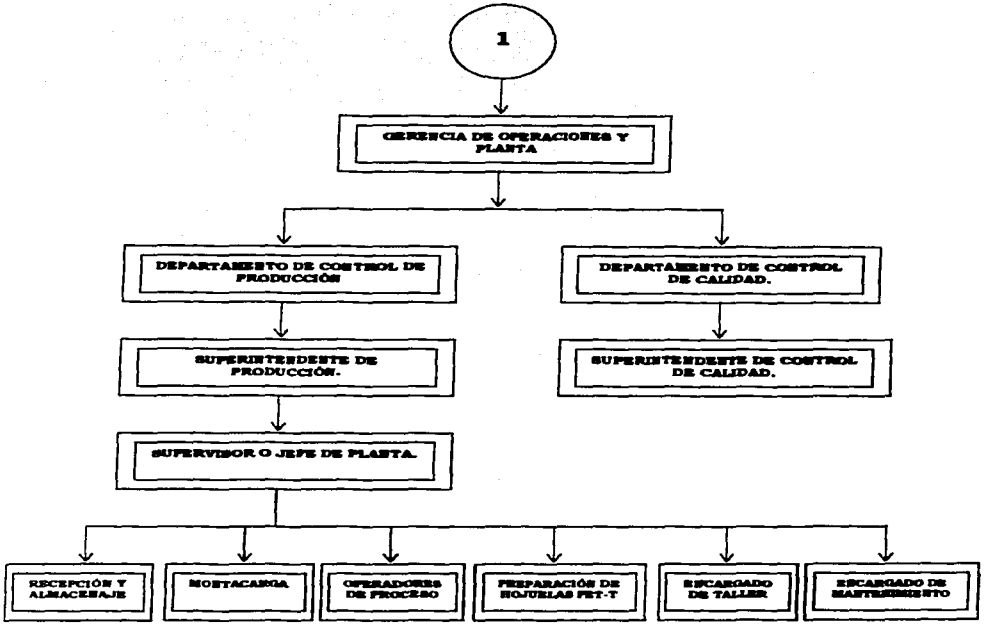
Enfriador intermedio:	7.5 kW.
CS 400/ 100-III A-WK	55.0 kW.
Transportador:	7.5 kW.
TOTAL	310.5 kW.
Al 70% de su uso en operación normal	x0.7
ENERGÍA NORMAL USADA:	217.0 kW/h

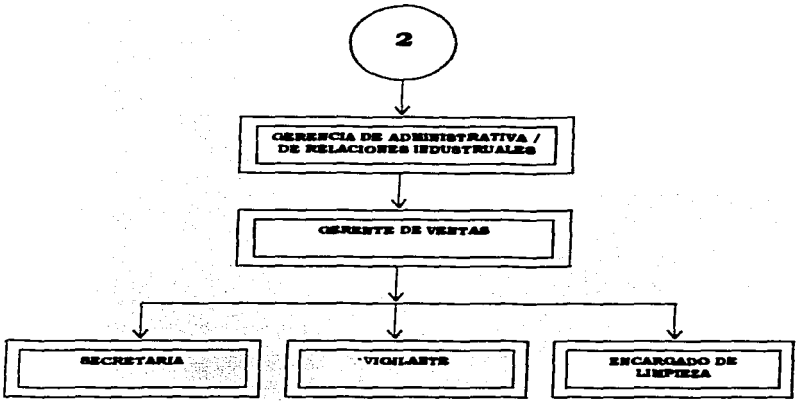
Como se mencionó anteriormente, en la parte de selección óptima del tamaño de la planta, de acuerdo a lo analizado, se escoge la oferta número dos, la cual cuenta con mayor capacidad de producción.

4.DETERMINACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN HUMANA QUE REQUIERE EL PROYECTO.

A continuación se presenta el organigrama del personal requerido para este proyecto:







Este proyecto, como empresa que inicia operaciones, el personal se ve muy reducido pero es el necesario para operar al 100% de la capacidad, y se espera que en cinco años sea una empresa fortalecida, de esta manera el organigrama crecerá para tener una mejora creciente en la empresa y nivel de vida de los empleados.

CAPÍTULO IV. ESTUDIO ECONÓMICO.

Hasta este punto del trabajo, se puede afirmar que existiendo un mercado para las hojuelas de PET y que tecnológicamente no existe impedimento para realizar este proyecto, el siguiente paso es determinar cuales serán los recursos económicos necesarios, cual serán los costos de producción, administración y ventas, la determinación inversión inicial total fija y diferida, la depreciación y amortización de los activos, la determinación del capital de trabajo, la determinación del punto de equilibrio y finalmente el estado de resultados.

Con el propósito de anticipar los resultados económicos que producirá el proyecto, se ha calculado el costo de producción que estaría vigente durante los primeros diez años.

Es verdad que existe siempre una incertidumbre acerca del comportamiento de los mercados en el futuro, en el presente trabajo se propone hacer un estudio de Prospectiva[1], ya que la Prospectiva además de permitir e impulsar un diseño del futuro, aporta elementos muy importantes al proceso de planeación y a la toma de decisiones. Por ello en esta parte se elaboraron tres escenarios de futuros posibles en base a la capacidad de la planta, quedando como sigue:

ESCENARIO 1: UN FUTURO **DESEADO** EN EL CUAL LA CAPACIDAD DE LA PLANTA ESTARÁ AL 100% A PARTIR DEL AÑO QUINTO DE OPERACIÓN, DEBIDO A QUE TODO LO QUE SE PRODUCE SE VENDE.

ESCENARIO 2: UN FUTURO **MEDIO** EN EL CUAL LA CAPACIDAD DE LA PLANTA ESTARÁ AL 70% A PARTIR DEL AÑO QUINTO DE OPERACIÓN, DEBIDO A QUE NO SE ALCANZARON LOS NIVELES DE VENTA ESPERADOS Y POR LO TANTO ASÍ SE CONSERVARÁ HASTA EL AÑO DIEZ.

ESCENARIO 3: UN FUTURO **PÉSIMO** EN EL CUAL LA CAPACIDAD DE LA PLANTA ESTARÁ AL 50% A PARTIR DEL AÑO QUINTO DE OPERACIÓN, LOS NIVELES DE VENTA NO SON LOS DESEADOS, Y NO SUBIRÁ LA CAPACIDAD INSTALADA.

Dichos escenarios se muestran a continuación, mencionando que se manejarán los tres simultáneamente en cada uno de los rubros que se tratarán a continuación.

1.DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.

Los costos de producción se han dividido para su estudio en: directos e indirectos, variables y fijos. La primera clasificación se utiliza cuando se calculan los costos de producción y la segunda cuando se obtiene el punto de equilibrio.

Los costos de producción, son todos aquellos que intervienen en la elaboración de un producto determinado.

1 Dicha estudio de prospectiva, se propuso de acuerdo a la referencia bibliográfica PLANEACIÓN PROSPECTIVA DE MIKLOS-TELLO año 2000.

Estos costos se clasifican en dos: los primeros están ligados directamente en la transformación de un producto determinado y consisten principalmente en materia prima e insumos (energía eléctrica, agua etc.), estos costos se llaman variables o de producción; los segundos son los costos fijos de la inversión los cuales tienden a permanecer constantes, independientemente del volumen de producción, también se les conoce como gastos de estructura.

BASES DE CÁLCULO PARA OBTENER EL COSTO DE PRODUCCIÓN.

MATERIA PRIMA.

Las necesidades de materia prima **(pacas de botellas de PET)** para el funcionamiento de la planta, son las siguientes:

1.A ESCENARIO 1 DESEADO.

PRODUCTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5-10
PACAS DE BOTELLAS DE PET (TON)	4960	5310	5670	6730	7100

1.B ESCENARIO 2 MEDIO.

PRODUCTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5-10
PACAS DE BOTELLAS DE PET (TON)	2840	3195	3550	4260	4960

1.C ESCENARIO 3 PÉSIMO.

PRODUCTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5-10
PACAS DE BOTELLAS DE PET (TON)	1775	2130	2485	2840	3550

El costo por tonelada de pacas de botellas de PET está representado por el precio de garantía, que para enero del 2002 era de $1,650/TON. Por lo tanto, los costos anuales por concepto de materia prima quedan como sigue:

1.A. ESCENARIO 1 DESEADO

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	MATERIA PRIMA (TON)	PACAS DE PET ($/TON)	COSTO $	COSTO DE MATERIA PRIMA $
0	0	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
1	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
2	75	5.310	1.650	8.761.500	8.761.500
3	80	5.670	1.650	9.355.500	9.355.500
4	95	6.730	1.650	11.104.500	11.104.500
5	100	7.080	1.650	11.682.000	11.682.000
6	100	7.080	1.650	11.682.000	11.682.000
7	100	7.080	1.650	11.682.000	11.682.000
8	100	7.080	1.650	11.682.000	11.682.000
9	100	7.080	1.650	11.682.000	11.682.000
10	100	7.080	1.650	11.682.000	11.682.000

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	MATERIA PRIMA (TON)	PACAS DE PET ($/TON)	COSTO $	COSTO DE MATERIA PRIMA $
0	0	2.840	1.650	4.686.000	4.686.000
1	40	2.840	1.650	4.686.000	4.686.000
2	45	3.195	1.650	5.271.750	5.271.750
3	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500
4	60	4.260	1.650	7.029.000	7.029.000
5	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
6	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
7	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
8	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
9	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000
10	70	4.960	1.650	8.184.000	8.184.000

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	MATERIA PRIMA (TON)	PACAS DE PET ($/TON)	COSTO $	COSTO DE MATERIA PRIMA $
0	0	1.775	1.650	2.928.750	2.928.750
1	25	1.775	1.650	2.928.750	2.928.750
2	30	2.130	1.650	3.514.500	3.514.500
3	35	2.485	1.650	4.100.250	4.100.250
4	40	2.840	1.650	4.686.000	4.686.000
5	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500
6	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500
7	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500
8	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500
9	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500
10	50	3.550	1.650	5.857.500	5.857.500

AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA.

Se tendrán además consumos de agua para servicios y de energía eléctrica para iluminación y servicios como sigue:

Agua de servicio y consumo humano: 9,620 m³/año, de los cuales, 7,700 m³/año son para proceso y 1,920 m³/año son para consumo humano(al 100% de la capacidad de la planta).

