



# UNIVERSIDAD VILLA RICA

---

---

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

## FACULTAD DE CONTADURÍA

“HERRAMIENTAS FINANCIERAS COMO  
INSTRUMENTO EN EL PROYECTO DE INVERSIÓN  
DE UNA PLANTA RECICLADORA EN LA ZONA  
CONURBADA DE BOCA DEL RÍO, VERACRUZ”

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

## LICENCIADO EN CONTADURÍA

PRESENTA:

LUIS ROBERTO JIMÉNEZ BARRIOS

**Director de Tesis:**

Mtro. Miguel Ángel Bolaños Moreno

**Revisor de Tesis**

Mtro. Rodolfo García Munguía

BOCA DEL RÍO, VER.

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
Metodología de la Investigación	
1.1 Planteamiento del Problema .....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos .....	5
1.4 Objetivo General .....	5
1.5Objetivo Específico .....	5
1.4 Hipótesis .....	6
1.5 Variables .....	6
1.5.1 Variable Independiente .....	6
1.5.2 Variable Dependiente.....	6
1.6 Definición de Variables.....	6
1.6.1 Variable Conceptual.....	6
1.7 Tipo de Estudio .....	7
1.8 Población y Muestra.....	7
1.8.1 Población .....	7
1.8.2 Muestra .....	7
1.9 Proceso .....	7
1.10 Procedimiento .....	8
1.11 Importancia del Estudio.....	8

1.12 Limitaciones .....	8
-------------------------	---

## CAPÍTULO II

### Marco Teórico

2.1 Introducción.....	9
2.2 ¿Qué es el PET?.....	10
2.3 Fabricación del PET .....	13
2.4 Los distintos usos de la resina PET .....	17
2.5 Envase típico para agua.....	17
2.5.1 Proceso de elaboración para la industria .....	18
2.6 PET de grado textil.....	19
2.7 PET de grado botella .....	20
2.8 PET de grado film .....	21
2.9 Consumo de productos envases en PET .....	21
2.10 Reciclado de envases en números .....	23
2.11 Acopio del PET .....	25
2.11.1 ¿Qué es acopiar?.....	26
2.11.2 ¿Cómo se establece un centro de acopio? .....	26
2.11.3 Recomendaciones para el acopio .....	27
2.12 Reciclado mecánico .....	28
2.13 Reciclado químico .....	29
2.14 Aprovechamiento energético.....	30

## CAPÍTULO III

### Caso Práctico

3.1 Introducción.....	32
3.2 De la maquinaria y equipo.....	33
3.3 Terreno, ubicación y edificio.....	34

3.4 Estudio de Mercado .....	35
3.5 Tiempo de vida del proyecto .....	36
3.6 Análisis de sensibilidad .....	36
3.7 Probabilidad de ciertos eventos .....	37
3.8 Árboles de decisión .....	37
3.9 Valor Presente Neto .....	39
3.10 Simulación de escenarios .....	39
3.11 Tasa interno de retorno (TIR) .....	41
3.12 Uso de PET reciclado en el mercado .....	41
3.13 Estudio de mercado nacional .....	44
3.13.1 La demanda en México .....	44
3.13.2 Segmentos de Mercado .....	45
3.13.3 La oferta en México .....	48
3.14 Estudio de mercado internacional .....	50
3.14.1 Norte América .....	51
3.14.2 Europa .....	53
3.14.3 Asia .....	56
3.15 Precio ideal .....	59
3.16 Maquinaria necesaria para el reciclado de PET .....	60
3.17 Acopio .....	62
3.18 Compactar o Pacado .....	64
3.19 Molido o Reducido de tamaño .....	65
3.20 Separación .....	66
3.21 Limpieza .....	68
3.22 Secado .....	69
3.23 Lista de Equipamiento y Datos Técnicos .....	72
3.23.1 Capacidad Continua de 1000 kg/hr .....	72
3.24 Análisis de Viabilidad .....	77
3.24.1 Capacidad Continua de 200 kg./hr. ....	78
3.24.1.1 Maquinaria y Equipo .....	79

3.24.1.2 Características de las Maquinas .....	79
3.24.1.3 Condiciones Comerciales.....	79
3.24.1.4 Análisis de Viabilidad .....	80
3.25 Tiempo de Vida del Proyecto .....	85
3.26 Inversión Inicial y Valor Presente Neto .....	86
3.27 Análisis de Sensibilidad.....	94
3.28 Probabilidad de ciertos Eventos.....	100
3.29 Árboles de Decisión .....	103
3.30 Simulación de Escenarios .....	105
3.30.1 Los resultados.....	110
3.30.2 @RISK Output Report.....	111
3.30.3 @RISK Input Data Report.....	111
3.30.4 @RISK Output Graphs.....	113
3.30.5 Tasa Interna de Retorno .....	115

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Variabilidad del proyecto de inversión.....	116
4.2 El futuro de la empresa .....	117
4.3 Recomendaciones .....	118
4.3.1 Herramientas para la planeación .....	119
4.3.1.1 Participación.....	119
4.3.1.2 Metas .....	119
4.3.1.3 Flexibilidad .....	120
4.3.1.4 Acuerdos .....	120
4.3.2 El paso numero uno .....	120
4.3.3 Estrategias de acopio.....	121

4.3.3.1 Usando contenedores de reciclado .....	121
4.3.3.2 Usando contenedores con otros métodos.....	122
4.3.4 Logística de recolección.....	123
4.3.4.1 Herramientas para mejorar la logística de recolección .....	124
4.3.5 Almacenamiento de material reciclable.....	125
4.3.6 Educación y entrenamiento.....	125
4.3.6.1 Herramientas para la educación y el entrenamiento del personal.....	125
4.3.7 Promocionar el programa.....	126
4.3.7.1 Herramientas para la promoción .....	126
4.3.8 El mensaje .....	127
Bibliografía .....	129

## INTRODUCCIÓN

Las constantes crisis económicas que han marcado el pasado reciente de nuestro país, así como los efectos que estas tuvieron en el financiamiento de las empresas, han constituido la principal motivación en la realización del presente trabajo de investigación, de ahí el interés por conocer las estrategias adoptadas por las empresas para financiar sus activos, particularmente las empresas ubicadas en la zona conurbada Veracruz y Boca del Río.

Aún cuando muchas pueden ser las variables implicadas en el problema, en el presente documento se hace énfasis en determinar el nivel de relación entre la estructura financiera de las empresas y un grupo particular de variables socioeconómicas como lo son: el tamaño, la edad, el sector al que pertenecen, la tecnología utilizada en sus procesos productivos y la internacionalización de sus productos, así como la influencia de los tomadores de decisiones dentro de las empresas.

Para la realización de este estudio, se solicitó el apoyo a un grupo de profesionistas multidisciplinario, quien nos facilitó amplia información para conocer de manera preliminar las condiciones del crédito en México en los años recientes, profundizando en diversos trabajos y teorías que nos permitieran construir un sólido sustento teórico, en el cual fundamentar el trabajo.



Durante los primeros meses se llevó a cabo diversas actividades entre las que se encuentran la construcción del marco teórico, la depuración del marco muestral, para lo que fue necesario depurar la base de datos del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM), se construyó la hipótesis de investigación, identificando las variables del estudio, mismas que se operacionalizaron, elaborándose posteriormente el instrumento de recolección de datos, mismo que fue piloteado y replanteado en algunas de sus secciones.

Durante el periodo en el que se llevo a cabo el levantamiento de la información de campo, se construyó la base de datos (en Excel) y se procesó la información con los software SPSS y STATISTICA, de acuerdo al planteamiento estadístico de las hipótesis, posteriormente se analizaron los datos y se realizó la prueba de hipótesis, para proceder a redactar el informe final de la investigación.

La forma en que está organizado el resto del documento es la siguiente: en la sección II se trató de determinar el nivel de relación entre la estructura financiera de las empresas de la zona conurbada Veracruz, Boca del Río y el tamaño, la edad, el sector al que pertenecen, la tecnología utilizada en sus procesos productivos de sus productos, así como la influencia de los tomadores de decisiones dentro de las mismas. En la sección III, se explican los argumentos teóricos que conforman el marco de la presente investigación. En la sección IV, se presentan los resultados y conclusiones obtenidos de la aplicación del software SPSS y STATISTICA a las que fueron sometidas las pruebas de hipótesis.

# **CAPÍTULO I**

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Planteamiento del problema**

No todo lo que brilla es oro, reza el dicho, pero un emprendedor visionario agregaría que el verdadero oro puede estar oculto en lo que a primera vista es poco atractivo y desgastado.

Las oportunidades de negocio están presentes en todas las etapas de los procesos productivos, aún después de que un producto se fabricó, envasó, vendió y consumió.

Lo anterior a dado pie para la generación de nuevos negocios en el ramo de la recolección, acopio, reciclado y venta de residuos sólidos municipales (RSM).

El gobierno federal estimó que en el año 2000 se generaron 902,838 toneladas de residuos sólidos en México y la quinta parte del país no cuenta con servicios de recolección de basura. Estas cifras ofrecen una visión potencial del mercado de la basura en este país.

Los envases empleados por la industria refresquera están fabricados a partir del PET (Polietileno Tereftalato). Este material que se caracteriza por su transparencia, versatilidad, resistencia y ligereza, es empleado para envasar agua purificada, aceites, aderezos, salsas, medicamentos, agroquímicos, productos de limpieza y aseo personal. La nueva modalidad en Europa y Estados Unidos es utilizarlo para envasar leche y cerveza. Lo más interesante, en este caso, es que las cualidades físicas de este plástico, lo hacen sumamente atractivo para ser reutilizado y en este rubro aparecen por lo menos dos oportunidades de negocio.

¿Los centros de acopio de plástico PET representan una alternativa ideal para arrancar un negocio debido a las múltiples y atractivas opciones para reutilizar este plástico en la industria textil, automotriz, de la construcción, empaque y embalaje entre otros?

¿Si el emprendedor desea iniciarse en el reciclaje, puede complementar el centro de acopio con un molino especial para PET, con el que se obtiene la hojuela sucia?

## **1.2 Justificación**

Según la Asociación para Promover el Reciclado del PET, A. C. (APREPET, 2006) a nivel mundial la recuperación post consumo del PET fue de 770,000 toneladas de botellas en 1999, lo cual representó 10% más de lo estimado para este año. Para el 2000 se proyectó una recuperación de cerca de 880,000 toneladas, es decir, un incremento de 14%.

Actualmente en México se recuperan 80,000 toneladas de envases de PET según comenta Jorge Treviño, director de Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE), lo cual representa apenas el 15% del total desechado de este material en el país.

El PET reciclado es muy demandado en el mercado nacional cerca de 70,000 toneladas anuales, aunque más del 80% es destinado a la exportación (INEGI), e internacional más de 11 millones de toneladas anuales. Se utiliza para hacer fibra textil,

poliéster, relleno para chamarras, además de una especie de hilo que permite confección de prendas de vestir y gorras. También pueden fabricarse láminas termoeléctricas.

Estados Unidos, China y Canadá son los países que más compran PET. China lo utiliza para hacer prendas de vestir y en EU los usos son más diversos, pero comúnmente se emplea para la fabricación de alfombras. En Europa el PET es utilizado para reforzar el pavimento de las carreteras y en Japón como fuente de energía y posteriormente las cenizas las reaprovechan para obras de pavimentación.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar el proyecto de inversión en una planta recicladora de envases PET para determinar la viabilidad de la misma la zona conurbana Veracruz – Boca del Río. La aprobación y puesta en marcha de esta planta significaría un beneficio ecológico (menor contaminación ya que un envase de PET tarda en degradarse cerca de 500 años) y económico para la región (generación de empleos y menores costos en el manejo de residuos sólidos municipales).

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Determinar el tamaño de la inversión necesaria para la planta

Evaluar y especificar el mercado meta.

Proyectar flujos de efectivo y costos relacionados con la operación.

Análisis de riesgos en el proyecto de inversión.

Emitir un juicio sobre la viabilidad o no del proyecto de inversión.

## 1.4 Hipótesis

Establecer si la inversión de una planta recicladora de PET en la zona conurbada de Boca del Río es viable por medio de un proyecto de inversión.

## 1.5 Variables:

### 1.5.1 Variable independiente:

Planta recicladora de PET

### 1.5.2 Variable dependiente:

Elaboración del Proyecto de inversión

## 1.6 Definición de Variables

Para facilitar el entendimiento de ciertos términos utilizados en la presente investigación se definirán continuación los más relevantes.

### 1.6.1 Variable Conceptual

**Planta de reciclaje.-** El reciclaje consiste en someter de nuevo una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto, útil a la comunidad.

**PET:** es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietileno Tereftalato o Politereftalato de etileno.

**PROYECTO:** m. Plan y disposición detallados que se forman para la ejecución de una cosa:

**INVERSIÓN:** Acción de destinar los bienes de capital a obtener algún beneficio:

## **1.7 Tipo de Estudio**

El tipo de estudio fue documental ya que se elaboró un estudio descriptivo - propositivo consultando todo tipo de libros, revistas, medios electrónicos de acceso en la Universidad Villa Rica y otras Universidades, durante el tiempo de la investigación. Se hizo un estudio propositivo que demostró la importancia del uso de los proyectos de inversión para emprender una nueva empresa en la zona conurbada Veracruz- Boca del Río.

## **1.8 Población y Muestra**

### **1.8.1 Población**

La población de esta investigación fue la zona conurbada Boca del Río.

### **1.8.2 Muestra**

Por las características del trabajo de investigación y por las facilidades otorgadas por el ayuntamiento de Boca del Río, se tomó como muestra las zonas más viables y de fácil acceso para el estudio de la instalación de la planta recicladora de PET.

## **1.9 Proceso**

1. Se solicitó autorización del ayuntamiento.
2. Elección de las zonas idóneas para la integración de la muestra.
3. Obtención de los costos de los terrenos a evaluar para la implementación de la planta recicladora de PET.

### **1.10 Procedimiento**

1 Se solicitó autorización al ayuntamiento para la realización del levantamiento de los terrenos solicitados para realizar el estudio.

2 Del conjunto de terrenos se eligió la zona con mejor costo para la instalación de la recicladora de PET que integró la muestra del objeto del estudio.

### **1.11 Importancia del Estudio**

Este trabajo de investigación tiene como finalidad dar a conocer los beneficios que puede ofrecer la instalación de una planta recicladora de PET en la zona conurbada Boca del Río, así como poder crear trabajos directos e indirectos, poder contribuir en la conservación del medio ambiente.

### **1.12 Limitaciones**

En el desarrollo del presente trabajo se encontraron limitaciones de tiempo, ya que el plazo para desarrollar la investigación es demasiado corto, ya que por cuestiones administrativas no se tuvo acceso a toda la información, que pudo haber sido de gran relevancia para la presente investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción**

El PET es una resina que gracias a sus propiedades, ha sobresalido entre muchos otros materiales como el mejor para almacenar bebidas y alimentos para consumo humano, además de fabricarse diversos productos y artículos a base de PET para diferentes industrias como la textilera o la automotriz.

Debido a que es un material elaborado a partir del petróleo, un recurso natural no renovable, y que posiblemente no dure mucho ya que, entre 1981 y 1989 se estimó una reserva que duraría de 35 a 45 años, a causa principalmente del incremento en los valores de reserva hallados. Pero entre 1991 y 2001, el retroceso ha sido paulatino; lento pero constante. En principio, ateniéndonos a los cálculos actuales de la British Petroleum, en el mundo actual existe petróleo para poco más de 40 años (Villareal, 2003), por lo que es importante generar métodos para reciclarlo de manera eficaz para ser reinsertado a la cadena de distribución.



Por lo anterior, se debe tener presente qué es exactamente el PET, sus propiedades, cómo identificarlo, el proceso para su fabricación, los distintos usos que tiene el PET en diferentes industrias, etc. Ya que éste es un proyecto destinado al reciclado de este material, también se mencionará otros beneficios que proporciona esta actividad para nuestra sociedad como la disminución del manejo de residuos sólidos, generación de empleos, beneficios ecológicos, etc.

## 2.2. ¿Qué es el PET?

El PET (Tereftalato de Polietileno) es uno de los materiales comúnmente utilizados en la industria embotelladora de bebidas, que de 1990 hasta 1998, ha aumentado su porcentaje de uso en refrescos y ha pasado de 9% hasta un % en la industria que incluye al vidrio, aluminio y cartón (ICM, 2000), por sus características muy particulares que favorecen la distribución, el almacenaje y la presentación de algunos productos. Derivado de altos niveles de consumo de estos productos, es tiene también grandes cantidades de residuo, de los más de 4 billones de libras producidas en 1998, sólo 745 millones de libras fueron recicladas. El 81% restante, unos 3.25 billones de libras fueron llevadas a vertedero o incineradas.<sup>1</sup>

El Tereftalato de Polietileno, mejor conocido como PET, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de satisfacción basado en el espectacular crecimiento en la demanda del producto a escala mundial (una participación del 45.2% respecto al total de plásticos consumidos, según el Centro Español de Plásticos en su reporte 2004) y a la diversificación de sus posibilidades de uso (APREPET, 2006).<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> <http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/industrialchemistry/industrialchemistrymodulespan.html>

<sup>2</sup> <http://www.aprepet.org.mx/>

A partir de 1976 es que se usa para la fabricación de envases ligeros, transparente y resistentes principalmente para bebidas, sin embargo el PET ha tenido un desarrollo también para empaques, creciendo a razón de 308% respecto al año anterior desde 1990 a la fecha, dentro de esta industria (CEP, 2006).<sup>3</sup>

En México se comenzó a utilizar para la fabricación de envases a mediados de la década de los ochenta y ha tenido buena aceptación por parte del consumidos así como del productor, por lo que su uso se ha incrementado año tras año (APREPET, 2006).

La ausencia de cementantes y una de sus propiedades más distintivas como es la barrera de gases, le confirió difusión como envase de bebidas gaseosas, sifones y posteriormente otros productos como aceites, mayonesas, cosméticos, etc. Pero no sólo estas propiedades influyeron en esta elección de los industriales y el público consumidor.

Su escaso peso en relación al del producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido (lo que implica un importante ahorro en transporte de mercaderías hasta un 35% en consumo de combustible y desgaste de motor gracias a su peso 28 veces menor respecto al vidrio según Dickneider, 2000) y fundamentalmente la seguridad de los usuarios, ante una eventual rotura, fueron factores determinantes para la generación de sus usos.

La simpleza de procedimientos y las relativamente bajas temperaturas ( $250^{\circ}\text{C} > \text{PET} < 300^{\circ}\text{C}$ ) a las cuales debe ser sometido el PET para ser transformado en nuevos productos, estos también reciclables (CEAMSE, 2006),<sup>4</sup> son propiedades determinantes por las cuales este material ha crecido dentro de la industria del embalaje.

La manera más fácil de saber si un envase está fabricado con resina PET, es buscar en el fondo un símbolo de un triángulo formado por flechas con el número "1" en el centro

---

<sup>3</sup> <http://www.cep-inform.es/>

<sup>4</sup> <http://www.ceamse.gov.ar/abre-home.html>

y bajo este, las siglas “PET” o “PETE” (en inglés). Este símbolo se forma en el proceso de fabricación y algunas veces se imprime en la etiqueta.



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

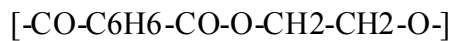
*Figura 2.1 Símbolo para identificar envases de PET Fuente: SMA, 2002*

Otra forma es buscar un punto opaco en el centro del fondo, que es el resultado del punto de inyección en la fabricación de la preforma.



*Figura 2.2 Identificar el PET en la botella Fuente: Ambientum, 2002*

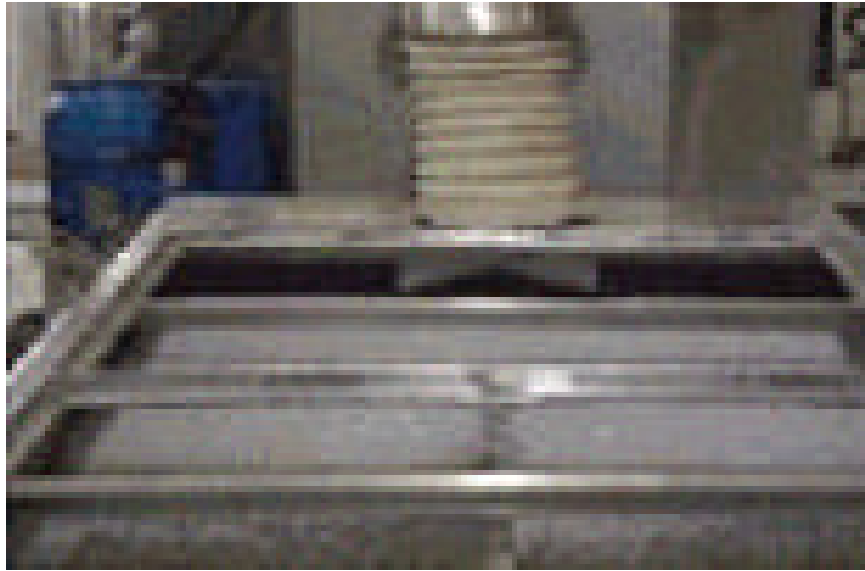
La fórmula química del Polietileno Tereftalato o Politereftalato de etileno, en resumen, PET, es la siguiente:



Fuente: Ambientum, 2002

### 2.3 Fabricación del PET

El PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos (respectivamente, etilen glicol y ácido tereftálico) son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo (APREPET, 2006)



*Figura 2.3 Resina PET cristalizada*

La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad. El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia es la de pequeños cilindros de color blanquizco llamados chips. Una vez seca, se almacena en silos o supersacos para después ser procesada (APREPET, 2008).

Acido tereftálico: Se elabora totalmente en México a partir del paraxileno, materia prima que produce PEMEX quien abastece a los dos fabricantes en México.

Monoetilén glicol: Es el reactivo limitante en la reacción de esterificación para la producción de poliéster, que se obtiene a partir del óxido de etileno que produce también Petróleos Mexicanos.



Figura 2.4 Proceso de elaboración de envases PET. Fuente: APREPET, 2006.

En términos químicos, el camino más simple para la obtención del PET es la reacción directa (esterificación) del ácido tereftálico con el etilen glicol formando un “monómero” (bis-B-hidroxietil tereftalato) el cual se somete a una policondensación para obtener un polímero de cadena larga que contiene cerca de 100 unidades repetidas (APREPET, 2006).



*Figura 2.5 Reacción química para fabricar PET. Fuente: APREPET, 2006.*

Mientras que la reacción de esterificación tiene lugar, con la eliminación del agua como subproducto, la fase de policondensación que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula de glicol cada vez que la cadena se alarga por unidad repetida. Conforme la cadena va alargándose, existe un aumento en el peso molecular, el cual va acompañado por un aumento en la viscosidad de la masa y otras ventajas asociadas proporcionando así una mayor resistencia mecánica (APREPET, 2006).

La calidad final de un polímero sintético depende en gran parte de la calidad de su monómero y dado que no es práctico purificar el monómero de tereftalato, la pureza química de su inmediato precursor es de gran importancia. En este contexto, el etileno glicol no presenta problema, pero el ácido tereftálico, al ser un sólido, limita la elección de la tecnología de purificación.

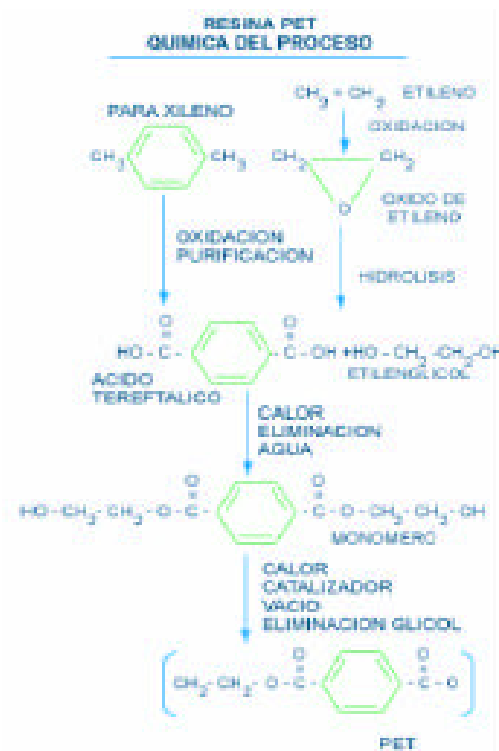
No obstante, una vez resuelto este problema, ya que el ácido tereftálico de gran pureza se convierte en un producto comercial, la necesidad inicial de utilizar dimetiltereftalato puede evitarse, por lo que las fases del proceso quedan simplificadas.

