



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA
PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO**

Luis Fernando Nuñez Díaz

Asesorado por el Ing. Oscar Orlando Sapón Rodríguez

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA
PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS FERNANDO NUÑEZ DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ORLANDO SAPÓN RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

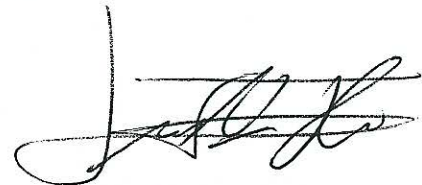
DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 26 de julio de 2013.



Luis Fernando Nuñez Díaz

Guatemala, 06 de julio de 2015

Ingeniero:
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Respetable ingeniero:

Por este medio hago de su conocimiento que he tenido a la vista el trabajo de graduación del estudiante Luis Fernando Nuñez Díaz, con número de carnet 98-11319, titulado "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO", y por mi parte doy por aceptado el contenido del mismo.

Sin otro particular, y agradeciendo su atención a la misma..

Atentamente



Oscar Orlando Sapón Rodríguez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 6775



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Nuñez Díaz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 0182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Nuñez Díaz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Fernando Nuñez Díaz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2015

/cc



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi guía espiritual en todo momento.

Mis padres

Isabel Díaz y Juan Antonio Nuñez, por sus constantes enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi centro de aprendizaje.

Facultad de Ingeniería

Por formarme en cada una de sus aulas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ESTUDIO DE MERCADO.....	1
1.1. Mercado objetivo.....	1
1.1.1. Determinación del mercado objetivo.....	1
1.1.1.1. Usos del pet reciclado.....	2
1.1.2. Estructura económica del mercado.....	3
1.1.3. Identificación de la competencia existente.....	4
1.2. Posicionamiento de los plásticos reciclados en el mercado.....	5
1.3. Proveedores de materia prima.....	6
1.3.1. Proveedores formales.....	7
1.3.2. Proveedores informales.....	7
1.4. Oferta y demanda de materia prima.....	8
1.4.1. Análisis de la oferta de materia prima.....	8
1.4.2. Análisis de la demanda de materia prima.....	9
1.5. Oferta y demanda de pet reprocesado.....	10
1.5.1. Análisis de la oferta de pet reprocesado.....	11
1.5.2. Análisis de la demanda de pet reprocesado.....	12
1.6. Evaluación del mercado de pet reprocesado.....	13
1.7. Mercadeo.....	14

1.7.1.	Análisis Foda de la empresa.....	15
1.7.2.	Estrategia competitiva.....	17
1.7.3.	Estrategias comerciales.....	18
2.	ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA.....	21
2.1.	Localización de la planta.....	21
2.2.	Tamaño de la planta	25
2.3.	Ingeniería del estudio.....	26
2.3.1.	Análisis de los productos a fabricar.....	33
2.3.2.	Maquinaria y equipos a utilizar.....	35
2.3.2.1.	Molino de envases de pet.....	36
2.3.2.1.1.	Diseño de molino de envases de pet	38
2.3.2.1.2.	Rotor portacuchillas.....	39
2.3.2.1.3.	Cuchillas.....	40
2.3.2.1.4.	Sistema de transmisión de potencia	42
2.3.2.1.5.	Sistema eléctrico	43
2.3.2.1.6.	Cálculo de consumo de energía	43
2.3.2.1.7.	Capacidad de producción.....	44
2.3.2.2.	Estación de lavado	45
2.3.2.2.1.	Diseño de estación de lavado.....	47
2.3.2.2.2.	Capacidad de producción.....	50
2.3.2.3.	Peletizadora.....	51

	2.3.2.3.1.	Diseño de extrusor peletizador.....	54
	2.3.2.3.2.	Cálculo de consumo de energía	69
	2.3.2.3.3.	Capacidad de producción.....	70
	2.3.2.4.	Montaje y puesta en marcha de maquinaria.....	71
	2.3.2.5.	Mantenimiento preventivo.....	71
	2.3.2.5.1.	Rutima de MP para molino de envases de pet	72
	2.3.2.5.2.	Rutima de MP para estación de lavado.....	72
	2.3.2.5.3.	Rutima de MP para peletizadora.....	73
	2.3.3.	Instalaciones auxiliares.....	75
	2.3.3.1.	Energía eléctrica.....	75
	2.3.3.2.	Agua	76
	2.3.4.	Distribución de planta.....	77
3.		ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL.....	79
	3.1.	Estructura administrativa de la empresa.....	79
	3.2.	Recursos humanos.....	80
	3.3.	Marco legal	88
	3.3.1.	Inscripción legal de la empresa	89
	3.3.2.	Contratación de personal.....	90
	3.3.3.	Pago de impuestos.....	96

4.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	99
4.1.	Aspectos técnicos del trabajo de graduación	111
4.1.1.	Infraestructura.....	111
4.1.2.	Materiales e insumos a utilizar.....	111
4.1.3.	Principales actividades a realizar.....	112
4.2.	Aspectos ambientales.....	113
4.2.1.	Impacto ambiental derivado de la ejecución y operación del trabajo de graduación.....	114
4.2.1.1.	Aire	114
4.2.1.2.	Agua	115
4.2.1.3.	Suelo	116
4.2.1.4.	Biodiversidad	117
4.2.1.5.	Visual.....	117
4.2.1.6.	Social.....	118
4.3.	Demanda y consumo de energía eléctrica	118
4.4.	Efectos y riesgos personales derivados de la operación	119
4.5.	Medidas de mitigación	120
4.6.	Impacto ambiental positivo derivado del procesamiento de plásticos reciclados.....	122
5.	ESTUDIO ECONÓMICO	123
5.1.	Determinación de los costos del trabajo de graduación	123
5.1.1.	Inversión inicial	123
5.1.2.	Costos de producción	126
5.1.3.	Gastos administrativos	131
5.1.4.	Gastos de ventas.....	132
5.1.5.	Depreciaciones	133
5.2.	Ingresos por ventas	133
5.2.1.	Proyección de ventas	134