1.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	CONSUMO DE AGUA (m^3)	COSTO UNITARIO ($/$m^3$)	COSTO $	COSTO DE CONSUMO DE AGUA $
0	0	6.735	30,5	205.418	205.418
1	70	7.216	30,5	220.088	220.088
2	75	7.697	30,5	234.759	234.759
3	80	9.140	30,5	278.770	278.770
4	95	9.621	30,5	293.441	293.441
5	100	9.621	30,5	293.441	293.441
6	100	9.621	30,5	293.441	293.441
7	100	9.621	30,5	293.441	293.441
8	100	9.621	30,5	293.441	293.441
9	100	9.621	30,5	293.441	293.441
10	100	9.621	30,5	293.441	293.441

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	CONSUMO DE AGUA (m^3)	COSTO UNITARIO ($/$m^3$)	COSTO $	COSTO DE CONSUMO DE AGUA $
0	0	3.848	30,5	117.364	117.364
1	40	3.848	30,5	117.364	117.364
2	45	4.330	30,5	132.065	132.065
3	50	4.811	30,5	146.736	146.736
4	60	5.773	30,5	176.077	176.077
5	70	6.735	30,5	205.418	205.418
6	70	6.735	30,5	205.418	205.418
7	70	6.735	30,5	205.418	205.418
8	70	6.735	30,5	205.418	205.418
9	70	6.735	30,5	205.418	205.418
10	70	6.735	30,5	205.418	205.418

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	CONSUMO DE AGUA (m^3)	COSTO UNITARIO ($/$m^3$)	COSTO $	COSTO DE CONSUMO DE AGUA $
0	0	2.405	30,5	73.353	73.353
1	25	2.405	30,5	73.353	73.353
2	30	2.886	30,5	88.023	88.023
3	35	3.367	30,5	102.694	102.694
4	40	3.848	30,5	117.364	117.364
5	50	4.811	30,5	146.736	146.736
6	50	4.811	30,5	146.736	146.736
7	50	4.811	30,5	146.736	146.736
8	50	4.811	30,5	146.736	146.736
9	50	4.811	30,5	146.736	146.736
10	50	4.811	30,5	146.736	146.736

Energía eléctrica para iluminación y servicios: en total se requiere 1,315,278KWH/año(al 100% de la capacidad de la planta).

1.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (KWH)	COSTO UNITARIO ($/KWH)	COSTO $	COSTO DE ELECTRICIDAD $
0	0	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
1	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
2	75	986.458	5,4	5.326.873	5.326.873
3	80	1.052.222	5,4	5.681.999	5.681.999
4	95	1.249.514	5,4	6.747.376	6.747.376
5	100	1.315.278	5,4	7.102.501	7.102.501
6	100	1.315.278	5,4	7.102.501	7.102.501
7	100	1.315.278	5,4	7.102.501	7.102.501
8	100	1.315.278	5,4	7.102.501	7.102.501
9	100	1.315.278	5,4	7.102.501	7.102.501
10	100	1.315.278	5,4	7.102.501	7.102.501

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (KWH)	COSTO UNITARIO ($/KWH)	COSTO $	COSTO DE ELECTRICIDAD $
0	0	526.111	5,4	2.840.999	2.841.000
1	40	526.111	5,4	2.840.999	2.841.000
2	45	591.875	5,4	3.196.125	3.196.125
3	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251
4	60	789.167	5,4	4.261.502	4.261.502
5	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
6	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
7	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
8	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
9	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748
10	70	920.694	5,4	4.971.748	4.971.748

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (KWH)	COSTO UNITARIO ($/KWH)	COSTO $	COSTO DE ELECTRICIDAD $
0	0	328.820	5,4	1.775.625	1.775.625
1	25	328.820	5,4	1.775.625	1.775.625
2	30	394.583	5,4	2.130.750	2.130.750
3	35	460.347	5,4	2.485.875	2.485.875
4	40	526.111	5,4	2.841.000	2.841.000
5	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251
6	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251
7	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251
8	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251
9	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251
10	50	657.639	5,4	3.551.251	3.551.251

MANO DE OBRA.

Los requerimientos de mano de obra directa e indirecta se presentan a continuación

MANO DE OBRA DIRECTA

MANO DE OBRA DIRECTA	No.	SUELDO MENSUAL $	30% DE PRESTACIONES	TOTAL ANUAL $
Recepción y almacenaje	2	4,000.00	28,800.00	124,800.00
Montacarga	1	4,000.00	14,400.00	62,400.00
Operadores de proceso	5	4,600.00	82,800.00	358,800.00
Preparación de hojuelas de PET-T	2	4,000.00	28,800.00	124,800.00
				670,800.00

NOTA: Se considera 30% de prestaciones sobre sueldos y salarios de acuerdo a lo siguiente: Seguro social 18%, Infonavit 5%, Educación 1%, Guardaderías, prima de riesgo y otros 6%. Los salarios están establecidos de acuerdo al salario mínimo mensual en enero de 2007

1.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	MANO DE OBRA DIRECTA $
0	0	4.960	469.560
1	70	4.960	469.560
2	75	5.310	503.100
3	80	5.670	536.640
4	95	6.730	637.260
5	100	7.080	670.800
6	100	7.080	670.800
7	100	7.080	670.800
8	100	7.080	670.800
9	100	7.080	670.800
10	100	7.080	670.800

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	MANO DE OBRA DIRECTA $
0	0	2.840	469.560
1	40	2.840	469.560
2	45	3.195	503.100
3	50	3.550	536.640
4	60	4.260	637.260
5	70	4.960	670.800
6	70	4.960	670.800
7	70	4.960	670.800
8	70	4.960	670.800
9	70	4.960	670.800
10	70	4.960	670.800

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	MANO DE OBRA DIRECTA $
0	0	1.775	469.560
1	25	1.775	469.560
2	30	2.130	503.100
3	35	2.485	536.640
4	40	2.840	637.260
5	50	3.550	670.800
6	50	3.550	670.800
7	50	3.550	670.800
8	50	3.550	670.800
9	50	3.550	670.800
10	50	3.550	670.800

MANO DE OBRA INDIRECTA

MANO DE OBRA INDIRECTA	No.	SUELDO MENSUAL $	30% DE PRESTACIONES	TOTAL ANUAL $
Superintendente	2	10,000.00	72,000.00	312,000.00
Supervisor	1	9,500.00	34,200.00	148,200.00
Encargado de taller	1	7,000.00	25,200.00	109,200.00
Encargado de mantenimiento	1	8,300.00	29,880.00	129,480.00
Encargado de limpieza	2	1,050.00	7,560.00	32,760.00
Vigilante	2	2,200.00	15,840.00	68,640.00
				800,280.00

NOTA: Se considera 30% de prestaciones sobre sueldos y salarios de acuerdo a lo siguiente: Seguro social 18%, Infonavit 5%, Retiro/ahorro 1%, Guardería/ahorro, prima de vacaciones y otros 6%. Los salarios están establecidos de acuerdo al salario mínimo marcado en enero de 2002

1.A. ESCENARIO 1 DESEADO

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	MANO DE OBRA INDIRECTA $
0	0	4.960	560.196
1	70	4.960	560.196
2	75	5.310	600.210
3	80	5.670	640.224
4	95	6.730	760.266
5	100	7.080	800.280
6	100	7.080	800.280
7	100	7.080	800.280
8	100	7.080	800.280
9	100	7.080	800.280
10	100	7.080	800.280

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	MANO DE OBRA INDIRECTA $
0	0	2.840	320.112
1	40	2.840	320.112
2	45	3.195	360.126
3	50	3.550	400.140
4	60	4.260	480.168
5	70	4.960	800.280
6	70	4.960	800.280
7	70	4.960	800.280
8	70	4.960	800.280
9	70	4.960	800.280
10	70	4.960	800.280

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	MANO DE OBRA INDIRECTA $
0	0	1.775	560.196
1	25	1.775	560.196
2	30	2.130	600.210
3	35	2.485	640.224
4	40	2.840	760.266
5	50	3.550	800.280
6	50	3.550	800.280
7	50	3.550	800.280
8	50	3.550	800.280
9	50	3.550	800.280
10	50	3.550	800.280

MANTENIMIENTO.

El mantenimiento preventivo que se planea llevar a cabo durante las operaciones, se ha calculado con base en datos de consumo aproximado de refacciones que menciona el proveedor (NETCHZ-PLASTCOMPACTOR), este costo significa el 2% del costo del equipo[1].

1.A. ESCENERIO 1 DESEADO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	2% DEL COSTO DE EQUIPO $	MANTENIMIENTO $
0	0	4.960	84.560	84.560
1	70	4.960	84.560	84.560
2	75	5.310	90.527	90.527
3	80	5.670	96.664	96.664
4	95	6.730	114.736	114.736
5	100	7.080	120.703	120.703
6	100	7.080	120.703	120.703
7	100	7.080	120.703	120.703
8	100	7.080	120.703	120.703
9	100	7.080	120.703	120.703
10	100	7.080	120.703	120.703

1.Dato obtenido de la compañía de ENTESCH INCORPORATED.

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	2% DEL COSTO DE EQUIPO $	MANTENIMIENTO $
0	0	2.840	84.560	84.560
1	40	2.840	84.560	84.560
2	45	3.195	95.130	95.130
3	50	3.550	105.700	105.700
4	60	4.260	126.840	126.840
5	70	4.960	147.682	147.682
6	70	4.960	147.682	147.682
7	70	4.960	147.682	147.682
8	70	4.960	147.682	147.682
9	70	4.960	147.682	147.682
10	70	4.960	147.682	147.682

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	2% DEL COSTO DE EQUIPO $	MANTENIMIENTO $
0	0	1.775	84.560	84.560
1	25	1.775	84.560	84.560
2	30	2.130	101.472	101.472
3	35	2.485	118.384	118.384
4	40	2.840	135.296	135.296
5	50	3.550	169.120	169.120
6	50	3.550	169.120	169.120
7	50	3.550	169.120	169.120
8	50	3.550	169.120	169.120
9	50	3.550	169.120	169.120
10	50	3.550	169.120	169.120

SEGUROS E IMPUESTOS DE LA PLANTA.

Se ha calculado como 1% de la inversión fija total.

1.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	1 % DE LA INVERSIÓN FIJA TOTAL	SEGUROS E IMPUESTOS DE LA PLANTA $
0	0	4.960	249.740	249.740
1	70	4.960	249.740	249.740
2	75	5.310	267.363	267.363
3	80	5.670	285.489	285.489
4	95	6.730	338.861	338.861
5	100	7.080	356.484	356.484
6	100	7.080	356.484	356.484
7	100	7.080	356.484	356.484
8	100	7.080	356.484	356.484
9	100	7.080	356.484	356.484
10	100	7.080	356.484	356.484

1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	1 % DE LA INVERSIÓN FIJA TOTAL	SEGUROS E IMPUESTOS DE LA PLANTA $
0	0	2.840	249.740	249.740
1	40	2.840	249.740	249.740
2	45	3.195	280.958	280.958
3	50	3.550	312.175	312.175
4	60	4.260	374.610	374.610
5	70	4.960	436.166	436.166
6	70	4.960	436.166	436.166
7	70	4.960	436.166	436.166
8	70	4.960	436.166	436.166
9	70	4.960	436.166	436.166
10	70	4.960	436.166	436.166

1.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	1 % DE LA INVERSIÓN FIJA TOTAL	SEGUROS E IMPUESTOS DE LA PLANTA $
0	0	1.775	249.740	249.740
1	25	1.775	249.740	249.740
2	30	2.130	299.688	299.688
3	35	2.485	349.636	349.636
4	40	2.840	399.584	399.584
5	50	3.550	499.480	499.480
6	50	3.550	499.480	499.480
7	50	3.550	499.480	499.480
8	50	3.550	499.480	499.480
9	50	3.550	499.480	499.480
10	50	3.550	499.480	499.480

A continuación se muestran las tablas 1.1, 1.2 y 1.3 en las cuales se muestra el presupuesto del costo de producción dependiendo del escenario :