Una vez que la longitud de cadena es suficientemente larga, el PET se destruye a través de un dado de orificios múltiples para obtener un espagueti que se enfría en agua y una vez semisólido es cortado en un peletizador obteniendo así el granulado que presenta las siguientes características:

Es amorfo.

Posee un alto contenido de acetaldehído. Presenta un bajo peso molecular.

Estas características limitan el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que se hace necesario pasar el granulado por otro proceso conocido como polimerización en fase sólida. Durante este proceso, el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estas tres propiedades simultáneamente, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeo de la preforma o bien durante la producción y la calidad de la botella misma (APREPET, 2006).



2.6 Química de proceso para fabricar el PET. Fuente: APREPET, 2006.

## **2.4 Los distintos usos de la resina PET**

Su empleo actual es muy diverso; como envase, quizás el uso más conocido, se emplea en bebidas carbónicas, aceite, aguas minerales, zumos, té y bebidas isotónicas, vinos y bebidas alcohólicas, salsas y otros alimentos, detergentes y productos de limpieza, productos cosméticos, productos químicos, lubricantes y productos para tratamientos agrícolas. En forma de film, se emplea en contenedores alimentarios, láminas, audio / video y fotografía, blisters, films "High-Tech", embalajes especiales, aplicaciones eléctricas y electrónicas.

Además, existe un amplio sector donde este material se emplea en la construcción de diversos elementos; fibra textil, alfombras, tuberías, perfiles, piezas inyectadas, construcción, automoción, etc.

Actualmente, el principal uso para la resina PET es la fabricación de envases para:

Refrescos

Agua purificada Aceite

comestible Alimentos

Medicinas

Productos de limpieza

Productos de aseo personal

Cosmético

## **2.5 Envase típico para agua**

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como por



ejemplo, el PVC. Presenta una demanda creciente en todo el mundo, lo cual se aprecia, por ejemplo, en los 450 millones de toneladas de PET empleados anualmente en Europa, casi 300 toneladas en envases (Ambientum, 2002).<sup>5</sup>

### **2.5.1 Proceso de elaboración de envases para la industria embotelladora**

La resina se presenta en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, secos, se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples (16", 32", 64", etc.); de las que se producen las preformas, que son recipientes aún no inflados y que sólo presentan la boca del envase en forma definitiva (SMA, 2002).<sup>6</sup>

Después, las preformas son sometidas a un proceso de calentamiento preciso y gradual, posteriormente se colocan dentro de un molde y se les estira por medio de una varilla o pistón hasta alcanzar su tamaño definitivo, entonces se les infla con aire a presión hasta que toman la forma del molde y se forma el envase típico.

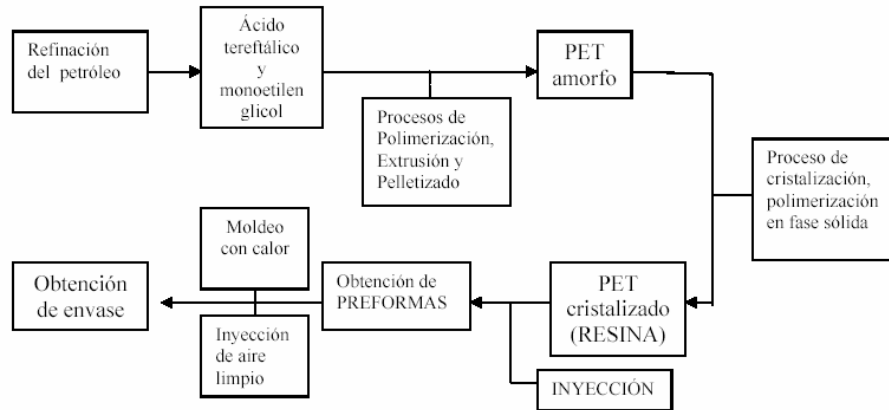
Gracias a este proceso, las moléculas se acomodan en forma de red; esta disposición da al material propiedades de alta resistencia mecánica y baja permeabilidad a gases y vapores. Son estas características las que lo han convertido en un material ideal para el empaque y embalaje de algunos productos, ya que no requieren de cuidados especiales para su distribución (SMA, 2002).

A continuación, mediante un diagrama de flujo, se describe el proceso completo de producción de un envase de PET, considerando desde la materia prima hasta el producto terminado.

---

<sup>5</sup> [http://www.ambientum.com/revista/2002\\_31/ENVSSPET1.asp](http://www.ambientum.com/revista/2002_31/ENVSSPET1.asp)

<sup>6</sup> <http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/04/01clave.pdf>

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCIÓN DEL *PET**Figura 2.7 Diagrama de flujo para la producción del PET.**Fuente: SMA, 2002.*

## 2.6 PET de grado textil

La primera aplicación industrial del PET fue la textil, durante la Segunda Guerra Mundial, para reemplazar a fibras naturales como el algodón o el lino. A diferencia de otras fibras sintéticas, al poliéster - nombre común con el que se denomina al PET de grado textil - se le reconocieron desde el primer momento unas excelentes cualidades para el proceso textil, entre las que cabe destacar su alta resistencia a la deformación y su estabilidad dimensional, además de otras propiedades como el fácil cuidado de la prenda tejida (lavado y secado rápidos sin apenas necesidad de planchado).

Presenta también algunas limitaciones, tales como su difícil tintura, la formación de pilling (bolitas), la acumulación de electricidad estática y el tacto duro de los tejidos, problemas para los que ya se han desarrollado soluciones eficaces (SMA, 2002).<sup>7</sup>

Ya sea como filamento continuo o como fibra cortada, el PET encabeza a los polímeros textiles. Se emplea para la producción de fibras de confección - es muy utilizado en mezclas de diversos porcentajes con el algodón - y para rellenos de edredones o

<sup>7</sup> Idem.

almohadas, además de manufacturarse con él tejidos industriales de sustentación para cauchos, lonas, bandas transportadoras y otros numerosos artículos ( SMA, 2002).

## **2.7 PET de grado botella**

La primera comercialización del PET de grado botella se llevó a cabo en los EE.UU., produciéndose en Europa a partir de 1974. Desde entonces ha experimentado un gran crecimiento y una continua demanda aumentando 3.8 anualmente dentro de esta industria según el Centro Español de Plásticos (CEP, 2006)<sup>8</sup>, debido principalmente a que el PET ofrece características favorables en cuanto a resistencia contra agentes químicos, gran transparencia, ligereza, menores costos de fabricación y comodidad en su manejo – lo cual conlleva un beneficio añadido para el consumidor final (SMA, 2002).

Aunque comúnmente se asocia con el embotellado de las bebidas gaseosas, el PET tiene infinidad de usos dentro del sector. Su más reciente y exitosa aplicación ha sido en el envasado de aguas minerales, habiendo copado prácticamente el mercado en detrimento del PVC.

También se ha comenzado a utilizar el PET para el envasado de productos farmacéuticos, de droguería o alimenticios como salsas, mermeladas, miel. Su próximo reto es el envasado de leche y, sobre todo, de cerveza, mercados donde ya se han emprendido pequeñas pero decididas aproximaciones.

---

<sup>8</sup> <http://www.cep-inform.es/>

## **2.8 PET de grado film.**

El PET se utiliza también en gran cantidad para la fabricación de film: en la práctica, todas las películas fotográficas, de rayos X y de audio están hechas de PET (SMA, 2002).

El PET, en resumen, es un plástico de alta calidad que se identifica con el número uno, o las siglas PET, o "PETE" en inglés, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material, según sistema de identificación SPI.

## **2.9 Consumo de productos envasados en PET**

En México, actualmente existen 5 plantas productivas que elaboran polímero en gránulo (chip) de PET. Durante el 2000 se produjeron en las plantas mexicanas 502,100 toneladas de PET, de las cuales se exportaron 75,000 toneladas, además se importaron 40,000 toneladas de este material. Se estima que para el año 2000 el consumo de PET a escala nacional fue de 467,100 toneladas y el crecimiento anual de la demanda de este material en México es de 13.1% respecto a 1999 por lo que en 2005 se estima un consumo de 864,416 toneladas según la Secretaría del Medio Ambiente (SMA, 2002).

La composición del mercado de resina de PET en el año 2000 a escala nacional fue con sustituida de la siguiente manera:

### SEGMENTOS DE MERCADO DE RESINA PET, 2000

SEGMENTO	PORCENTAJE DE MERCADO (2000)
Refrescos	52.8%
Agua purificada	14.9%
Aceite	14.5%
Alimentos	7.0%
Cuidado Personal	2.2%
Agroquímicos	1.4%
Licores	0.3%
Otros envases	1.5%
Otras aplicaciones	2.4%
Preforma exportada	5.0%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

FUENTE: APREPET, A.C.

*Tabla 2.1 Segmentos de mercado de resina PET, Año 2000*

Para la industria de elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas, las botellas de PET se pueden dividir en:

**RETORNABLES**, que pueden utilizarse nuevamente después de su primer uso, mediante un sistema de limpieza y esterilización hasta 25 veces antes de que el producto pierda algunas propiedades

**NO RETORNABLES**, que después de su primer uso, son material de desecho. México es un país con un alto consumo per cápita de refrescos carbonatados y otros productos envasados en botella de PET. Durante 1998, según lo muestra el INEGI, se consumieron 2'581,768 litros de refrescos embotellados en envase no retornable y las presentaciones más comunes fueron en volúmenes de 0.6, 1 y 2.5 litros.

También se consumieron 5'589,059 litros de agua purificada en envase no retornable en volúmenes de 0.5, 1 y 1.5 litros (SMA, 2002).

Para la producción de envases de refrescos y otras bebidas además de otros productos, se requiere de una gran cantidad de insumo, tales como, energía, petróleo, agua para los procesos, entre otros.

## **2.10 Reciclado de envases en números**

Los envases de PET post consumo, son derivados a empresas recicladoras que los reprocesan con especificaciones aptas para otras industrias. A su vez, estas industrias aprovechan esas materias primas recicladas para transformarlas en nuevos productos, actividad que era prácticamente inexistente con anterioridad al año 1995 (APREPET, 2008).<sup>9</sup>

Durante 1996 y 1997 comenzó el reciclado de PET y se trataron el equivalente a unos 18.000.000 de envases. Principalmente se procesó PET post industrial y en un grado creciente envases de PET post consumo, proveniente de los envases retornables de gaseosas (ARPET, 2006).<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> <http://www.aprepet.org.mx/>

<sup>10</sup> <http://www.arpet.org/>



Figura 2.8 Ciclo de vida del PET (APREPET, 2006)

“El incremento de unidades recicladas es debido al aumento de la conciencia ambiental en el conjunto de la población y puesto de manifiesto en el número creciente de programas de recolección diferenciada en municipios. Estas cifras demuestran cómo una modesta acción de cada familia o individuo, al estar inscrita en un programa municipal, se transforma en beneficios de indudable importancia para el conjunto de la sociedad” comenta Jorge Treviño, director de Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE, 2006).<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.ecoce.org.mx>

“La valoración de estos residuos y la extensión de la vida útil de los sitios de disposición final, hace que el reciclado encuentre cada vez más eco en la sociedad y sus instituciones, generando así la conciencia colectiva del control sobre la gestión de residuos, que es sin duda la industria destacada del milenio que comenzó” según el Sr. Treviño (ECOCE, 2006).

### **2.11 Acopio del PET**

Los envases de PET son 100% reciclables. Además, por ser ligeros, contribuyen a reducir la generación de residuos, disminuyen el consumo de materia prima no renovable, la emisión de contaminantes durante su transporte es menor comparada con la que se produce durante el traslado de su equivalente en envases de vidrio (ECOCE, 2006).



*Figura 2.9 Acopio y prensado de envases PET. Fuente: ECOCE, 2006*



### **2.11.1 ¿Qué es acopiar?**

Acopiar significa recolectar, separar, seleccionar y acumular, de entre los residuos sólidos, los materiales que puedan ser reutilizados o reciclados. El acopio es uno de los pasos básicos hacia el reciclaje de los materiales e implica un elevado grado de responsabilidad y conocimiento. Para tener éxito no se puede ni se debe improvisar (APREPET).

Materiales como el PET que pueden ser reprocesados para la fabricación de otros productos, tienen que ser, en primer lugar, recuperados para tener una fuente de abasto segura y constante. El acopio representa para México un gran reto, ya que depende de la cultura ecológica de la población y de un real compromiso por evitar que los residuos sólidos lleguen a los tiraderos (APREPET).

### **2.11.2 ¿Cómo se establece un Centro de Acopio?**

Para crear un centro de acopio de materiales plásticos como son los envases de PET, es necesario no perder de vista lo siguiente:

Los plásticos no se deben mezclar. Para separar los envases de PET es necesario seleccionar todos los envases marcados con el triángulo de flechas alrededor de un número "1" y las siglas "PET" o "PETE". De lo contrario se corre el riesgo de contaminar lo que ya se ha acopiado y por consecuencia perder todo el esfuerzo de trabajo (APREPET).

Los envases se deben compactar lo más posible. Las ideas para ello estarán en función del ingenio de cada acopiador, desde pisarlas (la menos favorable), pasarles un camión o auto por encima, hasta compactarlas con una prensa (la más recomendable en caso de que se trate de un volumen importante).

### 2.11.3 Recomendaciones para el Acopio

Es importante acopiar y reciclar, ya que además de evitar la contaminación, se emplean recursos que de otro modo se van a la basura y no se aprovechan. La tarea de reciclar se tiene que hacer en diferentes etapas y todos pueden ayudar en algunas. Cuando tomen un refresco o agua purificada, o cuando consuman cualquier producto envasado con PET:

Re-usar los envases para alguna otra actividad

No tirarlos en la calle ni en terrenos baldíos

Todos podemos colaborar en el acopio y el reciclado de PET, siguiendo estos tres pasos:



*Figura 2.10 Pasos para reciclar el PET. Fuente: APREPET*

Los beneficios serán un México más limpio, con menos volumen de basura y un mejor medio ambiente para todos (APREPET).

## 2.12 Reciclado Mecánico

El reciclado de los envases de PET se consigue por dos métodos; el químico y el mecánico, a los que hay que sumar la posibilidad de su recuperación energética.

El reciclado mecánico es la técnica más utilizada en la actualidad, consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, en la fabricación de productos por inyección o extrusión. El primer paso para su reciclado es su selección desde los residuos procedentes de recogida selectiva o recogida común. En el primer caso, el producto recogido es de mucha mayor calidad; principalmente por una mayor limpieza (APREPET, 2006).

El proceso de recuperación mecánico del PET se divide en dos fases. En la primera se procede a la identificación y clasificación de botellas, lavado y separación de etiquetas, triturado, separación de partículas pesadas de otros materiales como polipropileno, polietileno de alta densidad, etc., lavado final, secado mecánico y almacenaje de la escama. En la segunda fase, esta escama de gran pureza se grancea; se seca, se incrementa su viscosidad y se cristaliza, quedando apta para su transformación en nuevos elementos de PET.



Figura 2.11 Pasos del Proceso para el Reciclado Mecánico (APREPET)

### 2.13 Reciclado Químico

Actualmente se están desarrollando tecnologías, a escala industrial, para el reciclado químico que consiste en la separación de los componentes básicos de la resina y la síntesis de nueva materia virgen, lo cual permite ampliar la gama de materiales a reciclar y el sustancial ahorro de gas y petróleo, que son las materias primas básicas del PET (APREPET).

Existen en este sentido varios procesos, de los cuales los más importantes son: metanólisis, glicólisis e hidrólisis, se llevan a cabo a escala industrial. Básicamente, en los primeros dos, tras procesos mecánicos de limpieza y lavado, el PET se deshace o depolimeriza; se separan las moléculas que lo componen para, posteriormente, ser empleadas de nuevo en la fabricación de PET.

Otro sistema de reciclado químico, utilizado en escalas relativamente pequeñas, en pequeños reactores, es la esterificación para componer resinas insaturadas utilizadas para fabricar láminas plásticas moldeadas en frío como las destinadas a techos, recubrimientos de guardabarros de automóviles y una infinidad de productos.

En comparación, el reciclado mecánico es menos costoso, pero obtiene un producto final de menor calidad para un mercado más reducido con un mayor volumen de rechazos. Con este método se obtiene PET puro incoloro destinado a bebidas refrescantes, agua, aceites y vinagres, PET verde puro para bebidas refrescantes y agua, mientras que el PET multicapas con barrera de color destinado a cervezas, zumos, etc. así como el PET puro de colores intensos, opacos y negros se obtienen del reciclado químico. Otro tipo, el PET puro azul ligero, empleado como envase de aguas, se obtiene a partir de los dos sistemas (APREPET).

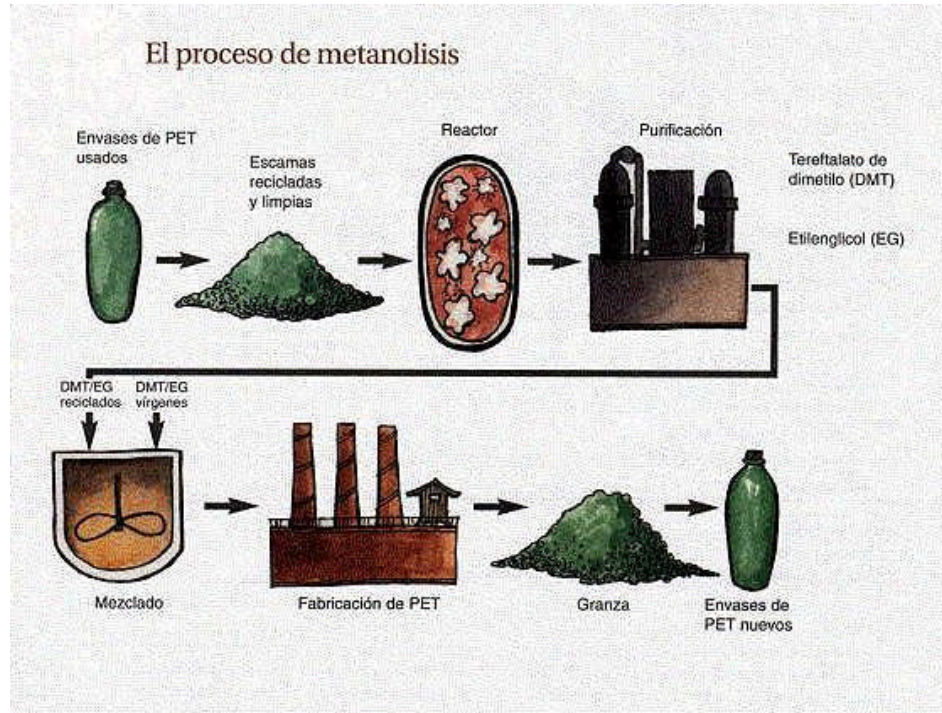


Figura 2.12 Pasos del Proceso del Reciclado Químico (APREPET, 2006).

## 2.14 Aprovechamiento energético

Dentro de las estrategias de las RRR's (Reducir, Reutilizar y Reciclar) existe también la alternativa de aprovechamiento energético tal cual se aplica en varios países extranjeros. El PET es un polímero que está formado sólo por átomos de Carbono e Hidrógeno, por lo cual al ser quemado produce sólo dióxido de carbono y agua ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) con desprendimiento de energía (APREPET, 2006).

Cuando se trata de comunidades pequeñas o medianas, geográficamente aisladas, las posibilidades de reciclado son limitadas por los volúmenes disponibles y los costos de transporte hacia centros que dispongan de infraestructura adecuada.

En estos casos el aprovechamiento energético permite dar asistencia a escuelas, asilos y sectores de menores recursos para complementar su calefacción, agua caliente, etc. En estos casos las metas son directamente ambientales y sociales. El beneficio debe medirse en el mejoramiento de la calidad de vida de toda la población y la disminución de subsidios, partidas que pueden ser direccionadas hacia otros sectores de la comunidad (APREPET, 2006).

Un gramo de PET libera una energía de 22,075 Btu/g similares a las que tienen otros combustibles derivados del petróleo.

<b>Combustible</b>	<b>Btu/g</b>
Poliiolefinas	43,929
Carbón	23,178
<b>PET</b>	<b>22,075</b>
Papel periódico	17,660
Basura húmeda	6,181

*Tabla 2.2 Tabla de energía liberada por diversos materiales*

Fuente: APREPET, 2006.

## **CAPÍTULO III**

### **CASO PRÁCTICO**

#### **3.1 Introducción**

Dado que el presente se trata de un proyecto de inversión para el establecimiento de una Planta Recicladora de PET en el Estado de Veracruz, éste se trata de un estudio de exploración aplicado a un caso con un diseño de investigación transeccional.

Las fuentes de información que se usaron son por una parte, primarias dado que se buscaron datos específicos para este estudio mediante entrevistas e informes por parte de fabricantes y personas relacionadas con esta actividad, y por otro lado también se obtuvieron datos por parte de fuentes secundarias como son artículos publicados y libros relacionados.

En este capítulo se explican las diferentes etapas por las que tiene que pasar el proyecto para ser aprobado o rechazado. Temas como son el investigar el tipo de maquinaria y equipo, especificaciones del mismo, etc. también se estudian diversos

factores para la elección de la ubicación ideal de la empresa, y se realiza un estudio de mercado con el fin de tomar la mejor decisión.

Al mismo tiempo se explican algunos métodos a utilizar para evaluar los datos y eventos que puedan ocurrir durante la operación de la planta. Todos estos datos fueron puestos a prueba con algunos métodos para análisis de riesgo y sensibilidad como se explica más adelante en este capítulo.

### **3.2 De la Maquinaria y Equipo**

Como ya se mencionó anteriormente lo primero que se necesita saber es el tipo de maquinaria y equipo que se van a requerir para el reciclado de los envases de PET, empresas que los fabrican, tiempos de entrega y sus costos.

Para este propósito se llevó a cabo una búsqueda por Internet con la finalidad de encontrar dichas empresas dedicadas a la fabricación de la maquinaria, ya que aún no existen directorios impresos para localizar estos fabricantes. Este método puede conducir desde encontrar empresas mexicanas hasta empresas en otros países por lo cual será necesario obtener todos los datos necesarios como son:

- País de origen
- Ciudad
- Puertos de envío
- Puertos de recepción
- Tiempo de entrega
- Tiempo en tránsito
- Aduanas
- Costos

Para concluir este punto se recolectaron cotizaciones de los equipos por parte de las empresas fabricantes anexando datos importantes como:

- Especificaciones técnicas
- Dimensiones
- Peso



Capacidades

Mantenimiento

Garantía

Una vez obtenida esta información se puede tomar la mejor decisión en cuanto a la compra del equipo teniendo en cuenta todo lo anterior y sobre todo el mantenimiento y reparaciones necesarias así como sus respectivas refacciones.

Otros puntos, son tener en cuenta los costos de instalación del equipo, el tiempo que toma este proceso y por último la capacitación del personal que operará el mismo.

### **3.3 Terreno, Ubicación y Edificio**

En este punto se buscó el espacio necesario para la planta así como su ubicación ideal para abatir costos de operación.

Contando con las especificaciones de la maquinaria y equipo, se pudo establecer un plano o layout con las dimensiones ideales del terreno así como de la construcción del edificio para la colocación de la maquinaria. Con esto se estableció un diagrama de proceso en el cual se buscó optimizar los tiempos de cada etapa y eliminar actividades innecesarias y tiempos muertos resultando así una mayor productividad.

