

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Instalación de una línea de triturado para el proceso de extrusión de
perfiles plásticos

Guatemala

2003

Instalación de una línea de triturado para el proceso de extrusión de perfiles plásticos

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

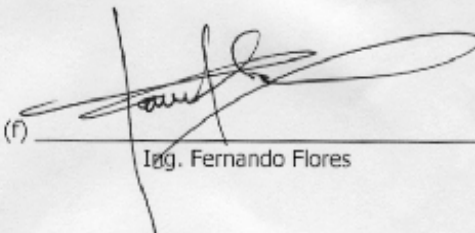
Instalación de una línea de triturado para el proceso de extrusión de
perfiles plásticos

Trabajo de investigación presentado por Carlo Prato para optar al grado de Ingeniero Industrial


Guatemala

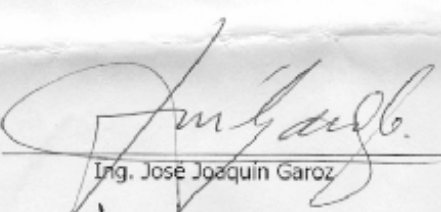
2003

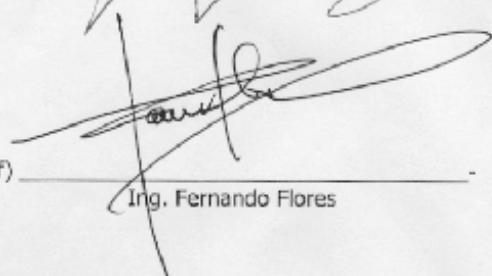
Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Fernando Flores

Tribunal:

(f) 
Ing. Carlos Paredes

(f) 
Ing. José Joaquín Garoz

(f) 
Ing. Fernando Flores

Fecha de aprobación: Guatemala, 23 de septiembre de 2003

ÍNDICE GENERAL

PREFACIO	VII
LISTA DE GRÁFICOS	IX
LISTA DE TABLAS	X
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL	3
2.1. El proceso de extrusión.....	3
2.2. Características del la materia prima de reciclaje.....	9
2.3. Contaminantes.....	10
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PROPUESTO	13
4. ESTUDIO DE INGENIERÍA	16
4.1. Ubicación de la planta de producción.....	16
4.2. Tamaño de la planta.....	18
4.3. Requerimiento de servicios.....	18
4.4. Disponibilidad de materia prima.....	18
4.5. Necesidades de personal.....	20
4.6. Acoplamiento a las líneas de extrusión.....	20
5. ESTUDIO ECONÓMICO	23
5.1. Supuestos.....	23
5.2. Análisis de ingresos - costos.....	26
5.3. Análisis del Punto de Equilibrio.....	31
5.4. Análisis del proyecto de inversión.....	34
5.5. Análisis de sensibilidad.....	36
6. CONCLUSIONES	41
7. RECOMENDACIONES	42
8. BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXO I – ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA	45
ANEXO II – COTIZACIÓN DE MATERIA PRIMA REICLADA	46
ANEXO III – COTIZACIÓN DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	47

PREFACIO

El Trabajo de Graduación es considerado como muchos como el punto culminante de una carrera. Para otros es otro paso en el proceso de aprendizaje, y para otros más, es un simple requisito impuesto para la obtención de un título o distinción. Al iniciar los estudios se divisa el trabajo de graduación como un reto distante y elusivo. Con la carga de trabajo del día a día es difícil asociar este punto culminante con los estudios que se realizan.

Mientras continúa la formación profesional, se comienza a obtener experiencia en el trabajo que eventualmente será o no el sustento en el futuro, y se acerca cada vez más este último empujón hacia el nacimiento profesional, el trabajo de graduación deja de ser algo tan intangible. El trabajo de graduación es el más sentimental de todos. Es comenzar y terminar. Es decir adiós y presentarse al mismo tiempo ante el mundo, un mundo que ya se ha conocido, pero que no se verá más con los mismos ojos.

Cada fase de una carrera profesional aparece como un obstáculo. Cuando se supera, a veces se olvida lo imposible que parecía al inicio, y se olvida también que hubo personas sin las cuales ese reto o ese obstáculo aún sería imposible y aún estaría presente. Este prefacio tiene como propósito poner en papel estos agradecimientos.

De lo específico a lo general cabe mencionar a los profesores que han brindado sus conocimientos. A los profesionales que han colaborado en este trabajo.

Es también importante agradecer a los amigos, y entre ellos a los profesores y profesionales que a lo largo de este proyecto han demostrado ser más allá que

simples referencias, por su apoyo y consejo. Siguen a los amigos hermanos y familiares, los cuales realmente son amigos con el mismo árbol genealógico, que por azares del destino hemos sido colocados en la misma familia. A mis padres, a quienes no he escogido, pero tampoco me han escogido a mí, por su ejemplo, perseverancia y apoyo.

Gracias a todos, sepan que hay un poco de cada uno de ustedes en este trabajo.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO		Página
5.1.1	Evolución del Índice de Precios al Consumidor	24
5.3.1	Análisis del Punto de Equilibrio	33
5.5.1	Sensibilidad del precio de venta	37
5.5.2	Sensibilidad del costo de materia prima	38
5.5.3	Sensibilidad del costo de energía eléctrica	40

LISTA DE TABLAS

TABLA		Página
1.1	Consumo promedio de las líneas de extrusión	3
1.2	Descripción y propiedades de los plásticos a reciclar	10
4.1	Composición promedio de los desechos sólidos a nivel nacional	19
4.2	Composición de los desechos plásticos a nivel nacional	19
5.1	Evolución del Índice de Precios al Consumidor 1996-2002	24
5.2	IPC Proyectado	26
5.3	Ingresos proyectados	27
5.4	Costos de producción	27
5.5	Cálculo del gasto de materiales	28
5.6	Cálculo del gasto de personal	28
5.7	Gastos por servicios	30
5.8	Gastos de mantenimiento	31
5.9	Gastos indirectos	31
5.10	Costos fijos y variables	32
5.11	Costos de transporte e instalación	35
5.12	Impuestos	35
5.13	Flujo de Efectivo	36
5.14	TIR & VAN	36
5.15	Sensibilidad del precio de venta	37
5.16	Sensibilidad del costo de la materia prima	39
5.17	Sensibilidad del costo de energía eléctrica	40

RESUMEN

Se ha elaborado el presente trabajo de graduación con la finalidad de demostrar la rentabilidad de la implantación de un sistema de triturado y mezclado de materiales reciclables para una planta que se dedica a la fabricación de perfiles plásticos por medio del proceso de extrusión.

Los perfiles plásticos se adaptan para una amplia gama de productos y aplicaciones. Estas aplicaciones pueden ser tan variadas como las distintas formas que toman los perfiles al ser extruídos. Las tuberías son perfiles que pueden ser utilizados para transportar fluidos (en productos como la tubería doméstica, industrial, mangueras y pipas) o como protección de cableado diverso (como el cableado eléctrico o telefónico) y los perfiles de forma angular pueden ser utilizados para construir estibas y como zócalos o angulares protectores. Igualmente variados son los productos que se fabrican con tipos distintos de plásticos. Una tubería de PVC resulta más durable que una fabricada con polietileno de baja densidad, pero mucho menos flexible. La utilización de una tubería de PVC es también muy distinta a la utilización de una tubería de polietileno.

La materia prima que se utiliza para la fabricación de estos perfiles son pellets de polietileno de alta densidad (HDP) y polietileno de baja densidad (LDP). El proyecto tiene como propósito sentar las bases para la utilización de material de reciclaje en el proceso, permitiendo obtener la calidad adecuada de producto terminado.

La línea propuesta consta de una trituradora, un tornillo de extrusión y una cortadora. El producto terminado serán pellets plásticos reciclados, cuyas características dependerán del material post-consumo utilizado para producirlos.

El material triturado debe pasar por un proceso de extrusión y cortado para que los pellets reciclados tengan una calidad aceptable que se traslade al producto terminado.

Los objetivos de este proyecto se detallan a continuación:

General

- Implantar un proceso productivo que permita aprovechar materiales de desecho para reutilizarlos en procesos específicos de una manera eficiente con relación al costo y la calidad del producto terminado.

Específicos

- Complementar una línea de producción de extrusión con maquinaria y procedimientos adicionales que permitan reducir costos mediante la utilización de materiales reciclables en el proceso.
- Analizar la inversión de la instalación de la nueva línea y demostrar su rentabilidad.
- Asegurar que la calidad del producto terminado se mantendrá una vez instalada la nueva línea.
- Ofrecer una opción para el alivio de la problemática de la disposición de desechos plásticos en la Ciudad de Guatemala

HIPÓTESIS

La instalación de una línea de triturado para aprovechar los desechos del proceso de extrusión y la implantación de los procesos adicionales requeridos, resulta rentable tomando en cuenta la reducción de costos de materia prima al aprovechar materiales de reuso.

La calidad del producto terminado se mantendrá o mejorará con la instalación de la nueva línea.

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos han llegado a formar parte de nuestro quehacer diario, tanto en los países industrializados, como en los que se encuentran en vías de desarrollo. No solamente la gran mayoría de productos se encuentran empacados en algún tipo de plástico, sino que muchos otros productos son básicamente plásticos en su constitución, o contienen plásticos en sus piezas.

El final de todos los productos, naturales o manufacturados, es su consumo y eventual desecho. Algunos productos están diseñados para ser utilizados y desechados en un tiempo relativamente corto, estos son los materiales desechables e incluyen la mayoría de empaques de productos duraderos o de consumo como comidas y medicinas. Los productos duraderos están diseñados para servir su propósito durante un período de tiempo. Pero eventualmente todos los productos tienden a ser desechados al final de su vida útil.

Por esto la disposición de los desechos se ha tornado tan importante, y la disposición de desechos plásticos se ha convertido en un reto, tanto tecnológico como económico, social, político y ambiental. Los plásticos no son los desechos sólidos que ocupan el mayor volumen en una zona urbana, pero por su naturaleza deben ser reusados por el hombre, ya que estos no lo son naturalmente. Su durabilidad y resistencia, propiedades que los hacen útiles, son las propiedades que no permiten que el material sea biodegradable.

Estas mismas propiedades hacen que sean ideales para ser reusados como materia prima de nuevos productos sin perder de manera drástica sus propiedades originales. Actualmente los desechos reciclables en la Ciudad de Guatemala son comprados por empresas manufactureras para reprocesarlos a un costo menor que

la materia prima virgen. Cada fabricante debe adquirir el material de desecho que se adapte a su proceso particular.