Tabla 1.1.PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN ($)

4.1.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	70	75	80	95	100	100	100	100	100	100
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	4.960	4.960	5.310	5.670	6.730	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100
Materia Prima ($)	8.184.000	8.184.000	8.761.500	9.355.500	11.104.500	11.682.000	11.682.000	11.682.000	11.682.000	11.682.000	11.682.000
Electricidad ($)	4.971.748	4.971.748	5.326.873	5.681.999	6.747.376	7.102.501	7.102.501	7.102.501	7.102.501	7.102.501	7.102.501
Agua ($)	205.418	205.418	220.088	234.759	278.770	293.441	293.441	293.441	293.441	293.441	293.441
Mano de obra Directa($)	469.560	469.560	503.100	536.640	637.260	670.800	670.800	670.800	670.800	670.800	670.800
Mantenimiento ($)	84.560	84.560	90.527	96.664	114.736	120.703	120.703	120.703	120.703	120.703	120.703
Seguros e impuestos ($)	249.740	249.740	267.363	285.489	338.861	356.484	356.484	356.484	356.484	356.484	356.484
Mano de obra Indirecta ($)	560.196	560.196	600.210	640.224	760.266	800.280	800.280	800.280	800.280	800.280	800.280
COSTOS DE PRODUCCIÓN ($)	14.725.222	14.725.222	15.769.661	16.831.275	19.981.769	21.026.209	21.026.209	21.026.209	21.026.209	21.026.209	21.026.209

Tabla 1.2.PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN ($)

4.1.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	40	45	50	60	70	70	70	70	70	70
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(ton)	2 840	2 840	3.195	3 550	4.260	4 960	4.960	4.960	4.960	4.960	4.960
Materia Prima ($)	4 686.000	4 686.000	5.271.750	5 857.500	7.029.000	8.184.000	8.184.000	8.184.000	8.184.000	8.184.000	8.184.000
Electricidad ($)	2.841.000	2 841.000	3.196.125	3.551.251	4.261.502	4.971.748	4.971.748	4.971.748	4.971.748	4.971.748	4.971.748
Agua ($)	117.364	117.364	132.065	146.736	176 077	205.418	205.418	205.418	205.418	205.418	205.418
Mano de obra Directa($)	268.320	268.320	301.860	335.400	402.480	670 800	670.800	670.800	670 800	670 800	670.800
Mantenimiento ($)	84.560	84.560	95.130	105.700	126.840	147.682	147.682	147 682	147.682	147 682	147.682
Seg. ros o impuestos ($)	249.740	249.740	280.958	400.140	374.610	436.166	436.166	436.166	436.166	436 166	436.166
Mano de obra Indirecta ($)	320.112	320.112	360.126	640.224	480.168	800.280	800.280	800.280	800.280	800.280	800 280
COSTOS DE PRODUCCIÓN ($)	8 567.096	8 567.096	9.638.014	11.036.951	12.850 677	15.416 094	15.416.094	15.416 094	15.416.094	15.416.094	15.416 094

Tabla 1.3.PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN ($)

4.1.C. ¿SCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	25	30	35	40	50	50	50	50	50	50
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	1.775	1.775	2.130	2.485	2.840	3.550	3.550	3.550	3.550	3.550	3.550
Materia Prima ($)	2.928.750	2.928.750	3.514.500	4.100.250	4.686.000	5.857.500	5.857.500	5.857.500	5.857.500	5.857.500	5.857.500
Electricidad ($)	1.775.625	1.775.625	2.130.750	2.485.875	2.841.000	3.551.251	3.551.251	3.551.251	3.551.251	3.551.251	3.551.251
Agua ($)	73.353	73.353	88.023	102.694	117.364	146.736	146.736	146.736	146.736	146.736	146.736
Mano de obra Directa($)	469.560	469.560	503.100	536.640	637.260	670.800	670.800	670.800	670.800	670.800	670.800
Mantenimiento ($)	84.560	84.560	101.472	118.384	135.296	169.120	169.120	169.120	169.120	169.120	169.120
Seguros e impuestos ($)	249.740	249.740	299.688	349.636	399.584	499.480	499.480	499.480	499.480	499.480	499.480
Mano de obra Indirecta ($)	560.196	560.196	600.210	640.224	760.266	800.280	800.280	800.280	800.280	800.280	800.280
COSTOS DE PRODUCCIÓN ($)	6.141.784	6.141.784	7.237.743	8.333.703	9.576.770	11.695.167	11.695.167	11.695.167	11.695.167	11.695.167	11.695.167

2.DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE ADMINISTRACIÓN Y VENTAS.

Para poder determinar el costo total que podría tener el producto del proyecto de la planta recicladora, a continuación se presentan los cálculos de los gastos correspondientes a la venta de los productos y los correspondientes al funcionamiento de la organización que se encargará de la administración de la empresa. A continuación se presentan en dichas tablas:

Los **gastos administrativos** se refieren básicamente a los sueldos del personal que tendrá a su cargo la organización productiva y administrativa de la planta recicladora.

GASTOS ADMINISTRATIVOS	No.	SUELDO MENSUAL $	30% DE PRESTACIONES	TOTAL ANUAL $
Gerente General	1	30,000.00	108,000.00	468,000.00
Gerente administrativo/Relaciones Industriales	1	27,000.00	97,200.00	421,200.00
Gerente de Operaciones /Planta	1	27,000.00	97,200.00	421,200.00
Secretaria	1	2,500.00	9,000	39,000.00
				1,349,400.00

NOTA: Se consideran 30% de prestaciones sobre sueldos y salarios de acuerdo a lo siguiente: Seguro social 18%, Infonavit 5%, Educación 1%, Gratificaciones, prima de vacaciones y otros 6%. Los salarios están establecidos de acuerdo al salario mínimo vigente en enero de 2002.

Los **gastos de ventas y distribución** incluyen únicamente una parte fija que corresponde a los sueldos base del personal que tendrá a su cargo la gerencia de ventas.

Con respecto a la distribución de las hojuelas, la forma de comercializarla se realizará LAB planta(LAB: libre a bordo, lo cual significa vender y entregar las hojuelas en la planta vendedora. Quien compre estas hojuelas absorbe los gastos de fletes, instalación, etc.).

GASTOS DE VENTAS	No.	SUELDO MENSUAL $	30% DE PRESTACIONES	TOTAL ANUAL $
Gerente Ventas	1	27,000.00	97,200.00	421,200.00
Secretaria	1	2,500.00	9,000	39,000.00
				460,200.00

NOTA: Se consideran 30% de prestaciones sobre sueldos y salarios de acuerdo a lo siguiente: Seguro social 18%, Infonavit 5%, Educación 1%, Gratificaciones, prima de vacaciones y otros 6%. Los salarios están establecidos de acuerdo al salario mínimo vigente en enero de 2002.

A continuación se muestran las tablas 2.1, 2.2 y 2.3, en las cuales se muestran los costos de administración y ventas:

Tabla 2.1. PRESUPUESTO DE GASTOS DE OPERACIÓN O GENERALES $.

2.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	70	75	80	95	100	100	100	100	100	100
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400
GASTOS DE VENTAS Y DISTRIBUCIÓN	460,200	460,200	483,210	507,370	583,475	612,648	612,648	612,648	612,648	612,648	612,648
TOTAL GASTOS DE OPERACIÓN O GENERALES	1,809,600	1,809,600	1,832,610	1,856,770	1,932,875	1,962,048	1,962,048	1,962,048	1,962,048	1,962,048	1,962,048

NOTA: Los gastos de venta aumentan solo por el aumento en el volumen de ventas, el crecimiento se da en 5% anual en los primeros años, del 3 al 4 año de un 15% y por últimos un 5% anual.

Tabla 2.2. PRESUPUESTO DE GASTOS DE OPERACIÓN O GENERALES $.

2.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	40	45	50	60	70	70	70	70	70	70
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400
GASTOS DE VENTAS Y DISTRIBUCIÓN	460,200	492,414	526,883	563,765	603,228	645,454	690,636	738,981	790,709	846,059	905,283
TOTAL GASTOS DE OPERACIÓN O GENERALES	1,809,600	1,841,814	1,876,283	1,913,165	1,952,628	1,994,854	2,040,036	2,088,381	2,140,109	2,195,459	2,254,683

NOTA: Los gastos de venta aumentan solo por el aumento en el volumen de ventas, el crecimiento se da en 7% anual.

Tabla 2.3. PRESUPUESTO DE GASTOS DE OPERACIÓN O GENERALES $.

2.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	25	30	35	40	50	50	50	50	50	50
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400	1,349,400
GASTOS DE VENTAS Y DISTRIBUCIÓN	460,200	506,220	556,842	612,526	673,779	741,157	815,272	896,800	986,480	1,085,128	1,193,640
TOTAL GASTOS DE OPERACIÓN O GENERALES	1,809,600	1,855,620	1,906,242	1,961,926	2,023,179	2,090,557	2,164,672	2,246,200	2,335,880	2,434,528	2,543,040

NOTA: Los gastos de venta aumentan solo por el aumento en el volumen de ventas, el crecimiento se da en 5% anual.

3.DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL TOTAL.

Obra Civil.

La obra civil comprende la construcción de la planta[1] sobre una superficie de aproximadamente 1,870 m² con un costo promedio de $5,000.00/ m².

De los cuales para:

*Nave industrial: 1,170 m².

*Edificio para oficinas: 200 m².

*Almacén: 500 m².

Costo de la obra civil=$9,350,000.00

Imprevistos, 5% del costo=$467,500.00

COSTO TOTAL DE LA OBRA CIVIL	$9,818,000.00

Terreno y Acondicionamiento.

La extensión total del terreno comprende de 3,500 m² (aclarando que de este total de terreno sólo se ocupará 1,870 m²) el precio es $1,200.00/ m², por lo que el costo total del terreno será de $4,200,000.00

COSTO TOTAL DEL TERRENO	$4,200,000.00

Gastos de instalación de los equipos.

Se considera un 15% del costo del equipo. Incluye montaje, puesta en marcha, instrucción del personal y supervisión de la planta durante el periodo de normalización de las operaciones productivas.

COSTO TOTAL DE GASTOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS	$634,180.00

Fletes, seguros y gastos aduanales.

Para este proyecto se considera un 10% del costo del terreno y acondicionamiento.