También se estudiaron variables microeconómicas en la elección de la ubicación. Se verán aspectos como vías de comunicación, obtención de materias primas tales como PET, gas natural, electricidad, agua y que se cuente con todos los servicios necesarios para la operación de la empresa.

Otra de las variables microeconómicas importantes en este proyecto debe ser la mano de obra directa e indirecta ya que se generaran empleos derivados de la producción pero al mismo tiempo y en mayor cantidad, empleos indirectos derivados del acopio de la materia prima, mantenimiento y transporte tanto de productos como de

personal. El estudio debe incluir puntos importantes como características de personas que se deben emplear así como los salarios dependiendo de la zona.

En cuanto a modelos macroeconómicos se tomaron en cuenta variables como la paridad del peso frente al dólar ya que el precio se estableció en dólares (debido a que en el mercado actual se ha tomado al dólar como unidad mercantil) tomando en cuenta los precios que existen en el mercado actualmente, nacional e internacional, niveles de empleo, tanto directo como indirecto en el ramo de manejo de desperdicios sólidos.

### **3.4 Estudio de Mercado**

Para el estudio de mercado se dividió en 2 partes, la primera se enfocó a la controversia nacional, considerado como una industria relativamente nueva en nuestro país, como fuente primaria de información, se llevaron a cabo algunas entrevistas con fabricantes de maquinaria así como con productores de PET reciclado que se encuentran establecidos actualmente en México.

La segunda parte es la más importante ya que el mercado internacional está más desarrollado respecto al nacional. Se usaron fuentes secundarias de información para investigar qué países tienen más demanda de PET reciclado, cuales son los productos finales obtenidos a partir de esta materia prima.

El método que se usó para el estudio de mercado fue por medio de búsqueda de datos estadísticos vía Internet ya que, es una manera sencilla de encontrar estos datos actualizados de cada país en el que se esté interesado. Se buscaron a los mayores consumidores de PET reciclado (RPET).

Estos datos estadísticos dieron una perspectiva de los consumidores y posibles consumidores de nuestros productos. Se determinó el tipo de industrias con las cuales se puede establecer relaciones comerciales y que cantidades requieren anualmente de PET reciclado.

Por último se llevaron a cabo algunas entrevistas con productores de PET reciclado, fabricantes de maquinaria para reciclar y con consumidores del producto para obtener datos actualizados sobre esta industria.

### **3.5 Tiempo de vida del proyecto**

Esta parte de la metodología es de suma importancia ya que busca el tiempo óptimo en el cual se analiza la inversión en base al tiempo de vida de la maquinaria y equipo en el cual éste deba ser reemplazado, también se toma en cuenta el retorno de la inversión.

### **3.6 Análisis de sensibilidad**

Al hacer este análisis fue necesario establecer variables o parámetros que fueron los más inciertos y que produjeron cambios significativos en la operación y el rendimiento de la empresa como son:

- Costos de producción
- Costos de operación
- Precio de venta Gastos de  
venta Inversión
- Tiempo
- Cantidad vendida

Todas estas variables se consideraron importantes dentro del análisis de sensibilidad ya que existen factores externos a la empresa, los cuales podrían causar cambios considerables en ellos lo que representaría cambios en el rendimiento del proyecto.

### 3.7 Probabilidades de ciertos eventos

Se debe tener en cuenta los puntos del análisis de sensibilidad para determinar la probabilidad de que ocurran ciertos cambios en esos factores.

Para asignar las probabilidades hubo que estudiar los diferentes factores que afectan al proyecto de forma separada y ordenar los valores de probabilidad de cada evento siguiendo el Método Subjetivo.

Para aplicar el método subjetivo fue necesario usar toda la información disponible, datos y opiniones, ya que existen eventos en los cuales no tenemos suficientes repeticiones para poder asignar probabilidades de acuerdo a otros métodos.<sup>12</sup>

Buscar opiniones en cuanto a lo político, lo económico y de empresas privadas, así como los cambios y las relaciones con las que se cuenta actualmente entre nuestro país y los países con los que se quiere establecer contactos comerciales. Todo lo anterior tomando en cuenta las reglas en cuanto que la suma de todas las probabilidades debe ser igual a uno.

### 3.8 Árboles de decisión

El estudio de esta herramienta dio curso a posibilidades de acción en cuanto a operación normal y en contingencia por la ocurrencia de eventos no controlables estudiados en el punto anterior.

Estos árboles de decisión presentaron de manera más explícita e intuitiva el proceso de la toma de decisiones. A través de esta técnica se pudo tener una mejor idea del panorama completo del proyecto de inversión, es decir, se captan mejor los

---

<sup>12</sup> Anderson, Sweeny y Williams; “Estadística para Administración y Economía”, Thomson 8/e, USA, 2004, p. 85

diferentes cursos de acción y sus posibles eventos asociados, así como la magnitud de las inversiones que cada curso de acción origina.<sup>13</sup>

Para este punto se debe:

1. Construir el árbol de decisión
2. Determinar los flujos de efectivo de cada una de las ramas del árbol
3. Evaluar las probabilidades de cada una de las ramas del árbol
4. Determinar el valor presente de cada una de las ramas del árbol
5. Resolver el árbol de decisión con el propósito de ver cuál alternativa debe ser seleccionada.

Para construir el árbol de decisión se tomaron en cuenta todos los factores que pueden afectar al proyecto así como las probabilidades de que ocurran los mismos.

Las inversiones también se tomaron en cuenta, teniendo en consideración el momento en el que se llevan a cabo. El árbol se desarrolló de acuerdo a los tiempos en los cuales es posible que ocurran los eventos, donde se estableció un nodo. Estos nodos y sus rumbos de acción son las llamadas ramas del árbol.<sup>14</sup>

Para evaluar las probabilidades de cada una de las ramas se usaron los resultados obtenidos de la asignación de estas del punto anterior. Para el valor presente neto se calculó tomando en cuenta cada probabilidad especificada en las ramas del árbol

Por último al resolver el árbol de decisión fue necesario hacerlo de atrás hacia el principio para ir determinando el valor de cada nodo. Al obtener estos resultados, se pudo tomar una decisión más informada de acuerdo a los valores calculados en cada nodo y sobre todo, en cuanto a la aversión al riesgo que tenga el inversionista.

---

<sup>13</sup> Coss Bu, R ; “Análisis y Evaluación de proyectos”; Limusa; México, 2005. p 253

<sup>14</sup> Ibidem p. 255

### 3.9 Valor Presente Neto

“Como se mencionó, el valor presente neto o VPN es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión”

Fueron utilizados para determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que generó el proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

“Este parámetro dio como resultado si es recomendable o no llevar a cabo la inversión en el proyecto ya que si esta equivalencia es mayor al desembolso inicial entonces se debe realizar el proyecto”<sup>15</sup>.

Para los cálculos se usaron diferentes herramientas ya que se calcularon en primera instancia con los datos que se obtuvieron de la investigación de mercado, para establecer los flujos de efectivo en un ambiente sin cambios y suponiendo que se comporte de la misma manera durante el tiempo de vida del proyecto.

El siguiente paso es incluir en el cálculo del valor presente neto (VPN) a los valores de probabilidad para cada evento posible. Estos valores fueron obtenidos a través de la solución del árbol de decisión con lo cual solo se tuvo que ver todas las posibilidades y tomar una decisión sobre el proyecto.

### 3.10 Simulación de escenarios

Por último se utilizó una simulación con las diferentes distribuciones de probabilidad que tenga cada una de las variables del análisis de sensibilidad. La simulación se realizó usando la herramienta @RISK que es un software especializado en este tipo de métodos. Los valores obtenidos aquí dieron información más clara sobre realizar o no la inversión y en caso de hacerlo, que factores se deben tener en cuenta en cada momento.

---

<sup>15</sup> Ibidem p. 61

Se utilizò esta herramienta para modelar la situación de cambios posibles en las variables mencionadas en el análisis de sensibilidad, por lo que es importante determinar todos los valores obtenidos del cálculo de probabilidades.

El software @RISK es un paquete de simulación que se puede conseguir gratuitamente vía Internet o en la compra del libro del mismo nombre, claro que es una versión de prueba por lo cual se contará con 30 días para usarlo de manera libre.

Una vez instalado y con todos los valores de probabilidad calculados, se pudo determinar si las variables que pueden hacer cambiar el modelo, siguen alguna distribución de probabilidad conocida. En caso de ser así, @RISK ofrece la ventaja de poder establecer este comportamiento en las variables en el momento de hacer la simulación.

Las variables que se interrelacionaron en la simulación son las mismas que se mencionaron en el análisis de sensibilidad:

- Costos de producción
- Costos de operación
- Precio de venta Gastos de  
venta Inversión
- Tiempo
- Cantidad vendida

Una vez definidos los comportamientos de las mismas y sus relaciones entre si, como con el modelo, se llevó a cabo 1 simulación con 10,000 iteraciones debido a que es el máximo que soporta @RISK.

Con los resultados se pudo calcular la probabilidad de que el proyecto tiene rendimientos favorables al inversionista, también los valores más probables de todas las variables y así poder definir una política de acción informada, en caso de tener algunos cambios en cualquier momento de la operación del proyecto.

### 3.11 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Este índice de rentabilidad es conocido también como tasa interna de rendimiento o TIR, está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente neto.

Se utilizó la función TIR que existe dentro de Excel™ para calcular el valor de la tasa interna de retorno, ya que se tuvo que determinar el mismo por otras funciones como solver de Excel™ ó de prueba y error.

Por último se tuvo que hacer una comparación entre el valor que se obtuvo con estas funciones, contra la TREMA que fue determinada, para poder recomendar o no, realizar la inversión en este proyecto. En caso de que la TIR sea mayor a la TREMA entonces se debe iniciar esta inversión.<sup>16</sup>

### 3.12 Usos del PET reciclado en el mercado

Después de ser reunido, seleccionado y limpiado, los envases de PET pueden ser reciclados en muchos productos nuevos. El PET reciclado es transformado en varios tipos de ropa de poliéster, alfombras, fibras para bolsas de dormir (sleeping bags) y abrigos, auto partes, correas industriales y hasta nuevas botellas de plástico.

Existen 5 grandes clasificaciones:

1. Aplicaciones de embalaje (como botellas nuevas)
2. Aplicaciones en láminas y film (láminas para rayos X)
3. Correas
4. Resina industrial (fabricación de autopartes)
5. Fibras (como alfombras, y otras fibras textiles)

---

<sup>16</sup> Ibidem p. 73



*Para la industria textil*

Ya sea como filamento continuo o como fibra cortada, el PET encabeza a los polímeros textiles. Se emplea para la producción de fibras de confección - es muy utilizado en mezclas de diversos porcentajes con el algodón - y para rellenos de edredones o almohadas, además de manufacturarse con él tejidos industriales de sustentación para cauchos, lonas, bandas transportadoras y otros numerosos artículos (SMA, 2002)

Entre los productos que se elaboran a partir de PET reciclado, se pueden mencionar:

## Fibra poliéster (54.50 %)

1. Para relleno térmico
2. Para alfombras
3. Para ropa
4. Material de relleno
5. Mantas
6. Mochilas, ropa deportiva y zapatos

## Envases para Alimentos (14.40 %) Correas (13.20 %)

1. Cinturones
2. Fleje

## Contenedores (7.20 %)

1. Contenedores para reciclado
2. Envases de productos no alimenticios

## Hojas y Films (6.60 %)

1. Cascos para botes

## Otros (2.70 %)

1. Combustible alternativo
2. Madera Plástica

3. Muebles
4. Autopartes (facias, tapas de distribuidor y paneles exteriores)

Resina (1.40 %)

1. Aisladores
2. Tapones
3. Monofilamentos y cabos

Hechos curiosos acerca del PET (NAPCOR, 2006)<sup>17</sup>

La primera botella de PET fue reciclada en 1977

Número aproximado de botellas por libra (kilo)

16 oz. (500 ml) -- 18 botellas por libra (0.46 Kg.)

20 oz. (600 ml) -- 16 botellas por libra (0.46 Kg.)

1 Litro -- 12 botellas por libra (0.46 Kg.)

2 Litros -- 9 botellas por libra (0.46 Kg.)

3 Litros -- 5 botellas por libra (0.46 Kg.)

Reciclar una tonelada de PET ahorra 7.4 yardas cúbicas de espacio de relleno.

Botellas a la medida (las cuales son usadas para productos distintos a las bebidas carbonatadas suaves) representan el 55% de todas las botellas de PET disponibles para reciclado en EE.UU.

Catorce botellas de 20 onzas producen suficiente fibra para hacer una playera extra grande. Se necesitan las mismas 14 botellas para fabricar un tapete de un pie cuadrado (929 cm<sup>2</sup>). 63 botellas de 20 onzas son suficientes para hacer un sweater. 14 de estas botellas producen fibra para hacer una chaqueta de ski. 85 botellas de 20 onzas pueden producir la fibra necesaria para un saco de dormir.

---

<sup>17</sup> <http://www.napcor.com>

### 3.13 Estudio de mercado nacional

Debido a que se pretende que la empresa sea establecida en México, específicamente en el estado de Veracruz, el estudio de mercado nacional, se ha dividido en 2 partes, la primera se refiere a la demanda del material reciclado o RPET en nuestro país donde se especificará el tipo de industrias que lo están empezando a utilizar dentro de su producción. La segunda parte fue la oferta ya que una de las principales actividades de este tipo de empresas es, la recolección del material reciclable, en este caso, envases fabricados a base de PET.

#### 3.13.1 La Demanda en México

El mercado de los desechos de PET en México se inicia en 1992, a partir de las primeras iniciativas para el establecimiento de plantas recicladoras (Quiñones)<sup>18</sup>

Aunque al principio se consideraba que esta actividad resultaría prometedora, puesto que la materia prima, era abundante y aparentemente gratis, en la práctica, resultó que el negocio era mucho más complejo, principalmente por dos razones:

- 1) No existe un acopio diferenciado
- 2) Resultó que existían grupos de poder relacionados a los desechos municipales formados desde décadas atrás.

Si bien es cierto que la hojuela de PET reciclado es más barata que la resina virgen de este compuesto (\$6 y \$15 pesos por kilo respectivamente INEGI, 2006), hay temporadas donde esta diferencia es reducida, particularmente porque México produce resina virgen de buena calidad y a bajo costo. De hecho, en Altamira, Tamaulipas en el 2003 comenzó a operar la unidad productora más grande del planeta. Pertenece a la italiana Mossi & Ghisolfi y con ella, México, elevará su producción anual de 500,000 ton a más de 700,000 ton, con lo que se convertirá en el segundo productor mundial de resina PET (Quiñones).

---

<sup>18</sup> <http://www.expansion.com.mx/default.asp>

Según García “El público consumidor no favorece ni da ventajas a la compra en gran escala de bienes que contienen material reciclado. Piensa que son de calidad inferior aun cuando, sin saberlo, consumen muchos productos con alto contenido reciclado como el cartón, el papel, el vidrio, el aluminio o el acero”.

En Estados Unidos, Coca-cola anunció que para el año 2005 sus envases incluirán 2.5% de resina reciclada. Pepsi tiene un proyecto similar. Ambas refresqueras evalúan aplicar esta política en México.

Aunque parezca un porcentaje bajo, considerando la cobertura de ambas refresqueras, cubriendo una población de 49.8 millones y un consumo per-cápita de 483 presentaciones de 8 onzas, según datos de Coca Cola (FEMSA, 2006),<sup>19</sup> “el monto estimado es tan amplio que, probablemente, con la capacidad instalada en México, en un principio no habría suficiente material para abastecerles”.

A últimas fechas se instalaron nuevas empresas en el Valle de México (Innovative Commodities y Empaques Nova) y Monterrey (Grupo Simplex). Además, está por iniciar operaciones Tecnología de Reciclado, compañía que producirá hojuela limpia y geotextiles no tejidos, un producto nuevo para México que tiene aplicación en agricultura, construcción y obra civil, donde se utilizan como bases y membranas.

### **3.13.2 Segmentos de mercado**

En México, los recicladores del PET tienen varios segmentos de mercado donde enfocarse, dependiendo de la calidad que logran en sus procesos. A continuación se presenta una tabla de los usos a los que se enfoca el PET reciclado para dar idea del tamaño de estos segmentos

---

<sup>19</sup> <http://www.coca-colafemsa.com/kof/>

USOS	PORCENTAJE	TONELADAS
Fibra Poliéster	16.70%	11,500
Fleje	1.50%	1,000
Otros	0.70%	500
Exportación	81.10%	56,000
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>69,000</b>

*Tabla 3.1 Segmentos de mercado para el RPET en México (INEGI)*

El más grande mercado del RPET es el de las fibras textiles (54.50%), de ahí que más de dos tercios de los envases recolectados se exporten a Estados Unidos y China (OMC).<sup>20</sup> Con ese material se elaboran hilados para prendas de vestir, así como fibra corta que sirve de relleno para edredones, almohadas, asientos de automóvil, muebles o peluches; también se producen textiles no tejidos para guatas y colchonetas.

También hay demanda de este material reciclado para fabricar láminas (6.6%), fleje (13.20%), envases para alimentos (14.40%), para productos de limpieza y aseo personal (7.20%), hilo para pescar, fibra para escobas (1.40%) y prácticamente cualquier cosa de poliéster (2.70%) según NAPCOR, en su último informe.

El segundo mayor consumidor de PET es la elaboración de película con la que se obtienen cajas preformadas para comida rápida, herramientas y otros artículos. Este es un mercado que no tiene más de 15 años. Y las mejoras tecnológicas impulsarán aun más los usos para el PET reciclado.

Otros usos adicionales del PET reciclado son: la lámina para termo formado, la madera plástica, los aditivos o soportes de pavimentación, la fabricación de botellas nuevas multicapas y como materia prima para la producción de PET virgen.

También se le puede emplear como combustible alternativo. No genera cenizas ni contaminantes atmosféricas. La molécula del PET sólo contiene carbono, hidrógeno y oxígeno; aun en hornos de ladrilleras, la temperatura es suficiente para deshacer las

<sup>20</sup> <http://www.wto.org/indexsp.htm>

ligaduras de oxígeno, para que quede sólo dióxido de carbono y vapor de agua. Su poder calórico es alto. En Suiza, Japón y Holanda es usado para sistemas de calefacción.

No obstante, los expertos indican que es preferible transformar el PET en otros productos y quemar sólo materiales que no tienen opciones de reciclaje.

Las empresas recicladoras son las que se dedican a reprocesar el plástico tipo PET desechado. Su papel dentro del canal es vender el RPET o plástico PET reciclado a empresas que lo utilizan como materia prima para la fabricación de nuevos productos.

Las empresas recicladoras reciben el PET desechado de dos tipos: PET post - consumo y PET post -industrial.

En el caso del PET post industrial es obtenido de algunas de las plantas generadoras y lo compran en forma de pacas.

Tanto el PET post consumo, como el PET post industrial se obtiene en dos colores: el transparente y el verde y en ambos colores se tiene el mismo precio de compra que va de \$0.70 a \$0.90 pesos el kilo.

Todas las empresas recicladoras utilizan el método mecánico para el reciclado y el producto resultante se denomina “scrap” u hojuela. Este producto es empacado en sacos y embalado en contenedores.

Según la teoría del desarrollo sustentable “no se deben de anteponer los intereses económicos a los intereses ecológicos y sociales puesto que al largo plazo no serian sostenibles estos beneficios económicos. De hecho la principal causa de la degradación ambiental fue ocasionada precisamente por lograr mayores utilidades” (REDESMA, 2006)<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> REDESMA, 2006. Red de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente <http://www.redesma.org/>

### 3.13.3 La Oferta en México

Mientras cada año aumenta la demanda de PET virgen (13.1 %, según la Secretaría del Medio Ambiente, SMA, 2006), el porcentaje de envases recuperados ha ido a la baja. Según las estadísticas de la Asociación para Promover el Reciclaje del PET (Aprepet) y de Ecoce, en 1999, el acopio fue de 62,500 ton (18.6% del total de desechos), en 2000 ascendió a 71,300 ton (17.2%) y en 2001 las cifras cayeron a 48,700 ton (10.6%), lo cual representó un descenso de casi un tercio con respecto al año anterior. Más aún, en 2002 se registró una caída adicional, y sólo fue recuperado 7.6% del total generado. “Hoy en día se recupera cerca de 80,000 ton” comenta Jorge Treviño director de Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE, 2006).

Adicionalmente al problema del precio, se tiene el problema del control de calidad. Según la APREPET en los tiraderos, los pepenadores recogen las botellas y las depositan en una prensa para hacer una paca de 400 o 600 Kg., sólo las separan por color (transparente o verde) y en muchas ocasiones traen restos de comida, ropa, pedazos de madera, metal, aluminio, colores, polietileno, PVC, etcétera lo que eleva los costos de operación, porque exige mayor selección, lavado con altas temperaturas y el uso de químicos.

En sus inicios los recicladores compraban desperdicios de los industriales productores de envases. Este material, puesto que no se había utilizado, era mucho más limpio y de mejor calidad, además de que el trato con otras empresas era más simple que con los acopiadores y pepenadores, pero la tecnología ha hecho que sus procesos sean más eficientes y ha permitido el reaprovechamiento de sus desechos.

La producción de las industrias generadoras de envases está directamente relacionada con el consumo de refrescos y agua purificada que es abundante en el País, cubriendo una población de 49.8 millones con 547,185 detallistas y un consumo per cápita de 483 presentaciones de 8 onzas, según datos de Coca Cola. Se pudo estimar el consumo promedio mensual de botellas de refrescos para el estado de Veracruz en 361,500,000 en presentaciones de 16 onzas (FEMSA).

Estimando que el 50% de los envases consumidos son desechados (según APREPET), se obtiene que en total en Veracruz son desechados mensualmente 180'750,000 envases de refrescos. Por otro lado, en un estudio realizado en 2001 (NAPCOR), se estimó que cada tonelada de PET equivale a 40,000 envases y usando este dato con el anterior se obtiene que en el Estado de Veracruz se desecha, producto del consumo refresquero unas 4,518 toneladas mensuales de PET.

Por otro lado, existen consumidores acostumbrados a separar algunos residuos, entre ellos el plástico, para venderlo a los acopiadores formales, siendo su principal motivación la reducción de las cantidades de residuos que van a parar al relleno sanitario. Estos consumidores no son motivados por el dinero, sino por su conciencia social.

Según el Lic. Alfredo Sánchez, director del servicio de limpia del municipio de Boca del Río, dentro de la región norte del estado de Veracruz, se estima que podría haber entre 100 y 200 personas dedicadas a reunir residuos con valor comercial, como el PET para venderlo a acopiadores establecidos.

Estos acopiadores ambulantes no están registrados ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para realizar esta actividad, por lo que está considerada dentro de la denominada "economía informal".

Los acopiadores ambulantes no se dedican exclusivamente a esta actividad, lo hacen, principalmente, para obtener un ingreso extra, puesto que son de bajos recursos económicos.

Según Alfredo Sánchez, un acopiador establecido en la ciudad de Veracruz, cada acopiador ambulante le vende en promedio, diariamente, entre \$70 y \$100 pesos. Considerando que, al menos, 5 pesos en promedio, lo obtienen por la venta del plástico, se tiene que cada acopiador ambulante logra reunir alrededor de 10 kilos.



Si se considera una cantidad de 150 acopiadores ambulantes, se estima que 1.5 toneladas pasan diariamente por este canal, logrando aproximadamente un total de 45 toneladas mensuales en la región norte del estado de Veracruz.

El precio de venta del acopiador establecido varía entre \$0.70 y \$0.90 pesos por kilogramo y es impuesto por las empresas recicladoras. La utilidad bruta aproximada es de \$0.20 pesos por kilogramo de PET.

El volumen mensual que maneja cada acopiador establecido, está en un rango que va desde una tonelada los más pequeños hasta 20 toneladas los grandes.

### 3.14 Estudio de mercado internacional

Una de las razones fundamentales para la selección del reciclado mecánico, como alternativa viable para la recuperación de este material, es que existe mercado para el material molido y limpio de este material, como insumo o materia prima para producir otros artículos de uso final como ya se ha mencionado. Los mercados asiáticos compran el 30 % del total de las importaciones a nivel mundial de este material, según el último reporte de la Organización Mundial de Comercio.