Aunque en la Ciudad de Guatemala se lleva a cabo una separación básica de plásticos, aún no se ha establecido un método para clasificar específicamente los plásticos a reciclar. En el caso de los plásticos es necesario que la selección sea algo más minuciosa. Debido a la gran variedad de productos y a la diversidad de propiedades de ellos, se debe tener gran cuidado al adquirir material de post-consumo para reciclaje. El proceso en estudio utiliza materiales de Polietileno de Alta Densidad (HDP) y Polietileno de Baja Densidad (LDP). Los desechos de estos polietilenos son fácilmente identificables, por lo que su selección es factible. Afortunadamente, la experiencia ha enseñado a los comerciantes de desecho a separar los plásticos de acuerdo a sus características, principalmente su rigidez y durabilidad. Si bien no se ha llegado a un nivel de selección específica por tipo de plástico, la selección por tipo de envase o tipo de desecho permite al comprador adquirir la materia prima necesaria. De esta forma, aunque no se especifique que se está comprando polietileno de alta o baja densidad, se puede comprar desechos de botellas de detergentes, leche o envases de medicamentos (polietileno de alta densidad) por un lado, y bolsas flexibles o bolsas de residuos (polietileno de baja densidad) por el otro.

La maquinaria a instalar tiene como función triturar los desechos adquiridos y extruirlos para fabricar pellets que servirán como materia prima para la fabricación de perfiles plásticos. Eligiendo los desechos y el proceso de reciclaje adecuados se podrá obtener un producto de calidad a un costo mucho menor. Complementariamente, se deberá analizar esta inversión para verificar que su acoplamiento al proceso actual de extrusión sea efectivo y que los costos a incurrir en la inversión y el mantenimiento posterior de la línea son compensados por el ahorro en materia prima.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL

Es importante, previo a la propuesta del nuevo proceso, analizar el proceso actual de manera que se pueda cuantificar adecuadamente los beneficios a obtener.

La planta que se analizó cuenta hoy en día con cuatro líneas de extrusión cuya capacidad se resume en la tabla siguiente:

Tabla 1.1- Consumo promedio de las líneas actuales de extrusión

Línea	Capacidad	Consumo Promedio (kg/hr)
1	80 %	50
2	80 %	50
3	80 %	30
4	80 %	80
	Total consumo	210

El consumo total de la planta representa la producción que deberá tener la línea trituradora a instalar, para poder suplir constantemente de materia prima reciclada a las líneas de extrusión.

2.1. El proceso de extrusión

La extrusión de plásticos es un proceso estandarizado, es decir, es básicamente el mismo en cualquier aplicación: consiste en empujar un material maleable previamente fundido a través de un molde para obtener piezas con un perfil establecido por el molde. Sin embargo, es un proceso con aplicaciones tan variadas que es difícil hacer comparaciones detalladas entre procesos de extrusión debido a la variedad de productos que pueden ser asociados a cada uno. Se puede, por otro lado, hacer comparaciones de este proceso con otros procesos

productivos y enumerar las ventajas y desventajas básicas de éste en comparación con otros procesos.

Una de las ventajas del proceso es su continuidad, es decir, es un proceso que se mantiene en flujo. Esto se traduce a niveles altos de producción y lo hace el proceso de moldeo industrial menos costoso.

Otra de las ventajas del proceso de extrusión es la manera eficiente en la cual el plástico es derretido, ya que aunque la extrusora utiliza calor externo, también aprovecha el calor interno provocado por la fricción. Estos métodos de calentamiento pueden utilizarse en conjunto para incrementar la producción, o por separado para moldear resinas que requieran de distintos niveles de calentamiento. El aprovechamiento del calor durante el proceso lo hace ideal para mezclar diferentes tipos de resina.

Esta eficiencia obliga a una planeación de producción cuidadosa, ya que para mantener niveles de calor eficientes en la maquinaria, es necesario que lleguen a una temperatura equilibrio. El tiempo que toma el material a extruir en llegar a esta temperatura determinará la calidad del producto terminado. La maquinaria debe mantenerse en producción durante tiempos lo más extensos posibles.

La extrusión es uno de los procesos más eficientes y ampliamente utilizados para derretir resinas plásticas como parte de un proceso que requiera añadir o mezclar distintos tipos de plásticos, o mezclar plásticos con otros componentes (colorantes, por ejemplo). La extrusión permite moldear el material directamente después de la mezcla o bien la extrusora puede ser utilizada para derretir el material en conjunto con otros procesos de moldeo. Cuando se utiliza directamente para el moldeo, la herramienta colocada al extremo de la extrusora, la cual proporciona la forma al material, es llamada molde o dado. En

algunos casos el material moldeado por la extrusora puede ser utilizado en un proceso siguiente, como para el moldeado por inyección o por soplado.

Las piezas a ser fabricadas dependen de un perfil establecido el cual depende del molde o dado utilizado. Los moldes de extrusión tienen una complejidad limitada comparados con otro tipo de moldes, por ejemplo, con los moldes de inyección.

En un proceso típico de extrusión, los gránulos y materiales alternos que pueden ser mezclados se colocan en una tolva que alimenta la extrusora. El material cae sobre un tornillo. Dependiendo del diseño de la extrusora, ésta puede tener uno o dos tornillos (se describirá los sistemas de extrusión de uno y dos tornillos en la siguiente sección). Las extrusoras analizadas trabajan con un solo tornillo que transporta el material hacia el área de calentamiento del marril donde la mezcla del calor externo y el calor de la fricción del tornillo causan que el material se derrita. El tornillo continúa transportando el plástico, ahora derretido, el cual sale por el extremo de la extrusora en el cual está colocado el molde o dado. Este molde es el que le da la forma requerida al material. El material extraído es entonces un perfil continuo, por lo cual se cortan los perfiles a la longitud requerida al salir de la extrusora.

Durante el proceso de extrusión se remueven los solventes, agua o aire que puedan mezclarse con el plástico. Por esto la extrusión se utiliza mucho por los fabricantes de resinas para eliminar contaminantes que pueden resultar del proceso de polimerización. También lo hacen un proceso muy útil en el reciclaje de materiales.

Los perfiles extruidos pueden incluir tuberías, planchas, fibras o recubrimientos. Los perfiles pueden a su vez continuar procesándose, al cortarlos

se puede obtener gránulos que pueden utilizarse en otros procesos de moldeado plástico o las fibras pueden tejerse para producir lienzos.

2.1.1. Unidades de trabajo del proceso de extrusión

2.1.1.1. Extrusora. Cualquier línea de extrusión tiene que cumplir con tres requerimientos básicos: Proveer de manera continua la materia prima en los estados sólido y líquido; derretir continuamente la materia prima y homogeneizar la materia prima térmica y físicamente.

Las extrusoras consisten en uno o dos tornillos accionados por motores dentro de un barril calentado. Las aplicaciones estándar consisten en un tornillo, mientras que las de dos tornillos se utilizan para materia prima en polvo o para procesos compuestos. El diseño del tornillo o tornillos está de acuerdo con los requerimientos del proceso, como la velocidad de salida, calidad de derretimiento, y la materia prima utilizada.

La opción de tornillos hechos a la medida puede darse por diversas razones, el uso de polímeros específicos o la obtención de la mejor calidad de derretido con la mayor posible velocidad de producción. Los tornillos estándar se fabrican para una amplia gama de materias primas, pero requieren comprometer la velocidad de la línea con la calidad de derretido.

Los diámetros de los tornillos pueden variar de 20 mm a 250 mm o más, y la velocidad de producción obtenida puede ser de menos de cinco kilogramos a más de una tonelada métrica por hora.

2.1.1.2. Molde de extrusión. La barra producida por el proceso de extrusión por lo general es de forma circular. El molde de extrusión se utiliza para remodelar el flujo simple a una geometría algo más compleja,

correspondiente al diseño del producto final. Algunos ejemplos son las barras angulares, tubos, perfiles irregulares o planchas planas.

2.1.1.3. Unidad de calibración y enfriado. El perfil derretido que sale del molde de extrusión ya posee una forma similar a la requerida en el producto final. Sin embargo, en algunos casos en los cuales el grosor de las paredes es mayor, como son los cables, tubos o perfiles, es difícil mantener la forma del producto. Para mantener la forma, el material derretido debe ser pasado por una cámara de preenfriado.

El contacto con paredes o discos de metal enfriados a base de agua, permite la formación de una capa exterior sólida. Esto a su vez permite el manejo del material para obtener la forma deseada. Aún así, el manejo causa desgaste, el cual al combinarse con los efectos de encogimiento que conlleva el enfriado, resulta en reducción del grosor de las paredes, incluso después de haberse obtenido el estado sólido. En algunos casos, la varilla derretida puede ser enfriada con aire o al ponerse en contacto con rodillos de enfriamiento para disminuir la reducción en el grosor de las paredes.

2.1.2. Unidad de manejo. El producto formado y preenfriado es empujado por rodillos en un baño de aire o agua hasta llegar a temperaturas ambiente. Dependiendo de la geometría final y el grosor de paredes deseado, los productos pueden ser entretajidos en formas de mayor diámetro (como en el caso de fibras o cables) o cortados a la longitud deseada (planchas, tubos, angulares o perfiles).



Figura 1. Extrusora y unidad de calibración y enfriado



Figura 2. Unidad de manejo



2.2. Características del la materia prima de reciclaje

La calidad de la materia prima es crucial, como en todos los procesos productivos, para asegurar la calidad del producto terminado. Los plásticos de reuso, están contaminados por una variedad de materiales. Además de grasas y aceites con los cuales pueden tener contacto, la contaminación incluye tintas decorativas, pegamentos y papel proveniente de sus etiquetas. Con una selección minuciosa de los desechos, se podría obtener materia prima para triturado que no contuviera las impurezas que distorsionan el proceso y menguan en la calidad del producto.

Los desechos del HDP pueden provenir de envases de leche, jugos, agua y productos de lavandería. Los envases HDP sin pigmentación son translúcidos. Son útiles para el empaque de productos con una vida corta de estantería. Puesto que el HDP tiene resistencia química, se puede utilizar para empaquetar químicos caseros e industriales, como detergentes y cloros. Los envases pigmentados de HDP, generalmente tienen mejor resistencia a la tensión y resistencia química que los envases de HDP sin pigmentación.

El LDP, por su parte es usado predominantemente en aplicaciones de lienzos, debido a su durabilidad, dureza, flexibilidad y transparencia relativa. Es especialmente popular en aplicaciones en las cuales es necesario el sellado en calor. El LDP también se utiliza en la manufactura de algunos envases flexibles, al igual que en aplicaciones para alambres y cableado.