5.3.	Valor residual.....	135
5.4.	Determinación del punto de equilibrio operativo.....	135
6.	ESTUDIO FINANCIERO	141
6.1.	Financiamiento del trabajo de graduación.....	142
6.1.1.	Inversión inicial requerida y capital de trabajo	142
6.1.2.	Análisis de fuentes de financiamiento.....	144
6.2.	Flujo de efectivo presupuestado.....	149
6.3.	Estado de pérdidas y ganancias presupuestado	152
6.4.	Balance general presupuestado	154
6.5.	Evaluación económica del trabajo de graduación	157
6.5.1.	Valor presente neto (VPN).....	157
6.5.2.	Tasa interna de rendimiento (TIR)	160
6.5.3.	Período de recuperación (<i>pay back</i>).....	163
	CONCLUSIONES	167
	RECOMENDACIONES.....	169
	BIBLIOGRAFÍA.....	171

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS






1.	Diagrama de flujo de proceso de pet en hojuelas y en pellets.....	32
2.	Pet en hojuelas	34
3.	Pet en <i>pellets</i>	35
4.	Molino para botella de pet	37
5.	Despiece de sistema de molienda.....	38
6.	Rotor portacuchillas.....	40
7.	Cuchilla giratoria.....	42
8.	Base estructural para extrusor.....	55
9.	Detalle de poleas de extrusor	57
10.	Sistema de transmisión de potencia de extrusor.....	58
11.	Tornillo de extrusor peletizador	63
12.	Cañón de extrusor peletizador	67
13.	Control de temperatura.....	68
14.	Distribución de bodegas de MP y PT	77
15.	Distribución planta de producción.....	78
16.	Organigrama actual	79
17.	Organigrama propuesto.....	80
18.	Evaluación ambiental inicial.....	101
19.	Flujo neto de fondos.....	160

TABLAS

I.	Competencia en pet reciclado.....	5
II.	Proveedores formales de pet	7
III.	Proveedores informales de pet	7
IV.	Usos de pet posconsumo	10
V.	Oferta de pet peletizado.....	11
VI.	Demanda de pet reprocesado.....	12
VII.	Evaluación por método cualitativo por puntos	25
VIII.	Consumo de energía eléctrica por equipo	118
IX.	Impactos ambientales y plan de mitigación	120
X.	Inversión inicial requerida de bodega en mano de obra	124
XI.	Inversión inicial requerida en bodega de materiales.....	125
XII.	Inversión inicial requerida en bodega de maquinaria.....	125
XIII.	Costo de materiales directos	127
XIV.	Costo bruto por empleado	128
XV.	Costo de mano de obra directa	128
XVI.	Cálculo de consumo de energía eléctrica	130
XVII.	Costos indirectos de manufactura	131
XVIII.	Gastos administrativos	131
XIX.	Gastos de venta	132
XX.	Depreciaciones	133
XXI.	Proyección de ventas	134
XXII.	Recuperación de activos	135
XXIII.	Proyección de ventas año 1	136
XXIV.	Precio de venta de producto E.....	137
XXV.	Costo variable de materiales directos	138
XXVI.	Costos fijos	139
XXVII.	Inversión inicial	143

XXVIII.	Capital de trabajo inicial	144
XXIX.	Tabla de pago de la deuda	149
XXX.	Flujo de efectivo	150
XXXI.	Estado de resultados preuspuestado.....	153
XXXII.	Balance general inicial.....	155
XXXIII.	Balance general presupuestado.....	156
XXXIV.	Valor presente neto	159
XXXV.	Tasa interna de rendimiento.....	162
XXXVI.	Periodo de recuperación	164

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Almacenaje
HP	Caballos de potencia
cc	Centímetros cúbicos
dl/g	Decilitros por gramo
	Demora
g/cm³	Gramos por centímetro cúbico
Hz	Hertz
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Kw	Kilowatt
Lts	Litros
Mm	Milímetros
Mts	Metros
	Operación
	Operación/inspección
Ppm	Partes por millón
Q	Quetzales
Rpm	Revoluciones por minuto
	Transporte
Btu	Unidades térmicas británicas

GLOSARIO

Aguas residuales	Agua proveniente de los servicios que se utilizan en la empresa y que arrastran consigo suciedad, tales como aguas industriales provenientes del lavado de materiales, o aguas negras provenientes de los servicios sanitarios.
Angulo de corte	Es el ángulo que se forma entre la tangente de la pieza a cortar y la superficie de ataque de la cuchilla.
Capital de trabajo	Los recursos que requiere una empresa para operar en el corto plazo.
Contactador	Interruptor eléctrico utilizado para conectar el motor eléctrico de una máquina con su fuente de energía.
Extrusión	Proceso industrial por medio del cual se forman objetos con sección transversal fija, empujando el material a través de un molde con la sección deseada.
Inversión inicial	La cantidad de dinero que se necesita invertir para ejecutar la inversión e iniciar operaciones.