Se pone como ejemplo lo el desarrollo de esta industria en Argentina como evidencia de lo que se está haciendo en Latinoamérica.

<b>AÑO</b>	<b>PET reciclado</b>	<b>Envases (Millones)</b>	<b>PET Virgen (en Tons)</b>	<b>Porcentaje Recuperado</b>
1997	780	18	70,000	1.11%
1998	2,700	61	90,000	3.00%
1999	3,500	80	105,000	3.33%
2000	6,600	150	130,000	5.00%
2001	8,580	200	145,000	5.91%
2002	10,250	238	115,000	8.91%

Reciclado Mecánico de PET en Argentina (histórico)

*Tabla 3.2 Reciclado Mecánico de PET en Argentina, Fuente APREPET*

En Argentina, la industria del reciclado comenzó en el año 1997 reciclando solo el 1.11% del total del PET virgen y ha ido aumentando año con año como se muestra en la gráfica, para el año 2002, cinco años después, la cantidad del PET virgen se incremento en 45,000 toneladas, reciclando un 8.91% de esta cantidad, el equivalente a 10,250 toneladas de PET reciclado, 13 veces más que el primer año de esta actividad.

### 3.14.1 Norte América

En el caso de Estados Unidos se tiene que la National Association for PET Container Resources (NAPCOR) ha determinado que, el número total de libras de botellas de PET disponibles en Estados Unidos para reciclado fue de 4,637 billones de libras en 2004.

La cantidad de PET post consumo recolectadas para reciclado y vendidas en los Estados Unidos fueron, 1,003 billones de libras en 2004. Los compradores se descomponen como sigue: (en millones de libras)

Adquirido por Recicladores en los Estados Unidos	628
Adquirido por Mercados de exportación	372
Otros	3
<hr/>	
Cantidad total de botellas Post consumo -	1,003

Tabla 3.3 Clasificación de compradores de envases PET post consumo en Estados Unidos. Fuente NAPCOR

Las compañías recicladoras reportaron incrementos considerables en la compra de botellas de PET, a personas que se dedican al acopio y los que procesan la resina. Mientras que las compañías dedicadas a recuperar pudieron aumentar sus compras en 110 billones de libras más que en 2003, las compañías del mismo giro en Canadá casi duplicaron sus compras de 22.5 billones de libras en 2003 a 39.4 billones de libras en 2004.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> <http://www.napcor.com>

Según este mismo reporte de NAPCOR, el mercado asiático también tuvo un incremento significativo, de 298 billones de libras en 2003 a 333 billones de libras en 2004. En general, los volúmenes de recolección se incrementaron 19% durante 2003, siendo cerca del 88% vendido en embalaje y el resto como hojuela sucia.

También, en 2004, se vio el más grande volumen post consumo de botellas de PET importadas a los Estados Unidos para reciclado con una cantidad total excedente a las 106 billones de libras.

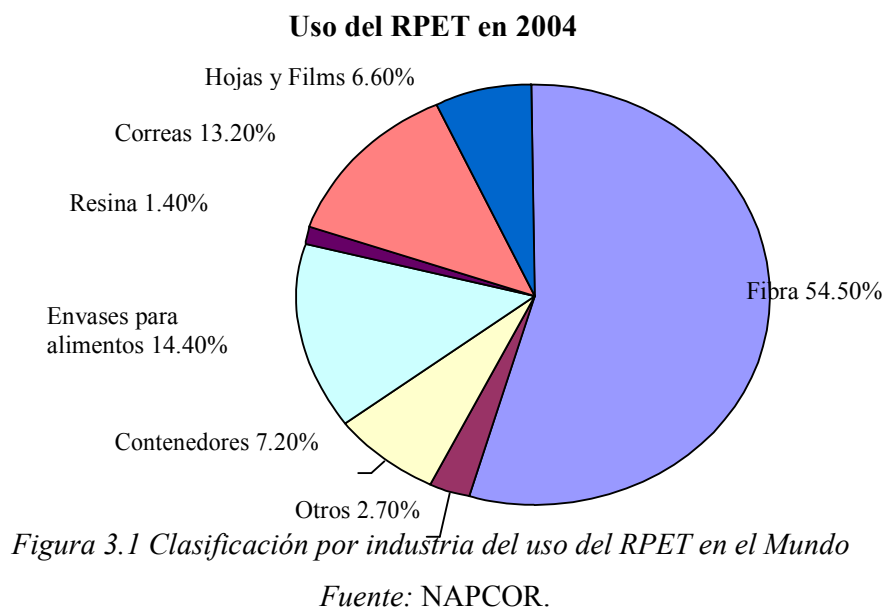
Nuestro país, México ha reemplazado a Canadá como el más grande proveedor extranjero de RPET seguido por Europa, Centro y Sudamérica. Adicionalmente, los recopiladores reportaron compras por 57.5 billones de libras de fuentes alternas incluyendo botellas no utilizadas para consumo, es decir, desechos de las empresas fabricantes, correas de este material usadas y otros desechos no procesados.

EL uso del PET reciclado o RPET, por transformadores en Estados Unidos llegaron a un máximo histórico en 2004 de 878 billones de libras, un incremento del 59% respecto al 2003. Esto refleja el material comprado y usado proveniente de todas sus fuentes incluyendo inventario en tránsito. De este total, los recopiladores suministraron 588 billones de libras o el 67% del total de la demanda. El siguiente proveedor fue México con 105 billones de libras y el resto fue provisto por Canadá, Europa, Brasil y otros países sudamericanos en ése orden.

Este incremento sustancial reflejó un fuerte crecimiento en la industria de alfombras de poliéster, cumplimiento de los requerimientos post consumidor de California en cuanto a contenido y un mejor posicionamiento competitivo con el PET virgen (VPET) durante la segunda mitad del año 2004.

La fibra en aplicaciones continuó su dominio en el uso de material RPET con aproximadamente un 55% del total, del cual más de 65% fue para la producción de tapetes residenciales y de automóviles. Este hecho fue robustamente apoyado por las tiendas de mejora del hogar no solo vendiendo sino incluyendo líneas completas de tapetes hechos de poliéster.

EL uso de RPET en la producción industrial de correas y de envases para comida y bebidas fue aproximadamente el mismo, cada categoría usando más del 13% del total. Para el 2005 se esperaba ver un crecimiento fuerte debido a las nuevas plantas y la expansión de las existente y la intención de que Coca Cola Company así como PEPSI Co. de usar el 2.5 % de este material en el contenido de sus botellas para finales del año, lo cual dio lugar al establecimiento de una planta recicladora en Toluca, México en noviembre pasado, la llamada IMER, Industria Mexicana del Reciclaje S.A. de C.V. con una inversión conjunta de Coca Cola México y Coca Cola FEMSA (Notimex, 2005), la cual se considera la más grande de América Latina.<sup>23</sup>



### 3.14.2 Europa

Para el mercado europeo se cuentan con algunos datos donde se presume que el consumo de resina PET en Europa crecerá por encima del 10% anual en la próxima década.<sup>24</sup>

El futuro del consumo europeo de resinas PET continúa siendo brillante. La consultora PCI consulting group estimó que en el año 2000 el mercado europeo de

<sup>23</sup> <http://www.femsa.com/es/assets/003/15669.pdf>

<sup>24</sup> <http://www.plastunivers.com/Tecnica/Hemeroteca/>

resinas PET fue de 1.55 millones de toneladas (MT) frente a las 793,000 del año 1999 y para el año 2003 se llegará a las 2.12 MT. Europa consumirá dentro de diez años una cuarta parte de la producción mundial. El crecimiento del PET será a expensas del PVC, estima la consultora.

Según la estimación realizada por el CEP (Centro Español de Plásticos) en su estudio anual:

El consumo de materiales plásticos durante el año anterior por parte de los mercados consumidores ha ascendido a 3.934.627 toneladas, que supone un incremento del 3,4% respecto al ejercicio precedente. Considerando la evolución de reciclados, plastificados, cargas y refuerzos, así como el comercio exterior la demanda total del ejercicio analizado ha alcanzado las 4.832.613 toneladas, que representa un alza del 3,5%.

El sector de envase y embalaje continúa siendo el principal mercado por lo que respecta a la demanda de materias plásticas, y con una participación del 45,2% respecto al total de los plásticos consumidos por la industria transformadora en España durante pasado año, ha sido el destino de 1.778.175 toneladas, creciendo un 3,8% respecto al último ejercicio. El segundo mercado consumidor ha sido el de la construcción, que ha supuesto un 15,1% respecto al total y ha incrementado su consumo en un 8,4%. Estos dos mercados por si solos han significado el 60,3% de la demanda total de materias plásticas en España.

De acuerdo con el informe de la CEP, tras estos mercados, destaca un segundo grupo de mercados con la siguiente distribución:

- La demanda de material por parte del mercado de automoción ha alcanzado las 397.455 toneladas, un 8,1% superior al ejercicio anterior y ha significado el consumo del 10,1% del total de materias plásticas. Es el destino de materiales plásticos que ha experimentado, junto al mercado de construcción, el comportamiento más favorable en el ejercicio analizado.

- La demanda por parte del mercado de mobiliario ha supuesto 235.495 toneladas, representando un 6,0% respecto al total de mercados. Su demanda se ha incrementado un 2,4% en el ejercicio analizado.

- El consumo de materiales plásticos por parte del sector agrícola ha sido de 235.483 toneladas, un 0,5% inferior al del ejercicio anterior y ha representado un 6,0% de la demanda total de los diferentes mercados.

- La demanda del mercado de electricidad y electrónica ha presentado un consumo de 155.850 toneladas, lo que ha explicado el destino del 4,0% de las materias plásticas transformadas en España. Estos datos suponen una fuerte caída del 9,8% respecto al año anterior.

- El consumo de materias plásticas por parte del mercado de pinturas ha crecido un 1,3%, hasta las 108.445 toneladas. Su porcentaje de participación respecto al total ha sido del 2,8%.

Respecto a la evolución del resto de mercados, cuya demanda individual no ha superado en ningún caso el 2,5% su comportamiento en el año 2004 ha sido el siguiente:

- El consumo de materias plásticas en el mercado de electrodomésticos ha experimentado un incremento del 0,6%, hasta las 96.520 toneladas, y supone el 2,5% de la demanda total.

- La demanda del mercado de juguetes y ocio ha caído un 0,7%, hasta las 76.454 toneladas, lo que supone un 1,9% del total.

- La demanda de material para pieza industrial, mantiene el irregular comportamiento de los últimos años y en el año 2004 ha presentado un fuerte descenso que se cifra en el 3,9%. Su consumo ha alcanzado las 82.820 toneladas, lo que representa el 2,1% de la demanda total.

- El análisis del mercado de menaje refleja un incremento del 3,9%, hasta las 64.710 toneladas, un 1,6% respecto al total y sus datos lo vuelven a situar como el tercer mercado consumidor con comportamiento más favorable en 2004.

- El consumo de materiales plásticos por parte del mercado de calzado ha sido de 19.000 toneladas, un 11,2% inferior al ejercicio anterior y ha representado el 0,5% de la demanda total. Su evolución ha sido la más negativo de los mercados destinatarios de materiales plásticos.

- El mercado de artículos de papelería ha consumido 25.360 toneladas, siendo un 0,2% superior al año precedente y ha significado el 0,6% respecto al total.

- El mercado de aplicaciones médicas también ha significado un 0,4% de la demanda total, lo que representa un descenso del 0,3% frente al ejercicio precedente. Se trata de un mercado que en los últimos años está experimentado un gran auge y, como consecuencia, también está aumentando la utilización de piezas de plástico.

- Finalmente, el mercado de aplicaciones médicas también ha significado un 0,4% de la demanda total, lo que representa un incremento del 10,9% frente al ejercicio precedente. Se trata de un mercado que en los últimos años está experimentado un gran auge.

### **3.14.3 Asia**

En cuanto al mercado asiático, el estudio se enfoco en China ya que es el mayor consumidor de RPET en el mundo, la siguiente información fue obtenida de una entrevista del señor Wangweiji, gerente general de Beijing Time Progress Technology Development Co.,Ltd en Beijing, China.

De la limpieza y reciclado de la botella PET se obtiene una hojuela limpia y seca la cual es comercializada a manufactureros de fibras químicas, la cual es usada para la industria textil o spinning como es conocida en China.

La demanda de este material es enorme (5 millones de ton. Aprox.) en este país ya que actualmente China es uno de los mayores productores de textiles en el mundo. El precio que se maneja para el RPET en el puerto destino, “va desde los 600 dólares hasta los 750 dólares por tonelada, dependiendo de la cantidad que se comercialice” comenta Wangweiji.

Según el señor Wangweiji, “es muy difícil estimar cuantas toneladas se necesitan en la industria textil o spinning cada día, una fábrica de tamaño medio consume al menos 200 toneladas por día y algunas personas hablan de al menos 100 fábricas de este tipo”.

El mercado meta, como lo muestran los datos presentados en este capítulo, es por mucho el mercado asiático ya que cuenta con la industria textilera más importante en el planeta, el crecimiento de su economía y su exportaciones de productos fabricados de RPET.

Actualmente, China es el país con más exportaciones en el ramo textilero con un total del 50% del total del comercio mundial según la Organización Mundial de Comercio en su último reporte (OMC, 2006), gracias a los bajos costos de producción que ofrecen las empresas chinas así como a su grado de especialización en su producción ofreciendo productos de cierta calidad a bajos costos.

Otro aspecto importante es la incursión del RPET en industrias como la automotriz y embalaje, que también han repuntado en este país siendo parte de los pilares de la economía de China (3.4% y 5.0% respectivamente del total de participación de su economía). Productos desde juguetes hasta armazones para lentes, han cambiado su materia prima por el RPET dando lugar a una producción con bajos costos y en grandes cantidades por este país asiático.



Por último se obtuvo una lista de posibles compradores y las especificaciones de sus necesidades. Los datos aquí presentados fueron obtenidos gracias a la compañía “Recycler’s World” dentro de su clasificación de “PET Recycling Exchange Listings”.<sup>25</sup>

Puerto: Alemania, Hong Kong/Bremen

Desecho mixto de Embalaje de PET.

División de un reprocesador Europeo/Asiático, interesado en embalajes de PET para su manufactura. Los productos latinoamericanos y de Este medio son de gran interés para la firma. Enviar una descripción de los bienes a comerciar, términos de la venta, datos del contacto.

Cantidad mínima: 40,000 libras

Frecuencia: Continua

Puerto: Pakistán, Karachi

PET molido de color

Contenedores o botellas de PET molidas y clasificadas de color

Cantidad: 40,000 libras mínimo

Frecuencia: Continua

Precio: 660 USD

Puerto: Argentina

PET Limpio molido.

Consiste de Botellas y contenedores de PET seleccionados, molidos y limpios.

Cantidad: Desde 40,000 lbs. hasta 500 Toneladas

Frecuencia: Mensual

Puerto: China, Shenzhen Guangdong

PET Limpio molido.

Buscamos hojuelas de PET con lavado para su limpieza o no lavado.

Rangos entre 0.1% y 0.2% (máx.) de PVC, sin tapones ni etiquetas. Cantidad:  
Hasta 2000 Toneladas

Frecuencia: Mensual

Puerto: China, Yixing Shanghai

PET Limpio molido.

---

<sup>25</sup> <http://www.recycle.net/exchange/index.html>

En hojuelas limpias

Cantidad: Hasta 300 Toneladas

Frecuencia: Mensual

Gracias a estos contactos, se ha determinado que los países con mayor demanda para el RPET obtenido a partir del método mecánico son China y Argentina, por lo que se debe tomar en cuenta como clientes dependiendo del precio de compra en razón de la producción de la planta, es decir, las toneladas enviadas anualmente. Estados Unidos es considerado un país con una fuerte demanda aunque la mayor parte del RPET que requieren, es de mayor calidad ya que su destino final más importante es para la industria del embalaje de grado alimenticio.

### **3.15 Precio ideal**

El precio de venta depende de varios factores. Entre los más importantes están los siguientes:

1) La calidad: el PET con menor grado de contaminación de otras partículas, entre 0.1% y 0.2% (máx.) de PVC, es decir más puro, se considera de mejor calidad.

2) El precio de la materia virgen: Así mismo cuando el precio de la resina PET virgen baja, lo que esta relacionado con el precio del petróleo, el plástico PET post consumidor baja de precio también , PET virgen \$14 pesos contra RPET \$6 pesos por kilo .

El precio de venta PET reciclado, dependiendo del mercado al que va dirigido y la calidad esta en un rango de \$3 a \$8 pesos el kilogramo (EE.UU. Asia respectivamente), que comparado con los \$15 pesos que cuesta el kilogramo PET sin reciclar, es decir, virgen, resulta un incentivo positivo para su utilización. Actualmente, según consumidores chinos, el precio varía de \$6.50 hasta los 8\$ pesos por kilo.

Gracias al contacto realizado con posibles compradores, al negociar la cantidad de toneladas mensuales, el producto terminado se puede colocar en \$550 usd por tonelada dentro del mercado asiático (China en Shangai) y sudamericano (Argentina en Buenos Aires) en ese mismo orden de importancia ya que, en Shangai gracias al señor Wangweiji, gerente general de Beijing Time Progress Technology Development Co.,Ltd en Beijing, China, se contactó con empresas textileras que buscan cubrir su necesidad de RPET con varios proveedores del continente, negociando cantidades desde 40,000 lbs. (18 toneladas) hasta 200 toneladas diarias.

Por su parte, Argentina es un país que también está emergiendo como un productor importante en el área textil (colocándose del lugar 44 al 36 en la lista de exportadores de textiles a EE.UU. de 1995 a 2003 según la Organización Mundial de Comercio, OMC, 2006), por lo que su demanda se ha incrementado también, al grado de colocar anuncios de compra en páginas de Internet dedicadas al PET post consumo, donde requieren desde un contenedor hasta 100 mensualmente, el precio es el mismo (\$550 usd / ton) siempre y cuando cumpla con sus normas de calidad (0.2 % o menos de PVC).

### **3.16 Maquinaria Necesaria para el reciclado del PET**

Antes de iniciar la descripción del equipo y maquinaria requerida, menciono que el método de reciclado que se utilizará para el proyecto es la del reciclado mecánico.

El proceso de reciclaje mecánico es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos. Consiste en la separación y/o selección, limpieza y en algunos casos todavía el peletizado, aunque el moldeado por inyección, por compresión o termoformación puede realizarse con el material limpio picado.

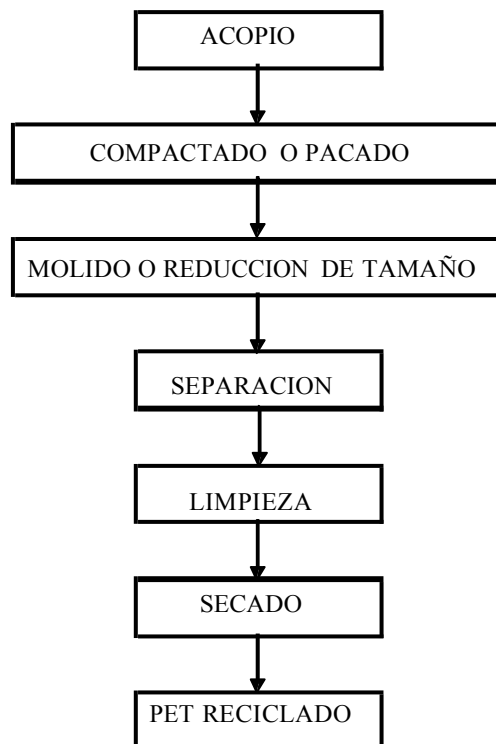
La fabricación de manufacturado con polímeros reciclados (estructura base de los plásticos) no requiere adiciones significativas en la fabricación, mientras elimina todo el ciclo de extracción, refinado y producción de los mismos polímeros que es la parte ecológicamente más "gravosa" para el ambiente sobre todo desde el punto de vista del

consumo de energía.

El reciclado mecánico es la mejor alternativa para este propósito si se pone en consideración que la mayoría de los plásticos vienen del petróleo, un recurso claramente no renovable el cual es cada día más costoso, y por otro lado, el reciclado químico es bastante caro y no siempre estará al alcance de la economía de varios países.

No obstante, el problema básico es que los plásticos son muy distintos entre sí y mezclarlos da lugar a una debilitación estructural, debido principalmente a la diferencia entre estructuras y familias de polímeros existentes hasta ahora, y al problema de usar o no agentes compatibles los cuales ayudan a mejorar la miscibilidad de las diferentes clases de polímeros, pero que por otro lado, contaminan más el reciclado, por lo tanto se requiere perfeccionar la selección preliminar y la fase que sigue a la recogida debe proporcionar material lo menos mezclado posible.

Entonces una vez definido el sistema a seguir se detallan los pasos que conforman dicho proceso.



*Figura 3.2 Diagrama del proceso de Reciclado de PET*

### 3.17 Acopio

Actualmente el abastecimiento de botellas de PET para reciclado proviene principalmente del desperdicio de los fabricantes y también de programas de recolección. La demanda del PET reciclado (RPET) es mucho mayor de lo que se produce. El incremento en el número de botellas generadas en eventos deportivos y festivales es potencialmente una fuente de suministro para la industria del PET reciclado. Programas bien diseñados y manejados, pueden ayudar al reciclado de desperdicios sólidos en ciudades pobladas donde el gasto para el manejo de los mismos es elevado.

Adicionalmente, compañías dedicadas a la venta directa al consumidor, se están dando cuenta de la demanda del público para reciclar las botellas de sus marcas. Como grandes patrocinadores, ellos pueden aprovechar una oportunidad para obtener relaciones públicas positivas que ofrece su participación en un programa de reciclado.



*Figura 3.3 Contenedor de forma específica para identificar a la compañía patrocinadora.*

En este punto del proceso, existen acopiadores ambulantes conocidos también como recolectores que fungen un doble papel en este mercado; por un lado transportan los RS a su sitio de disposición final y por otro el de pre-pepenadores.

El papel de los acopiadores ambulantes es el de coleccionar de las calles y de las casas residuos inorgánicos, con ello contribuyen, aunque su impacto sea limitado, a limpiar las calles por una lado, y por otro a reducir las cantidades de residuos que llegan al relleno sanitario.

Generalmente, estos acopiadores pasan casa por casa pidiendo el material, además de coleccionar de las calles lo que tenga valor comercial. Ordinariamente utilizan un triciclo como medio de transporte. No pagan por el material obtenido y en el caso del PET lo venden a razón de \$ 0.50 pesos por kilogramo.

Comúnmente los recolectores llevan a cabo una selección de los materiales con valor comercial en el transcurso de su ruta de recolección. Los materiales preferidos por este grupo son los metales, el cartón, botellas de vidrio y en menor grado el plástico por su bajo valor comercial. Al finalizar su ruta o llenar su camión en el camino al relleno sanitario, se desvían para vender el material post consumo recuperado

Los desvíos de los camiones recolectores y los trabajos de pepena en la unidad de recolección causan un impacto negativo en la eficiencia del sistema de recolección.

Idealmente, la separación de desechos se debe hacer por los consumidores, antes de la recoja de desechos y una vez separados establecer rutas para los centros de acopio o plantas de composta.

Para los acopiadores establecidos, los recolectores son sus principales proveedores, por lo que su papel dentro del canal de distribución es fundamental a falta de una recolección diferenciada.

Los acopiadores establecidos son grupos de personas que se dedican a acopiar diferentes tipos de residuos sólidos y son los que proveen a las empresas recicladoras. Su función dentro del canal es el de reunir todo tipo de residuos principalmente metal, papel y plástico para posteriormente clasificarlo y empacarlo para su venta.

Los acopiadores establecidos carecen de educación formal, han realizado estas actividades durante 10 años o más, inclusive por generaciones. Generalmente comparten vínculos de parentesco con otros acopiadores establecidos y con recolectores. Asimismo, sus negocios son empresas familiares.