Tabla 1.2. Descripción y propiedades de los plásticos a reciclar

Nombre y Símbolo	Descripción	Propiedades
<p>Poliétileno de alta densidad (HDP):</p> 	<p>Se refiere al plástico utilizado para fabricar envases de leche, jugos, agua y productos de lavandería. Los envases HDP sin pigmentación son translúcidos y tienen un propiedades de barrera y dureza. Son útiles para el empaque de productos con una vida corta de estantería. Puesto que el HDP tiene resistencia química, se puede utilizar para empacar químicos caseros e industriales, como detergentes y cloros. Los envases pigmentados de HDP, generalmente tienen mejor resistencia a rajaduras y resistencia química que los envases de HDP sin pigmentación.</p>	<p>Rigidez, dureza, resistencia química y a la humedad, permeabilidad a gases, facilidad de procesamiento y moldeo.</p>
<p>Poliétileno de baja densidad (LDP):</p> 	<p>Plástico usado predominantemente en aplicaciones de lienzos, debido a su durabilidad, dureza, flexibilidad y transparencia relativa. Especialmente popular en aplicaciones en las cuales es necesario el sellado en calor. Los LDPs también se utilizan en la manufactura de algunos envases flexibles, al igual que en aplicaciones para alambres y cableado.</p>	<p>Facilidad de proceso, barrera a la humedad, dureza, flexibilidad, facilidad de sellado.</p>

2.3. Contaminantes

La variedad de productos que se fabrican con este tipo de polietilenos también incrementa las posibles impurezas que se pueden encontrar al utilizar material reciclado. Entre las impurezas que causan defectos en el producto terminado, se encuentran las siguientes:

2.3.1. Tintas y pegamentos. Los envases plásticos son decorados para hacerlos más vistosos y atractivos para el consumidor. Si estas tintas no son eliminadas de los plásticos a reusar, se evaporarán durante el proceso de extrusión, causando deformaciones en el perfil a ser extruido.

Los pegamentos son utilizados para adherir etiquetas a los envases, como decoración o para proveer información sobre el producto que contienen dichos envases. Los pegamentos también se utilizan para pegar dos tipos distintos de plástico cuando así lo requieren las especificaciones del envase.

Tanto las tintas como los pegamentos pueden causar deformaciones en los perfiles extruidos, al gasificarse dentro de la extrusora. Los productos terminados pueden mostrar rugosidad sobre una superficie que debió haber sido homogénea.

2.3.2. Papel, madera, hierro y otros. Este tipo de contaminantes pueden provenir del sitio de recolección de los desechos. Como habíamos mencionado antes, la separación de los desechos domésticos no ha llegado a un nivel adecuado de especialización en la zona urbana guatemalteca. La separación ocurre en los mismos basureros, y pueden entonces mezclarse los desechos plásticos con otro tipo de materiales de desecho. Incluso las etiquetas que se adhieren a los envases plásticos contaminan la mezcla a ser extruida. Por esto no es extraño encontrar diminutos pedazos de madera, hierro, piedras o papel en el plástico de reuso.

Los problemas causados por estos contaminantes al producto terminado son evidentes: partículas no plásticas incrustadas en un perfil, pero el daño que estos contaminantes pueden causar es al más grave de todos. Estas impurezas pueden adherirse al molde mismo y distorsionar la forma del perfil.

Para evitar estos problemas, las extrusoras cuentan con filtros colocados en la parte anterior del tornillo extrusor. Estos filtros impiden el paso de partículas que no se han derretido al tornillo. Evidentemente, la aglomeración de impurezas en estos filtro causa que tengan que ser reemplazados. La frecuencia de reemplazo dependerá de la pureza del material. Esto afecta los gastos de

mantenimiento y conlleva el costo adicional de la paralización de la producción en un proceso que debe ser lo más constante y fluido posible.

2.3.3. Otros plásticos. Las mezclas de otro tipo de plásticos, si bien no afecta el proceso de extrusión como tal, tienen influencia en las propiedades del producto terminado. Como hemos mencionado anteriormente, las características de la materia prima influenciarán las propiedades del producto terminado. Este tipo de problemas que, si bien no afectan directamente a la producción, son algo más delicados puesto que tienen que ver con la calidad que presentan los productos fabricados.

Se debe definir previamente cuales materiales serán utilizados para reciclar. La planta actual trabajará únicamente con HDP y LDP, justamente porque estos tipo de plásticos son fácilmente identificables en sus productos de reuso. Los productos que se fabrican con estos plásticos son muy similares entre sí, pero sus propiedades son fácilmente identificables.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PROPUESTO

El equipo escogido es una planta recicladora RGA 70 TE. El costo de la planta es similar a otras que se encuentran actualmente en el mercado.

La planta consta de una cortadora y una compactadora/extrusora para procesar desechos de HDP y LDP. Los desechos pueden ser en forma de película, o pretriturados. El volumen de producción puede variar de 210 a 240 kilogramos por hora, dependiendo de las propiedades del material (viscosidad, peso, contaminación y tamaño de las partículas). En Anexo I muestra las especificaciones de las unidades que conforman la maquinaria a instalar.

Operativamente la maquinaria realiza tres procesos, triturado, extrusión y manejo y corte. Funcionalmente la maquinaria es una unidad híbrida que incluye el proceso de triturado y extrusión en su primera fase y la unidad manejo y corte en la segunda.

Se requiere de dos operarios para la maquinaria. El primero (Operario 1) se encarga de abastecer a la máquina de plástico de desecho para su triturado y extrusión y el segundo (Operario 2) se encarga de retirar los pellets reciclados y trasladarlos a la Bodega de Pellets. La capacidad instalada se ha calculado en 210 kilogramos por hora. El Operario 1 se encargará de solicitar el material de desecho y abastecer la unidad de triturado. El material se deberá procesar en lotes de 25 kilogramos, estimando que cada lote se procesará en 7.14 minutos. El cálculo del tiempo de proceso de cada lote parte de la capacidad instalada de la trituradora: 210 kilogramos por hora.

El Operario 2 se encargará de trasladar los pellets a la Bodega de Pellets. Igualmente se encargará del control del inventario de dicha bodega, de esta

manera se aprovecha el tiempo en que se procesa un lote en la trituradora. Se ha definido tres procesos para la producción: La solicitud de materia prima de desecho, el proceso de triturado y extrusión y el traslado de los pellets a la bodega. Estos tres procesos a su vez definen las actividades de cada operario. Los diagramas de operación de cada proceso se presentan a continuación:

Diagrama 3.1. Solicitud de materia prima de desecho

Asunto: Diagrama de Operaciones		No. 00001	
Método: ACTUAL		Fecha: mayo 26, 2003	
Proceso: 1.1 Solicitud de Materia Prima de Desecho			
Fábrica: FLUPERSA		Responsable: Carlo Prato	
Línea: Bodega de Pellets		Finaliza: Bodega de Material de Desecho	
Observaciones: Descripción del proceso para la producción de 25 kg de pellets de HDP e LDP.			

		Operario 2		Operario 1			
No.	mins	activ.	Descripción	mins	activ.	Descripción	
1.	0.5		Revisa Nivel de Inventarios en Bodega de Pellets				
2.	0.5		Ingresar datos al Plan de Producción de Triturado				
3.				2.0		Revisa Plan de Producción de Extrusión	
4.				1.0		Ingresar datos de producción al Plan de Producción de Triturado	
5.				1.0		Solicita Materia Prima de desecho	
	0.5		Inspección	2.0		Inspección	2.5
	0.5		Operación	2.0		Operación	2.5
			Demora			Demora	0.0
			Almacenamiento			Almacenamiento	0.0
			Transporte			Transporte	0.0
TOTAL	1.0			4.0			5.0

Diagrama 3.2. Triturado y extrusión

Asunto: Plan de Producción		No. 000.02	
Método: ACTUAL		Fecha: mayo 26, 2003	
Proceso: 1.2 Triturado y Extrusión			
Fábrica: FUPE RSA		Responsable: Carlo Prato	
Inicia: Bodega de Material de Desecho		Finaliza: Unidad de Triturado	
Observaciones: Descripción del proceso para la producción de 25 kg de pellets de HDP o LDP.			

Operario 1		Encargado de Bodega de Desecho		
No.	mins	activ.	Descripción	
6.				0.5 (5) Recibe solicitud de Materia Prima de desecho
7.				3.0 (4) Entrega Materia Prima de desecho
8.				0.5 (4) Revisa nivel de inventarios
9.	3.0	(6)	Recibe Materia Prima de desecho	
10.	0.5	(7)	Inicia Proceso de Triturado	
11.	7.1	(D)	Finaliza Proceso de Triturado	
		(I)	Inspección	0.5
	3.5	(O)	Operación	4.0
	7.1	(D)	Demora	7.1
		(A)	Almacenamiento	0.0
		(T)	Transporte	3.0
TOTAL	10.6			4.0

Diagrama 3.3. Traslado a bodega de pellets

Asunto: Plan de Producción		No. 000.03	
Método: ACTUAL		Fecha: mayo 26, 2003	
Proceso: 1.3 Traslado de Pellets a Bodega			
Fábrica: FUPE RSA		Responsable: Carlo Prato	
Inicia: Unidad de Triturado		Finaliza: Bodega de Pellets	
Observaciones: Descripción del proceso para la producción de 25 kg de pellets de HDP o LDP.			

Operario 1		Operario 2		
No.	mins	activ.	Descripción	
12.	1.0	(8)	Retira pellets de la trituradora	
13.	5.0	(T)	Traslado pellets a Bodega de Pellets	
14.				1.0 (A) Recibe pellets
15.				0.5 (9) Actualiza Inventario de Bodega de Pellets
16.				0.5 (10) Ingresar datos al Plan de Producción de Triturado
	1.0	(I)	Inspección	0.0
		(O)	Operación	2.0
		(D)	Demora	0.0
	5.0	(A)	Almacenamiento	5.0
		(T)	Transporte	0.0
TOTAL	6.0			7.0

4. ESTUDIO DE INGENIERÍA

El estudio de las características técnicas del proyecto depende de ciertos factores externos, sobre los cuales se debe determinar las especificaciones de la línea a instalar. Entre estos factores, se debe mencionar las necesidades de producción, la disponibilidad de materia prima y la ubicación de la planta.