Pet	Polietilentereftalato o tereftalato de polietileno. Es un polímero del tipo termoplástico, de alta calidad, transparente, muy impermeable al aire, generalmente utilizado para fabricar envases de bebidas, aceites, cosméticos.
Pet en hojuela	Piezas pequeñas de pet con la forma de una hojuela como resultado de un proceso de molienda en frío.
Pet peletizado	Trozos pequeños de pet con forma cilíndrica como resultado de un proceso de extrusión a alta temperatura denominado peletizado.
Pichacha	Pieza de lámina acerada con agujeros calibrados, utilizada en los molinos de pet. Define el tamaño de las piezas que pasarán de la cámara de molienda al recipiente de hojuelas.
Post consumo	Son materiales que han salido como producto defectuoso en los procesos industriales y que se reciclan para ser utilizados nuevamente en el mismo proceso.
Tela de sombra	Es una tela plástica fabricada a partir de varios hilos que se cruzan horizontal y verticalmente, a una distancia el uno del otro, que permiten el paso de la luz en un porcentaje definido.

RESUMEN

El pet es un tipo de plástico ampliamente utilizado en la industria, generalmente se le utiliza para la fabricación de envases para líquidos. Al igual que muchos otros plásticos el pet puede ser reciclado, existiendo en Guatemala un amplio mercado para este material como materia prima. Comercialmente, el pet reciclado se puede comercializar en forma de hojuelas o de *pellets*, para lo cual se dispone de diferentes procesos de fabricación.

Para fabricar el pet en hojuela, primero se recibe el material en la planta de producción. Se selecciona y luego se muele para reducir su tamaño. Se lava, se seca y por último se empaca. Para fabricar el pet en *pellets*, se toma el pet en hojuelas y se pasa por un proceso de extrusión y corte llamado peletizado. Para realizar esos procesos se dispone de diferentes máquinas y equipos, como molinos, lavadoras, extrusores, ventiladores, entre otros.

Para llevar a cabo las actividades de reciclaje de pet es necesario contar con la estructura administrativa necesaria, además de asegurar que los procesos productivos no serán dañinos para el medio ambiente. Entre los costos en que se incurre se puede mencionar el costo de producción, costo de venta, mano de obra, costos indirectos de fabricación, depreciaciones, entre otros. Para determinar si es conveniente invertir en el trabajo de graduación de reciclaje de pet, se realiza un análisis del valor presente neto (VPN), de la tasa interna de rendimiento (TIR) y del periodo de recuperación (*pay back*).

OBJETIVOS

General

Realizar el estudio de factibilidad para el diseño de una planta procesadora de plástico reciclado.

Específicos

1. Identificar las presentaciones en que el pet reciclado puede ser procesado y comercializado.
2. Analizar las características actuales del mercado de los productos fabricados a partir de pet reciclado.
3. Describir los procesos productivos que se llevarán a cabo en la planta de pet reciclado.
4. Establecer el tipo y la distribución de la maquinaria a utilizar en el proceso de reciclaje de pet.
5. Definir el impacto ambiental y la forma de mitigarlo, provocado por la realización del trabajo de graduación.
6. Especificar los costos del proceso de reciclaje del pet.
7. Analizar, desde el punto de vista financiero, la factibilidad del trabajo de graduación.

INTRODUCCIÓN

El reciclado de materiales ha tomado un lugar importante en los procesos productivos, ya que además de ayudar a preservar la naturaleza representa un ahorro importante en los costos de materia prima de los productos. En estos se puede utilizar material reciclado, debido a los altos costos de la materia prima virgen.

El plástico reciclado se ha convertido últimamente en uno de los materiales que se les ha encontrado un amplio campo de aplicaciones, tales como envases para diferentes tipos de productos, material para construcción, empaques, juguetes, y otros. Esto es un beneficio directo para el medio ambiente, ya que este tipo de desecho ya no se convierte en un contaminante más. Tomando en cuenta que el material plástico, dependiendo del tipo, toma de 10 a 100 años para degradarse y proporciona una fuente de empleo para la población guatemalteca. Son varias las empresas que se han constituido, ya sea para reciclar el material o para procesarlo.

Siguiendo los lineamientos de una producción más limpia se determinará, en el presente trabajo de graduación, la factibilidad para diseñar una empresa procesadora de plástico reciclado. Se contempla la metodología, integrando los resultados de los diferentes estudios que abarca el trabajo, tanto de mercado, aspectos técnicos, financiero, económico, administrativo, impacto ambiental, buscando disminuir el riesgo de realizar la inversión, y determinando la viabilidad del trabajo de graduación en sí.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Mercado objetivo

En el ámbito de la mercadotecnia se conoce como mercado objetivo a la totalidad del espacio donde confluyen la oferta y la demanda de bienes y servicios. Es el espacio donde se llevan a cabo las transacciones entre compradores y vendedores. El análisis del mercado objetivo tiene especial importancia debido a que permite conocer a los clientes y prever los resultados de su comportamiento de compra. Esto influye en el retorno de inversión de la empresa.

1.1.1. Determinación del mercado objetivo

El mercado para pet reciclado en Guatemala, actualmente está en crecimiento, debido a las posibilidades de uso del mismo. Está en forma de escamas o en forma de *pellets*, impulsado también por el hecho que el reciclaje de plásticos en general, incluyendo el pet, se está viendo desde un punto de vista ambientalista. Esto debido a que es una forma de evitar la contaminación y preservar la vida animal y vegetal del planeta.

El principal mercado que se pretende abarcar son las empresas que fabrican productos plásticos. Entre las líneas de producción de éstas incluyen el pet reciclado como parte de su materia prima.