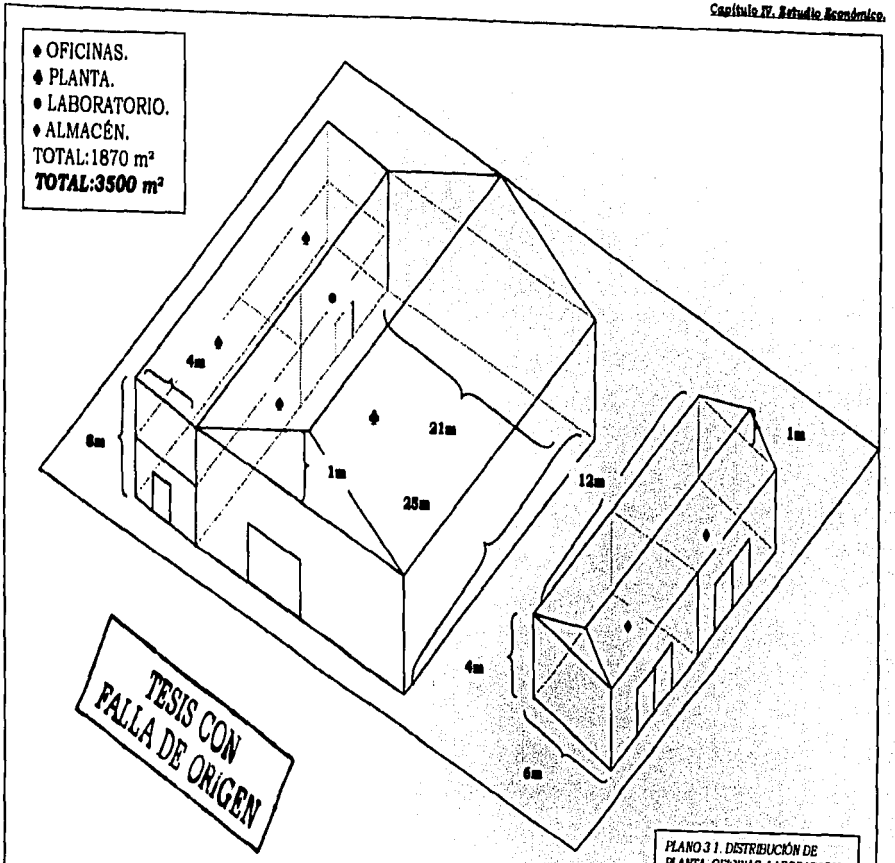
COSTO TOTAL DE FLETES, SEGUROS Y GASTOS ADUANALES	$420,000.00

1.NOTA: Ver plano de implantación 3.1

En la tabla 3.1 se resume la inversión total correspondiente al proyecto.

CONCEPTO	COSTO TOTAL(Pesos $)
EQUIPO DE PROCESO	4,227,864.00
EQUIPO Y VEHICULOS DE TRANSPORTE	650,000.00
MOBILIARIO Y EQUIPO AUXILIAR	320,000.00
GASTOS DE INSTALACION DE EQUIPOS	634,180.00
OBRA CIVIL	9,818,000.00
TERRENO Y ACONDICIONAMIENTO	4,200,000.00
FLETES, SEGUROS Y GASTOS ADUANALES	420,000.00
SUBTOTAL ACTIVOS FIJOS TANGIBLES	20,270,000.00
PLANEACION E INTEGRACION DEL PROYECTO(1% DEL COSTO FISICO DE LA PLANTA)	202,700.00
INGENIERIA DEL PROYECTO(5% DEL COSTO FISICO DE LA PLANTA)	1,014,000.00
SUPERVISION DE LA CONSTRUCCION(5% DEL COSTO FISICO DE LA PLANTA)	1,014,000.00
ADMINISTRACION DEL PROYECTO(1% DEL COSTO FISICO DE LA PLANTA)	202,700.00
SUBTOTAL ACTIVOS FIJOS INTANGIBLES	2,434,000.00
IMPREVISTOS(10% DE LA INVERSION EN ACTIVOS FIJOS TANGIBLES E INTANGIBLES)	2,271,000.00
TOTAL INVERSION FIJA DEL PROYECTO	**24,975,000.00**

Tabla 3.1. Total de Inversión Fija del Proyecto.



PLANO 3.1. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA, OFICINAS, LABORATORIO Y ALMACÉN.

4.DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN DE ACTIVOS.

En la tabla siguiente se muestra cuáles serán los cargos anuales por depreciación de activos tangibles y amortización de activos intangibles. Los porcentajes aplicables se apegan a las cifras señaladas en la ley tributaria.

En la última columna de esta tabla se muestran unas letras VS que significan el valor de salvamento fiscal o el valor en libros que tendrán los activos al finalizar el año diez de operación. Para este trabajo no se considera la reevaluación de los activos.

Concepto	Inversión inicial	Tasa de depreciación anual %	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	VS Año 10
Equipo de proceso	4,227,864	9	380,508	380,508	380,508	380,508	380,508	380,508	380,508	380,508	380,508	380,508	422,784
Equipo y vehículos de transporte	650,000	25	162,500	162,500	162,500	162,500	162,500	162,500	162,500	162,500	162,500	162,500	975,000
Mobiliario y equipo auxiliar	320,000	10	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000	0
Gastos de maniobra de equipos	634,180	9	57,076	57,076	57,076	57,076	57,076	57,076	57,076	57,076	57,076	57,076	63,420
Obra civil	9,818,000	5	490,900	490,900	490,900	490,900	490,900	490,900	490,900	490,900	490,900	490,900	4,909,000
Pieles, seguros y gastos iniciales	420,000	5	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	210,000
Depreciación TOTAL		-	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	1,144,000	-
Preoperativos e integración del proyecto	202,700	15	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	-101,350
Ingeniería del proyecto	1,014,000	15	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	-507,000
Supervisión de la construcción	1,014,000	15	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	152,100	-507,000
Administración del proyecto	202,700	15	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	30,405	-101,350
Amortización TOTAL	-	15	365,010	365,010	365,010	365,010	365,010	365,010	365,010	365,010	365,010	365,010	-
TOTAL	20,775,000	-	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	1,509,000	3,415,504

Nota. La tasa de depreciación se tomo de acuerdo al Compendio Tributario Correlacionado 2007 Ed. EDIFISA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.DETERMINACIÓN DEL CAPITAL DE TRABAJO.

Se pretende estimar los recursos monetarios que la empresa requiere para su operación. El capital de trabajo constituye el dinero en efectivo, requerido para cubrir tanto dichos costos, como los bienes en inventario que pueden venderse en el plazo obteniendo así dinero que se utiliza nuevamente en la producción y venta.

Los contadores definen el capital contable como la diferencia entre activo circulante y pasivo circulante. Con objeto de llevar a cabo los siguientes cálculos, los días hábiles de trabajo son de 353.

CUENTAS POR COBRAR.

Se considera en base a la experiencia de empresas similares, tomar como base 30 días del valor de las ventas.

INVENTARIO DE MATERIA PRIMA.

De acuerdo a la experiencia de empresas similares, tomar como base 30 días del costo de la materia prima.

INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO.

La competencia y empresas similares consideran 7 días del costo directo de producción.

INVENTARIO DE PRODUCTO EN PROCESO.

Se consideran 21 días del costo directo de producción.

CAJAS Y BANCOS.

De acuerdo a empresas similares se consideran 30 días del costo de producción.

CUENTAS POR PAGAR.

Se consideran 30 días del costo de materia prima.

A continuación se muestran las tablas 5.1, 5.2 y 5.3, donde se muestra el presupuesto de capital de trabajo, dependiendo del escenario a tratar.

Tabla 5.1.PRESUPUESTO DE CAPITAL DE TRABAJO

5.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	70	75	80	95	100	100	100	100	100	100
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	4.960	4.960	5.310	5.670	6.730	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100
ACTIVO CIRCULANTE											
Cuentas por Cobrar	3.835.921	3.835.921	4.106.601	4.385.014	5.204.788	5.475.467	5.475.467	5.475.467	5.475.467	5.475.467	5.475.467
Inventario de Materia Prima	695.524	695.524	744.603	795.085	943.725	992.805	992.805	992.805	992.805	992.805	992.805
Inventario de Producto Terminado	321.925	321.925	344.748	367.972	436.841	459.664	459.664	459.664	459.664	459.664	459.664
Inventario de Producto en Proceso	965.775	965.775	1.034.244	1.103.915	1.310.523	1.378.991	1.378.991	1.378.991	1.378.991	1.378.991	1.378.991
Caja y Bancos	1.379.679	1.379.679	1.477.491	1.577.021	1.872.175	1.969.987	1.969.987	1.969.987	1.969.987	1.969.987	1.969.987
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	7.198.824	7.198.824	7.707.686	8.229.007	9.768.052	10.276.914	10.276.914	10.276.914	10.276.914	10.276.914	10.276.914
PASIVO CIRCULANTE											
Cuentas por Pagar	695.524	695.524	744.603	795.085	943.725	992.805	992.805	992.805	992.805	992.805	992.805
TOTAL PASIVO CIRCULANTE	695.524	695.524	744.603	795.085	943.725	992.805	992.805	992.805	992.805	992.805	992.805
CAPITAL DE TRABAJO	6.503.300	6.503.300	6.963.083	7.433.922	8.824.327	9.284.109	9.284.110	9.284.110	9.284.110	9.284.110	9.284.110
INCREMENTO DE CAPITAL DE TRABAJO	6.503.300	0	459.783	470.838	1.390.405	459.783	0	0	0	0	0

Tabla 5.2. PRESUPUESTO DE CAPITAL DE TRABAJO

5.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	40	45	50	60	70	70	70	70	70	70
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	2 840	2.840	3.195	3.550	4.260	4.960	4.960	4.960	4.960	4.960	4.960
ACTIVO CIRCULANTE											
Cuentas por Cobrar	2.196.374	2.196.374	2.470.921	2.745.467	3.294.561	3.835.921	3.835.921	3.835.921	3.835.921	3.835.921	3.835.921
Inventario de Materia Prima	398 244	398 244	448 024	497.805	597.365	695.524	695.524	695.524	695.524	695.524	695.524
Inventario de Producto Terminado	199 809	199 809	224.786	256.267	299.715	357.962	357.962	357.962	357.962	357.962	357.962
Inventario de Producto en Proceso	599 428	599.428	674.358	768 802	899.144	1.073.887	1.073 887	1.073 887	1.073.887	1.073 887	1.073 887
Caja y Bancos	856 325	856 325	963.369	1.098 289	1.284.491	1.534 124	1.534.124	1.534.124	1.534 124	1.534.124	1.534 124
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	4.250.180	4 250.180	4.781.458	5.366 631	6.375.276	7.497.419	7.497.419	7.497.419	7.497.419	7.497.419	7.497.419
PASIVO CIRCULANTE											
Cuentas por Pagar	398 244	398 244	448 024	497.805	597.365	695 524	695.524	695.524	695 524	695.524	695.524
TOTAL PASIVO CIRCULANTE	398 244	398 244	448.024	497.805	597.365	695.524	695.524	695.524	695 524	695.524	695.524
CAPITAL DE TRABAJO	3.851 936	3 851.936	4.333 434	4.868 826	5.777.910	6.801.895	6.801.895	6.801 895	6 801.895	6.801.895	6 801 895
INCREMENTO DE CAPITAL DE TRABAJO	3 851.936	0	481.497	535 393	909 084	1.023 985	0	0	0	0	0

Tabla 5.3. PRESUPUESTO DE CAPITAL DE TRABAJO

5.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	25	30	35	40	50	50	50	50	50	50
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	1.775	1.775	2.130	2.485	2.840	3.550	3.550	3.550	3.550	3.550	3.550
ACTIVO CIRCULANTE											
Cuentas por Cobrar	1.372.734	1.372.734	1.647.280	1.921.827	2.196.374	2.745.467	2.745.467	2.745.467	2.745.467	2.745.467	2.745.467
Inventario de Materia Prima	248.902	248.902	298.683	348.463	398.244	497.805	497.805	497.805	497.805	497.805	497.805
Inventario de Producto Terminado	121.792	121.792	143.525	165.258	189.908	231.915	231.915	231.915	231.915	231.915	231.915
Inventario de Producto en Proceso	365.375	365.375	430.674	495.773	569.723	695.746	695.746	695.746	695.746	695.746	695.746
Caja y Bancos	521.965	521.965	615.106	708.247	813.890	993.923	993.923	993.923	993.923	993.923	993.923
TOTAL ACTIVO CIRCULANTE	2.630.768	2.630.768	3.135.167	3.639.567	4.168.138	5.164.857	5.164.857	5.164.857	5.164.857	5.164.857	5.164.857
PASIVO CIRCULANTE											
Cuentas por Pagar	248.902	248.902	298.683	348.463	398.244	497.805	497.805	497.805	497.805	497.805	497.805
TOTAL PASIVO CIRCULANTE	248.902	248.902	298.683	348.463	398.244	497.805	497.805	497.805	497.805	497.805	497.805
CAPITAL DE TRABAJO	2.381.865	2.381.865	2.836.485	3.291.104	3.769.894	4.667.053	4.667.053	4.667.053	4.667.053	4.667.053	4.667.053
INCREMENTO DE CAPITAL DE TRABAJO	2.381.865	0	454.619	454.619	478.790	897.159	0	0	0	0	0

6.PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS.