La implantación del proceso depende principalmente de la capacidad de producción de la planta con relación a la capacidad de producción de la línea de triturado. El estudio asumirá que toda la materia prima reciclada será utilizada por la planta actual de producción. Si tomamos la línea de triturado como una planta de producción separada, se puede decir que el producto terminado del proceso de triturado será la materia prima del proceso de extrusión de la fábrica.

4.1. Ubicación de la planta de producción

La maquinaria será instalada en la actual ubicación de la planta de extrusión, km 8.5 Carretera al Atlántico. Aunque para este proyecto ya ha sido definida la ubicación, es importante hacer notar que puede haber diversas ubicaciones que provean los requisitos necesarios para instalar la planta.

La instalación de la maquinaria puede realizarse en diversas localidades. Uno de los propósitos de este estudio es proveer una solución para el manejo y aprovechamiento de desechos sólidos que sea aplicable en cualquier ubicación. Sin embargo, es necesario tener ciertos factores en cuenta para determinar una óptima ubicación.

4.1.1. Geografía. La ubicación geográfica de la línea de producción hace necesario tomar en cuenta ciertas variables naturales tales como el clima, los niveles de contaminación, las vías de comunicación y acceso a servicios.

Siendo la fuente principal de materia prima el relleno de la zona tres de la ciudad de Guatemala, se debe tomar en cuenta que la ubicación de la línea no debe ser en exceso alejada de esta fuente. La distancia de la planta al relleno afectará principalmente la disponibilidad de materia prima. Se recomienda, entonces que ésta sea instalada a inmediaciones de la Ciudad de Guatemala.

Una ubicación cercana a la ciudad también garantiza el acceso a servicios y vías de comunicación, por lo cual no se prevé gastos adicionales en servicios o transporte de materia prima.

4.1.2. Institucionales. Los planes de descentralización de la industria pueden resultar en condiciones que favorezcan a los proyectos que se alejen de los centros industriales.

En el ámbito institucional, la promoción de proyectos de aprovechamiento de desechos ha obtenido gran apoyo, aunque dicho apoyo no se ha traducido a beneficios fiscales o legales. No se prevé beneficios adicionales en el marco institucional.

4.1.3. Sociales. Estos factores tienen que ver con el impacto que tendrá el proyecto sobre una comunidad. Por lo general, un proyecto implica el progreso y el desarrollo de la comunidad en que se localiza, pero también hay que tomar en cuenta el efecto negativo que puede tener inserción de una industria en una comunidad, en el caso de contaminación ambiental principalmente.

El proyecto supone niveles de contaminación nulos y no creará fuentes extensas de trabajo, por lo que en el ámbito social, no se prevé mayor influencia, ya sea positiva o negativa.

4.2. Tamaño de la planta

Los requerimientos de área de trabajo para la línea de producción dependen, además de las dimensiones de la maquinaria, del espacio requerido para transporte de los materiales dentro de la planta.

La trituradora tiene 13.80 metros de largo por 1.30 metros de ancho. La altura del equipo varía, pero llega a un máximo de 3.72 metros.

4.3. Requerimiento de servicios

La planta requiere de los servicios básicos: luz, agua y comunicaciones. Por estar ubicada en un radio cercano a la zona urbana de la Ciudad de Guatemala, la disponibilidad de servicios es latente. La principal vía de comunicación es la Carretera al Atlántico, se posee líneas telefónicas y acceso a la red de distribución eléctrica.

4.4. Disponibilidad de materia prima

La materia prima puede obtenerse de los desechos urbanos de la Ciudad de Guatemala. De acuerdo con el estudio realizado por la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA por sus siglas en inglés), dentro del Área Metropolitana de Guatemala, se producen 27,300 toneladas mensuales de desechos sólidos. De este total, 14,469 toneladas son vertidas en condiciones insanitarias o en lotes clandestinos. Esto significa que 12,831 toneladas de desechos sólidos son vertidas en el relleno central de la ciudad cada mes.

El estudio de la AMG ha calculado la proporción por tipo de desecho sólido a nivel nacional, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Composición promedio de los desechos sólidos a nivel nacional

Tipos de desechos	Porcentaje %
Papel	29.0
Vidrio	10.4
Metales	9.6
Plásticos	3.5
Goma y cuero	2.6
Textiles	1.6
Madera	3.8
Desechos de comida	17.8
Hierba cortada, hojas y basura de patios	0.2
Varios	1.5
TOTAL	100.0

De estos datos, podemos estimar que 449 toneladas de los desechos sólidos vertidos en el basurero cada mes de la ciudad de Guatemala son plásticos. Los desechos plásticos, a su vez pueden ser clasificados de la siguiente forma:

Tabla 4.2 Composición de los desechos plásticos a nivel nacional

Tipos de plástico	Porcentaje %
HDP	30
LPD	30
Otros	40
TOTAL	100

El 60 % de los desechos plásticos son de material utilizable por la trituradora a instalar. Esto se traduce a 269.4 toneladas mensuales de desechos plásticos adecuados para este proceso.

4.5. Necesidades de personal

La maquinaria requiere de dos operarios, uno para agregar el plástico de desecho a la trituradora y otro para retirar el producto terminado y trasladarlo a la bodega. Puesto que la línea trabajará las veinticuatro horas, el personal operativo debe estar disponible durante este tiempo. Esto implica tener tres turnos de trabajo, es decir, se empleará a seis personas al día para operar la maquinaria.

4.6. Acoplamiento a las líneas de extrusión

El fin del análisis del proyecto será la alimentación de las líneas de extrusión con el polietileno triturado y extruido. El análisis operativo, entonces, debe ir enfocado hacia esta función, y los planes de producción de producto reciclado deben basarse en los planes de producción de las líneas de extrusión.

El uso de dos tipos de polietileno (HDP y LDP) también hace necesario establecer normas y procedimientos, apoyados por documentos y planes, para que la producción de polietileno reciclado mantenga en flujo constante la producción de perfiles extruidos.

El proceso de triturado se lleva a cabo en tres áreas principales: La Bodega de Materia Prima de Desecho, la Tritradora y la Bodega de Pellets. Para describir el proceso completo, es necesario diferenciar los pellets del producto terminado, puesto que la línea de triturado sirve como proveedora a las líneas de extrusión. Se analiza el proceso triturado como parte del proceso de extrusión, por tanto, los pellets producidos son realmente la materia prima del proceso siguiente. Puesto que se trata de un Producto Intermedio, no se denominará Producto Terminado, sino simplemente "pellets".

El proceso inicia en la Bodega de Pellets, en la cual se indica el nivel de stock de cada tipo de polietileno reciclado. Utilizando el Plan de Producción de Extrusión del día siguiente y los niveles de stock de la Bodega de Pellets, el

Encargado de la Trituradora puede establecer la cantidad de HDP y LDP que debe producir. Estos montos se incluyen en el Plan de Producción de Triturado del día. En este documento se establecen los materiales a utilizar y las horas en que comenzará y terminará la producción. También establecerá qué tipos de desecho se deben triturar para obtener los pellets requeridos.

Forma 3.1. Plan de producción para la extrusión de perfiles

Asunto: Plan de Producción		No.: 0001	
Proceso: Extrusión de Perfiles		Fecha de Solicitud: 26/05/2003	
Fábrica: FUPERSA		Fecha de Entrega: 27/05/2003	
Observaciones:		Responsable: Carlo Prato	

Producto	Lote	Cantidad (kg)	Material	Cantidad (kg) + 20% desperdicio	Encargado
LINEA 1		800		960	RESPONSABLE LINEA 1
Tubería	A	400	HDP	480	
Perfil Plano	E	400	HDP	480	
LINEA 2		800		960	RESPONSABLE LINEA 2
Angular 90 °	B	800	HDP	960	
				0	
LINEA 3		600		720	RESPONSABLE LINEA 3
Tubería	C	600	LDP	720	
				0	
LINEA 4		1,300		1,560	RESPONSABLE LINEA 4
Tubería	D	1,300	LDP	1,560	
				0	
TOTAL		3,500		4,200	

Forma 3.2. Plan de producción de triturado y extrusión de desechos

Asunto: Plan de Producción		No.:	0001
Proceso: Triturado y extrusión		Fecha de Solicitud:	26/05/2003
Fábrica: FUPERSA		Fecha de Entrega:	27/05/2003
Observaciones:		Responsable:	Carlo Prato

Inventario Inicial Bodega de Materia Prima (pellets)				Material (kg)	
				HDP	LDP
Producción de Pellets Reciclados				Material (kg)	
Hora Inicio	Hora Final	Para Linea		HDP	LDP
08:00	15:00	1		960	
16:00	21:00	2		960	
22:00	04:00	3			720
05:00	07:00	4			1,560
TOTAL				1,920	2,280
Inventario Final Bodega de Materia Prima (pellets)				Material (kg)	
				HDP	LDP
				1,920	2,280

5. ESTUDIO ECONÓMICO

Se considerarán los elementos indispensables en el análisis económico de un proyecto y que son la base para realizar la evaluación económica. Se determinarán los costos totales de la empresa, los cuales se pueden clasificar de manera genérica como costos de producción, de administración y de ventas.

Las inversiones que una empresa requiere para operar son básicamente dos: inversiones en activo fijo y diferido (gastos de instalación), ambas sujetas a depreciación y amortización, y el tercer tipo de inversión es el capital de trabajo, que es de naturaleza líquida o circulante, por lo que no está sujeto a recuperación por cargos de depreciación y amortización.

Otro aspecto importante y vital del estudio es la determinación de la tasa mínima aceptable de rendimiento, ya que este será el punto de comparación cuando llegue el momento de la evaluación económica.

A partir del análisis de costos e inversiones se podrá establecer factores que permitan determinar la factibilidad económica del proyecto, tales como el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno y el precio de venta teórico del producto terminado.

5.1. Supuestos

Con el propósito de anticipar los resultados económicos que produciría el proyecto, se ha calculado el costo de producción con el que se estaría trabajando durante los primeros tres años. Es necesario tomar en cuenta el incremento en los costos de producción durante estos años, por lo cual se ha tomado el incremento porcentual de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor que proporciona el Instituto Nacional de Estadística. Los valores del IPC muestran el incremento de

precios promedio en el país. Se proyectará linealmente este incremento para tener un dato de partida al estimar los costes de producción durante los tres años en los cuales se examina el proyecto.