1.1.1.1. Usos del pet reciclado

El uso principal, que se da a la resina pet virgen, es para la fabricación de envases para líquidos. Estos se pueden utilizar para:

- Refrescos
- Refrescos carbonatados
- Aceite comestible
- Agua purificada
- Medicinas líquidas
- Productos cosméticos
- Productos de limpieza

En la industria del plástico, la materia prima constituye uno de los costos principales a tomar en cuenta. Es por esto que las empresas buscan incorporar un porcentaje de material reciclado a sus productos fabricados a partir de resina virgen. Estas mantienen siempre las características de sus productos finales y la eficiencia de sus procesos productivos, ya que al incorporar material reciclado a la materia prima virgen provoca una contaminación por material reciclado de baja calidad, o se ve reducida la eficiencia de las máquinas.

Cumpliendo con ciertas normas de calidad, y en los porcentajes adecuados, el pet reciclado puede mezclarse directamente con la resina virgen. Esto da lugar a productos nuevos de grado alimenticio, ya que únicamente con pet reciclado no es recomendable la producción de dichos productos.

Entre los productos que se pueden fabricar a partir únicamente de pet reciclado se mencionan:

- Envases para lubricantes

- Envases para productos de limpieza
- Lamina para termoformado
- Hilo monofilamento y cabos para lazo
- Fleje
- Lámina plana
- Fibras para relleno térmico
- Fibras para alfombras
- Fibras para ropa
- Como material de relleno
- Fabricación de madera plástica
- Combustible en algunos equipos con ciertas modificaciones

1.1.2. Estructura económica del mercado

Actualmente en el mercado de pet reciclado se puede observar que existe una cantidad grande de compradores y vendedores. Su participación en el mercado es relativamente pequeña comparada con el volumen total de compras y ventas. Esto no permite a ninguno de ellos influir significativamente en los precios, más bien, los precios se van estabilizando de acuerdo a la cantidad de compradores y vendedores. Se ven influenciados por el precio internacional de la resina pet virgen.

El producto que ofrecen los diferentes vendedores es básicamente el mismo, con ciertas diferencias en la calidad del producto. Específicamente, con respecto al grado de contaminación debida a plásticos ajenos al pet, ya que algunas empresas cuentan con procesos más sofisticados para entregar un material pet con baja contaminación, que otros.

Existen ciertas barreras para ingresar a este mercado, porque algunos compradores obtienen su materia prima específicamente con ciertos vendedores. Sin embargo, es posible romper estas barreras ingresando con un producto de buena calidad y que no supere el precio establecido por el mercado.

Todas las condiciones expuestas anteriormente, sitúan al mercado de pet reciclado, en la categoría de mercado de competencia perfecta, siendo apto para invertir.

1.1.3. Identificación de la competencia existente

En Guatemala existe una gran cantidad de empresas que se dedican al reciclaje de plásticos. Además de una gran cantidad de personas que por su cuenta buscan reciclar, para obtener un beneficio económico por medio de los centros de acopio.

La competencia directa, que se debe tomar en cuenta en este estudio son las empresas que se dedican a reciclar pet, y entregan como producto al mercado pet en escamas y pet peletizado. Generalmente, las empresas recicladoras reciben varias clases de plásticos, como polietileno, polipropileno, poliestireno, entre otros. Además de metales, papel, cartón, y cuentan entre sus líneas de producción con el reciclaje de pet.

Entre las empresas guatemaltecas que se pueden contar como competencia directa para el estudio se mencionan las siguientes:

Tabla I. **Competencia en pet reciclado**

EMPRESA	UBICACIÓN
Imporex	Guatemala, Ciudad
Reciclados de Centroamérica	Guatemala, Ciudad
Reciclajes Santa Lucia	Antigua Guatemala, Guatemala
Recicladora Jehova Jire	Guatemala, Guatemala
Damagus	Guatemala, Guatemala
Fullplast, S.A.	Guatemala, Guatemala

Fuente: *Petreciclado.guatemala.acambiode.com*. Consulta: 5 de mayo de 2014.

1.2. Posicionamiento de los plásticos reciclados en el mercado

De todos los plásticos que se utilizan para diferentes fines, el 90 % es reciclable. Estos pertenecen a las categorías PP, PE, PS y PVC. Para la fabricación de productos de los diferentes plásticos se utilizan diferentes químicos aditivos. Con ellos mejoran las propiedades del plástico, tales como ablandadores, colorantes, suavizantes, que pueden dar propiedades distintas a dos productos fabricados a partir del mismo tipo de plástico.

Esta condición provoca que los plásticos no puedan ser reciclados muchas veces, ya que la separación de dichos químicos resulta prácticamente imposible. Esto provoca que los productos fabricados a partir de plásticos reciclados tengan una calidad inferior a los productos fabricados a partir de plástico virgen.

Sin embargo, los plásticos reciclados están ganando más terreno en los mercados industriales, ya que cada vez es mayor la cantidad de productos que pueden fabricarse a partir de los mismos.

Además, el beneficio ecológico que representa el reciclado de plásticos ha ido contribuyendo a que este último vaya cada vez más en aumento. Por ello, cada día es mayor la cantidad de personas que se relacionan con el proceso, ya sea formal o informalmente.

1.3. Proveedores de materia prima

La materia prima a utilizar es botella de pet posconsumo, ya sea con tapón, arillo y etiqueta o sin ellos. Puede estar clasificada por color o sin clasificar, del grado de limpieza y clasificación dependerá el precio que se puede pagar por ello.

Existe diversidad de proveedores para el producto, algunos son empresas constituidas formalmente. La mayoría son empresas informales que se dedican al acopio del producto para luego venderlo. Estas empresas informales no cuentan con una inscripción en el registro mercantil, y en algunas ocasiones las condiciones de trabajo no son adecuadas.