La importancia del papel del acopiador establecido en el canal de distribución del PET post -consumo radica en que son los que se encargan de reunir el material, clasificarlo y empacarlo para canalizarlo con el reciclador. Puesto que han realizado estas actividades por años, cuentan con los conocimientos y experiencia para hacerlo.

Los acopiadores establecidos se proveen su material a partir de las siguientes fuentes: acopiadores ambulantes, los recolectores, otros acopiadores del interior del estado y algunos consumidores. En la mayoría de las ocasiones sus proveedores les llevan el material, sin embargo, si el volumen es grande es posible que ellos mismos vayan a buscar el material. La frecuencia de compra es variable aunque depende del dinero en efectivo que posean ya que las compras se efectúan de contado.

Esto pone en una mejor posición a los acopiadores establecidos grandes, que tienen más efectivo y por lo tanto, pueden comprar mayores volúmenes a los separadores y negociar así mejores precios de venta con el reciclador.

### **3.18 Compactar o Pacado**

Es común que en las grandes empresas de reciclado el material se compacte para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento.

Generalmente las dimensiones de estos bloques o como generalmente se las denomina “pacas” o “balas” (bales) de PET es de 153 x 130 x 85 cm., donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg, según el grado de compactación o la eficiencia del prensado.



*Figura 3.4 PET compactado o pacado*

No obstante, el PET debido a su elevada recuperación elástico-plástica, es difícil de prensar. Cuando se realiza este proceso, las pacas deben ser posteriormente abiertas y picadas tal como llegan a la planta, es decir con tapas y etiquetas, que es una alternativa en el proceso.

Sin embargo, cuando a la planta llegan botellas sueltas, si bien el volumen ocupado es mucho mayor, la posibilidad de realizar el des etiquetado y destapado permiten obtener un producto más fácil de tratar.

### **3.19 Molido o Reducción de tamaño**

El principal objetivo del molido (picado) del material recolectado, es facilitar la siguiente operación dentro el proceso de reciclado, el cual puede ser la separación de los diferentes tipos de polímeros del material (si es que éste ha sido compactado) y la limpieza del material picado.

Para la reducción de tamaño existen diversos tipos de tecnología según el tamaño al cual se quiera llegar, por ejemplo para el caso del PET puede llegarse a obtener hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga.





*Figura 3.5 Molino para PET*

Hoy en día existe tecnología para procesar y reducir material PET hasta polvo fino usando cámaras criogénicas a partir de nitrógeno líquido, donde el nitrógeno líquido fragiliza considerablemente el material lográndose obtener material fino.

Este tipo de tecnología como es de suponerse es bastante costosa (10 millones de dólares según la APREPET, 2006), su mayor empleo es para el control de calidad en productos específicos como por ejemplo el control de niveles de acetaldehído en preformas para el soplado de botellas.

En general, el tamaño adecuado para las hojuelas o flakes de PET, de acuerdo a las necesidades del mercado textil asiático es entre  $\frac{1}{2}$  pulg. y  $\frac{1}{4}$  pulg.

### **3.20 Separación**

La separación tiene por finalidad liberar al plástico de interés (en nuestro caso el PET) de diferentes tipos de materiales especialmente de los otros tipos de polímeros que estén acompañando al material y también de metales, algunas veces vidrio o papel.

La importancia de la separación radica en que si existiesen otros materiales presentes, éstos podrían perjudicar el proceso de reciclaje o directamente empeorar la calidad del producto final. Es decir, por ejemplo, si existiesen partículas metálicas u otros materiales afectan directamente la calidad del producto, o si es que existiesen familias de polímeros inmiscibles juntas, las unas crearán fases dentro de las otras o finalmente durante el procesado puede existir una degradación o quemado de alguna de las especies.

Hay otros métodos de separación automatizada basados en las diferencias de gravedad específica, difracción de rayos x y disolución en solventes. Esto debido a que los métodos de separación pueden ser clasificados en separación macro, micro y molecular.

La macro separación se hace sobre la materia prima completa (botellas desechadas) usando el reconocimiento óptico del color o la forma. La separación manual, que incluye el proceso de destapado y des etiquetado, se incluye dentro de esta categoría, siendo esta etapa la que mayor mano de obra necesita, 3 personas por 8 horas de trabajo equivalen a 1 tonelada.



*Figura 3.6 Banda Transportadora para separación manual de materia prima*

La micro separación puede hacerse por una propiedad física específica como el tamaño, peso, densidad, etc.

Por otra parte la separación molecular, involucra procesar el plástico por disolución del mismo y luego separar los plásticos basados en la temperatura.

Otra alternativa es la de tener sistemas de flotación cuando se reducen de tamaño todas las especies a la vez (PEBD y PP del etiquetado y taponado de las botellas respectivamente SMA, 2002), es decir se puede contar con sistemas de flotación, ya sean estos equipos Sink and Float a burbujeo o simplemente tinas de flotación vibradoras con bandas transportadoras como las que se muestran en las figuras.



Figura 3.7 a) Equipo de separación por burbujeo Figura 3.7 b) Equipo de flotación con banda transportadora

En estas tinas, el PET con una densidad mayor cae al fondo y es recogido por un tornillo sinfin que lo transporta a la siguiente etapa. El otro material que flota es recogido por unas paletas que arrastran desde la superficie el material hacia otra etapa.

### 3.21 Limpieza

Las hojuelas o los flakes de PET están generalmente contaminados con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes.

El uso de hidrociclones cuando el desecho plástico está muy contaminado es una alternativa, el plástico contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es expulsado. Los contaminantes caen al fondo y se descargan.

Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman hojuelas limpias o granulado limpio.



*Figura 3.8 Hidrociclón par la limpieza del PET*

El uso de detergentes está limitado por la cuestión ambiental debido a que los efluentes del proceso o procesos de lavado deben ser tratados para que puedan ser reutilizados nuevamente en el ciclo de lavado. En segundo lugar, es necesario encontrar un adecuado sistema de purificación de las aguas residuales para no contaminar ni dañar el entorno en el cual se desarrolla el proceso de reciclado.

El uso de sosa cáustica para el proceso de lavado es adecuado por las bajas concentraciones necesarias y porque la sosa cáustica remanente en disolución se puede reutilizar para otros lavados, simplemente reponiendo la que se pierde en el proceso de lavado.

Sobre este punto ya existen tecnologías y sistemas de recuperación y tratamiento de aguas residuales de procesos de lavado de materiales contaminados que están disponibles.

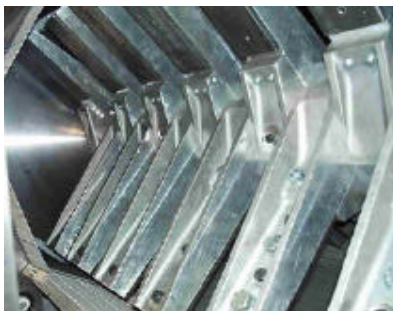
### **3.22 Secado**

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y

posteriormente procesado.

Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo.

O también pueden utilizarse secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circulando entre el material molido, eliminan la humedad hasta límites permisibles.



*Figura 3.9 Secador Centrifugo*

Varios otros sistemas se han desarrollado para este proceso, dentro los cuales también están los de procesos simultáneos, los cuales combinan directamente los dos de los anteriormente mencionados. Es decir, sistemas que pueden al mismo tiempo operar como centrifugas con aire en contracorriente.

Procesos que combinan el molido y el lavado o el lavado y el secado, también son posibles y constituyen alternativas del proceso.



Figura 3.10 a) Secador de aire

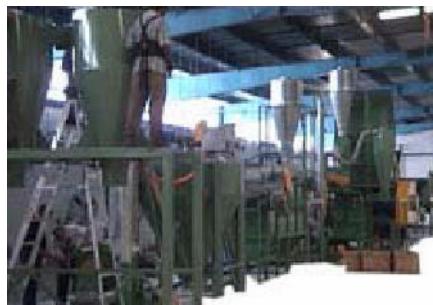


Figura 3.10 b) Maquina de lavado y secado

El granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en "pellet". Para esto, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua.

La extrusión puede clasificarse como un proceso continuo, en el cual en todo instante de trabajo normal de un equipo de extrusión se obtiene producto invariable y constante en cualquier punto de su longitud.

Durante la transformación, la resina alimentada es reblandecida por acción de la temperatura que proviene generalmente de resistencias eléctricas y por la fricción de un elemento giratorio denominado husillo.

En este estado de fusión, el plástico es forzado e impulsado a salir bajo presión a través de una matriz metálica que le confiere forma definida y sección transversal constante, esta matriz denominada "dado" es la que le da la forma útil al producto para que finalmente éste sea enfriado, favoreciendo su solidificación y confiriéndole estabilidad, evitando así deformaciones posteriores. Una vez frío es cortado en pedazos pequeños llamados "pellets".



Figura 3.11 a) Máquina para fabricar pellets



Figura 3.11 b) "Dado" Máquina para dar forma al PET (extrusión)

Anteriormente el proceso de extrusión cerraba el proceso de reciclado, quedando los pellets como producto final, pero con el tiempo la tecnología que puede incorporar directamente las hojuelas o flakes de PET directamente ha hecho que este paso solo se utilice para la fabricación de fibras, filamentos y en algunos casos película para termoformado.



*Figura 3.12 Fibra textil fabricada a base de PET*

Por esta razón en los procesos convencionales ya no es necesario llegar al peletizado, sino directamente a los flakes, limpios y sin degradar.

### **3.23 Lista de Equipamiento y Datos Técnicos**

#### **3.23.1 Capacidad Continua de 1000 kg/hr**

A continuación se presenta la cotización para una oferta en capacidad de 1000 Kg./hr. presentada por parte del Sr. Wangweiji gerente general de Beijing Time Progress Technology Development Co.,Ltd en Beijing, China.



Figura 3.13 Línea de Producción para capacidad de 1000 kg/hr Precio: 57,000 USD

Este precio incluye ya un descuento y costos de transporte, impuestos y aduanas en el país de origen, China con destino a México. Se deben agregar costos de instalación como son transporte y viáticos para 2 ingenieros trabajando 14 días.

Concento	USD
Transport	
Vuelo de 2 Personas	\$2,200.0
Viaticos 14 días	\$2,400.0
Maquinaria	\$57,000.0
<b>TOTAL</b>	<b>\$63,000.00</b>

**Tiempo de entrega:** 14 semanas donde: 1 semanas entrega en puerto del país de origen, 10 semanas aproximadamente de tránsito vía marítima, 1 semanas del puerto en el país destino hasta la ciudad de Veracruz y 2 semanas instalación y entrega del equipo funcionando.

### 1. Triturador 2 sets

Motor: 50kw

Dispositivo de alimentación

Capacidad: mayor que 1000kg/h

### 2. Banda transportadora de elevación 1set

Longitud de transportación efectiva 4000mm Energía del motor: 3kw



Ración de engranaje: 17:1  
Ajuste de velocidad: manual  
Ancho de banda transportadora: 600 mm.  
Materia prima: Fibra de carbón  
Rodillo de alimentación con magnetismo  
Regulación de rango amplio

### **3. Máquina lavadora de doble tornillo 1set**

Longitud efectiva: 5000mm  
Diámetro de tornillo: 400mm  
Cantidad de tornillos: 2 piezas  
Velocidad de rotación de tornillo: 37 rpm  
Energía del motor: 3kw x 2  
Materia prima: Acero de carbón o fibra de carbono  
Ancho de pared del cuerpo del tornillo exterior: 5mm  
Ancho de pared del mezclador: 6mm

### **4. Máquina limpiadora horizontal 1set**

Longitud efectiva: 4000mm Energía del motor: 5.5kw  
Velocidad de rotación del tornillo: 500 rpm  
Materia prima: Acero de carbón o fibra de carbono Anchura de pared del cuerpo del tornillo: 6mm Ancho de la pared del Mezclador: 5mm  
Sistema de drenaje automático

### **5. Máquina alimentadora del tornillo 2sets**

Longitud efectiva: 4000mm  
Diámetro del tornillo: 380mm  
motor power: 3kw  
Materia prima: Fibra de carbón

Ancho de la pared del Mezclador: 6mm

Anchura de pared del cuerpo del tornillo: 5mm

#### **6. Máquina lavadora de vapor 2 sets**

Diámetro del cuerpo del tornillo: 1800mm

Volumen efectivo: 5.7 Metros cúbicos Energía del motor de la mezcladora: 7.5kw

Materia prima: Fibra de carbón

Anchura de pared externa del tornillo: 4mm

Material protector de temperatura instalado en el tornillo exterior

Sistema de calefacción de vapor de tubo interno instalado

#### **7. Máquina alimentadora de tornillo 2sets**

Longitud efectiva: 4000mm

Diámetro del tornillo: 380mm

motor power: 3kw

Materia prima: Fibra de carbón

Ancho de la pared del Mezclador: 6mm

Anchura de pared del cuerpo del tornillo: 5mm

#### **8. Máquina limpiadora horizontal 1set**

Longitud efectiva: 4000mm motor

power: 5.5kw

Velocidad de rotación de tornillo: 500 rpm

Materia prima: Fibra de carbón

Anchura de pared del cuerpo del tornillo: 6mm

Ancho de la pared del Mezclador: 5mm

Sistema de drenaje automático

#### **9. Tanque neutralizador**

Diámetro: 1600mm Altura: 1600mm

Motor power: 4kw

#### **10. Máquina alimentadora de tornillo 1set**

Longitud efectiva: 3500mm

Diámetro del tornillo: 300mm

motor power: 3kw

Materia prima: Fibra de carbón

Ancho de la pared del Mezclador: 6mm

Anchura de pared del cuerpo del tornillo: 5mm

#### **11. Máquina de lavado de tornillo doble 1set**

Longitud efectiva: 5000mm

Diámetro del tornillo: 400mm

Cantidad de tornillos: 2 pzs

Velocidad de rotación de tornillo: 37 rpm motor power: 4kw x 2

Materia prima: Fibra de carbón

Ancho de la pared del cuerpo del tornillo exterior: 5mm

Ancho de la pared del Mezclador: 6mm

#### **12. Máquina de lavado de tornillo doble 1set**

Longitud efectiva: 5000mm

Diámetro del tornillo: 400mm

Cantidad de tornillos: 2 pzs

Velocidad de rotación de tornillo: 37 rpm

Motor power: 4kw x 2

Materia prima: Acero de carbón o fibra de carbono

Ancho de la pared del cuerpo del tornillo exterior: 5mm

Ancho de la pared del Mezclador: 6mm

**13. Maquina de drenaje 1set**

Motor power: 7.5kw Diámetro: 400mm

Altura: 2000mm

La materia prima usada en las partes que se conectan es de acero inoxidable

**14. Sistema de Secado 1set**

Energía de la secadora: 0.55kw

Energía del motor de la mezcladora: 2.2kw

Energía de la calefacción: 18kw

Capacidad: 2 m<sup>3</sup>

La materia prima usada en las partes que se conectan es de acero Inoxidable

**15. Control eléctrico 2sets**

Control de 3 secciones: Interruptores, drenaje y secado

**3.24 Análisis de Viabilidad**

El siguiente análisis, es proporcionado por el fabricante para las especificaciones de la máquina, en nuestro caso es de 1,000 Kg./hr., donde se presentan datos como la energía que se requiere para la maquinaria, insumos, obreros necesarios para la operación, calidad del producto así como sus dimensiones para empaque.

Capacidad continua: 1000kg/h

Ración total de energía: 150kw

Consumo de energía práctico: 60% ración de energía: 100kw Tratamiento de reciclado de agua: 60-70% de la producción de agua puede ser reciclado.

Obreros por turno: 5 obreros son necesarios para operar la línea completa. 2 en la línea de triturado. 2 en la línea de lavado. 1 para embalaje.

Condiciones de trabajo: La línea completa puede trabajar hasta 23 horas continuas por día.

Requerimientos del lugar de trabajo: (L X W X H): 43 x 5mx 5m. la parte más alta del taller es de 6 metros.

Espacio para materia prima: 100—200 metros cuadrados

La hojuela limpia terminada puede ser empacada en 2 tipos de bolsas:

Bolsa pequeña: 20 Kg. y bolsa grande 1000 Kg., el tamaño es 1200 x 1200 x 1200mm.

Combustible para calefacción y vapor: Calentador de vapor, energía eléctrica, aceite, gas natural todo puede ser usado para el generador de calefacción y vapor Consumo de materia prima: 1.1-1.2 toneladas de botellas recicladas pueden ser usados para producir 1 tonelada de hojuela limpia y seca. Selección de la botella PET: 3 obreros en un día de trabajo pueden seleccionar 1 tonelada de botella de PET. Las botellas de PET deben ir ordenadas por colores antes de ser procesadas.

Calidad del producto terminado: limpia, un solo color, hojuelas impuras de PET.

Contenido de agua menor que 1%

Instalación de la línea de producción: 2 ingenieros trabajando por 7 días.

La línea de producción completa puede ser cargada en 2 contenedores de 40 pies.

### **3.24.1 Capacidad Continua de 200 Kg/hr**

A continuación se presenta la cotización para una oferta en capacidad de 200 Kg./hr presentada por parte de la empresa ACRUZ. Esta empresa se dedica a la fabricación y venta de maquinaria agrícola e industrial, por ejemplo molinos para café, aluminio y todo tipo de plásticos para su reciclado e industrialización. Esta empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Zacatlán, Puebla y cuenta con oficinas en Toluca y México DF.

### 3.24.1.1 Maquinaria y Equipo

La capacidad de procesamiento es de 1 a 2 toneladas por día, de plástico tipo PET (botellas PET) empleado como envases de refresco, agua y otros, todo esto sin ninguna modificación del equipo, instalaciones o de la maquinaria.



*Figura 3.14 Línea de Producción para capacidad de 200 kg./hr.*

### 3.24.1.2 Características de las Máquinas

Un molino para plástico de cuchillas con capacidad de 15 HP, alta velocidad con capacidad de molienda de hasta 200 Kg./hr.

Máquina lavadora de PET molido con tina de recuperación y transportador de gusano (tornillo), motor reductor de 3 HP y bomba de reciclado de agua, con capacidad de lavado de 200 Kg./hr.

Una secadora para PET con capacidad de una tonelada por ciclo con aire caliente y encendido electrónico.

Panel de control, con todas las funciones a la vista para su operación, control remoto donde se requiera para ajuste o mantenimiento.

### 3.24.1.3 Condiciones Comerciales

Todos los trabajos antes relacionados, incluyendo materiales, montajes, instalaciones y demás, tienen el siguiente costo en pesos mexicanos:

1. Molino para Plástico	\$51,800.00
2 Máquina lavadora	\$65,000.00
3 Secadora de PET	\$65,000.00
4. Panel de control	<u>\$26,800.00</u>
Subtotal	\$208,600.00
I.V.A.	<u>\$ 31,290.00</u>
TOTA	\$239,890.00

*Tabla 3.4 Costos de la maquinaria de 200 Kg./hr. Materiales, montajes e instalaciones.*

**Tiempo de entrega:** Para la realización de los trabajos antes expuestos se requiere de un tiempo de 12 a 14 semanas.

**Condiciones de pago:** Para el inicio de los trabajos será necesario un anticipo del 40% del valor total del pedido. Conforme se va avanzando en los trabajos, adicionalmente 4 partidas quincenales de 10% por cada una, hasta completar un 80% del valor total del pedido. El saldo final al concluir el equipo completo.

#### **3.24.1.4 Análisis de Viabilidad**

El siguiente análisis, también fue proporcionado por el fabricante, siguiendo los mismos datos que se especificaron para el reporte de la máquina de 1,000 Kg./hr. La diferencia es que aquí se tiene una máquina con capacidad de 200 Kg./hr.

Capacidad continua: 200 kg./hr.

Tratamiento de reciclado de agua: 60-70% de la producción de agua puede ser reciclado.

Obreros por turno: 3 obreros son necesarios para operar la línea completa, 1 en la línea de triturado, 1 en la línea de lavado, 1 para embalaje.

Condiciones de trabajo: La línea completa puede trabajar hasta 20 horas continuas por día.

Requerimientos del lugar de trabajo: (L X W X H): 20m x 8m x 4m., la parte

más alta del taller es de 5 metros.

Espacio para materia prima: 100—200 metros cuadrados

La hojuela limpia terminada puede ser empacada en 2 tipos de bolsas: bolsa pequeña: 20kg y bolsa grande 1000kg, el tamaño es 1200 x 1200 x 1200mm.

Combustible para calefacción y vapor: Calentador de vapor, energía eléctrica, aceite, gas natural todo puede ser usado para el generador de calefacción y vapor.

Consumo de materia prima: 1.1-1.2 toneladas de botellas recicladas pueden ser usados para producir 1 tonelada de hojuela limpia y seca. Selección de la botella

PET: 3 obreros en un día de trabajo pueden seleccionar 1 tonelada de botella de PET.

Las botellas de PET deben ir ordenadas por colores antes de ser procesadas.

Calidad del producto terminado: limpia, un solo color, hojuelas impuras de PET.

Contenido de agua menor que 1%

### **Espacio requerido para el establecimiento de la planta**

Gracias a las especificaciones que se muestran en las cotizaciones, se tiene una idea del espacio requerido para la planta.

Antes de seguir con las dimensiones de la planta, se debe establecer que para el proyecto se ha elegido la segunda opción que consta de una capacidad instalada de 200 Kg/hr., debido a la cantidad de acopio que se puede conseguir en esta zona, (aproximadamente 29 toneladas mensuales en la región según el director de servicios de limpia del municipio).

Se pretende una construcción de 40m X 25m para llegar al total de 1,000 metros cuadrados. Donde se incluyen las siguientes especificaciones:



Dimensiones para maquinaria:	200 metros cuadrados
Espacio para materia prima:	300 metros cuadrados
Espacio de Producto terminado:	325 metros cuadrados
Área de carga total:	70 metros cuadrados
<u>Área para oficinas (1 o 2 pisos):</u>	<u>105 metros cuadrados</u>
Total:	1,000 metros cuadrados

*Tabla 3.5 Desglose de las dimensiones de la planta recicladora*

La siguiente figura es el diagrama del espacio a ocupar, con las dimensiones antes mencionadas.

### **Ubicación Ideal**

La creciente demanda por parte de los consumidores (un incremento de 10.13% de 2004 a 2005 y 4.25% de 2005 a 2006 según el último censo económico del INEGI), ha impulsado de manera importante el desarrollo de nuevas tecnologías para el empaque y embalaje de diversos productos de consumo diario. La industria del empaque y embalaje participa con el 1.16 por ciento del PIB y el 10.3 por ciento del PIB manufacturero (Banxico, 2006).

Los materiales comúnmente utilizados para el empaque y embalaje a nivel nacional y de exportación son el vidrio (49.40%), aluminio (19.74%), cartón (1.82%) y de éstos, el plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria (29.04%) equivalente a 844 mil toneladas anuales, 8.9 Kg./persona (INEGI), ya que posee características muy particulares que favorecen el manejo y distribución de productos, además de alta resistencia a pesar de ser un material liviano, estas características entre otras, han favorecido el desarrollo de esta industria, la mayor diversificación de estos productos y por supuesto, su consumo.

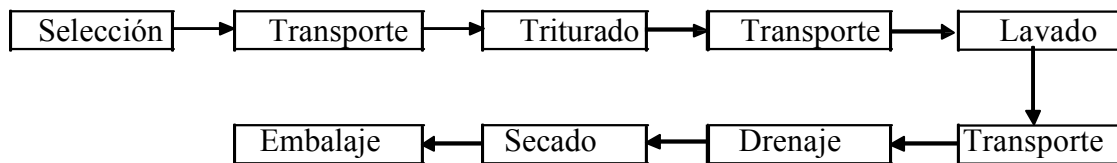
El PET es uno de los materiales comúnmente utilizados en la industria embotelladora de bebidas y del embalaje (29.04 % según el INEGI dentro de sus censos económicos) por sus características muy particulares que favorecen la distribución, el almacenaje y la presentación de algunos productos.

### **Descripción breve de la operación de la planta**

En lo que respecta a la operación de la planta, como primer punto se tiene el acopio de la materia prima y quizá el más importante de todo el proyecto.