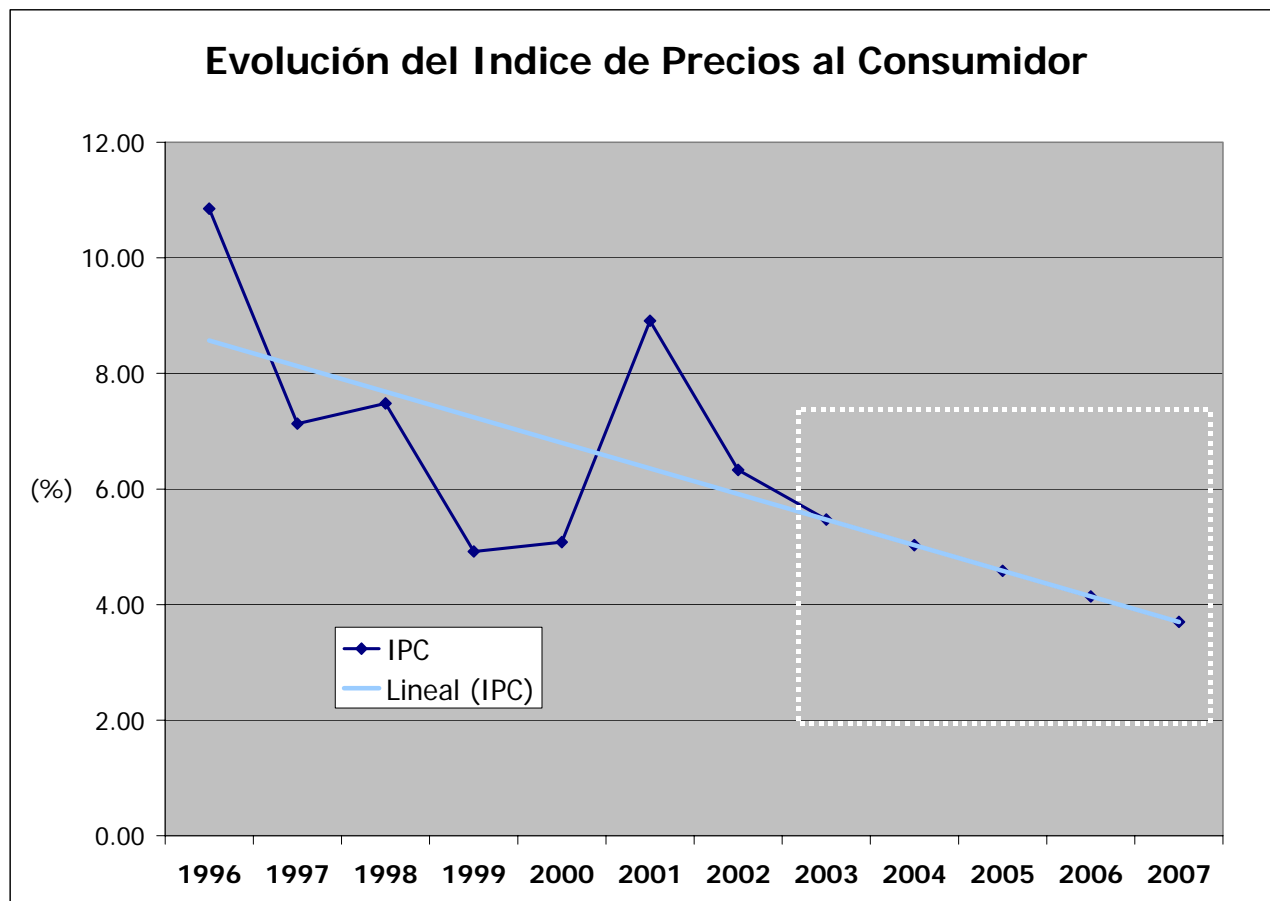
Los valores del IPC de los años 1996 al 2002 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Evolución del Índice de Precios al Consumidor 1996-2002

Mes	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Enero	9,76	10,80	7,29	6,29	5,27	6,05	8,85
Febrero	10,83	12,66	5,45	5,17	6,62	5,99	9,01
Marzo	11,48	11,51	6,11	3,99	8,28	5,42	9,13
Abril	11,95	10,13	6,94	3,47	9,07	4,87	9,25
Mayo	11,02	9,61	7,32	3,73	7,36	6,05	9,31
Junio	10,34	8,97	7,43	4,22	7,23	6,30	9,14
Julio	11,60	7,98	7,27	5,22	6,14	6,97	9,10
Agosto	12,03	8,05	6,31	6,03	4,71	8,79	7,73
Septiembre	11,77	8,33	5,49	6,79	4,29	8,99	7,10
Octubre	10,64	8,48	4,97	7,57	3,84	9,47	6,60
Noviembre	10,44	7,66	7,35	5,15	4,17	9,51	6,34
Diciembre	10,85	7,13	7,48	4,92	5,08	8,91	6,33

Para proyectar el IPC para los años 2003 y 2004, se tomará como base los valores de cierre de cada año, es decir, los valores para el mes de Diciembre. Tomando los datos de la tabla 5.1, se puede hacer una proyección lineal con la cual se obtienen los incrementos de precios para los años siguientes.

Gráfico 5.1.1 Evolución del Índice de Precios al Consumidor



La ecuación de regresión es:

$$y = -0.4429x + 9.0143$$

Con un coeficiente de regresión de 0.5686 debido a las variaciones erráticas del IPC de cierre para los años 1999 al 2002. Sin embargo, se continúa la tendencia hacia la baja que se muestra de los años 1996 al 2000.

De acuerdo a la proyección el IPC para los años 2003 al 2007 se dará una variación de 5.47% a 3.70%. Estos porcentajes se aplicarán a los costos e ingresos para estimarlos durante los siguientes cinco años.

Tabla 5.2 IPC proyectado

Mes	2003	2004	2005	2006	2007
Enero	6,20	5,21	4,71	4,20	3,69
Febrero	6,00	4,81	4,18	3,55	2,92
Marzo	5,55	4,94	4,33	3,72	3,11
Abril	5,60	5,01	4,42	3,83	3,24
Mayo	6,03	5,59	5,16	4,72	4,28
Junio	6,36	6,03	5,70	5,38	5,05
Julio	6,23	5,85	5,47	5,09	4,71
Agosto	5,80	5,34	4,87	4,41	3,94
Septiembre	5,55	5,06	4,56	4,06	3,57
Octubre	5,76	5,35	4,95	4,55	4,15
Noviembre	5,55	5,13	4,71	4,29	3,87
Diciembre	5,47	5,03	4,59	4,14	3,70

5.2. Análisis de ingresos - costos

5.2.1. Análisis de ingresos. La capacidad de producción se mantiene al 80% durante cinco años. Toda la materia prima obtenida de la trituradora a instalar se utiliza en el proceso productivo. Para los años siguientes se prevé un decremento en el cinco por ciento de la capacidad instalada, esto para tener en cuenta el desgaste de la maquinaria con el paso del tiempo.

El precio promedio de venta de pellets de HDP y LDP recicladas es de 3.60 Q/kg de acuerdo a una cotización obtenida de un proveedor de materia prima reciclada (ver Anexo II). Se asumirá un incremento anual del precio de venta, de acuerdo al IPC proyectado (ver Tabla 5.2).

Los ingresos del proyecto quedarán entonces de la siguiente forma, tomando en cuenta el precio y la capacidad proyectada:

Tabla 5.3 Ingresos proyectados

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Utilización de capacidad	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%
Volumen (kg)	1.285.200	1.285.200	1.285.200	1.285.200	1.285.200
Precio de Venta (Q/kg)	3,60	3,80	3,99	4,17	4,34
INGRESOS	4.626.720	4.879.868	5.125.255	5.360.285	5.582.354

5.2.2. Análisis de Costos

Tabla 5.4 Costos de producción

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Personal	126.900	133.843	140.574	147.020	153.111
Materiales	2.827.440	2.982.141	3.132.100	3.275.730	3.411.438
Servicios	526.776	555.598	583.537	610.296	635.580
Reparación y mantenimiento	32.512	34.291	36.016	37.667	39.228
Gastos Manufactura	3.513.628	3.612.682	3.696.470	3.763.613	3.812.927

Los valores de cada uno de los rubros colocados en esta tabla se explicarán a continuación:

5.2.2.1. Materia prima. El plástico de reciclaje es vendido a un precio promedio de 2.2 Quetzales por kilogramo. De acuerdo a las especificaciones de la maquinaria, la capacidad mínima de la trituradora es de 210 kg/h. Se han establecido 24 horas para el día de trabajo y 255 días anuales de producción. Tomando estos datos, la producción estimada del primer año será de 1,285,200 kg (ver Tabla 5.6).

Se ha estimado un cinco por ciento de reducción anual en la capacidad de la maquinaria por desgaste y un incremento en el precio de compra de la materia prima de acuerdo al incremento del IPC (ver Tabla 5.2). El resultado muestra los costos de manufactura estimados para los tres años de producción:

Tabla 5.5 Cálculo del gasto de materiales

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Volumen (kg)	1.285.200	1.285.200	1.285.200	1.285.200	1.285.200
Costo del Material (Q/kg)	3,60	3,80	3,99	4,17	4,34
Materiales	4.626.720	4.879.868	5.125.255	5.360.285	5.582.354

5.2.2.2. Mano de obra. La maquinaria requiere de dos operarios para su funcionamiento, por lo cual se asigna un sueldo promedio de Q 1,500 por operario como Gastos de Personal. Se han añadido los gastos por prestaciones, impuestos y bonos asociados a los salarios para provisionar estos a los gastos de personal. El salario neto, tomando en cuenta los gastos adicionales por concepto de prestaciones, será entonces de Q 1,763.

Los aumentos en Gastos de Personal representan el aumento anual proyectado del Índice de Precios al Consumidor.

La planta de producción trabaja durante las veinticuatro horas. Debido a la naturaleza del proceso de extrusión, es más rentable mantener la maquinaria en funcionamiento que detenerla cada día. Trabajando tres turnos diarios, es posible mantener la producción en un flujo constante.

Los gastos anuales de personal se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5.6 Cálculo del gasto de personal

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Operarios	2	2	2	2	2
Turnos	3	3	3	3	3
Salario Base	1.763	1.859	1.952	2.042	2.127
Personal	126.900	133.843	140.574	147.020	153.111

5.2.2.3. Servicios

5.2.2.3.1. Energía eléctrica. Los servicios necesarios para la operación de la trituradora incluyen únicamente la energía eléctrica y el agua.

El consumo eléctrico diario de la trituradora es de 2,100 kWh, lo cual se traduce a 52,500 kWh mensuales. La potencia instalada de la maquinaria es de 160 kW.

Para estimar el costo de la electricidad, se ha requerido la cotización de la comercializadora Mayoristas de Electricidad.