Una de las ventajas de trabajar con proveedores formalmente constituidos es el respaldo que tienen como empresa. Pueden asegurar un suministro de producto constante, lo cual no sucede con las empresas informales, que de pronto desaparecen del mercado.

La desventaja de trabajar con empresas formales es que el precio del producto es considerablemente alto debido a los costos que manejan como

empresa. Por otro lado, con las empresas informales, se pueden obtener precios mucho más bajos, con el respectivo inconveniente de no obtener una factura contable por el producto y no tener un respaldo sólido como empresa.

1.3.1. Proveedores formales

Entre los proveedores formales de materia prima se puede mencionar los siguientes:

Tabla II. **Proveedores formales de pet**

EMPRESA	UBICACIÓN
Clapsa	Guatemala, Ciudad
Comercial Miranda	Guatemala, Ciudad
Diso	Guatemala, Ciudad

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Proveedores informales

Entre los proveedores informales de materia prima se puede mencionar los siguientes:

Tabla III. **Proveedores informales de pet**

EMPRESA	UBICACIÓN
Centro de acopio La Canaleña	Villa Canales, Guatemala
Compra y venta de reciclados	Km. 26 Villa Canales

Fuente: elaboración propia.

1.4. Oferta y demanda de materia prima

La oferta de botellas de pet posconsumo está constituida por empresas que se dedican al acopio del mismo. De acuerdo al tipo de empresa, así serán las características de botellas que puedan ofrecer. Algunas empresas cuentan con suficiente personal y maquinaria para suministrar botellas de pet posconsumo sin tapón, arillo ni etiqueta, con una clasificación por color, y de ser posible compactado, para facilitar el transporte y manejo del mismo.

Otras empresas, generalmente las informales, ofrecen pet revuelto por colores, con tapón, arillo y etiqueta, en algunas ocasiones mezclado con otros tipos de plásticos, y generalmente sin compactar, obviamente lo ofrecen a un precio menor.

La demanda de pet posconsumo está conformada por las diferentes empresas que se encargan de procesar el mismo, ya sea para comercializarlo luego de procesado o para uso propio.

1.4.1. Análisis de la oferta de materia prima

Actualmente la oferta de botellas de pet posconsumo está restringida, debido a que no existen suficientes empresas que puedan asegurar una cantidad constante y suficiente para una correcta operación. Además que el precio de la resina virgen tiene muchas variaciones, incluso llega a precios tan bajos, que ya no hacen rentable el uso de reciclado.

Los precios de la botella de pet, revuelto, es decir sin clasificación por colores, con arillo y tapa, oscila entre los Q 80,00 y los Q 125,00 por quintal.

1.4.2. Análisis de la demanda de materia prima

Con respecto a la demanda, cada día son más las empresas que inician o incorporan en sus líneas de producción el reciclaje de pet posconsumo. Al igual que con la oferta, su uso se ve condicionado por el precio de la resina pet virgen, ya que si el precio de esta última baja demasiado, ya no se justifica el uso de pet reciclado en los procesos productivos. Una buena parte de pet posconsumo que se procesa es utilizado para exportar hacia otros países. Allí es donde la tecnología en maquinaria y equipos, para la utilización de pet reciclado en la fabricación de productos, está más avanzada.

Una de las formas de bajar costos, en la obtención de la materia prima, podría ser abriendo un centro de acopio en la propia empresa. Aquí llegan las personas individuales que se dedican a la recolección y acopio de botellas pet, el precio que se puede pagar es de Q 40,00 por quintal de botella de pet.

Uno de los inconvenientes es que no se puede asegurar el suministro de una cantidad constante de material. Además que la calidad de producto que se recibe es considerablemente baja, haciendo necesarias más operaciones en el proceso productivo de reciclado elevando, por consiguiente, los costos de operación de la empresa. Lo más recomendable es comprar con los proveedores actuales del mercado y abrir un centro de acopio alternativo como complemento.

Algunos compradores de botella pet posconsumo la utilizan para reventa. Otros para reprocesar y vender o para consumo propio.

Tabla IV. Usos de pet posconsumo

EMPRESA	USO DEL MATERIAL
Escocesa	Uso propio
Reciclados de Centroamérica	Reproceso y venta
Clapsa	Reventa

Fuente: elaboración propia.

1.5. Oferta y demanda de pet reprocesado

La oferta de pet en hojuela y peletizado la conforman las empresas que se dedican a procesar el material para su comercialización. Esto para uso local o para exportación. No se incluyen como oferta, las empresas que procesan el material y luego lo utilizan para consumo propio. Este material no ingresa al mercado como una oferta.

La demanda de pet en hojuela y peletizado la conforman las empresas que compran dicho material, ya sea para su consumo, agregándolo a sus productos finales, o para exportación. Debido a que Guatemala no es un país productor de pet, todo el que se utiliza debe ser importado, gracias a esta condición la demanda de pet reciclado se ha visto beneficiada. Generalmente el costo es menor al del pet virgen y los fabricantes de productos, a partir de pet, hacen esfuerzos para utilizar cada vez más pet reciclado, en sus líneas de producción.

1.5.1. Análisis de la oferta de pet reprocesado

La oferta de pet en hojuela y peletizado está en crecimiento, cada vez son más las empresas que ingresan al mercado del reciclaje. La mayoría de ellas trabajan con varios materiales como: aluminio, polietileno, poliestireno, incluyendo en sus líneas de producción el pet. La empresa mejor posicionada actualmente en el mercado es Reciclados de Centroamérica S. A., ya que es una empresa grande que incluye en sus líneas de producción el reciclaje de varios materiales. Esta cuenta con procesos altamente tecnificados, por lo tanto, puede ofrecer productos finales de muy alta calidad, incluso plásticos molidos y peletizados de grado alimenticio.