El ingreso de las ventas de hojuela de PET, se obtiene al multiplicar el número de toneladas por su precio respectivo, utilizando el precio del año base, no resultaría conveniente manejar distintos precios o modificaciones en los mismos sin recordar que estos son una función de la oferta y la demanda.

Para calcular el presupuesto de egresos, se multiplican los volúmenes anuales de producto por los consumos unitarios de los mismos que intervienen en la elaboración del bien final, integrando de esta manera los costos de producción a estos se suman los gastos generales para obtener los egresos totales de operación de la planta.

PRESUPUESTO DE INGRESOS.

Conforme a la actividad que desempeñará la planta reciclador el único ingreso que se estima es por la venta de la hojuela de PET. Los ingresos se determinaron tomando en cuenta la capacidad aprovechada de la planta por el precio de venta considerado para el producto.

PRESUPUESTO DE INGRESOS

6.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VENTAS DE HOJUELA PET ($/TON)	VOLUMEN DE VENTAS (TONS)	INGRESOS POR VENTA	INGRESOS TOTALES
0	0	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
1	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
2	75	9.100	5.310	48.321.000	48.321.000
3	80	9.100	5.670	51.597.000	51.597.000
4	95	9.100	6.730	61.243.000	61.243.000
5	100	9.100	7.080	64.428.000	64.428.000
6	100	9.100	7.080	64.428.000	64.428.000
7	100	9.100	7.080	64.428.000	64.428.000
8	100	9.100	7.080	64.428.000	64.428.000
9	100	9.100	7.080	64.428.000	64.428.000
10	100	9.100	7.080	64.428.000	64.428.000

6.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VENTAS DE HOJUELA PET ($/TON)	VOLUMEN DE VENTAS (TONS)	INGRESOS POR VENTA	INGRESOS TOTALES
0	0	9.100	2.840	25.844.000	25.844.000
1	40	9.100	2.840	25.844.000	25.844.000
2	45	9.100	3.195	29.074.500	29.074.500
3	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000
4	60	9.100	4.260	38.766.000	38.766.000
5	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
6	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
7	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
8	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
9	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000
10	70	9.100	4.960	45.136.000	45.136.000

6.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑOS	CAPACIDAD DE LA PLANTA %	VENTAS DE HOJUELA PET ($/TON)	VOLUMEN DE VENTAS (TONS)	INGRESOS POR VENTA	INGRESOS TOTALES
0	0	9.100	1.775	16.152.500	16.152.500
1	25	9.100	1.775	16.152.500	16.152.500
2	30	9.100	2.130	19.383.000	19.383.000
3	35	9.100	2.485	22.613.500	22.613.500
4	40	9.100	2.840	25.844.000	25.844.000
5	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000
6	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000
7	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000
8	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000
9	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000
10	50	9.100	3.550	32.305.000	32.305.000

En las tablas 6.1, 6.2 y 6.3, se muestran los egresos del proyecto:

Tabla 6.1. EGRESOS ($)

6.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	70	75	80	95	100	100	100	100	100	100
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN TON	4 960	4 960	5 310	5 670	6 730	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100
COSTOS VARIABLES											
Materia Prima ($)	8 184 000	8 184 000	8 761 500	9 353 500	11 104 500	11 682 000	11 682 000	11 682 000	11 682 000	11 682 000	11 682 000
Electricidad ($)	4 971 748	4 971 748	5 326 873	5 681 999	6 747 376	7 102 501	7 102 501	7 102 501	7 102 501	7 102 501	7 102 501
Agua ($)	205 418	205 418	220 088	234 759	278 770	293 441	293 441	293 441	293 441	293 441	293 441
Depreciación y Amortización	1 500 000	1 500 000	1 615 482	1 725 006	2 047 494	2 153 976	2 153 976	2 153 976	2 153 976	2 153 976	2 153 976
Seguros e Impuestos de la Planta ($)	249 740	249 740	267 363	285 489	338 861	356 484	356 484	356 484	356 484	356 484	356 484
TOTAL COSTOS VARIABLES	15 119 906	15 119 906	16 191 306	17 282 753	20 517 001	21 588 402	21 588 402	21 588 402	21 588 402	21 588 402	21 588 402
COSTOS FIJOS											
Mantenimientos ($)	84 560	84 560	90 537	96 664	114 736	120 703	120 703	120 703	120 703	120 703	120 703
Mano de Obra Directa ($)	469 560	469 560	503 190	536 640	637 260	670 800	670 800	670 800	670 800	670 800	670 800
Mano de Obra Indirecta ($)	560 196	560 196	600 210	640 224	760 266	800 280	800 280	800 280	800 280	800 280	800 280
Gastos de Administración	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400
Gastos de Ventas	460 200	460 200	483 210	507 370	583 475	612 648	612 648	612 648	612 648	612 648	612 648
TOTAL COSTOS FIJOS	2 923 916	2 923 916	3 026 547	3 130 298	3 445 137	3 553 831	3 553 831	3 553 831	3 553 831	3 553 831	3 553 831
TOTAL DE EGRESOS	18 043 822	18 043 822	19 217 733	20 413 051	23 962 138	25 142 233	25 142 233	25 142 233	25 142 233	25 142 233	25 142 233

Tabla 6.2. EGRESOS ($)

6.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	40	45	50	60	70	70	70	70	70	70
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(Ton)	2 840	2 840	3 195	3 550	4 260	4 960	4 960	4 960	4 960	4 960	4 960
COSTOS VARIABLES											
Materia Prima ($)	4 686 000	4 686 000	5 271 750	5 857 500	7 029 000	8 184 000	8 184 000	8 184 000	8 184 000	8 184 000	8 184 000
Electricidad ($)	2 841 000	2 841 000	3 196 125	3 551 251	4 261 502	4 971 748	4 971 748	4 971 748	4 971 748	4 971 748	4 971 748
Agua ($)	117 364	117 364	132 065	146 736	176 077	205 418	205 418	205 418	205 418	205 418	205 418
Depreciación y Amortización	1 509 000	1 509 000	1 697 625	1 886 250	2 263 500	2 635 437	2 635 437	2 635 437	2 635 437	2 635 437	2 635 437
Seguros e Impuestos de la Planta ($)	249 740	249 740	280 958	400 140	374 610	436 166	436 166	436 166	436 166	436 166	436 166
TOTAL COSTOS VARIABLES	9 403 104	9 403 104	10 578 523	11 843 877	14 104 689	16 432 769	16 432 769	16 432 769	16 432 769	16 432 769	16 432 769
COSTOS FIJOS											
Mantenimiento ($)	84 560	84 560	95 130	105 700	126 840	147 682	147 682	147 682	147 682	147 682	147 682
Mano de Obra Directa ($)	268 320	268 320	301 860	335 400	402 480	670 800	670 800	670 800	670 800	670 800	670 800
Mano de Obra Indirecta ($)	320 112	320 112	360 126	640 224	480 168	800 280	800 280	800 280	800 280	800 280	800 280
Gastos de Administración	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400
Gastos de Ventas	460 200	492 414	526 883	563 765	603 228	645 454	690 636	738 981	790 709	846 059	905 283
TOTAL COSTOS FIJOS	2 482 592	2 514 806	2 633 399	2 994 489	2 962 116	3 613 616	3 658 798	3 707 143	3 758 871	3 814 221	3 873 445
TOTAL DE EGRESOS	11 885 696	11 917 910	13 211 922	14 838 366	17 066 805	20 046 385	20 091 567	20 139 914	20 191 640	20 246 990	20 306 214

Tabla 6.3.EGRESOS ($)

6.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	25	30	35	40	50	50	50	50	50	50
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	1 775	1 775	2 130	2 485	2 840	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550
COSTOS VARIABLES											
Materia Prima ($)	2 928 750	2 928 750	3 514 500	4 100 250	4 686 000	5 857 500	5 857 500	5 857 500	5 857 500	5 857 500	5 857 500
Electricidad ($)	1 175 625	1 175 625	2 130 750	2 485 875	2 841 000	3 551 251	3 551 251	3 551 251	3 551 251	3 551 251	3 551 251
Agua ($)	73 353	73 353	88 023	102 694	117 364	146 736	146 736	146 736	146 736	146 736	146 736
Depreciación y Amortización	1 509 000	1 509 000	1 810 800	2 112 600	2 414 400	3 018 000	3 018 000	3 018 000	3 018 000	3 018 000	3 018 000
Seguros e Impuestos de la Planta ($)	249 740	249 740	299 688	349 636	399 584	499 480	499 480	499 480	499 480	499 480	499 480
TOTAL COSTOS VARIABLES($)	6 536 468	6 536 468	7 843 761	9 151 055	10 458 348	13 072 967	13 072 967	13 072 967	13 072 967	13 072 967	13 072 967
COSTOS FIJOS											
Mantenimiento ($)	84 560	84 560	101 472	118 384	135 296	169 120	169 120	169 120	169 120	169 120	169 120
Mano de Obra Directa ($)	499 560	499 560	503 100	536 640	637 160	670 800	670 800	670 800	670 800	670 800	670 800
Mano de Obra Indirecta ($)	560 196	560 196	600 210	640 224	760 266	800 280	800 280	800 280	800 280	800 280	800 280
Gastos de Administración	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400	1 349 400
Gastos de Ventas	460 200	566 220	556 842	612 526	673 779	741 157	815 272	896 800	986 480	1 085 128	1 193 640
TOTAL COSTOS FIJOS	2 953 916	2 959 936	3 111 024	3 257 174	3 536 001	3 730 757	3 804 872	3 886 400	3 976 080	4 074 728	4 183 240
TOTAL DE EGRESOS	9 490 384	9 500 404	10 954 785	12 408 229	14 014 349	16 803 723	16 877 839	16 959 366	17 049 046	17 147 694	17 256 207

7.FINANCIAMIENTO.