La Ley General de Electricidad, define a un gran usuario de la siguiente forma:

“Gran Usuario: Es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede 100 kilovatios (kW) o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro. El gran usuario no estará sujeto a regulación de precio y las condiciones de suministro serán libremente pactadas con el distribuidor o con cualquier otro suministrador. Para efectos del artículo 59, literal c de la Ley, las tarifas de los consumidores con demanda de potencia igual o inferior a 100 kilovatios (kW), o el límite inferior que en el futuro establezca el Ministerio, serán fijadas por la Comisión.”

Puesto que la potencia instalada de la maquinaria permite a la empresa negociar un contrato de compra de energía con una empresa comercializadora, se ha tomado el promedio del costo de energía eléctrica cotizado. Este costo es de 0.8352 Q/kWh. (Ver Anexo III)

5.2.3.2. Agua. El consumo de agua se ha estimado de acuerdo a los costos históricos de la planta. Anualmente se ha estimado un costo

de agua potable por Q 600, incrementándolo según incremento del Índice de Precios al Consumidor.

A continuación se resumen los gastos por concepto de servicios requeridos por la maquinaria a instalar:

Tabla 5.7 Gastos por servicios

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Consumo de energía eléctrica (kWh)	630.000	630.000	630.000	630.000	630.000
Costo energía eléctrica (Q/kWh)	0,835	0,881	0,925	0,968	1,008
Energía Eléctrica	526.176	554.965	582.872	609.601	634.856
Agua	600	633	665	695	724

5.2.2.4. Gastos de mantenimiento. El costo de mantenimiento representa el 2% del costo de los equipos. Puesto que los equipos han sido depreciados a 20 años, se tomará en cuenta el costo en libros anual de los equipos para hacer el cálculo de los gastos de mantenimiento. Adicionalmente al valor del equipo, habrá que tomar en cuenta el incremento de los costos para cada año, para lo cual se utilizará el incremento porcentual del Índice de Precios para el Consumidor que se ha utilizado para estimar el incremento anual de los demás costos.

Tomando en cuenta estos factores, los gastos de mantenimiento se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5.8 Gastos de mantenimiento

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Reparación y mantenimiento	32.512	34.291	36.016	37.667	39.228

5.2.2.5. Costos administrativos. Es necesario asociar costos indirectos de fabricación para realizar un análisis adecuado. Para efectuar este análisis se tomará el costo de alquiler del espacio que ocupará la maquinaria, de acuerdo a la locación de la fábrica en la Ciudad de Guatemala. Se ha estimado un costo de alquiler de US\$ 30 por metro cuadrado. Este costo de alquiler supone los costos administrativos de operar la maquinaria durante la duración del análisis del proyecto.

Tabla 5.9 Gastos indirectos

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos Indirectos	259.200	273.382	287.129	300.296	312.737

5.3. Análisis del Punto de Equilibrio

En general, el punto de equilibrio establece los ingresos mínimos que debe tener un proyecto para poder mantenerse en funcionamiento. En este caso, se calcula el punto de equilibrio para establecer el mínimo de producción que debe tener la maquinaria para ser capaz de financiar sus propios costos. La diferencia radica en que los ingresos del proyecto no dependen de las ventas del producto terminado, como en la mayoría de proyectos, sino que dependen de a cantidad de producto terminado que se puede producir.

El primer paso en el análisis del punto de equilibrio será establecer los costos de producción. Los costos variables son aquellos que varían con el nivel de producción, mientras que los fijos serán los que se mantienen constantes, se produzca lo que se produzca. Los costos que dependen de la producción son el costo por compra de materiales y el costo por consumo de energía eléctrica. En este tipo de industria, el consumo de energía si depende del volumen de

producción ya que a menor producción, menor costo de energía. Por tanto, los costos variables son proporcionales al volumen de producción siendo la constante de proporción el costo total de la materia prima.

Los costos fijos incluyen los gastos de personal, servicio de agua y los gastos de reparación y mantenimiento. La clasificación de costos fijos y variables queda de la siguiente forma para el primer año:

Tabla 5.10 Costos fijos y variables

Descripción	Año 1
Costos Fijos (Q)	419.212
Costos Variables (Q)	3.353.616
Volumen (kg)	1.285.200
Costo del Material (Q/kg)	2,61
Precio de Venta (Q/kg)	3,60

Costos variables = Precio de compra * Volumen de compra

La ecuación total de costos incluye los costos fijos y queda de la siguiente forma:

⇒ Costos totales = Costos fijos + Costos variables

⇒ Costos totales = Costos fijos + Costo de material* Volumen de producción

⇒ Costos totales = 419,212 + 2.61 * Volumen de producción

También es necesario calcular la función de ingresos del proyecto. Estos dependen únicamente del Precio de venta del producto terminado (3.60 Q/kg), de manera que la función queda de la siguiente forma:

$$\Rightarrow \text{Ingresos} = \text{Precio de venta} * \text{Volumen de producción}$$

$$\Rightarrow \text{Ingresos} = 3.60 * \text{Volumen de producción}$$

El punto de equilibrio se alcanza cuando los ingresos son suficientes para cubrir con los costos, es decir, cuando las funciones de Costo total e Ingresos son iguales. De esta manera se puede calcular el volumen de venta que permitirá cubrir con los costos.

$$\text{Costos totales} = \text{Ingresos}$$

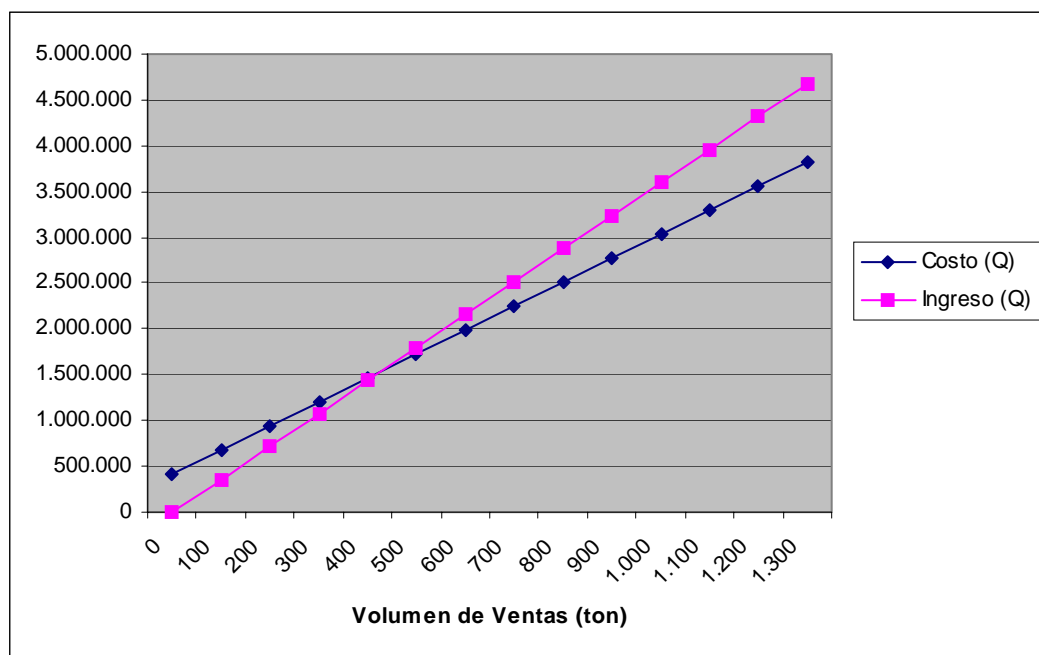
$$\Rightarrow 419,212 + 2.61 * \text{Volumen de producción} = 3.60 * \text{Volumen de producción}$$

$$\Rightarrow \text{Volumen de producción} = 419,212 / (3.60 - 2.20)$$

$$\Rightarrow \text{Volumen de producción} = 423,195 \text{ kg}$$

El análisis gráfico del punto de equilibrio se muestra a continuación:

Gráfico 5.3.1 Análisis del Punto de Equilibrio



El volumen de producción mínimo que permitirá cuando menos cumplir con los costos de producción es de 423,195 kg. Es importante tener en cuenta que para los años siguientes no se toma en cuenta los costos de transporte, instalación e impuestos de la maquinaria, puesto que ya han sido considerados en el primer año. La depreciación sí se toma en cuenta durante los años siguientes como un costo fijo.

Es importante hacer notar que el punto de equilibrio representa el volumen de producción mínimo aceptables. El proyecto deberá mantener el volumen de producción original propuesto para suplir las líneas de extrusión. Estos niveles representan el mínimo que permite cubrir costos, no el volumen mínimo aceptable.

5.4. Análisis del proyecto de inversión

5.4.1. Costo de maquinaria

5.4.1.1. Transporte e instalación. Además de los costos de la compra de la nueva maquinaria, habrá que considerar los costos de transporte y los costos de instalación. Estos costos se han tomado de la cotización enviada por la empresa distribuidora del equipo (ver ANEXO 2).

Éstos incluyen el costo de importación de la maquinaria el costo de transporte desde Puerto Quetzal a la planta y el costo de instalación. Este último incluye a su vez los gastos de consultoría para la supervisión de la instalación del equipo.

Tabla 5.11 Costos de transporte e instalación

Descripción	Monto (Q.)
Cargos FOB	28.640
Cargos CIF	40.600
Costos de Instalación	45.760
Total Costos de Transporte e Instalación	115.000

5.4.2. Impuestos. La importación de un equipo de este tipo no incluye arancel, por lo cual el cargo por impuestos será el IVA por el costo CIF de la misma.