Entre las empresas que actualmente presentan oferta de pet en hojuela y peletizado se pueden mencionar las siguientes:

Tabla V. **Oferta de pet peletizado**

EMPRESA	UBICACIÓN
Cesar Lopez	Villa Nueva, Guatemala
Victor Laruso	Villa Nueva, Guatemala
Damagus	Guatemala, Guatemala
Fullplast, S.A.	Guatemala, Guatemala
Imporex	Guatemala, Ciudad
Reciclados de Centroamérica	Guatemala, Ciudad
Reciclajes Santa Lucia	Antigua Guatemala, Guatemala
Recicladora Jehova Jire	Guatemala, Guatemala

Fuente: elaboración propia.

Los precios para pet reprocesado oscilan entre Q 350,00 – Q 400,00 para pet en hojuela, lavado y seco, y Q 400,00 – Q 450,00 para pet peletizado, por quintal.

1.5.2. Análisis de la demanda de pet reprocesado

Los compradores de pet reprocesado hacen presión a los productores para bajar cada vez más los precios. En la medida que van ingresando más participantes al mercado los precios han ido descendiendo. Sin embargo, conforme van ingresando nuevas tecnologías en maquinaria para procesamiento de plásticos, ha sido más fácil incorporar pet reciclado a los productos que se fabriquen. Esto ha provocado que la demanda y la exigencia incrementen. Debido a esta exigencia en calidad, es más difícil que las empresas ingresen a este mercado, la inversión en maquinaria y equipos cada vez debe ser mayor.

Entre las empresas que compran pet reprocesado se encuentran las siguientes:

Tabla VI. Demanda de pet reprocesado

EMPRESA	USO DEL MATERIAL
Escocesa	Uso propio
Reciclados de Centroamérica	Reventa y exportación
Global Pack	Uso propio

Fuente: elaboración propia.

1.6. Evaluación del mercado de pet reprocesado

De acuerdo a la información obtenida se puede observar que el mercado del pet reciclado, es un mercado de competencia perfecta, ya que el producto que ofrecen los distintos proveedores tiene características casi iguales. Esto debido a los requerimientos que los clientes y principalmente los procesos productivos imponen al producto. Existen algunas barreras para ingresar a este mercado, como la obtención continua de materia prima, la relación existente de fidelidad entre clientes y proveedores, pero la barrera principal es la calidad del producto.

Sin embargo, el mercado de los plásticos reciclado en general está en crecimiento y con él el mercado del pet reciclado. Esto ha provocado que cada vez existan más clientes y más proveedores de pet reciclado.

La oferta de materia prima está representada por proveedores formales e informales, obteniéndose mejores precios con los proveedores informales. Sin embargo, el suministro de materia prima no es constante. La demanda de materia prima es alta, ya que el mercado está en crecimiento, pero el porcentaje de plástico que se recicla se sitúa alrededor del 15 %. Esto favorece a que puedan ingresar más participantes al mercado.

La oferta de pet reprocesado en hojuelas y en *pellets* está bastante distribuida. El mayor ofertante actualmente es Reciclados de Centroamérica S. A.. La demanda de pet reprocesado se encuentra en aumento, ya que cada vez son más las empresas que buscan incluirlo en sus productos, debido a que su costo es menor al de pet virgen.

De acuerdo a las condiciones anteriormente descritas, el mercado de pet reciclado en hojuelas y *pellets* es un mercado apto para invertir.

1.7. Mercadeo

En la parte de mercadeo se analiza la forma de satisfacer las necesidades del cliente. Esto de una manera adecuada y obteniendo una rentabilidad para la empresa.

Analizando el mercado, desde el punto de vista del cliente, se ha podido observar que el cliente guatemalteco no necesita un producto de óptima calidad. Esto es que los materiales que han sido reciclados cumplan con altos estándares de calidad, pues los productos en los que utilizan reciclados generalmente no son utilizados para empaque de alimentos.

Sin embargo, el cliente busca un producto que tenga un alto grado de limpieza y una humedad baja. Estos factores son muy importantes para el correcto funcionamiento de la maquinaria, lo cual se traduce en tiempos de producción más cortos. Incluso en algunas ocasiones, el cliente mezcla diferentes tipos de plásticos para facilitar su fluidez dentro de la máquina, razón por la cual la mayoría de plásticos no pueden tener muchos ciclos de reciclado.

Además el cliente necesita que se le otorgue crédito en la venta del producto, que le sea entregado en sus instalaciones, y que se les pueda suministrar una cantidad constante de material.

1.7.1. Análisis Foda de la empresa

La herramienta de análisis Foda ayudará a obtener información adecuada para conocer y analizar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la empresa. Esto servirá a su vez como línea de acción para elaborar un plan estratégico para la misma.

- Fortalezas: se consideran como los elementos positivos que diferencian a la empresa de la competencia. Entre ellos se cuentan los siguientes:
 - La empresa en análisis: es una empresa que ya existe en el mercado de los plásticos, ya tiene clientes que utilizan pet reciclado.
 - Las instalaciones con que cuenta para el desarrollo del proyecto son propias, lo cual reduce su costo inicial.
 - Cuenta con un molino, esto también reduce su costo inicial.
 - Conoce como ha sido la evolución del reciclaje de plásticos.