La inversión requerida para llevar a cabo este proyecto es de $24,975,000 la problemática es conseguir el capital, de acuerdo a la bibliografía consultada, el capital requerido para financiar proyectos se puede clasificar en dos categorías, la primera a la que llaman *capital propio*, que es el que pertenece a los que lo usarán, es decir, los dueños del negocio; los dueños del capital propio lo arriesgan con la esperanza de recibir una utilidad. El otro es el *capital ajeno*, generalmente llamado capital prestado, el cual es obtenido por quienes lo usarán en un negocio pidiéndoselo prestado a sus dueños. En compensación, estos recibirán intereses por parte de quienes lo recibieron en préstamo. Los que prestan el dinero no reciben beneficio alguno que pueda resultar por el uso del capital en el negocio que financian. Por otra parte, tampoco participan tan completamente en los riesgos de la empresa.

Este negocio puede ser financiado por un conjunto de inversionistas que serán los dueños de la empresa. Actualmente la situación económica por la que atraviesa México, hace imposible que una sola persona financie este proyecto.

Por lo anterior mencionado, se manejará para este proyecto la siguiente situación para conseguir la inversión de este proyecto, el 60% será cubierto por capital propio lo cual asciende a $14,985,000, el 40% restante $9,990,000 será cubierto por capital ajeno, mediante un préstamo bancario, el cual se tendrá que pagar a un plazo de 10 años y a una tasa de interés real libre de inflación anual del 20%.

La tabla de pago de deuda se muestra a continuación, cabe mencionar que el pago se hará en cantidades iguales al final de cada uno de los diez años. Para hacer este cálculo primero es necesario determinar el monto de la cantidad igual que se pagará cada año. Para ello se empleo la siguiente fórmula:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

donde A (anualidad) es el pago igual que se hace cada fin de año, y P es la cantidad en préstamo, con esto se construye la tabla de pago de la deuda para determinar que parte de A pagado cada año corresponde a capital e interes.

En la tabla 7.1. los intereses se obtienen multiplicando por 0.20, que es la tasa de interés cobrado, por la columna de deuda después de pago del año anterior, es decir, por el saldo insoluto o deuda no pagada. El pago de principal o de capital se obtiene restando a cada anualidad de $2,382,842, el pago de interés de ese mismo año. Se observa que la suma del pago a principal de cada uno de los años es de $9,990,0000, lo que significa que el resto pagado en todos los años es atribuible sólo a intereses.

AÑO	INTERÉS	PAGO DE FIN DE AÑO	PAGO A PRINCIPAL	DEUDA DESPUÉS DEL PAGO
0				9.990.000
1	1.998.000	2.382.842	384.842	9.605.158
2	1.921.032	2.382.842	461.811	9.143.347
3	1.828.669	2.382.842	554.173	8.589.174
4	1.717.835	2.382.842	665.008	7.924.166
5	1.584.833	2.382.842	798.009	7.126.157
6	1.425.231	2.382.842	957.611	6.168.546
7	1.233.709	2.382.842	1.149.133	5.019.413
8	1.003.883	2.382.842	1.378.960	3.640.454
9	728.091	2.382.842	1.654.752	1.985.702
10	397.140	2.382.842	1.985.702	0

Tabla 7.1. Intereses Bancarios.

NOTA: Los datos obtenidos en dicha tabla se obtuvieron de una simulación elaborada por el banco que financiará el proyecto y cuya tasa de interés fijo real libre de inflación es del 20% esta sujeta a cambios.

Para efectos de cálculos siguientes, se requiere saber el pago de intereses anuales, para este trabajo se emplearán como pago de intereses promedio, dicho pago se obtuvo convirtiendo a valor presente los valores de intereses y así poder obtener un pago promedio anual de intereses constante a través del tiempo, los cálculos se muestran a continuación:

AÑO	Depr-Amort[1]	Principal	Int.Orig[2]	Int.Prom.[3]	Delta deu.[4]	VP Int.Orig.[5]	VP Int.Prom.[6]
1	999.000	8.991.000	1.998.000	1.383.842	0,8333	1.665.000	1.153.202
2	999.000	7.992.000	1.798.200	1.383.842	0,6944	1.248.750	961.002
3	999.000	6.993.000	1.598.400	1.383.842	0,5787	925.000	800.835
4	999.000	5.994.000	1.398.600	1.383.842	0,4823	674.479	667.362
5	999.000	4.995.000	1.198.800	1.383.842	0,4019	481.771	556.135
6	999.000	3.996.000	999.000	1.383.842	0,3349	334.563	463.446
7	999.000	2.997.000	799.200	1.383.842	0,2791	223.042	386.205
8	999.000	1.998.000	599.400	1.383.842	0,2326	139.401	321.838
9	999.000	999.000	399.600	1.383.842	0,1938	77.445	268.198
10	999.000	0	199.800	1.383.842	0,1615	32.269	223.498
					Suma	5.801.720	5.801.720

1 Depreciación Amortizada.
2 Intereses Originales.
3 Intereses Promedio.
4 Delta de la Deuda.
5 Valor Presente de los Intereses Originales.
6 Valor Promedio de los Intereses Promedio

El pago de intereses promedio anual asciende a $1,383,842, y dicha cantidad se emplearán para los cálculos de flujo de efectivo neto.

8. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE CAPITAL O TMAR (WACC).

El costo de capital del proyecto sin considerar su financiamiento, correspondiente a este proyecto se toma de la tasa de rendimiento esperado por los inversionistas quienes aportan un capital propio correspondiente a un 60% de la inversión inicial, dicha tasa se estima en un 25% anual (tomando como consideración que las tasas que ofrecen las sociedades de inversión giran alrededor del 21% y por tal motivo se estima una tasa del 25% para este proyecto, lo cual resulta atractivo para los inversionistas); por otra parte el capital ajeno que será aportado mediante un préstamo bancario corresponde a un 40% de la inversión inicial, y cuya tasa de interés real libre de inflación es de un 20% anual, obteniendo un promedio ponderado de ambas tasas se tiene un WACC de 23%, mismo que debe ser considerado como el de la tasa mínima atractiva de retorno del proyecto.

9. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE RESULTADOS.

9.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA%	0	70	75	80	95	100	100	100	100	100	100
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	4 960	4 960	5 310	5 670	6 730	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100	7 100
* Ingresos por Ventas ($)	45 136 000	45 136 000	48 321 000	51 597 000	61 243 000	64 428 000	64 428 000	64 428 000	64 428 000	64 428 000	64 428 000
- Costos de Producción ($)	14 725 222	14 725 222	15 769 661	16 841 275	19 981 769	21 026 209	21 026 209	21 026 209	21 026 209	21 026 209	21 026 209
= Utilidad Marginal ($)	30 410 778	30 410 778	32 551 339	34 765 725	41 261 231	43 401 791	43 401 791	43 401 791	43 401 791	43 401 791	43 401 791
- Costos de Operación ($)	1 809 600	1 809 600	1 837 610	1 836 770	1 932 875	1 962 048	1 962 048	1 962 048	1 962 048	1 962 048	1 962 048
= EBITDA ($)	28 601 178	28 601 178	30 718 729	32 928 955	39 328 356	41 439 743	41 439 743	41 439 743	41 439 743	41 439 743	41 439 743
- Intereses Preferentes($)	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842
= EBITDA ($)	27 217 336	27 217 336	29 334 887	31 545 113	37 944 514	40 055 901	40 055 901	40 055 901	40 055 901	40 055 901	40 055 901
- Depreciación y Amortización	1 509 000	1 509 000	1 615 482	1 725 006	2 047 494	2 153 976	2 153 976	2 153 976	2 153 976	2 153 976	2 153 976
= EBT ($)	25 708 336	25 708 336	27 719 405	29 800 107	35 897 020	37 901 925	37 901 925	37 901 925	37 901 925	37 901 925	37 901 925
- I S R 34%	8 740 834	8 740 834	9 424 598	10 132 036	12 204 987	12 886 655	12 886 655	12 886 655	12 886 655	12 886 655	12 886 655
= U T 10%	2 570 834	2 570 834	2 771 941	2 980 011	3 589 702	3 790 193	3 790 193	3 790 193	3 790 193	3 790 193	3 790 193
= Flujo Neto de Efectivo($)	14 396 668	14 396 668	15 522 867	16 688 060	20 102 331	21 225 078	21 225 078	21 225 078	21 225 078	21 225 078	21 225 078

NOTA: Para obtener la utilidad marginal se restan los costos de producción a los ingresos netos, y para obtener la utilidad bruta "EBITDA", se le restan los costos de operación a la utilidad marginal, la suma un 34% de la UTILIDAD BRUTA para los impuestos sobre la renta y para el reparto de utilidades un 10% de la UTILIDAD BRUTA.

9.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	40	45	50	60	70	70	70	70	70	70
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	2 840	2 840	3 195	3 550	4 260	4 960	4 960	4 960	4 960	4 960	4 960
+ Ingresos por Ventas ($)	25 844 000	25 844 000	29 074 500	32 305 000	38 766 000	45 136 000	45 136 000	45 136 000	45 136 000	45 136 000	45 136 000
- Costos de Producción ($)	9 008 420	9 008 420	10 079 338	11 238 191	13 365 535	15 416 094	15 416 094	15 416 094	15 416 094	15 416 094	15 416 094
= Utilidad Marginal ($)	16 835 580	16 835 580	18 995 162	21 066 809	25 400 445	29 719 906	29 719 906	29 719 906	29 719 906	29 719 906	29 719 906
- Costos de Operación ($)	1 809 600	1 841 814	1 876 283	1 911 165	1 952 628	1 994 854	2 040 036	2 088 381	2 140 109	2 195 459	2 254 683
= EBITDA ($)	15 025 980	14 993 766	17 118 879	19 153 644	23 447 817	27 725 052	27 679 870	27 631 525	27 579 797	27 524 447	27 465 223
- Intereses Financieros ($)	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842
= EBITDA ($)	13 642 138	13 609 924	15 735 037	17 769 802	22 063 975	26 341 210	26 296 028	26 247 683	26 195 955	26 140 605	26 081 381
- Depreciación y Amortización	1 509 000	1 509 000	1 697 625	1 886 250	2 263 500	2 640 437	2 640 437	2 640 437	2 640 437	2 640 437	2 640 437
= EBT ($)	12 133 138	12 100 924	14 037 412	15 883 552	19 800 475	23 705 773	23 660 591	23 612 246	23 560 518	23 505 168	23 445 944
- I.S.R 34%	4 125 267	4 114 314	4 772 720	5 400 408	6 732 161	8 059 963	8 044 601	8 028 164	8 010 576	7 991 757	7 971 621
- R.U.T 10%	1 213 314	1 210 092	1 403 741	1 588 355	1 980 047	2 370 577	2 366 059	2 361 225	2 356 052	2 350 517	2 344 594
= Flujo Neto de Efectivo($)	6 794 557	6 776 517	7 860 951	8 894 789	11 088 266	13 275 233	13 249 931	13 222 858	13 193 890	13 162 894	13 129 729

NOTA: Para obtener la utilidad marginal de renta, los costo de producción a los ingresos totales, y para obtener la utilidad bruta "EBITDA", se le resta los costos de operación a la utilidad marginal. Se tomó un 34% de la UTILIDAD BRUTA para los impuestos sobre la renta y para el reparto de utilidades un 10% de la UTILIDAD BRUTA.