Tabla 5.12 Impuestos

Descripción	Monto (Q.)
Costo Total Maquinaria	1.625.616
Cargos CIF	40.600
Impuestos	199.946

5.4.3. Flujo de Efectivo. El flujo de Efectivo se elabora tomando los gastos de inversión como iniciales y aplicando los gastos e ingresos adicionales durante los años de análisis se obtiene el siguiente flujo de efectivo:

Tabla 5.13 Flujo de efectivo

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		4.626.720	4.879.868	5.125.255	5.360.285	5.582.354
GASTOS	1.940.562	3.772.828	3.979.256	4.179.356	4.371.009	4.552.094
Gastos Manufactura	1.940.562	3.513.628	3.705.874	3.892.227	4.070.713	4.239.357
Personal		126.900	133.843	140.574	147.020	153.111
Maquinaria	1.940.562					
Costo de maquinaria	1.625.616					
Transporte	69.240					
Instalación	45.760					
Impuestos	199.946					
Materiales		2.827.440	2.982.141	3.132.100	3.275.730	3.411.438
Servicios		526.776	555.598	583.537	610.296	635.580
Energía Eléctrica		526.176	554.965	582.872	609.601	634.856
Agua		600	633	665	695	724
Reparación y mantenimiento		32.512	34.291	36.016	37.667	39.228
Gastos Indirectos		259.200	273.382	287.129	300.296	312.737
UTILIDAD BRUTA	-1.940.562	853.892	900.612	945.900	989.276	1.030.260
Depreciación Acumulada		325.123	325.123	325.123	325.123	325.123
UTILIDAD antes de Impuestos	-1.940.562	528.768	575.489	620.776	664.153	705.137
Impuestos sobre Beneficio		142.767	155.382	167.610	179.321	190.387
UTILIDAD después de Impuestos	-1.940.562	386.001	420.107	453.167	484.831	514.750
FONDOS	-1.940.562	711.124	745.230	778.290	809.955	839.873

A partir del Flujo de Efectivo se puede calcular la Tasa Interna del Retorno y el Valor Actual Neto del proyecto.

Tabla 5.14 TIR & VAN

Tasa Interna de Retorno	27,7%
Valor Actual Neto (Q)	348.091

5.5. Análisis de sensibilidad

El Análisis de Sensibilidad permitirá establecer las variables que afectan más drásticamente la rentabilidad del proyecto, específicamente la TIR del mismo. En primera instancia, la rentabilidad se verá afectada por factores de mercado, a saber, el precio de compra de materiales y el precio de venta del producto terminado. Para este análisis, el precio de venta representa los ingresos que se

pueden percibir del proyecto. Aunque en la realidad no se venderá el producto en el mercado local, es necesario asignar un precio de venta de mercado para completar el análisis. Igualmente es importante tomar en cuenta estas variaciones, como un parámetro para establecer los criterios para decidir si se realiza o no el proyecto.

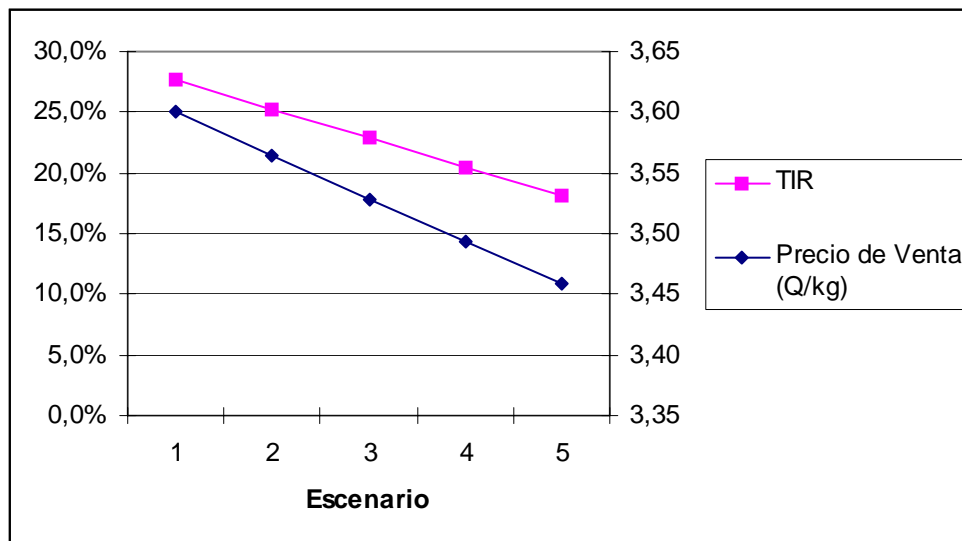
En cuanto al precio de venta, se analizará el comportamiento de la TIR con respecto a un decremento en el mismo. Para este efecto se han planteado cinco escenarios, cada uno con un decremento del 1.0 % en el precio de venta con respecto al escenario anterior. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5.15 Sensibilidad del precio de venta

Escenario	TIR	Precio de Venta (Q/kg)
1	27,7%	3,60
2	25,3%	3,56
3	22,9%	3,53
4	20,5%	3,49
5	18,1%	3,46

Se puede observar que un decremento en 0.04 Q/kg reduce la TIR a un nivel menor que la TMAR de 20 % establecida. Esto significa que con un precio de venta menor o igual a 3.46 Q/kg el proyecto no será atractivo para realizar la inversión. Adicionalmente, esta es una variable relativamente sensible, ya que un cambio del 1.0 % provoca un cambio promedio de 1.92 puntos porcentuales en la TIR. El comportamiento de la TIR con respecto al Precio de venta puede analizarse gráficamente de la siguiente forma:

Gráfico 5.5.1 Sensibilidad del precio de venta



El precio de venta para una empresa que se dedica a la extrusión es el factor que determina si resulta más barato comprar el producto del mercado local que realizar la inversión que conlleva fabricarlo. Actualmente, para que se produzca una reducción en el precio de venta de este tipo de productos debe haber una saturación en el mercado local. Esto reduciría la demanda, al igual que el precio. El mercado local no muestra esta tendencia actualmente, por lo que la reducción del precio a niveles que la rentabilidad del proyecto no sea atractiva es una posibilidad remota.

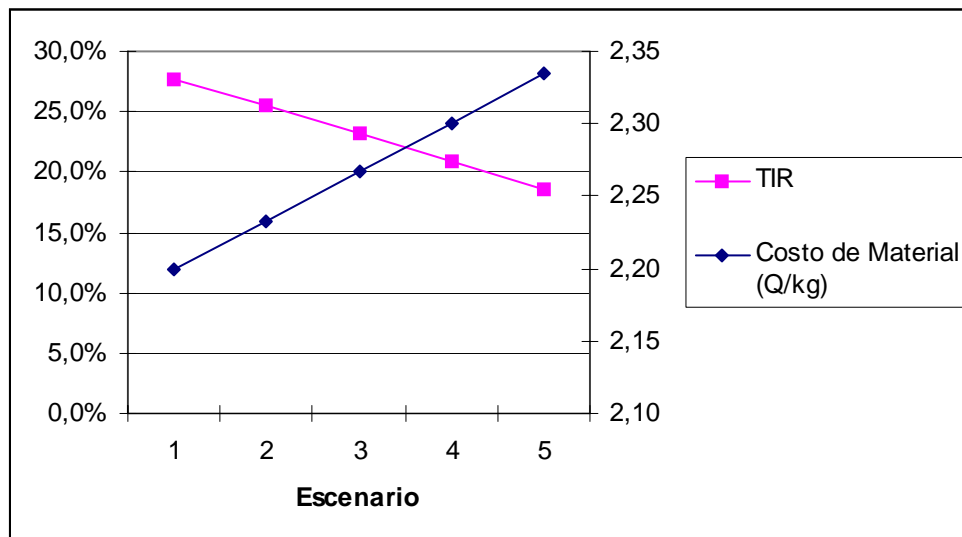
El estudio de la variación del precio medio de compra de la materia prima es similar. Se debe tomar en cuenta que el mercado local de desechos no es un mercado establecido, por lo que las variaciones en estos precios son más factibles. Este análisis permitirá establecer parámetros para la compra de materia prima de manera que el precio permita mantener la rentabilidad. En este caso se ha incrementado el precio de compra del materia prima en un 1.5 % para cada escenario respecto al anterior.

Tabla 5.16 Sensibilidad del costo de materia prima

Escenario	TIR	Costo de Material (Q/kg)
1	27,7%	2,20
2	25,5%	2,23
3	23,3%	2,27
4	20,9%	2,30
5	18,5%	2,33

El gráfico de las variaciones queda de la siguiente manera:

Gráfico 5.5.2 Sensibilidad del costo de materia prima



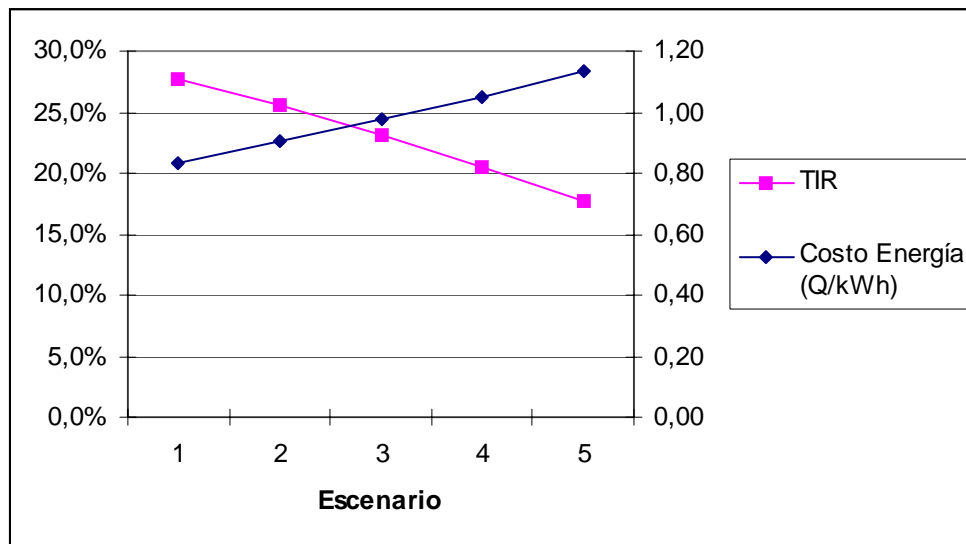
En este caso podemos observar que el precio de compra debe aumentar 0.13 Q/kg para que el proyecto deje de ser rentable. La TIR también ha demostrado ser sensible a esta variable. Afortunadamente, ésta es una variable gestionable, es decir, el precio puede ser negociado con el proveedor. Aunque el precio de compra puede definir si el proyecto se lleva a cabo o no, quedará bajo responsabilidad del administrador del mismo mantener estos precios a niveles que permitan mantener la rentabilidad.

La tercera variable a ser analizada es el precio por consumo de energía eléctrica. Esta variable también es gestionable, ya que se cuenta con una tarifa por contrato. Será necesario analizar el efecto de esta tarifa para establecer los parámetros de negociación y renegociación de dicho contrato. Se ha variado este costo en un 8.0 % para cada escenario, con respecto al anterior. Como se ve de antemano, esta variable es mucho menos sensible que las anteriores

Tabla 5.17 Sensibilidad del costo de energía eléctrica

Escenario	TIR	Costo Energía (Q/kWh)
1	27,7%	0,84
2	25,5%	0,90
3	23,1%	0,97
4	20,5%	1,05
5	17,7%	1,14

Gráfico 5.5.3 Sensibilidad del costo de energía eléctrica



Un costo de energía de 1.05 Q/kWh nos da una TIR de 20.54 %. por consiguiente, el precio de contrato por compra de energía debe ser menor a éste para mantener una TIR atractiva.