A continuación se muestra un diagrama de flujo de la operación.

#### **Referencia del plano del flujo de Trabajo**



*Figura 3.15 Diagrama de flujo del proceso en la planta recicladora*

Para el transporte del material acopiado y ahorrar en este tipo de costos, es necesario establecer como mínimo la cantidad de 300 a 350 kg. Para ser entregados por parte del centro de acopio a la empresa por semana, lo cual nos da un total de 6 a 7 toneladas semanales. El vehículo que se utilizará para el transporte, es una camioneta de 3 toneladas con carrocería especial para el manejo del volumen. De ser necesario, se equipará con un remolque para el arrastre de más volumen. Se tiene en cuenta el empleo de una persona para manejar el vehículo por lo que será necesario el conocimiento de rutas en la región, de mecánica general y licencia del servicio público mercantil vigente, de preferencia de 25 a 38 años de edad con escolaridad mínima de secundaria terminada.

Dentro de la planta recicladora, el material es recibido por las personas encargadas del proceso de selección, teniendo en cuenta la cantidad total de producción (29 toneladas mensuales) es necesario emplear a 3 personas, que como se especificó en el análisis de viabilidad, son suficientes para seleccionar una tonelada diaria. Estas personas pueden ser de edades entre 18 a 50 años, con escolaridad mínima de secundaria terminada.

El transporte en este punto se hace mediante bandas transportadoras y más adelante, dentro de la maquinaria por un transportador de tornillo.

EL triturado, el lavado, drenaje y secado se hacen, ya sea automáticamente programando tiempos o calculando peso dentro de la máquina, o realizarlo manualmente activando las máquinas desde el control remoto. Para operar la maquinaria dentro de estos procesos, son necesarias 2 personas (una en el área de triturado y otra en la línea de lavado), con experiencia en el manejo de equipos automáticos, edades de 20 a 35 años y escolaridad mínima de secundaria terminada.

Al final, el PET limpio y seco, pasa a una tolva donde se puede regular el paso de los flakes para obtener el peso indicado, esto puede hacerse con una báscula de tierra o colocarla junto con la tolva. En este último paso, será necesaria una persona encargada de la línea de embalaje para hacer el cambio de bolsas cuando se complete el llenado de las mismas con los pesos indicados. Esta persona tiene el mismo perfil que las encargadas de los procesos de reciclado del PET.

Por último, se necesitan 3 personas más que son: una encargada del mantenimiento de la planta, se ocupará de la limpieza por lo que su perfil debe cumplir los requisitos mínimos de escolaridad (secundaria terminada). Recepcionista que será una persona de sexo femenino, escolaridad mínima de escuela técnica terminada, con un nivel mínimo de 80% de comunicación oral en idioma inglés, edad de 20 a 30 años, estado civil indistinto. Por último un administrador de la planta, es recomendable que tenga una carrera

administrativa con experiencia en manejo de personal, planeación de la producción y control de calidad.

### **3.25 Tiempo de Vida del Proyecto**

El tiempo de vida del proyecto va a estar definido por varios factores dentro de la inversión inicial, en equipos como son:

Vehículos

Maquinaria y Equipo

Equipo de Oficina

Garantía del Equipo

Edificio

Terreno

Para el tipo de vehículo que se usará para el transporte, el fabricante ofrece una garantía por 2 años o 100,000 kilómetros pero para efecto de nuestro proyecto, se tomarán los años necesarios para depreciarlo completamente lo cual nos lleva a la cantidad de 5 años.

De la misma manera se tiene que la maquinaria y equipo necesario para el reciclado mecánico, se deprecia totalmente en 10 años, aunque la garantía ofrecida por el fabricante es de 5 años.

El equipo de oficina también se deprecia en 5 años aunque el fabricante ofrece garantía de por vida, en cuanto al equipo de cómputo se ofrece garantía por un año y se deprecia en 3 años aproximadamente (30% anual).

El edificio se deprecia a razón de 5 % anual por lo que para depreciarlo totalmente tomará 20 años. A diferencia de los activos fijos, el terreno no se deprecia, al contrario,

genera plusvalía. Por todo lo anterior se ha determinado que el tiempo de vida de nuestro proyecto será de 10 años.

### 3.26 Inversión Inicial y Valor Presente Neto

Se va a iniciar detallando el capital inicial que se necesita para adquirir el terreno, la maquinaria, mobiliario, equipo de transporte y otros, necesarios para arrancar la operación de la empresa.

	CI	dt	Dt	DA (10)	VL (10)	VRN
Terreno	40,00				200,000	200,00
Construcción	1,000,00	5%	50,000	500,00	500,000	500,00
Maquinaria y Equipo	239,890	10%	23,989	239,89	0	50,00
Contenedores (100)	25,00	10%	2,500	25,00	0	0
Capital de Trabajo	100,341					
Equipo de Oficina	20,00	20%	4,000	20,00	0	
Vehículo	180,000	20%	36,000	360,00	0	50,00
Total	1,605,23		116,489	1,144,89	700,000	800,00

*Tabla 3. 6 Composición de la Inversión Inicial*

Donde:

CI = Capital Inicial

dt = Tasa de depreciación

Dt = Depreciación anual

DA(10) = Depreciación Acumulada en el año 10

VL(10) = Valor en Libros en el año 10

VRN = Valor de Rescate Neto

El capital de trabajo que fue calculado utilizando el Método de Déficit Máximo Acumulado, quedando de la siguiente manera:

## METODO DE DEFICIT MAXIMO ACUMULADO

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	oct.	Nov	Dic
Inventario Inicial	0	10	1	11	2	12	3	13	4	14	5	15
Producción mes	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Ventas Tons	19	38	19	38	19	38	19	38	19	38	19	38
Infentario Final	10	1	1 1	2	1 2	3	1 3	4	14	5	15	6
Ventas \$5,550 X Ton	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900
Crédito 20 días		105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450
Ingresos		105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450	210,900	105,450
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Csto Prod.	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170	58,170
Csto Admin	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516	30,516
Csto de Venta	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655	11,655
Egresos	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341	100,341
Flujo Caja Mes	100341	5109	110559	5109	110559	5109	110559	5109	110559	5109	110559	5109
Flujo Caja Acum	100341	95232	15327	20436	130995	136104	246663	251772	362331	367440	477999	483108

Tabla 3.7 Método del Déficit Máximo Acumulado

En la tabla anterior se muestra el manejo de inventario de producto terminado en relación a las ventas, por ejemplo se tienen ventas 18 veces en el año debido a la cantidad mínima necesaria para el envío que son 19 toneladas por contenedor (40,000 lbs. aproximadamente).

También se tomó en cuenta el tiempo en tránsito de cada contenedor al puerto en México (Manzanillo) con términos de Incoterm: FOB “Free on Board”, lo cual libera al exportador al momento de que la mercancía traspasa los rieles del buque (cruce de borda),

es decir que la venta se considera terminada al momento en que el contenedor es cargado en el buque lo cual nos lleva un máximo de 10 días.

También se considera otorgar un crédito de 20 días por lo que se contaría con flujo de efectivo generado por ventas, después de 30 días de haber realizado el envío.

La siguiente tabla muestra los gastos administrativos mensuales, para los servicios de contabilidad se contratará a un despacho contable, también se aumentó un 35% sobre sueldos por concepto de prestaciones, quedando los gastos administrativos como sigue:

<b>Gastos Administrativos /mes</b>	
Energía Eléctrica	\$400.00
Agua	\$180.00
Teléfono & Internet	\$1,100.00
Papelería	\$400.00
Serv. De Contabilidad	\$400.00
Gasolina	\$5,200.00
Sueldos	\$14,520.00
Prestaciones (35%)	\$8,316.00
Total	\$ 30,516.00

*Tabla 3.8 Costos de operación mensuales desglosados*

En los sueldos se incluye al administrador, a la recepcionista, a la persona encargada de mantenimiento y al chofer de la camioneta.

En cuanto a los empleos requeridos para la operación, tomando como sueldo base el tipo C (\$44 MXN), tenemos:

<b>Mano de Obra General</b>				
Tipo	Cantidad	Saldo Base	Sueldo/Mes	Total \$
Administrador	1	7	\$9,240.00	\$9,240.00
Recepcionista	1	2	\$2,640.00	\$2,640.00
Mantenimiento	1	1	\$1,320.00	\$1,320.00
Obreros	3	4	\$5,280.00	\$15,840.00
Selección	3	3	\$3,960.00	\$11,880.00
Chofer	1	1	\$1,320.00	\$1,320.00
<b>Total</b>	<b>10</b>		<b>\$ 23,760.00</b>	<b>\$ 42,240.00</b>

*Tabla 3.9 Empleados necesarios para operación de la planta*

En la columna identificada como “Saldo Base”, se indica la cantidad de salarios mínimos que se le paga a cada trabajador dependiendo del tipo de empleo que tenga. Para calcular el sueldo mensual de cada persona, se multiplica la cantidad de sueldos base que le corresponden por 30 días. Así el administrador tiene un sueldo mensual de  $7 \times \$44 \times 30 = \$9,240$  pesos.

En cuanto a los costos de producción, se tiene lo siguiente:

<b>Costos de Producción</b>	
<b>Costos Variables</b>	
Materia Prima / Ton	\$1,000.00
Energía Eléctrica /Ton	\$ 25.00
Gas/ton	\$ 20.00
Agua/ton	\$ 5.00
<b>Total de Costos Var.</b>	<b>\$1,050.00</b>
Por Toneladas Mensuales	\$30,450.00
<b>Costos Fijos</b>	
Mano de Obra Directa	\$27,720.00
<b>Gran Total</b>	<b>\$58,170.00</b>

*Tabla 3.10 Costos de Producción Mensuales Desglosados*



Dentro de la mano de obra directa se tiene a los obreros y al personal encargado de selección del material para reciclado. La materia prima se considera a un precio de \$1.00 por kilo y por último, en el total por mes se considera el costo total por tonelada multiplicado por 29 (cantidad que se pretende producir mensualmente).

Por último se deben considerar los costos de los servicios de logística para el envío del material (el precio está dado por contenedor de 19 toneladas, 40,000 lbs. aproximadamente), a continuación se presentan datos ofrecidos por la empresa EXEL para el envío a China en el puerto de Shangai, para Estados Unidos en Laredo y para Buenos Aires en Argentina. Todos los precios son en términos de Incoterm: FOB (Free on Board).

<b>Servicios de Logística /</b>	
China/Shangai	\$700.0
Argentina /BA	\$1,400.0
EUA/Laredo	\$1,400.0
China/Shangai	\$7,770.0
Argentina /BA	\$15,540.
EUA/Laredo	\$15,540.

*Tabla 3.11 Costo por contenedor enviado dependiendo el puerto destino Fuente: EXEL.*

Para calcular el precio en moneda nacional se tomó el precio de venta del dólar en ventanilla (\$11.10 pesos por dólar). Debido a que se tiene que enviar cada contenedor con 19 toneladas, se ha calculado que con nuestra producción de 29 toneladas al mes, se enviarán sólo 18 contenedores por año, por lo tanto el gasto mensual se reduce como sigue:

<b>Gasto de venta / Mes</b>	
Logística / China	\$11,655.0
Total	\$11,655.0

*Tabla 3.12 Gastos de Venta mensuales, calculado para 18 contenedores por año.*

*Fuente: EXEL.*

Tomando todos los datos anteriores se tiene los ingresos y los gastos de la siguiente manera:

### INGRESOS

<b>Prec. Venta Ton USD</b>	<b>Prec. Venta Ton MXN</b>	<b>Cant. de Cont. por año</b>	<b>Toneladas por Contenedor</b>	<b>Total x Cont. MXN</b>	<b>Total Anual MXN</b>
\$500	\$5,550	18	19	\$105,450	\$1,898,100

*Tabla 3.13 Ingresos anuales de acuerdo al precio de venta por tonelada y por contenedores a enviar en el año*

El precio por contenedor esta calculado multiplicando el precio de venta por tonelada en moneda nacional por 19 toneladas que lleva cada contenedor.

### GASTOS

<b>Concepto</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Costo de Producción	58,170	698,040
Gasto de Venta	11,655	139,860
Gastos Administrativos	30,516	366,192
<b>Total Gastos</b>	<b>100,341</b>	<b>1,204,092</b>

*Tabla 3.14 Total de gastos mensuales y anuales*

Para calcular el valor presente neto del proyecto en los 10 años de vida, se va a utilizar una tasa de impuestos del 30% más 10% de participaciones de los trabajadores en las utilidades (PTU) y una tasa de retorno mínima atractiva (TREMA) que se calculó como se muestra a continuación:

<b>Cálculo de la TREMA</b>	
Tasa de Interés de CETES	7.05
Menos Tasa de Inflación Anual INPC	-3.47
Premio al Riesgo	15
<b>TREMA</b>	<b>18.58</b>

Fuente: Canada, p.248

Para simplificar el cálculo del VPN, la TREMA se redondeó a 19%.

Otro método por el cual se calculó la TREMA es el conocido como WACC o Costo Promedio Ponderado de Capital por sus siglas en inglés. Este método tiene como ventaja que determina el costo de la inversión cuando hay dos o más fuentes de financiamiento para así poder buscar una tasa ideal de rendimiento que supera a la WACC.<sup>26</sup>

Mezcla de Financiamiento (en Moneda Nacional):

Capital Accionistas: \$ 1,265,000.00.

Deuda: \$ 380,231.00

Tasa de rendimiento sobre la inversión de accionistas: 20%

Tasa de Interés para Acreedores: 13%

<b>METODO WACC</b>				
	Capital en MXN	Porcentaje de la inver.	Tasa Interés	Ponderado
capital	\$1,265,000.00	79%	20%	15.76%
prestamo	\$340,231.00	21%	13%	2.76%
<b>Total</b>	<b>\$1,605,231.00</b>	<b>100%</b>		<b>18.52%</b>

Tabla 3.15 Cálculo de la TREMA con el método WACC Fuente: Mofinet.

<sup>26</sup> <http://www.mofinet.com/esp/intro.html>

De igual manera para simplificar el cálculo del VPN, también vamos a redondear esta tasa hacia arriba quedando la TREMA en 19 %.

VALOR PRESENTE NETO DEL PROYECTO											
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100	\$ 1,898,100
Costos y Gastos		\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092	\$ 1,204,092
Depreciación		\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489
UNAI		\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519	\$ 577,519
Impuestos + PTU		\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008	\$ 231,008
UNDI		\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511	\$ 346,511
Más Depreciación		\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489	\$ 116,489
FENDI Oper		\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000
FENDI INV	-\$1,605,231					\$ 200,000					
VRN						\$ 35,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 770,000
FENDI Inversión	-\$1,605,231	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 165,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 770,000
FENDI TOTAL	-\$1,605,231	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 298,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 463,000	\$ 1,233,000
VPN=		\$469,768									
TIR=		26.46%									
PB=		3.47									

Tabla 3.16 Valor Presente Neto (VPN) del proyecto (5 años)

En la tabla anterior, se muestra un gasto en el año 5 por concepto de compra de otro vehículo (\$180,000 pesos) y la venta del que se tenía durante los primeros años de operación al valor de rescate de \$50,000 pesos menos impuestos de \$15,000 pesos, generando un ingreso de \$35,000 pesos. De la misma manera se tiene otro gasto por \$20,000 pesos para reemplazar el equipo de oficina, dando un total de \$165,000 pesos.

En cuanto a los flujos de salida del proyecto en el décimo año, se tiene un ingreso por \$770,000 pesos después de impuestos por la venta del terreno (\$200,000 pesos), el edificio (\$500,000 pesos), la maquinaria (\$50,000 pesos) y el vehículo (\$50,000 pesos) al valor de rescate.

Después de realizar esta primera etapa del análisis de riesgo del proyecto, se puede ver que el valor presente neto (VPN) que se obtendría al final de 10 años es mayor a cero, la tasa interna de retorno (TIR) es mayor que la TREMA, (26.46% > 19 %) y que tiene un tiempo de retorno de la inversión (PB) de 3.47 años, por lo cual se recomendaría la realización del mismo.

### 3.27 Análisis de Sensibilidad

Para llevar a cabo este análisis se tomaron 5 variables respecto al valor presente neto (VPN). Para revisar la sensibilidad de cada una de las variables, se va a especificar el valor como base de todas las variables usadas en este punto.

Precio de Venta por tonelada = \$ 5550 pesos (500 USD)

Sueldo Base = \$44.00 pesos

Materia Prima = \$1.00 peso por Kg.

Embarque a China, Shangai = \$ 7770 pesos (700 USD)

Toneladas de producción mensual = 29 ton.

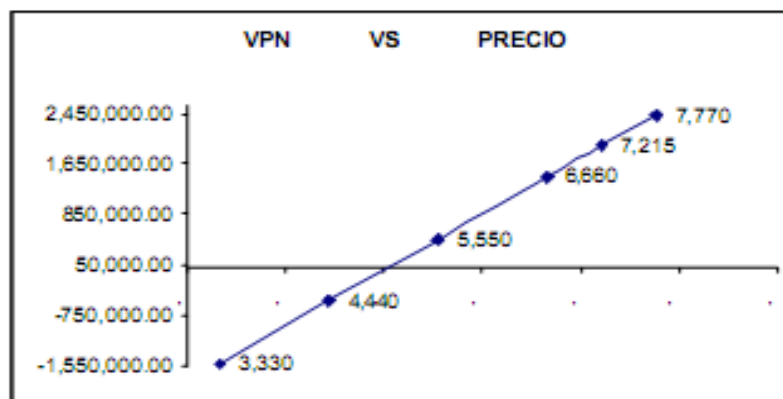
*Tabla 3.17 Variables que se utilizan para el Análisis de Sensibilidad*

El primer análisis fue para ver la sensibilidad del proyecto respecto al precio.

USD	Precio	VPN
300	3,330	-1,517,343.63
400	4,440	-529,055.75
500	5,550	459,232.12
600	6,660	1,447,519.99
650	7,215	1,941,663.93
700	7,770	2,435,807.86

*Tabla 3.18 Valores del VPN resultantes a cambios en el precio*

#### VPN VS PRECIO



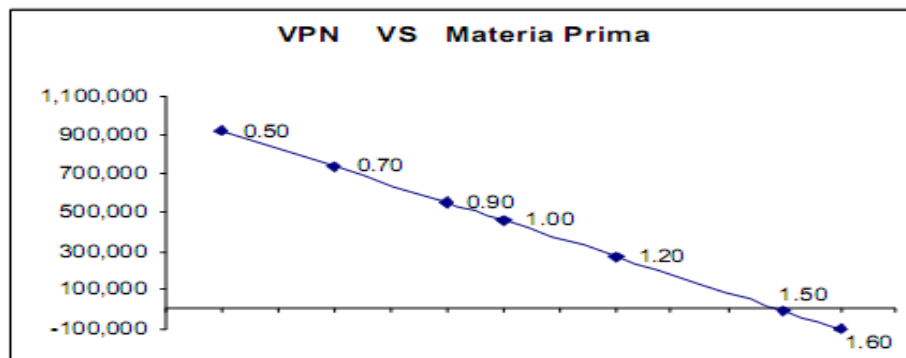
*Figura 3.16 Grafica de la sensibilidad del VPN contra cambios en el Precio*

Como se puede observar en la gráfica, el proyecto es muy sensible al precio ya que tiene una pendiente de más de 45 grados (89 grados). Existen algunos compradores en Europa que compran al precio más bajo (250 USD) por lo que, con nuestra capacidad instalada, el valor presente neto sería negativo representando una pérdida. Por el contrario en los mercados asiáticos se puede colocar el producto en los más altos precios obteniendo así un mayor beneficio.

Para el siguiente análisis, se modificó el precio de la materia prima para ver la sensibilidad respectoa esta variable.

Mat. Prima	VPN
0.50	926,716.92
0.70	739,723.00
0.90	552,729.08
1.00	459,232.12
1.20	272,238.20
1.50	-8,252.68
1.60	-101,749.64

*Tabla 3.19 Valores del VPN resultantes a cambios en el precio de la Materia Prima*



*Figura 3.17 Gráfica de la sensibilidad del VPN contra cambios en el Precio de la Materia Prima*

Darse cuenta de la sensibilidad respecto al precio por kilo de la materia prima es importante ya que se puede tener una idea de hasta que precio se puede pagar por obtener este material.

Entre más bajo es mucho mejor para el valor presente neto pero en caso de estar compitiendo por este material, se puede mejorar el precio que oscila entre los \$0.50 y los \$0.80 por kilo, hasta un precio menor a \$1.50 por kilo donde todavía se alcanza un valor presente neto positivo.

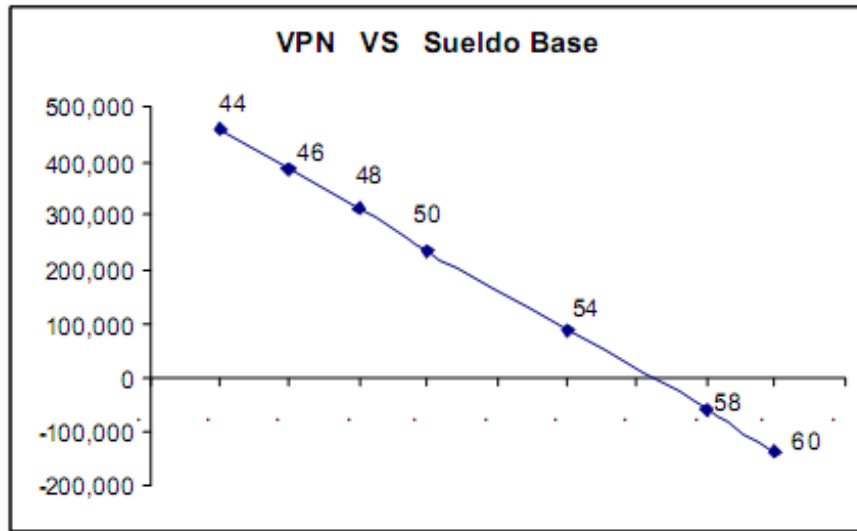
El siguiente análisis que se llevó a cabo es el del sueldo base ya que por factores político e inflación, se pueden tener cambios importantes en este aspecto.

La tabla y la gráfica con los cambios quedaron de la siguiente manera:

Sueldo Base	VPN
44	459,232
46	385,144
48	311,056
50	236,967
54	88,791
58	-59,386
60	-133,474

*Tabla 3.20 Valores del VPN resultantes a cambios en el sueldo base*

### VPN VS Sueldo Base



*Figura 3.18 Gráfica de la sensibilidad del VPN contra cambios en el Sueldo Base*

Como se puede ver, éste también es un factor determinante para el proyecto ya que al aumentar su valor, puede disminuir de manera significativa (debido a la pendiente de -89 grados que sigue la gráfica), al valor presente neto del proyecto.

Otra variable importante para este análisis es el gasto de los servicios de logística ya que, establecer un departamento de exportaciones e importaciones puede ser muy costoso, y ver hasta que punto se puede soportar los cambios en gastos de logística con otra compañía, ayudará para tomar la decisión de la creación o no, de este departamento.



Logística	VPN
7,770	459,232
9,990	351,872
12,210	244,512
14,430	137,151
16,650	29,791
17,760	-23,889
18,870	-77,569

Tabla 3.21 Valores del VPN resultantes a cambios en el precio de la logística

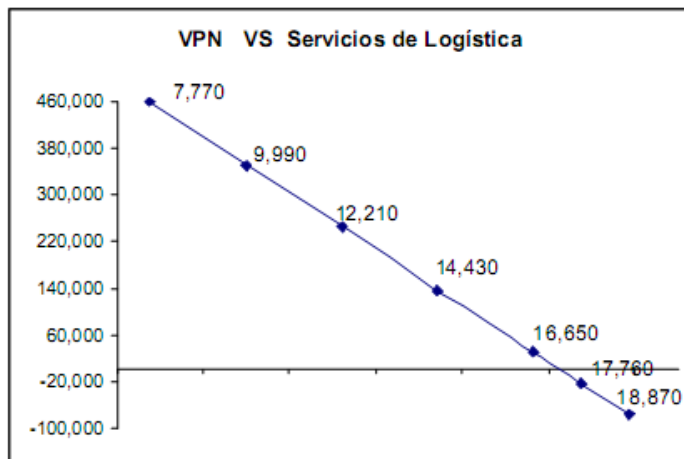


Figura 3.19 Gráfica de la sensibilidad del VPN contra cambios en el costo de los servicios de logística

Como se observa en la gráfica, se pueden soportar aumentos como el doble de su costo original sin que esto provoque pérdidas en el proyecto.