9.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE LA PLANTA %	0	25	30	35	40	50	50	50	50	50	50
VOLUMEN DE PRODUCCIÓN(TON)	1 775	1 775	2 130	2 485	2 840	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550	3 550
+ Ingresos por Ventas ($)	16 152 500	16 152 500	19 383 000	22 613 500	25 844 000	32 305 000	32 305 000	32 305 000	32 305 000	32 305 000	32 305 000
- Costos de Producción ($)	6 141 784	6 141 784	7 237 743	8 333 703	9 576 770	11 695 167	11 695 167	11 695 167	11 695 167	11 695 167	11 695 167
= Utilidad Marginal ($)	10 010 716	10 010 716	12 145 257	14 279 797	16 267 230	20 609 834	20 609 834	20 609 834	20 609 834	20 609 834	20 609 834
- Costos de Operación ($)	1 809 600	1 855 620	1 906 242	1 961 926	2 023 179	2 090 557	2 164 672	2 246 200	2 335 880	2 434 528	2 541 040
= EBITDA ($)	8 201 116	8 155 096	10 239 015	12 317 871	14 244 051	18 519 277	18 445 161	18 363 634	18 273 954	18 175 306	18 066 793
- Intereses Financieros ($)	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842	1 383 842
= EBITDA ($)	6 817 274	6 771 254	8 855 173	10 934 029	12 860 209	17 135 435	17 061 319	16 979 792	16 890 112	16 791 464	16 682 951
- Depreciación y Amortización	1 509 000	1 509 000	1 810 800	2 112 600	2 414 400	3 018 000	3 018 000	3 018 000	3 018 000	3 018 000	3 018 000
= EBT ($)	6 692 116	6 646 096	8 428 215	10 205 271	11 829 651	15 501 277	15 427 161	15 345 634	15 255 954	15 157 306	15 048 793
- I.S.R 34%	2 275 020	2 259 673	2 865 593	3 469 793	4 022 081	5 270 434	5 245 235	5 217 516	5 187 024	5 151 484	5 116 590
- R.U.T 10%	669 212	664 610	842 821	1 020 527	1 182 965	1 550 128	1 542 716	1 534 563	1 525 595	1 515 731	1 504 879
= Flujo Neto de Efectivo	3 747 585	3 721 814	4 719 800	5 714 952	6 624 604	8 680 715	8 639 210	8 593 555	8 543 334	8 488 091	8 427 324

NOTA: Para obtener la utilidad marginal se resta los costo de producción a los ingresos totales, y para obtener la utilidad bruta "EBITDA", se le resta los costos de operación a la utilidad marginal. Se tomó un 34% de la UTILIDAD BRUTA para los impuestos sobre la renta y para el reparto de utilidades un 10% de la UTILIDAD BRUTA.

10. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

La evaluación de proyectos consiste en seleccionar y aplicar ciertas técnicas de evaluación y de esta forma, poner de manifiesto las ventajas y desventajas del estudio.

La evaluación económica, consiste en analizar los recursos empleados y los beneficios obtenidos, mediante la actualización de los valores monetarios, midiendo los insumos y productos a precios de mercado a efecto de conocer la utilidad comercial del proyecto, es decir los futuros rendimientos de capital.

TASA INTERNA DE RECUPERACIÓN.

Consiste en determinar la tasa a la que se recupera la inversión total en activos, a lo largo de la vida útil del proyecto.

La recuperación es función del Flujo Neto de Efectivo, formado por las utilidades netas en cada año más las depreciaciones.

La TIR se define como la tasa tal que el VPN del flujo de efectivo en el infinito sea igual a la inversión inicial.

Cálculo de la TIR.

Para obtener el valor de la TIR para un número infinito de años, lo cual nos asegura un escenario más atractivo, que si la evaluación de este proyecto se limitará a un número dado de años, se basó en las siguientes fórmulas:

$$\sum_{n=1}^{\infty} FE/(1+i)^n = VPN_{FE\infty} \quad \text{.....(1)}$$

$$d = 1/(1+i) \quad \text{.....(2)}$$

$$S = \sqrt{d}/(1-d) \quad \text{.....(3)}$$

$$II = \sum_{i=1}^{\infty} FE_i * d^i \quad \text{.....(4)}$$

$$II = FE \sum_{i=1}^{\infty} * d^i \quad \text{.....(5)}$$

$$S = \sum_{i=1}^{\infty} * d^i \quad \text{.....(6)}$$

Utilizando estas fórmulas, y creando un programa en excell, se obtuvo la TIR para los tres escenarios, los cuales se presentan en las siguientes tablas:

10.A. ESCENARIO 1 DESEADO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FLUJO DE EFECTIVO	-24 975 000	14 396 648	15 922 867	16 689 060	20 102 331	21 225 078	21 225 078	21 225 078	21 225 078	21 225 078	21 225 078	
DELTA d	1	0.60309995	0.363779	0.219366	0.13229883	0.0797894	0.0481209	0.0290217	0.017503	0.010556	0.0063663	
VPN FE		8 682 624	5 646 118	3 660 774	2 659 515	1 693 536	1 021 371	615 988	371 902	224 053	135 126	264.394

SUMA DE VPN	24 975 000
INVERSIÓN INICIAL	-24 975 000

VPN	0

i	66%
d	0.60309995

10.B. ESCENARIO 2 MEDIO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FLUJO DE EFECTIVO	- 24 975 000	6 776 517	7 860 951	8 894 789	11 088 266	13 275 233	13 249 931	13 222 858	13 193 890	13 162 894	13 129 720	
DELTA d	1	0.7224252	0.521898	0.377032	0.2723776	0.1967725	0.1421534	0.1026952	0.0741896	0.0535964	0.0387194	
VPN FE		4 898 527	4 102 615	3 353 623	3 020 196	2 612 200	1 883 522	1 357 924	978 849	705 484	508 375	1 984 665

SUMA DE VPN	24 975 000
INVERSIÓN INICIAL	- 24 975 000

VPN	0

i	38%
d	0.72242516

10.C. ESCENARIO 3 PÉSIMO.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FLUJO DE EFECTIVO	- 24 975 000	3 721 814	4 719 800	5 714 952	6 624 604	8 680 715	8 639 210	8 593 555	8 543 314	8 488 041	8 427 324	0
DELTA d	1	1,330349	1,769828	2,354489	3,1322927	4,1670426	5,5436207	7,3749803	9,8112977	13,052397	17,366243	-
VPN FE		4 961 311	8 353 237	13 488 794	20 750 200	36 172 908	47 892 508	63 377 041	83 820 883	110 789 936	146 334 304	810 922 889

SUMA DE VPN	24 975 000
INVERSIÓN INICIAL	- 24 975 000

VPN	0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

i	-25%
d	1,330348899

ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS.

ESCENARIO 1 DESEADO.

La i que corresponde a este proyecto es de 66% y equivale a la TIR del proyecto. Como se habia fijado una tasa del negocio=25%, si TIR=66%, es mayor que TN=25%, y por tanto se acepta el proyecto para este escenario porque es económicamente rentable.

ESCENARIO 2 MEDIO.

La i que corresponde a este proyecto es de 38% y equivale a la TIR del proyecto. Como se habia fijado una tasa del negocio=25%, si TIR=42%, es mayor que TN=25%, y por tanto, con esta capacidad todavia se acepta el proyecto para este escenario porque es económicamente rentable.

ESCENARIO 3 PÉSIMO.

La i que corresponde a este proyecto es de -25% y equivale a la TIR del proyecto. Como se habia fijado una tasa del negocio=25%, si TIR=-27%, es menor y negativa y siendo TN=25%, y por tanto, con esta capacidad instalada no se acepta el proyecto, pues ya no es rentable, lo cual se observa en la tabla 4.9.C. donde se obtuvieron flujos de efectivo negativos.

11. PRODUCCIÓN MÍNIMA ECONÓMICA.

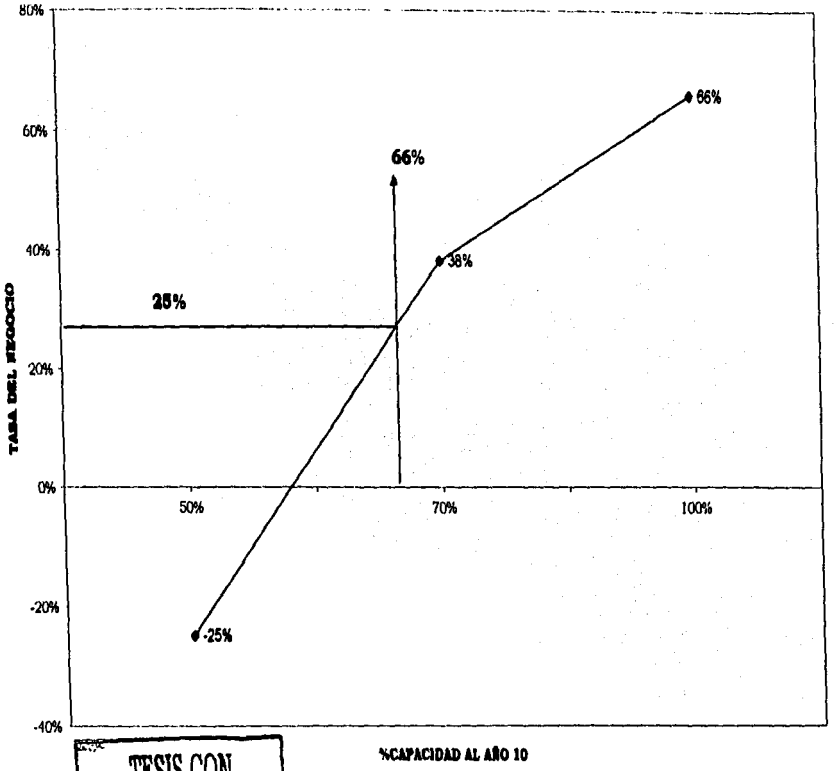
El punto de equilibrio es el nivel de producción ó ventas en el cual los costos y los ingresos se igualan, es decir, que no hay ni utilidad ni perdida. Es una medida del riesgo de una empresa, puesto que mientras más alejado

esté el punto de equilibrio del nivel de producción ó ventas propuesto, menor será el riesgo. También, se dice que es la capacidad de producción a la cual opera la planta para que no incurra en pérdidas.

Para este proyecto, se calculó la producción mínima económica, construyendo una gráfica de Tasa del Negocio vs % Capacidad instalada, para observar la tendencia, y poder obtener de esta gráfica la capacidad instalada en la que tendremos que la tasa del 25%, que es la tasa que los inversionistas esperan del proyecto, lo ideal sería encontrar la capacidad para una tasa de interés de una empresa similar; por lo que para esta tasa 25%, obtenemos una capacidad de 66%.