- Oportunidades: son situaciones positivas externas a la empresa, las cuales están disponibles para todas las empresas. Se convertirán en beneficio en la medida que se puedan identificar y aprovechar. Entre las oportunidades para la empresa en análisis se pueden mencionar las siguientes:
 - La zona en que se desarrollará está en transición de ser una zona agrícola a una zona urbano-industrial.
 - La mano de obra en esta zona es más barata que en las zonas cercanas.

- En esta zona se está desarrollando un alto movimiento en reciclaje de plásticos de manera informal. Esto beneficia el suministro de materia prima a bajo costo.
- En general, el reciclaje de plásticos está siendo promovido por diversas instituciones ecologistas.

- Debilidades: son problemas actuales que presenta la empresa, que deben ser identificados para aplicar una estrategia adecuada. La finalidad es eliminarlas para que no afecten a la empresa. Las debilidades que se pueden identificar son las siguientes:
 - Las instalaciones no están capacitadas para un crecimiento futuro.
 - El acceso a fondos monetarios está bastante limitado.
 - La tecnología a la cual la empresa puede tener acceso, no es de la más reciente.
 - Los clientes de la empresa se localizan a distancias largas, lo cual puede repercutir en el incremento de los costos de entrega.
 - Por ser un proceso nuevo para la empresa, los costos de producción serán altos al inicio de operaciones.

- Amenazas: son situaciones externas a la empresa, que pueden ser negativas para la misma. Entre ellas, para la empresa, se mencionan las siguientes:
 - Existe bastante competencia en el mercado de plásticos reciclados, y está en constante crecimiento.
 - Existen empresas competidoras que cuentan con tecnología avanzada para el desarrollo de sus procesos.

- Los requerimientos de calidad del producto por parte de los clientes son bastante altos, lo cual incrementa los costos de producción.
- La demanda de plásticos reciclados depende en parte del precio internacional del petróleo, ya que el pet virgen, al ser derivado del petróleo, varía su precio en función de este último.

1.7.2. Estrategia competitiva

Estas comprenden las acciones en dirección ofensiva o defensiva. Las mismas llevan a la empresa a crear una posición defendible en el sector donde opera para enfrentarse a las fuerzas competitivas y obtener un rendimiento adecuado, sobre la inversión que ha realizado.

Estas estrategias competitivas pueden obtenerse por medio de tres distintos canales:

- Ser la empresa líder en costos, es decir, obtener una ventaja competitiva manejando costos más bajos que su competencia, para fabricar un mismo producto.
- Ser la empresa líder en diferenciación de productos. El producto que la empresa fabrica debe tener atributos muy diferentes a la competencia, para hacerlos superiores y por lo tanto más atractivos para el cliente.
- Ser la empresa líder en segmentación de mercado, es decir, buscar y encontrar el segmento de mercado en donde el producto de la empresa sea competitiva en costos y en diferenciación.

La estrategia competitiva en costos no es la más viable para la empresa. Sin embargo, se tomará mucho en cuenta que al comenzar operaciones los costos pueden elevarse bastante, ya que no se tiene la experiencia necesaria

en el proceso. Se tomará en cuenta, en el corto plazo el usar esta estrategia competitiva en la empresa, aprovechando el bajo costo de la mano de obra, de la materia prima y la experiencia obtenida en los procesos productivos.

La estrategia competitiva en diferenciación de producto no es posible, ya que el producto a trabajar cuenta con regulaciones de calidad y presentación establecidas por los clientes.

La estrategia competitiva que se utilizará será la de segmentación de mercado. Esto por sus operaciones actuales, pues la empresa trabaja con clientes que están introduciendo o incrementando en sus líneas de producción el uso de pet reciclado. Se conocen las necesidades de la empresa, los requerimientos de calidad y especificaciones del producto, los procedimientos de compra, lo cual facilita las negociaciones con dichas empresas.

1.7.3. Estrategias comerciales

Una estrategia comercial es el conjunto de acciones a tomar, para alcanzar los objetivos propuestos de la empresa. Esto diseñará una estrategia comercial y es necesario tomar en cuenta los factores, tanto internos como externos que afectan a la empresa. Se debe analizar cada uno de estos factores para determinar la forma en que afectarán los procesos de la empresa. Si los efectos son negativos, para implementar las estrategias comerciales, es necesario buscar la forma de mitigarlos. Si dichos efectos son positivos se debe buscar la forma de impulsarlos.

Las estrategias comerciales que se utilizarán para la comercialización del pet reciclado serán las siguientes:

- El canal de distribución a utilizar será directo, es decir, de la fabricación el producto pasará directamente al consumidor final, en busca de una negociación uno a uno con el cliente. Esto permitirá obtener información más detallada de las necesidades que este último experimenta; por el tipo de producto no es estrictamente necesario utilizar intermediarios.
- Se utilizará la estrategia de penetración de mercado. Inicialmente se trabajará con los clientes que ya compran otros tipos de plásticos, y se realizarán negociaciones con clientes nuevos. Esto especialmente en los sectores cercanos a la empresa, para mantener bajos los costos de entrega.
- Con la estrategia de crecimiento, en aproximadamente un año, se tiene planeada la adquisición de otro molino con la misma capacidad del actual. Con esto se estará incrementando la capacidad en molienda y se podrá aprovechar al máximo las capacidades de las otras operaciones.
- Se asumirá la estrategia de responsabilidad social, mitigando cualquier tipo de daño a la sociedad y al medio ambiente. Se evita de esta manera el detrimento de la producción por quejas o por demandas legales.