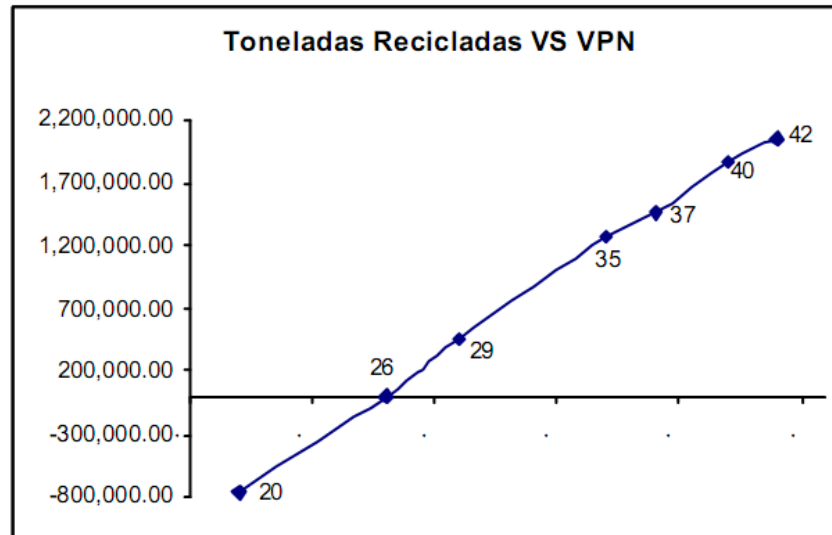
Para terminar con el análisis de sensibilidad, se debe revisar los cambios que podría provocar el cambio en la cantidad de toneladas que se producen mensualmente.

Cant. Ton.	VPN
20.00	-757,989.52
26.00	0.00
29.00	459,232.12
35.00	1,270,713.21
37.00	1,456,657.31
40.00	1,862,397.86
42.00	2,048,341.96

*Tabla 3.22 Valores del VPN resultantes a cambios en la cantidad de toneladas producidas mensualmente*

Como se ve en la tabla, esta variable es sumamente importante ya que en caso de no cumplir con el mínimo de 26 toneladas por mes, se tendría un valor presente neto negativo y no se recomendaría realizar la inversión.

Por otro lado, se cuenta con una capacidad total instalada de 42 toneladas mensuales con lo que obtenemos un VPN de \$2,048,341.96 lo cual es muy recomendable para realizar el proyecto. A continuación se muestra la gráfica con estos datos donde se muestra mejor el cambio del VPN respecto a la cantidad de toneladas producidas.



*Figura 3.20 Gráfica de la sensibilidad del VPN contra cambios en la cantidad de toneladas a producir mensualmente*

El punto de equilibrio, en el cual no se obtiene beneficio alguno está dado por la cantidad de 26 toneladas mensuales. Con esta cantidad, el valor presente neto es igual a cero.

### **3.28 Probabilidades de ciertos Eventos**

Para asignar probabilidades a ciertos eventos va a utilizar el método subjetivo, que se basa en obtener la mayor cantidad de información que pudiera predecir algún tipo de cambio en las variables que conciernen. Para este efecto se va a tomar en cuenta opiniones de personas que están involucradas en ese rubro, como servicios de logística y servidores públicos.

Para empezar este análisis se inicia por asignar la probabilidad a la variable de servicios de logística. Se pidieron datos históricos y opiniones del personal que trabaja en este tipo de empresas (fuente EXEL) llegando a la tabla siguiente.

<b>Servicios de Logística</b>			
Probabilidad	Negativo		
	25%	Probable	Positivo
		65%	10%
China/Shangai USD	800.00	700.00	600.00
Argentina /BA USD	1,600.00	1,400.00	1,200.00
EUA/Laredo USD	1,500.00	1,400.00	1,300.00
China/Shangai MXN	8,880.00	7,770.00	6,660.00
Argentina /BA MXN	17,760.00	15,540.00	13,320.00
EUA/Laredo MXN	16,650.00	15,540.00	14,430.00

*Tabla 3.23 Probabilidad de ciertos costos para los servicios de logística en sus distintos puertos destino según el Método Subjetivo*

La siguiente tabla muestra los cambios y las probabilidades de ocurrencia para el precio de compra por la materia prima o PET para reciclar por kilo.

<b>Precio de Compra Materia Prima / Kilo</b>				
Probabilidad	Negativo		Positivo	
	10%	Probable	Probable 2	10%
		60%	20%	
Precio MXN	\$1.20	\$1.00	\$0.80	\$0.50

*Tabla 3.24 Probabilidades de obtener ciertos precios por la materia prima según el Método Subjetivo*

Los datos que se presentan a continuación representan los cambios que se esperarían para el sueldo base, se debe considerar también el próximo cambio de periodo presidencial, para ver cómo se comportaría el sueldo base durante el siguiente sexenio.

<b>Sueldo Base</b>			
Cambio	Igual	Aumento 5%	Aumento 10%
Probabilidad	75%	15%	10%

*Tabla 3.25 Probabilidad que cambios en el sueldo base según el Método Subjetivo*

Para calcular la probabilidad de la producción mensual, se tomaron datos aportados por el APREPET en cuanto a población y producción diaria per cápita.

<b>Toneladas a Producir Mensualmente</b>					
	Negativo	Probable	Probable 2	Probable 3	Positivo
Toneladas	25	29	35	40	42

*Tabla 3.26 Probabilidad producir cierto número de toneladas mensuales y su equivalente en contenedores por año según el Método Subjetivo*

Por último, en cuanto al precio de venta por tonelada, se va a utilizar la información ofrecida por entrevistas con productores de fibras de poliéster chinos que compran al mejor precio (REI, 2006), el problema es la cantidad que se les pueda enviar. Así mismo se toma el precio de algunos compradores en Europa y Canadá.

<b>Precio de Venta / Tonelada</b>			
	Negativo	Probable	Positivo
Probabilidad	20%	60%	20%
Precio USD	450.00	500.00	650.00
Precio MXN	4,995.00	5,550.00	7,215.00

*Tabla 3.27 Probabilidad cambios en el precio de venta por tonelada de RPET según el Método Subjetivo*

### 3.29 Árboles de Decisión

En la siguiente página, se muestra el árbol de decisión que se construyó a partir del análisis de sensibilidad. Se utilizaron las variables que más afectan al proyecto y que pueden cambiar sin previo aviso. Se habla del precio de venta que se logre por tonelada y a la cantidad de toneladas recicladas y listas para su comercialización.

El segundo nodo es representado por un círculo y como ya se sabe, significa la posibilidad de ocurrencia de 3 diferentes tipos de eventos. Para el proyecto, es la posibilidad de producir 20, 28 o 40 toneladas que de acuerdo al tamaño de la población, se pretende sea el máximo a producir mensualmente. También se especifica dentro de un paréntesis la probabilidad de que ocurra cada evento.

Los siguientes 3 nodos representados por un cuadrado, representan la decisión de vender a los compradores en China, Argentina o Estados Unidos.

Los otros 9 nodos representan la probabilidad de que se tenga cierto precio por tonelada, cada nodo tiene 3 posibilidades y en las ramas está especificado el precio y la probabilidad de tenerlo.

Por último se ha calculado el valor presente neto de cada rama del árbol, este dato va a ayudar a solucionar cada nodo del árbol.

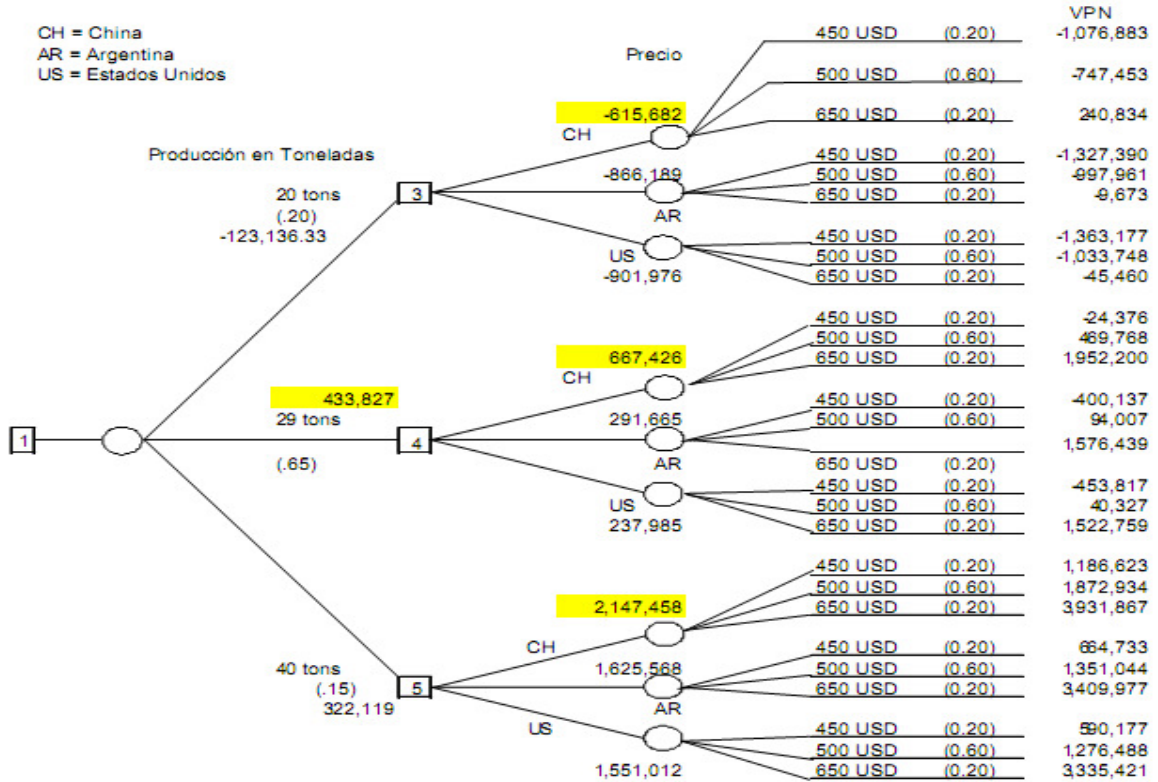


Figura 3.21 Árbol de Decisión resuelto para diferentes cantidades de producción de RPET y precio de venta

Por simplicidad solo se tomaron 3 valores posibles para la producción mensual, estos valores fueron escogidos por ser los más representativos para nuestro ejemplo. Las probabilidades asignadas fueron tomadas respecto a sus valores más importantes dentro de la tabla de probabilidad antes mencionada.

Para solucionar el árbol, se empieza de las ramas hacia el principio, de atrás hacia delante. Una vez que se tienen todos los datos en el árbol, solo se tienen que hacer ciertas operaciones para así obtener el valor de cada nodo.

Por ejemplo para resolver el nodo 6 se multiplican los VPN de cada rama, por la probabilidad de cada rama, después se suma algebraicamente cada resultado y la cantidad obtenida es el valor del nodo.

$$(-1,076,883 \times 0.20) + (-747,453 \times 0.60) + (-240,834 \times 0.20) =$$
$$\mathbf{-615,682}$$

Se debe repetir la operación para cada nodo, una vez que se tengan estos valores, el mayor es la cantidad que puede tomar el nodo del cual partieron. En nuestro caso el valor más alto es el que se va a tomar y son los nodos 3, 4 y 5.

Por último el valor que tengan cada uno de estos nodos, se multiplican por la probabilidad de cantidad de producción y de la misma manera, el proyecto tomará el valor más grande que resulte de esta operación.

### **3.30 Simulación de escenarios**

Para la simulación se utilizó el programa @RISK, el cual es un software especializado para realizar este tipo de tareas combinando muchas variables al mismo tiempo, con los posibles valores que puedan tomar a partir de distribuciones de probabilidad.

En nuestro caso, se cuenta con las distribuciones de probabilidad para variables como el precio de venta, toneladas a producir mensualmente, variación en el sueldo base, etc.

Los valores de entrada para el software son los siguientes:

Gracias a que se cuenta con los valores de probabilidad para distintos precios en cuanto a los servicios de logística para los envíos dirigidos al puerto de Shangai en China, se pueden definir los valores que puede tomar la variable como una distribución de probabilidad discreta, es decir, que tiene valores perfectamente establecidos para cada una de las opciones.



Así que la función queda de la siguiente manera:

**Logística China =RiskDiscrete({8880,7770,6660},{0.25,0.65,0.1})**

Donde RiskDiscrete es la función que usa @RISK para asignar valores de acuerdo a sus probabilidades utilizando una distribución discreta.

A continuación, dentro del paréntesis y entre corchetes se encuentra la lista de valores que puede tomar la variable. Dentro del segundo par de corchetes, se encuentran los valores de probabilidad que son escritos en orden correspondiente a la lista anterior. Con esto le indica al software que el primer número de la lista de valores, tiene una probabilidad igual al primer elemento de la segunda lista y así sucesivamente.

De la misma manera se escribieron las funciones para las otras variables quedando las mismas como sigue:

**Precio MXN = RiskDiscrete({4995,5550,7215},{0.2,0.6,0.2})**

**Sueldo Base = RiskDiscrete({44,46,48},{0.75,0.15,0.1})**

**Materia Prima = RiskDiscrete({1.2,1,0.8,0.5},{0.1,0.6,0.2,0.1})**

**Toneladas Mensuales = RiskDiscrete({25,29,35,40,42},{0.08,0.35,0.3,0.14,0.13})**

Explicando los valores de las variables quedan: Logística China

Servicios de Logística		Prob
China/Shangai MXN	\$8,8	25%
	\$7,7	65%
	\$6,6	10%

*Tabla 3.28 Distribución de probabilidad para los costos en los servicios de logística usados en la simulación.*

## Precio MXN

Precio de Venta / Tonelada		Probabilidad
Precio MXN	\$4,99	20%
	\$5,55	60%
	\$7,21	20%

*Tabla 3.29 Distribución de probabilidad para el Precio de Venta del RPET usado en la simulación.*

## Sueldo Base

Sueldo Base		Proba
No cambia	\$44.	75%
Aumento	\$46.	15%
Aumento	\$48.	10%

*Tabla 3.30 Distribución de probabilidad para cambios en el sueldo base usado en la simulación.*

## Materia Prima

Precio de Compra de Mat. Prima		Probabilidad
Precio MXN	\$1.20	10%
	\$1.00	60%
	\$0.80	20%
	\$0.50	10%

*Tabla 3.31 Distribución de probabilidad para distintos precios para la compra de materia prima usado en la simulación.*

Toneladas a producir

	<b>Ton</b>	<b>Probab</b>
Producción Mensual Toneladas	25	8%
	29	35%
	35	30%
	40	14%
	42	13%

*Tabla 3.32 Distribución de probabilidad para la producción mensual.*

En cuanto a los valores de salida que se van a obtener por parte del software, se define la variable

$$\text{VPN Total} = \text{RiskOutput}(\text{"VPN Total"}) + \text{NPV}(\text{B37}, \text{C56:L56}) + \text{B56}$$

Donde:

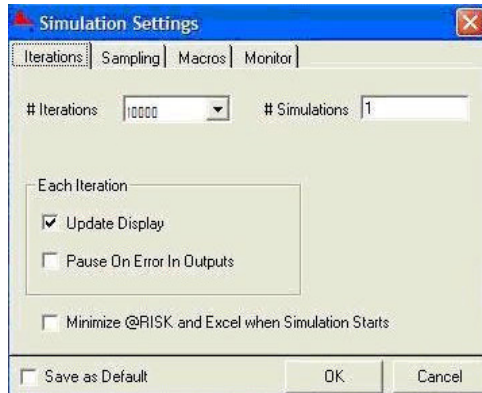
$$\text{B37} = \text{TREMA (19\%)}$$

C56:L56 = Rango de valores del Flujo de Efectivo Neto Después de Impuestos

B56 = Es el valor de la Inversión Inicial

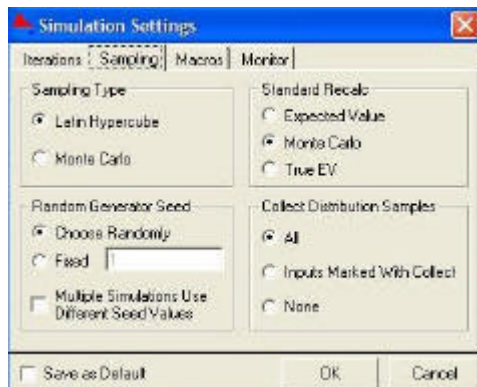
La función RiskOuput le dice al software que esta variable debe almacenar todos los valores resultantes de cada iteración de la simulación. Es decir, cuando el programa calcula diversos valores para las variables de entrada, el Valor Presente Neto del proyecto será el resultado de cada una de estas iteraciones. De la misma manera se almacenan los valores para la TIR y PB

En materia de la simulación se define que:



*Figura 3.22 Definición de la simulación con 10,000 iteraciones*

Para realizar un total de 10,000 iteraciones en una simulación, esto es, calcular distintos valores para las variables de entrada un total de 10 mil veces para calcular cada una de ellas, el Valor Presente Neto y almacenarlo en la variable VPN Total.



*Figura 3.23 Definición de la simulación Monte Carlo para cálculo estándar*

El único valor que se va a cambiar es el de Standard Recalc seleccionando “Monte Carlo” ya que con esto aseguramos que los valores que van a tomar las variables de entrada, serán totalmente aleatorias calculadas sobre su distribución de probabilidad.

### 3.30.1 Los Resultados

Después de realizar las 5 mil iteraciones, el software muestra los siguientes reportes:

Summary Report

Output and Input Summary Statistics

Output Name	Output Cell	Simulation#	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev
VPN Total	\$C\$57	1	-773,490.44	4,954,753.50	1,336,292.61	1,099,720.78
TIR	\$C\$59	1	6.00%	93.01%	39.37%	16.46%
PB	\$C\$60	1	1.07	9.10	2.81	1.15

Input Name	Input	Simulatio	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev
Logística a China	\$H\$59	1	6,66	8,88	7,93	635.
Precio MXN	\$H\$60	1	4,99	7,21	5,77	752.
Sueldo Base	\$H\$61	1	44.0	48.0	44.7	1.31
Materia Prima	\$H\$62	1	0.50	1.20	0.93	0.18
Toneladas Mensuales	\$H\$63	1	25.0	42.0	33.7	5.37

*Tabla 3.33 Resumen de resultados de la simulación*

En esta tabla se muestran los valores máximos y mínimos, al mismo tiempo que la media y la desviación estándar que tomaron las variables de entrada y las de salida.

### 3.30.2 @RISK Output Data Report

Output Data

Outputs	VPN Total	TIR	PB
1	1,267,576.63	38.46%	2.50
2	267,911.56	23.27%	3.86
3	321,591.69	24.12%	3.74
4	3,093,110.50	65.50%	1.51
5	3,253,183.75	67.97%	1.46
6	1,345,114.63	39.65%	2.43
7	1,186,623.00	37.31%	2.57
8	1,952,200.13	48.95%	1.99
9	1,779,846.13	46.48%	2.09
10	603,082.00	28.56%	3.25
11	1,506,931.63	42.28%	2.29
12	341,999.84	24.44%	3.70
13	416,088.13	25.61%	3.56
14	1,991,017.38	49.54%	1.97
15	1,215,640.25	37.80%	2.54
16	3,931,867.00	77.42%	1.28
17	- 612,288.81	8.78%	7.53
18	267,911.56	23.27%	3.86
19	3,244,704.50	67.84%	1.46
20	523,448.41	27.30%	3.38
21	- 78,055.83	17.74%	4.77
22	837,368.88	32.12%	2.93
23	1,506,931.63	42.28%	2.29
24	229,094.19	22.65%	3.94
25	1,898,519.88	48.12%	2.03
26	1,779,846.13	46.48%	2.09
27	1,762,887.63	46.22%	2.11
28	2,473,365.00	57.01%	1.73
29	1,133,072.75	36.53%	2.62
30	1,215,640.25	37.80%	2.54

*Tabla 3.34 Muestra de los datos de salida en la simulación correspondientes al VPN y la TIR del Proyecto.*

### 3.30.3 @RISK Input Data Report

En esta tabla, por razones de espacio, sólo se muestran los primeros 30 valores que tomo el Valor Presente Neto en nuestra simulación. De la misma manera se presenta la siguiente tabla que es el reporte Input Data Report presentado por @RISK.

## Input Data

**Inputs Logística China Precio MXN Sueldo Base Materia Prima Toneladas Mensuales**

1	8,880.00	4,995.00	44.00	1.00	42.00
2	8,880.00	5,550.00	48.00	1.00	29.00
3	7,770.00	5,550.00	48.00	1.00	29.00
4	7,770.00	7,215.00	44.00	1.00	35.00
5	8,880.00	7,215.00	44.00	0.80	35.00
6	7,770.00	4,995.00	44.00	1.00	42.00
7	7,770.00	4,995.00	44.00	1.00	40.00
8	7,770.00	7,215.00	44.00	1.00	29.00
9	8,880.00	5,550.00	44.00	0.50	35.00
10	8,880.00	5,550.00	44.00	0.80	29.00
11	7,770.00	5,550.00	44.00	0.80	35.00
12	8,880.00	5,550.00	46.00	1.00	29.00
13	8,880.00	5,550.00	44.00	1.00	29.00
14	7,770.00	7,215.00	48.00	0.80	29.00
15	8,880.00	5,550.00	44.00	1.00	35.00
16	7,770.00	7,215.00	44.00	1.00	40.00
17	8,880.00	4,995.00	44.00	1.00	25.00
18	8,880.00	5,550.00	48.00	1.00	29.00
19	7,770.00	7,215.00	46.00	0.80	35.00
20	6,660.00	5,550.00	44.00	1.00	29.00
21	8,880.00	4,995.00	44.00	1.00	29.00
22	8,880.00	4,995.00	44.00	0.80	35.00
23	7,770.00	5,550.00	44.00	0.80	35.00
24	8,880.00	5,550.00	44.00	1.20	29.00
25	8,880.00	7,215.00	44.00	1.00	29.00
26	8,880.00	5,550.00	44.00	0.50	35.00
27	6,660.00	5,550.00	48.00	0.50	35.00
28	6,660.00	7,215.00	44.00	0.50	29.00
29	7,770.00	5,550.00	48.00	1.00	35.00
30	8,880.00	5,550.00	44.00	1.00	35.00

*Tabla 3.35 Muestra de los datos de entrada que se usaron en la simulación para las variables antes definidas.*

### 3.30.4 @RISK Output Graphs

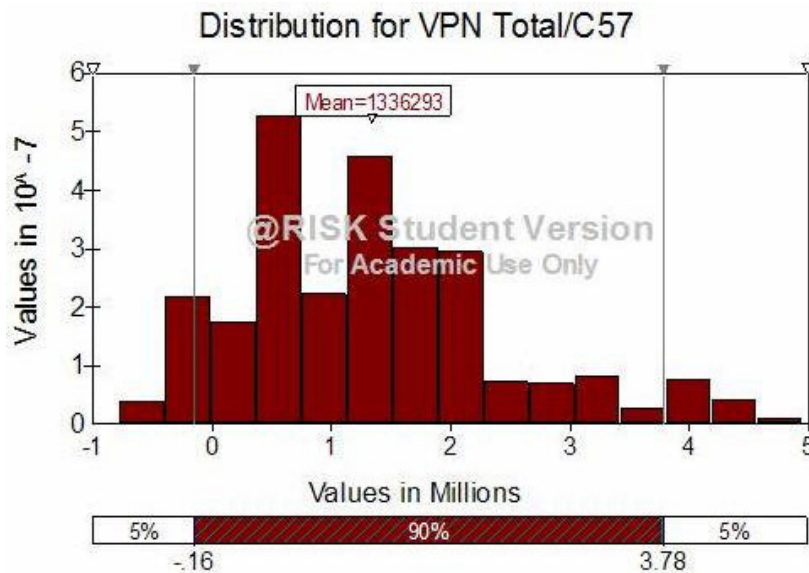


Figura 3.24 Gráfica que muestra los valores que tomó el VPN del Proyecto durante la simulación.