Dicha gráfica se muestra a continuación:

GRÁFICA 11,1 TN vs %CAPACIDAD



CAPÍTULO V. RESULTADOS.

A lo largo de este estudio, siempre se trató de reflejar la problemática de los desechos sólidos sobre el medio ambiente, primordialmente en este estudio se trató de los desechos plásticos, en especial el Polietilén Tereftalato, teniendo este, mas vida útil de la que muchos se imaginan, por lo que una alternativa para la solución a este problema es RECICLARLOS; nunca se pensó en la gran variedad de usos que puede llegar a tener el PET reciclado. En este trabajo el material reciclado que se obtiene del proceso, es grado fibra corta, el cual puede tener las siguientes aplicaciones: para relleno de cojines, almohadas, peluches, colchas , filtros, felpa para rodillos etc. Como el proceso seleccionado, tiene la capacidad de aumentar la capacidad instalada, puede pensarse en la posibilidad de exportar, ya que, la competencia es lo que hace; como se puede observar en la tabla 5.1, la capacidad instalada de la competencia es mayor que la del presente proyecto, pero también sus inversiones lo han sido.

PLANTAS RECICLADORAS	CAPACIDAD TON/AÑO	INVERSIÓN $
RECIMEX, S.A. DE C.V.	12,000	40,000,000[1]
CRISOL TEXTIL, S.A. DE C.V.	18,000	47,000,000[1]
RIMEX, S.A. DE C.V.	13,600	42,000,000[1]
PROYECTO	*7,100*	*25,000,000*

Tabla 5.1. Capacidad Instalada de las Plantas Recicladoras.

De acuerdo a lo estudiado en este trabajo se pudo conocer, que existe gente trabajando en el reciclaje del PET, sobre todo grado envase, como es el caso de APREPET gente dedicada a la promoción de reciclaje de envases de PET, es importante conocer que la empresa llamada Avangard S.A. de C.V., se dedica al acopio de estos envases, para después ponerlos a disposición de las empresas recicladoras, en forma de pacas compactadas, puesto que las pacas son la principal materia prima para alimentar el proceso, y algunas de las tecnologías estudiadas para reciclar estas botellas, contienen un equipo que rompe las pacas, es otra razón para comprar las pacas como materia prima. En nuestro estudio, resultó factible ser cliente de esta empresa, ya que, se ahorra dinero y tiempo en solucionar la problemática de recolectar estos envases, ya que entre los pepenadores de los tiraderos, esto se ha convertido en un negocio.

La tecnología seleccionada fue NETZCH-CONDUX PLASTCOMPACTOR (2), debido a que proporciona todo lo que se requiere para llevar a cabo el negocio: *calidad del producto terminado (hojuelas de PET), precio, instalación y puesta en marcha;* pero sobre todo, que posee la tecnología para incrementar su capacidad instalada, comparado con la tecnología NETZCH-CONDUX PLASTCOMPACTOR (1) que no posee esta característica.

El producto que se obtiene, son hojuelas de Pet grado fibra corta, del cual, ya se menciono su uso anteriormente. Definitivamente hay compradores de este producto, por lo que, de acuerdo al estudio económico hecho, la tasa del proyecto o negocio atractiva para que un inversionista decida invertir en este proyecto en un escenario medio a una capacidad instalada del 70%, es de 38%, de acuerdo a la gráfica 11.1, presentada en el capitulo anterior, este valor es mayor que invertir en acciones o CETES, por lo que nuestro proyecto es más atractivo para los inversionistas

Definitivamente, en México hace falta una cultura de manejo de desechos, por lo que, se sugiere seguir fomentando las campañas de reciclaje que ya algunos han iniciado, y hablar en las escuelas sobre el tratamiento de estos residuos.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.

Para que un estudio de factibilidad técnico-económica, proporcione buenos resultados, se requiere tener pleno conocimiento teórico del producto que se estudiará, para este caso el Polietilén Tereftalato, una vez conocido el producto se requiere saber que tanta demanda existe en el mercado, para saber si hay clientes interesados en comprar el producto, si existe dicho mercado, lo siguiente es escoger el lugar físico donde se desea localizar el proyecto, así como la tecnología para fabricar el producto, para después hacer una determinación de costos que nos llevarán a obtener el flujo neto de efectivo y con este, la tasa del negocio o proyecto, lo cual puede indicar que tan atractivo resulta este negocio para los inversionistas propios o ajenos. La anterior secuencia nos llevó a saber que este proyecto resulta ser rentable, dependiendo de los escenarios planteados, ya que no se pueden hacer proyecciones confiables de la situación económica, ya que, existen fluctuaciones; pero también se conoció las problemáticas para llevar a cabo cada paso, para obtener un buen resultado, como son el acopio de la botellas de PET, la tecnología para reciclar estas botellas y por último la concientización a la población sobre el uso de materiales reciclados.

BIBLIOGRAFÍA

REVISTAS Y PUBLICACIONES:

1. EMPRENDEDORES. AL SERVICIO DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.
UNAM FCA.
NOV-DIC. 1998.

2. OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS. PARA LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO.
BANCOMEXT. BANCO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR, S.N.C.
3ªEDICIÓN, 1998.

3. MANUAL PARA IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS.
IMPI. INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO. 1989.

4. TECNOLOGÍA DEL PLÁSTICO. TENDENCIAS EN EL MANEJO DE LOS DESPERDICIOS SÓLIDOS.
No.80. SEPTIEMBRE 1997.

5. ENTORNO QUÍMICO. INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO.
CANACINTRA. CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA PARA LA
TRANSFORMACIÓN.
SEPTIEMBRE 1997.

6. ENCICLOPEDIA DEL PLÁSTICO.
IMPI. INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO.
AÑO 1998

7. EL PET Y EL MEDIO AMBIENTE.
APREPET. ASOCIACIÓN PARA PROMOVER EL RECICLADO DEL PET.
BOLETINES AÑO 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2002.

8. "PUBLICACIÓN CELANESE MEXICANA, S.A. DE C.V."
ING. CARLOS SIERRA.
AÑO 1999.

9. PLASTICS NEWS.
DECEMBER 1999.

LIBROS:

- INGENIERÍA DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS.

M.A.RAMOS CARPIO/M.R. DE MARÍA RUIZ.
ED.DÍAS DE SANTOS 1988.

- CIENCIA DE LOS POLÍMEROS.

FRED W. BILLMEYER J.R.
ED.REVERTE 1978.

- POLIMERIC MATERIALS, ENCYCLOPEDIA.

SALAMONE JOSEPH C.
ED-IN-CHIEF. VOL.8.

- ENCYCLOPEDIA OF POLYMER SCIENCE AND ENGINEERING.

PUBLICATIÓN JOHN WILEYANDSONS.
2°ED. MARK BIKALES-OVERBERGER-MENGES. VOL.9.

- ECONOMÍA DE LOS PROCESOS QUÍMICOS.

HAPPEL.
ED. REVERTE.

- INGENIERÍA ECONÓMICA.

DE GARMO/R. CANADÁ.

ED.CECSA.

- PLANEACIÓN PROSPECTIVA.

MIKLOS –TELLO

LIMUSA EDITORES. AÑO 2000.

TESIS:

-DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PLÁSTICOS DE INGENIERÍA(PET) Y (PBT) EN MÉXICO.

HIDALGO PERALTA LUIS/SANCHEZ SANTIAGO HUGO JAVIER.

UNAM FQ. 1990.

-ASPECTOS ECONÓMICOS DEL RECICLADO DE PET GRADO BOTELLA.

BOLAÑOS DELGADO JORGE.

UNAM FQ. 1996.

-RECICLADOS DE PLÁSTICO. TECNOLOGÍAS DE RECICLADO TERCIARIO.

MEZA PÉREZ RICARDO.

UNAM FQ. 1995.

-RECICLADO DE POLIETILÉNTEREFTALATO.

VELASCO SORIANO ARMANDO.

UNAM FQ. 1996.

-RECICLADO DE PLÁSTICOS DE GRAN VOLUMEN OBTENIDOS A PARTIR DE DESECHOS URBANOS.

ROA LUNA MARTHA.

UNAM FQ. 1996.

GLOSARIO

ABS: SIGLAS EN INGLES, ACRILONITRILO-BUTADIENO-ESTIRENO.

ADITIVO: ADICIONADO AL PET, PARA AÑADIR O PRESERVAR UNA APARIENCIA ESPECÍFICA Y/O CALIDAD FINAL.

Al: SIMBOLO QUIMICO DEL ALUMINIO

A-PET: POLIETILENTEREFTALATO AMORFO.

BHET: SIGLAS EN INGLES, BIS(2-HIDROXIETIL)-TEREFTALATO.

CARGAS O REFUERZOS: EN EL CASO DEL PET ,REFERENTE A ADQUIRIR REFUERZO PARA QUE SEA TERMOPLÁSTICO.

CER: CENTRO ECOLOGICO DE RECICLADO.

C-PET: POLIETILENTEREFTALATO CRISTALINO.

DEPRECIACIÓN : DEVALUACIÓN DE UN ACTIVO

DMT: SIGLAS EN INGLES, DIMETIL TEREFTALATO.

GPM: GALONES POR MINUTO.

HP: UNIDAD DE POTENCIA HORSE POWER.

h: UNIDAD DE TIEMPO HORA.

HDPE: SIGLAS EN INGLES, POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

i: TASA DE INTERES EXPRESADA EN %.

KWH: UNIDAD DE ELECTRICIDAD KILO WATT HORA.

lb: UNIDAD DE MASA LIBRA.

LDPE: SIGLAS EN INGLES, POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

mm: UNIDAD DE LONGITUD MILIMETRO.

M MM: MIL MILLONES.

NAPCOR: NATIONAL ASSOCIATION FOR PLASTIC CONTAINER RECOVERY.

PEN: SIGLAS EN INGLES, POLIETILEN NAFTALATO.

PES: SIGLAS EN INGLES, POLIESTERSULFONA.

PET: SIGLAS EN INGLES, POLIETILENTEREFTALATO.

PF: SIGLAS EN INGLES, FENOL-FORMALDEHIDO.

PP: SIGLAS EN INGLES, POLIPROPILENO.

PROSPECTIVA: PLANEACIÓN FUTURA DE UN ESCENARIO O SITUACIÓN.

PPS: SIGLAS EN INGLES POLIFENILENSULFONA.

PS: SIGLAS EN INGLES, POLIESTIRENO.

PUR: SIGLAS EN INGLES, POLIURETANO.

PVC: SIGLAS EN INGLES, CLORURO DE POLIVINILO.

RCP: RECICLADO DE POST-CONSUMO.

RPM: REVOLUCIONES POR MINUTO.

$: MONEDA NACIONAL MEXICANA DEL PESO.

TIR: TASA INTERNA DE RECUPERACIÓN EXPRESADA EN %.

Tg: TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VÍTREA.

TPA: SIGLAS EN INGLES, ACIDO TEREFTALICO.

TON: TONELADAS.

VISCOSIDAD INTRÍNSECA: MEDIDA INDIRECTA DEL PESO MOLECULAR.

VP: VALOR PRESENTE.