6. CONCLUSIONES

El proyecto de inversión tiene sentido desde el punto de vista financiero. La inversión inicial requerida de 1.94 millones de Quetzales los cuales se recuperarán al tercer año de operaciones.

Es necesario poner especial atención a la compra de materiales, puesto que la rentabilidad del proyecto es sensible a su variación. Un incremento en el 6 % del precio de compra de la materia prima puede reducir la TIR en un 9 %

Para que la nueva línea trabaje en armonía con las líneas ya existentes es necesario establecer procedimientos y formatos que permitan unificar los procesos en uno solo. Como complemento a este análisis, también es importante estudiar los procedimientos y formatos actuales en las líneas de extrusión de perfiles. Se ha demostrado que la instalación de la línea de extrusión permite optimizar los recursos reduciendo el costo de la materia prima. Este proyecto también ha analizado la instalación de la línea de triturado y extrusión de manera que su operación sea óptima. Se podrá realizar el mismo estudio con las líneas de extrusión de perfiles existentes y determinar la forma de aprovechar los recursos y mejorar los procesos establecidos.

Es recomendable dar seguimiento periódico a los procedimientos establecidos para buscar la forma de hacerlos cada vez más eficientes.

7. RECOMENDACIONES

Uno de los puntos más importantes que se debe tomar en cuenta al iniciar un proyecto de este tipo es, por redundante que suene, la definición del proyecto. La elaboración del mismo hizo resaltar muchas ventajas y desventajas acerca de la instalación de una línea que aproveche los materiales de desecho. Una de las desventajas principales es la materia prima: No se puede obtener una mezcla homogénea de plástico para reciclar si no se cuenta con material de reuso homogéneo. Esta lección la han aprendido los compradores de los materiales de reuso a través de la experiencia, pero con el costo en maquinaria, material y tiempo desperdiciado en pruebas y errores.

La maquinaria propuesta está diseñada específicamente para trabajar con HDP y LDP, pero también puede triturar y pelletizar desechos de otros materiales plásticos. Aunque este uso adicional puede proveer nuevas oportunidades el estudio de estas distintas aplicaciones deberá ser tema de un estudio nuevo.

Este proyecto toma en cuenta los requerimientos para la instalación de la maquinaria para el triturado de desechos plásticos. Entre ellos se mencionó las dimensiones de la planta de producción, la disponibilidad de materia prima y las necesidades de servicios. También se deberá tomar en cuenta otros factores que no se han mencionado en el presente trabajo, tales como la ubicación geográfica de la planta de producción, y apoyos fiscales que se podrían obtener. El objetivo del presente trabajo era demostrar la rentabilidad de la instalación del equipo de procesamiento de material de reuso para que pueda ser aplicado a cualquier industria del medio. Para casos específicos cabrá tomar en cuenta estos factores adicionales, los cuales dependerán de las condiciones del país en el momento que se realice el proyecto. Por ejemplo, la ubicación geográfica afectará factores como el ambiente y la comunidad afectada. Estos factores son variables, pero deben ser

considerados ya que pueden afectar la viabilidad del proyecto. Por otro lado, los apoyos fiscales que en un futuro se puedan dar para proyectos que aprovechen los materiales de desecho también deberán ser tomados en cuenta como un beneficio adicional

En la fase de producción, se debe tomar en cuenta los distintos materiales que se pueden procesar. Es necesario establecer planes de producción que permitan el aprovechamiento óptimo de la capacidad de la trituradora. Si bien se ha tomado en cuenta la capacidad de la misma para poder suplir de materia prima a las extrusoras, las necesidades de materia prima pueden variar de acuerdo a los productos terminados que se requieren.

Las líneas de producción pueden ser comparadas al personal que trabaja en una empresa. Mientras algunas líneas se acoplan en un corto tiempo y con un esfuerzo mínimo, otras requieren de un trabajo más arduo y más tiempo para poder funcionar. Hay otras líneas que por su naturaleza no es posible acoplar a las líneas existentes. Establecer la factibilidad de una línea o un procedimiento nuevo dentro de un procedimiento actual no se limita únicamente a establecer su rentabilidad. Es importante también definir si el nuevo procedimiento es adecuado desde el punto de vista operativo. Al igual que las características de cada persona determinan si ésta se acoplará adecuadamente a un grupo de trabajo, las características de un procedimiento o línea de producción determinarán si su implantación dentro de un grupo de procedimientos a líneas de producción establecidas contribuyen a la mejora en general del proceso como un todo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Baca Urbina. 1995. *Evaluación de proyectos*. 3ª ed. México, McGraw Hill. 833 pags.
2. Blank; Tarquin. 1999. *Ingeniería económica*. 4ª ed. McGraw-Hill Interamericana. 639 pags.
3. *Blistering in recycled mixed-HDPE products*. Octubre, 1995. Clean Washington Center. <http://www.cwc.org/plastic>. 2 pags.
4. Koonts, Harold; Heiz, Weirich. 1994. *Administración: una perspectiva global*. Mexico, McGraw Hill. 804 pags.
5. Sapag Chain, Nassir; Sapag Chain, Reinaldo. 2000. *Preparación y evaluación de proyectos*. 4ª ed. McGraw Hill-Interamericana. 623 pags.
6. Urrea, Oscar. 2002. "Sistema de administración y funcionamiento del abastecimiento de los satélites". Tesis Universidad de San Carlos. Guatemala, Guatemala. 110 pags.
7. Guatemala. 1996. Ministerio de Energía y Minas. *Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista*. Guatemala, Comisión Nacional de Energía Eléctrica. 88 pags.
8. "Código de Trabajo y Todas sus Reformas Incluidas", DECRETO No. 14-41

ANEXO I – ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA

Descripción	Monto (Q.)
Banda Transportadora FB 60007900	88,320
RM Combinado RM 70 T	797,272
Deslizador mecánico	20,696
Sensor de vibración	14,272
Sistema de Control para predensificación	11,880
Indicador de presión de derretido	25,016
Cambiador de malla SW 2/134 RTF	194,368
Cara adicional de dado con cabeza de cuchilla	23,144
Granulador en caliente HG 152	146,672
Malla de pellets GS 1500	105,160
Secador centrífugo de pellets GZ 350 + Transportador inyector tipo neumático IFG 10	52,816
Intercambiador externo de calor	31,360
Válvula de control de temperatura	5,688
Cyclon y andamio de soporte	20,848
Transformador nominal 3x220prim - 3x440Vsec a 60Hz, 160kVA	68,104
Repuestos	20,000
TOTAL MAQUINARIA	1,625,616
Cargos FOB	28,640
Cargos CIF	40,600
Costos de Instalación	45,760
TOTAL MAQUINARIA + INSTALACIÓN	1,740,616
Impuestos	199,946
TOTAL MAQUINARIA + INSTALACIÓN + IMPUESTOS	1,940,562

ANEXO II – COTIZACIÓN DE MATERIA PRIMA RECICLADA



COTIZACION No. 19/2003

Guatemala, 21 de Marzo de 2003

Señores
FUPERSA
Ciudad

Atn. **Sr. Carlos Prato**

Estimado Señor Prato:

Reciba un cordial saludo. De acuerdo a su solicitud sírvase encontrar nuestra cotización de Resinas Plásticas Recicladas así:

MATERIAL	COLORES	PRECIO/EX WORK
Poliétileno Baja Densidad para Extrusión Peletizado en sacos de 20Kg	* Natural	US\$ 0.48c/Kg.
	* Verde para Negro	US\$ 0.42c/Kg

Los materiales que ponemos a su disposición han sido reciclados con alta tecnología, lo que garantiza la calidad y homogeneidad química y física del material.

Quedamos a la espera de sus comentarios.

Atentamente,

Ing. Pedro G. Castillo
Jefe Comercialización

c.c. File
Tel. 967 9478 cprato@uef.com.gt

ANEXO III – COTIZACIÓN DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Guatemala, 27 de febrero de 2,003.

Empresa
Ciudad

Estimado Ingeniero:

De acuerdo a nuestras recientes conversaciones, con relación al suministro de energía eléctrica para las oficinas ubicadas en Villa Nueva, a continuación me permito comunicarle las condiciones finales de los precios por dicho suministro:

Precio por la Potencia:	US\$ 9.90 Kw-Mes.	
Precio por la energía Horaria:	De 22:00 a 05:59 horas	US\$ 0.058
	De 06:00 a 17:59 horas	US\$ 0.0639
	De 18:00 a 21:59 horas	US\$ 0.0639
Ajuste del Precio de Energía:	<p>El veinte por ciento (20%) de los precios por la energía horaria contractual será ajustado de acuerdo a la siguiente fórmula de ajuste al índice de combustible: El índice de combustible a utilizar es el HFO #6 U.S. Gulf, 1% de azufre publicado por Platt's Oilgram Report bajo el título <i>Five Day Rolling Average</i>. El precio base del combustible es de US\$ 13.28 por barril. El precio base será el denominador y el promedio mencionado el numerador. El ochenta por ciento (80%) restante permanecerá fijo.</p>	
Plazo del Contrato:	Dos años a partir del inicio de transacciones.	
Punto de Entrega:	En la acometida principal de la Planta.	

Condiciones Previas:	Inspección del equipo de medición de acuerdo a las Normas de Coordinación Comercial del Administrador del Mercado Mayorista. Certificación de Gran Usuario del Mercado Mayorista emitido por el Ministerio de Energía y Minas.
Condiciones de Pago:	Quince días después de emitida la factura por parte de MEL, S.A.

Los precios anteriores no incluyen Impuesto al Valor Agregado (IVA) ni tasa municipal. Mayoristas de Electricidad, S.A. representará la demanda ante el Mercado Mayorista a título de Comercializador.

Simulación de pago:

Potencia máxima 136 Kw. y una energía de 50,000 Kwh.

Pago por potencia = $136 * 9.9 = \text{US } \$ 1346.4$

Pago por energía = $50,000 * (0.0619333 * (0.8) + 0.0619333 * (0.2) * (30/13.28)) = \text{US } \$ 3876.43$

Total = US \$ 5222.83

Para un precio final por Kwh. = US \$ 0.1044

Sin otro particular, se suscribe de usted un seguro y atento servidor

Ing. Sergio Porres
Comercialización
sporres@ed.com.gi
www.ed.com.gi