Por último se tiene la gráfica de salida del programa donde se muestran los valores que puede tomar el Valor Presente Neto en este proyecto. Primero muestra la media que es de \$1,336,293 que por mucho es un valor alentador para llevar a cabo el proyecto.

Usando la función de la distribución normal junto con la media (1,336,293) y la desviación estándar (1,099,721), podemos calcular la probabilidad de que se obtenga un valor presente neto (VPN) positivo, para lo anterior, se utilizó la función de la distribución normal de Excel® la cual tiene como valores de entrada la X (valor para el cual se va a calcular la probabilidad), la media, la desviación estándar y un valor lógico para usar ya sea la distribución acumulada o la distribución bruta, se usará el valor “verdadero” ó “1” para la distribución acumulada.



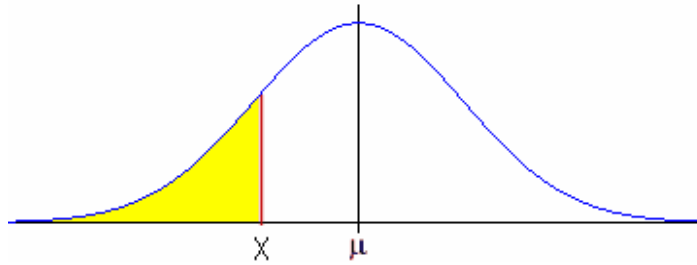


Figura 3.25 Gráfica de la función de la distribución normal

Fuente: Descartes, 2006.

La entrada en Excel® queda de la siguiente manera:

1 - DIST. NORM ( 0 , media, desviación estándar, 1)

Se calcula 1 menos la función ya que se quiere obtener el valor de la función a la derecha de X, resultando lo siguiente:

Probabilidad de VPN  $\geq$  0 es de 88.78 %

Después de la simulación, es recomendable que el proyecto deba realizarse ya que como se ha visto existe una probabilidad mayor al 85% de obtener un VPN positivo.

### 3.30.5 Tasa Interna de Retorno

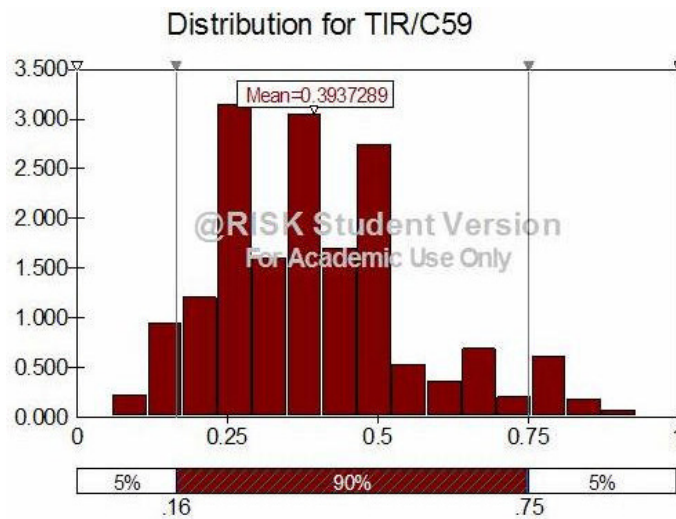


Figura 3.26 Gráfica que muestra los valores que tomó la TIR del Proyecto durante la simulación.

En la gráfica se muestran los valores que tomó la Tasa Interna de Retorno (TIR) durante nuestra simulación, como se puede ver, la media fue de 39.37 % que es superior a la TREMA de 19 %.

Calculamos la probabilidad de que la TIR sea mayor que la TREMA de la misma manera que lo hicimos con el valor presente neto, utilizando la media de 39.37% y la desviación estándar de 16.46% quedando lo siguiente:

Probabilidad de  $TIR \geq 19\%$  es de 89.21 % Por lo que se recomienda llevar a cabo la inversión.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

#### **4.1 Viabilidad del proyecto de Inversión**

Como se mostró durante el desarrollo de esta tesis, el proyecto es atractivo y viable en varios aspectos destacando, el económico ya que se trata de crear una empresa que genere utilidades, pero también es importante en el aspecto ecológico ya que propone beneficios al medio ambiente.

Adentrándonos un poco más en el ámbito económico, en este proyecto se tiene que, se pueden obtener grandes beneficios dependiendo de algunos factores que están dentro de nuestro control como son la obtención del material para reciclar y también la negociación del precio de venta del producto terminado con los mercados estudiados en el capítulo 3.

La inversión inicial que se presenta es relativamente baja en comparación con empresas de este tipo, gracias a muchos factores que se encontraron al momento del cálculo de costos. En primer lugar tenemos que la compra del terreno es sumamente

atractiva debido a la apertura del gobierno del municipio de Tejería, Veracruz para atraer inversión y por consiguiente, empleo para la región.

Los costos de instalación (energía eléctrica, agua, telefonía, drenaje, etc.) son mínimos gracias a los incentivos que otorga el municipio para el establecimiento de industrias en el mismo. El costo que representa el mayor desembolso es en cuanto a la construcción de la nave industrial con las especificaciones requeridas, pero teniendo en cuenta los costos de otras ciudades como la capital del estado, el gasto constituye la cuarta parte de lo que costaría esa misma construcción en la ciudad de Veracruz, por lo que consideramos que es una ventaja importante para el desarrollo del proyecto.

Gracias a la cercanía con los fabricantes de la maquinaria necesaria para la empresa recicladora, se logran 2 ventajas:

Bajos costos de transporte

Asesoría del personal en la fábrica con maquinaria en operación, antes de ser instalada en la planta.

Otra ventaja con la que se cuenta es la relación con los acopiadores establecidos en la región, con lo cual se puede obtener un precio justo con el cual se obtengan los beneficios esperados y al mismo tiempo ofrecer una fuente de ingreso extra para las personas que se encargan de la recolección y el acopio de el material para reciclar.

#### **4.2 El futuro de la empresa**

Este proyecto tiene enormes posibilidades de expansión en un futuro y esto es debido a las distintas aplicaciones que tiene el RPET en nuestra vida cotidiana.

Es posible que antes del término establecido para el proyecto, se pueda abrir otra compañía en otra región con el fin de producir mayor material con el cual garantizar un número importante de toneladas al año y gracias a esto, negociar mejores precios con los compradores.

También se pueden generar unidades de negocios como se mencionó en el capítulo 3, para especializarse en la fabricación de resina industrial para la industria automotriz ya que, se tiene la ventaja de contar con una de las plantas armadoras más importantes en Latinoamérica como lo es VW en la ciudad de Puebla.

Otra opción es incursionar en aplicaciones de embalaje como fleje y correas ya que estos materiales también son muy demandados en el país.

Por último se puede entrar en la cadena de la industria textil mexicana, gracias a los bajos costos con los que se puede conseguir las fibras hechas del RPET mexicano, es posible competir con los costos de mano de obra de la industria textilera china.

Al final del tiempo de vida del proyecto, se deben estudiar estas opciones y también analizar la posibilidad de hacer pública la compañía con la finalidad de lograr estas unidades de negocios y tal vez en cierto tiempo incursionar en el reciclado químico con el cual se triplicarían los ingresos obtenidos con el método mecánico.

### **4.3 Recomendaciones**

Para terminar, la recomendación es llevar a cabo este proyecto y trazar un plan de acción con el cual se obtengan los resultados deseados. El principal reto es la recolección por lo cual se tiene que tener en cuenta el esfuerzo que esto representa, el entrenamiento al personal encargado de estas tareas y la educación a la población.

Las claves para el éxito del reciclado

**Compromiso** – Apoyo desde la gerencia estableciendo una misión, un memorando, un fondo o participar directamente.

**Recolección** – Un sistema eficiente, fácil de usar y consistente.

**Participación** – Empleados, vendedores, contratistas y personas que están al tanto del programa y apoyan los esfuerzos del reciclado.

**Almacenamiento** – Un área de retención temporal para combinar lo recolectado en contenedores pequeños para ser colectado en mayor escala.

**Servicio de Transporte** – Encargado de capturar el desperdicio y de la transportación del material a la planta para procesamiento.

### **4.3.1 Herramientas para la planeación**

#### **4.3.1.1 Participación**

Crear una organización con varios participantes y así conseguir el apoyo de personas que aprueban el programa, pueden ser administradores de instalaciones de almacenamiento, administración, vendedores, usuarios de estas instalaciones, encargados de la limpieza y servicios de desechos sólidos.

#### **4.3.1.2 Metas**

Establecer objetivos claros para ayudar a concentrarnos en desarrollar elementos clave de un programa efectivo como son: proveer educación, mantener registros precisos, establecer parámetros para medir los niveles de recuperación.

#### 4.3.1.3 Flexibilidad

Planear un programa que se pueda expandir o modificar el acopio y el procesamiento para cubrir las necesidades de algunos eventos o regiones.

#### 4.3.1.4 Acuerdos

Anticipar y cubrir las necesidades de reciclado con acuerdos y compromisos con vendedores de comida y bebidas, encargados de los desechos sólidos y escuelas (NAPCOR, 2006).

#### 4.3.2 El paso número uno

Proveer depósitos para los envases a las personas con las que se realicen los acuerdos antes mencionados o proponer un intercambio como donar bancas a un parque en cuanto se cuente con cierto número de Kg. reciclados en ese parque.



*Figura 4.1 Contenedores para envases reciclables con orificios especiales*

En cuanto a lo financiero, usar un sistema que reduzca el pago de impuestos por la ayuda en la disminución del manejo de desperdicios sólidos, limpieza y manejo de la basura, para obtener fondos para el programa de reciclado.

En el área de la educación y entrenamiento, hay que promover el reciclado y promoverlo entre empleados y patrones, enseñar al personal como reciclar de manera adecuada ya que es esencial para el éxito del programa.

También se debe estimar la recuperación mediante auditorias y usando los resultados en combinación con datos sobre las especificaciones de los envases, pueden proveernos mejores datos con los cuales se puede planear mejor el acopio del material (Ibidem).

### **4.3.3 Estrategias de acopio**

La estrategia va a depender en el tipo de evento o lugares donde se van a coleccionar los envases, las cantidades de éstos que están disponibles para el reciclado, los recursos con los que contamos y los requerimientos del mercado. Los métodos de acopio necesitan ser fáciles para el uso del público, para dar el servicio y para implantarlos por el personal encargado y estar disponible libre de contaminantes.

Contenedores de varios tipos recuerdan las herramientas fundamentales para el reciclado, entregando una identidad de programa tanto como un método. Sin embargo, estos contenedores pueden ser complementados con otros esfuerzos en la recuperación de botellas, por que en algunos casos, no serán utilizados del todo.

#### **4.3.3.1 Usando contenedores de reciclado**

Para eventos como ferias y festivales, tanto como en escuelas y parques, los contenedores son una opción obvia. Pueden ser colocados junto a los botes de basura para que los asistentes los usen a su paso por dichos establecimientos. Combinando contenedores de reciclaje con uno o más botes de basura, van a reforzar el mensaje del acopio.



Existen muchos contenedores funcionales y atractivos en el mercado, y escoger cuidadosamente los correctos para nuestras necesidades es muy importante. En general, éstos necesitan ser visualmente distintivos, con el tamaño apropiado y lo suficientemente durables para manejar las necesidades del lugar donde sean colocados.



*Figura 4.2 Contenedor transparente para identificar envases PET*

#### **4.3.3.2 Usando contenedores con otros métodos**

Usando estos contenedores para reciclado en los lugares antes mencionados, tienen muchos beneficios pero también limitaciones. Los aspectos positivos incluyen el ofrecer una identidad al programa y a las personas que reciclan, una herramienta para hacerlos sentir que los directivos están haciendo su parte en esta labor. Basándonos en la experiencia, la presencia de estos contenedores, logra cambiar el comportamiento de las personas que depositan la basura en los botes.

Los contenedores solos, colectan usualmente una cantidad pequeña de envases reciclables.

Los contenedores deben ser visualmente distintivos comparados con los receptáculos para basura más los siguientes puntos:

Deben tener orificios de no más de 4 pulgadas de diámetro para introducir los envases de bebidas y desalentar el depósito de basura en ellos.

La gente normalmente consume sus bebidas y necesita contenedores donde depositar sus envases más lejos de donde los adquirieron, así que se debe planear la ubicación de contenedores adecuadamente.

El servicio debe ser constante en cuanto a vaciarlos en cuanto se llenan además de:

Revisar periódicamente los contenedores para evitar contaminación, si empiezan a tener mucho flujo, es posible que estén siendo usados como receptáculos de basura.

Situar voluntarios o algunas personas cerca de los contenedores para indicar al público acerca del uso adecuado de los mismos. Mientras no siempre sea posible o costeable, el valor de la educación es muy alto.

Se debe estar consiente de que el manejo y el procesamiento deben incluir cierto proceso de selección, aún con este programa, puede ser necesario hacerlo 2 veces.

La educación del público es necesaria ya que otro tipo de envases como PVC en vasos de colores y bebidas que se hayan dejado en ellos, pueden contaminar las botellas de PET reciclables y requerir un mayor proceso para su utilización como materia prima.

#### **4.3.4 Logística de recolección**

La eficiencia es la clave para un efectivo plan de reciclado, minimizando el manejo del material e integrando el acopio de los envases, existente dentro del actual sistema de manejo de desechos sólidos, van a ayudarnos a reducir los costos de operación del programa.

#### 4.3.4.1 Herramientas para mejorar la logística de recolección

Se debe usar bolsas de plástico transparentes como recipientes dentro de los contenedores, estas bolsas reducen la necesidad de limpiar frecuentemente los botes, permite la identificación y la remoción de contaminantes y mantienen los materiales visibles y fáciles de identificar. Estas bolsas deben ser del tamaño suficiente para alcanzar el fondo de los contenedores y ser capaces de sobrepasar un poco la orilla de los mismos.

Usar sólo las bolsas transparentes u opacas, diferentes al color de las usadas tradicionalmente para basura, para ser recogidas al final de cada periodo. El uso de los colores distintos al negro ayuda a la identificación de las que son usadas para el programa de reciclado.

Asegurar que el personal tiene acceso a vehículos de carga con compartimentos separados para basura y material reciclable, este punto posiblemente deba incluirse en otro momento cuando las condiciones se presenten. Una camioneta con chasis modificado y carros de golf, funcionan bien para el acopio, por último buscar la posibilidad de conseguir asistencias por parte de terceros.



*Figura 4.3 Contenedores separados para material reciclable y de desecho*

### **4.3.5 Almacenamiento de material reciclable**

A pesar de que se pretende proveer con un servicio de recolección, es necesario contar con ciertos puntos de almacenamiento del material para reducir la frecuencia de viajes de recolección y así minimizar los costos, pero no podemos olvidar que se requiere de contenedores de almacenamiento o establecimientos para estos propósitos.

### **4.3.6 Educación y entrenamiento**

La experiencia muestra que el reciclado es mucho más fácil y los problemas menores, cuando se ofrece una educación y entrenamiento apropiados al personal encargado del reciclado y la limpieza. Lo anterior, ayuda de manera significativa para maximizar la cantidad de envases recuperados y minimizar la contaminación en ellos. Nuestra meta es lograr que el personal o las personas, sepan donde colocar estos materiales para evitar contaminación al mismo tiempo que, los contenedores no pase desapercibidos.

#### **4.3.6.1 Herramientas para la educación y el entrenamiento del personal**

Incluir al personal en el proceso de planeación, solicitando su aportación acerca de los lugares donde deben ser colocados los contenedores, que simbología usar y como colectar el contenido de la manera más eficiente. El incluirlos ayuda a los empleados a adoptar como propio el programa y lo alienta a convertirlo en un éxito.

Sesiones de entrenamiento regulares al personal y orientación para que gente que se una al programa sea incluida en la discusión del mismo.

Complementar las políticas establecidas, manuales y señalamientos con opiniones generadas en los entrenamientos.

Preparar “Tarjetas de Reporte de Reciclado para los establecimientos y edificios

para proporcionarles información del éxito del programa y estimular el seguimiento del mismo.

#### **4.3.7 Promocionar el programa**

¿Cómo publicitar el programa? ¿Cómo educar a la gente de los lugares donde se aplica? La respuesta a estas preguntas es usando señalamientos simples que incluyan figuras visuales consistentes de códigos en colores para los contenedores, estos son elementos importantes en programas que educan a los usuarios y crean cambios duraderos en su comportamiento.

##### **4.3.7.1 Herramientas para la promoción**

Publicar los esfuerzos en medios electrónicos o impresos locales. Usar varios elementos de comunicación como pósters, volantes y playeras que promuevan el programa de reciclado.

Incluir información sobre reciclaje en publicaciones como periódicos, revistas, boletines informativos y todas las publicaciones relacionadas con la venta de productos embotellados.

Hacer que todo el personal vista con pins o sticker que publiciten el reciclado.

En caso de implementar el programa en eventos, alentar a las compañías de bebidas a incluir un mensaje sobre el reciclado dentro de su presupuesto destinado al evento.

Encuestas, grupos de discusión o algún otro método puede proveer información acerca de actitudes y comportamientos de las personas que están en las instalaciones donde se implementa el programa.

Para algunos lugares donde se lleve al cabo un evento como un juego de fútbol, podría ser apropiado el evaluar métodos de recompensa para que los asistentes usen los contenedores. Por ejemplo entregar regalos de bajo costo a los niños o jóvenes que lleven las botellas vacías a los sitios destinados para su recolección.

Estos pueden ser elementos que promuevan el programa y así ayudar a no dejar basura tirada al mismo tiempo que reduciría los costos de limpieza del lugar.

#### **4.3.8 El mensaje**

Cierto tipo de mensajes educacionales son cruciales para maximizar la recuperación y minimizar la contaminación:

El reciclado solamente de los envases de bebidas (o combinación de botellas y latas), dejando fuera a los vasos.

No colocar ningún envase de plástico que no sean botellas en los contenedores de reciclado.

No colocar comida o cualquier tipo de basura en estos contenedores

Vaciar la botella (terminar la bebida) y desechar el tapón antes de ser reciclado este envase.

Minimizar el número de botellas que aún contienen líquidos, reduce el peso de las bolsas llenas, derrames potenciales y contaminación de los materiales.

Como acción inicial es obtener el financiamiento necesario para establecer la planta, para este fin se debe acercarse a los programas que el gobierno ofrece para este tipo de industrias, gracias a los beneficios que representan, aplican para planes llamados “a fondo perdido” con los cuales el costo de capital disminuye considerablemente.

Por un lado se tiene que es una empresa ecológica que no contamina y al mismo tiempo ayuda a resolver algunos problemas en este ámbito como son el manejo de desperdicios sólidos del municipio y sus alrededores, se puede aumentar el tiempo útil de los rellenos sanitarios con los que cuenta el municipio de tejería, debido a que el material es voluminoso y por lo mismo ocupa mucho espacio si no es compactado correctamente.

En segundo lugar, se pretende lograr un ahorro en el gasto municipal en cuanto al servicio de limpieza ya que, con los programas de entrenamiento, concientización de la población y de beneficios económicos y ambientales, disminuirá el presupuesto destinado a este rubro pudiendo ser dirigido a otros beneficios para el municipio.

En cuanto al acopio del material, se está estudiando la posibilidad de instalar pequeños trituradores en los vehículos de recolección con la finalidad de disminuir al máximo la contaminación de los envases y por lo mismo el tiempo de selección y separación en la planta al mismo tiempo que los rechazos del producto terminado. Este sistema está siendo implementado en Centroamérica con pequeñas pero significativas mejoras en cuanto a la producción del RPET.

Por último, esta planta representa otros beneficios económicos gracias a que se generarán empleos directos en la misma pero, también tendremos a muchas personas trabajando indirectamente ya que, a partir del establecimiento de la empresa, comenzarán a ver al PET como otra fuente de ingresos y así como una forma en la cual contribuyen para la conservación del medio ambiente.

## Bibliografía

Carlos Damian y Hernán Pedro (2001) "Sobre la determinación de la estructura de capital en la pequeña y mediana empresa", Campos Temáticos : L1, G3

Coordinador del Centro de Investigación en el Área Económico Administrativo, Campus Calasanz.  
Investigador de tiempo completo.

Cosh, A.D. y A. Hughes (1994): "Size, financial structure and profitability", in Hughes, A. Y Storey, D.J. (eds.), *Finance and the Small Firm*, Routledge, London.

F. y M. H.Miller (1963). Corporate Income Taxes and The Cost of Capital: A Correction. The American Economic Review.

Fazzari, S; Hubbard Glenn, R. e Petersen, B.(1998). "Financing Constraints and Corporate Investment" Brookings Papers on Economic Activity.

Ferri, M y W. Jones (1979): "Determinants of Financial Structure: a New Methodological Approach", *The Journal of Finance*, vol. 34, núm. 3.



Hall, G., P. Hutchinson and N. Michaelas (2000): "Industry effects on the Determinants of Unquoted SME's Capital Structure", *International Journal of the Economics of Business*, vol. 7, núm. 3.

Harris, M. e Raviv, A.(1991) " The Theory of Capital Structure" *The Journal of Finance*. Vol. XLVI, No 1. March.

Investigador de tiempo completo en la Universidad Cristóbal Colon, Campus Calasanz

Investigadores Asistentes del Centro de Investigación en el Área Económico Administrativo, Campus Calasanz.

Jensen, M y H. Meckling (1976). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure. *Journal of Financial Economics*, 3, 305:360.

Klein, D. y B. Bryan (1993): "Sustainable Growth and Choice of Financing", *Review of Financial Economics*, núm. 158, pp. 141-154.

Koutsoyiannis, A (1975); "Modem Microeconomics"; The Macmillan Press Ltd; Londres.

MacKay, P. y G. Phillips (2002). Is There an Optimal Industry Financial Structure? NBER Working Paper Series, 9032.

Michaelas, N., F. Chitenden and P. Poutziouris (1999): "Financial Policy and Capital Structure Choice in U.K. SME's: Empirical Evidence from Company Panel Data", *Small BusinessEconomics*, vol. 12.

Myers, S.C. y N.S. Majluf (1984): "Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have", *Journal of Financial Economics*, núm. 13.

Nolasco Estudillo Edgar Jesús, *Teorías económicas de la organización*,

<http://www.universidadabierta.edu.mx>, 03 abril 2004

Petersen, M. y R. Rajan (1994): "The benefits of Lending Relationships: Evidence from Small Business Data", *The Journal of Finance*, vol. 49, núm. 1.

Remmers, L., A. Stonehill, R Wright y T. Beekhuisen (1975): "Industry and Size as Debt Ratio Determinants in Manufacturing Internationally", *Financial Management*, vol. 4.

Romano, C., g. Tanewski y K Smyrniotis (2000): "Capital Structure Decision Making: A Model for Family Business", *Journal of Business Venturing*, vol. 16.

Ross, S. (1977). The Determination of Financial Structure: The incentive Signalling Approach. *Bell Journal of Economics*.

Schneider Rein Frank, (S/F) Determinantes del apalancamiento: los efectos del TLCAN sobre la infraestructura financiera de las empresas de la BMV, *Gaceta economía*, año 6, núm 11

Scott, D. y D. Martin (1976): "Industry Influence on Financial Structure", *Financial Management*, vol. 4.

Texto presentado en el Tercer Foro Académico del Área Económico-Administrativa de la Universidad Cristóbal Colón (noviembre, 2005).

Wald, J. (1999): "How firm characteristics affect capital structure: An international comparison", *The Journal of Financial Research*, vol. 22, núm. 2.