2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA

2.1. Localización de la planta

Este análisis ayudará a determinar el mejor lugar para la ubicación de la misma. Se toman en cuenta varios factores para la localización de la planta. La empresa cuenta con dos opciones, la primera, donde actualmente se ubica en la colonia Villa Lobos, del municipio de Villa Nueva. La segunda en lotificación Villa Las Mercedes, en el municipio de Villa Canales, donde cuenta con una bodega y un terreno.

A continuación se describen las características de cada una de las opciones, para la localización de la planta:

- Opción 1: colonia Villa Lobos, municipio de Villa Nueva.

Actualmente, la empresa está ubicada en lote 3, manzana M, residenciales Villa Lobos, Villa Nueva, Guatemala. Se dedica al reciclaje de otros tipos de plásticos pero para el montaje de la línea de reciclado de pet, dispone de un área de 126 m².

Este lugar tiene una ubicación estratégica cerca de la entrada hacia la ciudad capital de Guatemala, donde se localiza una buena cantidad de empresas que son potenciales clientes para la compra de pet reciclado; además de proveedores de insumos y repuestos. Una de las desventajas de esta ubicación es que la zona se está convirtiendo principalmente en un área residencial, dificultando la circulación de camiones grandes, principal transporte

para el abastecimiento de pet en botella. Además del congestionamiento vial a que está sujeta el área y a la restricción a la circulación de transporte pesado en las horas de mayor afluencia vehicular, por parte de la Policía Municipal de Transito (PMT).

La zona cuenta con servicio de agua potable, energía eléctrica, disponibilidad de mano de obra, disponibilidad de materia prima.

- Opción 2: Lotificación Villa Las Mercedes, municipio de Villa Canales.

La empresa cuenta con una bodega ubicada en lote 24, manzana D, lotificación Villa Las Mercedes, zona 0 de Villa Canales. Esta cuenta con un área de 112 m², además de un terreno ubicado a tres cuadras de la bodega, con la misma área. Esta ubicación, a pesar de estar en un área puramente residencial, cuenta con la ventaja que en el municipio de Villa Canales, una zona agrícola, se están estableciendo varias empresas industriales.

Esto por el costo de los terrenos, lo cual ha propiciado la instalación de varias recicladoras que ofrecen pet reciclado en botella. Esto ubica a la empresa con una localización estratégica cerca de los proveedores de materia prima, con áreas adecuadas para la circulación de transporte pesado. Una de las desventajas es la lejanía de los clientes ubicados en la ciudad capital de Guatemala, además de las restricciones a la circulación de transporte pesado por parte de PMT.

Esta zona también cuenta con servicio de agua potable, energía eléctrica, disponibilidad de mano obra y materia prima, un poco más barata que en el área de Villa Nueva.

- Análisis de localización: por medio de este análisis se determinará la localización óptima para el desarrollo del trabajo de graduación. Para ello se utilizará el método cualitativo por puntos, el cual asigna un valor cuantitativo a los factores considerados como relevantes para la ubicación de la planta de producción. Desde el punto de vista del investigador se obtiene, al final, una comparación cuantitativa de la calificación de dichos factores, siendo favorecida la ubicación con el puntaje más alto.

Los factores a considerar, para el análisis de localización de la planta de producción, son los siguientes:

- Área disponible de trabajo: estará medida en metros cuadrados.
- Disponibilidad de materia prima, con una ponderación de 1 a 10: Se considera 1 a la menor disponibilidad y 10 a la mayor.
- Cercanía al mercado objetivo de 1 a 10, siendo 1 la mayor distancia y 10 la menor.
- Disponibilidad de mano de obra de 1 a 10, siendo 1 la menor disponibilidad y 10 la mayor.
- Costo del agua, tomando como base el costo de media paja de agua (30 000 litros al mes) de 1 a 10, siendo 1 el costo más alto y 10 el más bajo, es decir, el de mayor beneficio para la empresa.
- Costo de los insumos de 1 a 10, siendo 1 el costo más alto y 10 el más bajo. Se toma en cuenta la distancia hacia la cual se encuentran los insumos y si al área en estudio los proveedores despachan a domicilio.

Para asignarle un peso a cada factor relevante se tomó en cuenta la importancia que cada uno de los factores tiene para el desarrollo de los procesos. Se proporciona la ponderación más alta a la disponibilidad de materia

prima, con 0,33 o 33 %. Se ha determinado así, pues es el factor más crítico para los procesos de reciclaje de plásticos, debido a la variabilidad de los proveedores, para suministrar dicha materia prima.

El siguiente factor que se considera entre los más importantes es el que corresponde al área de trabajo medida en metros cuadrados, y se le ha asignado una ponderación de 0,20. En los procesos de reciclaje de botellas plásticas el espacio es un factor de alta importancia, debido a que la materia prima por lo general se recibe en jumbos de polipropileno que contiene las botellas únicamente a un aproximado del 25 % de su volumen original.

Lo cual representa volúmenes grandes para el manejo de las mismas, aunque existe la tecnología para compactar las botellas y entregarlas al cliente en forma de pacas, su costo es elevado y se utiliza únicamente para transportarlas a distancias largas.

De igual manera se han considerado los demás factores relevantes para el proceso, asignándoles un peso de acuerdo a la importancia que representan para el desarrollo de los procesos productivos de la empresa. Dichos factores son disponibilidad de mano de obra, costo del agua, cercanía al mercado objetivo y costo de insumos.

A pesar que la energía eléctrica es uno de los factores principales a tomar en cuenta para la localización de la planta de producción, no se tomó en cuenta debido a que en ambas zonas el único comercializador de energía eléctrica es Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (EEGSA); aunque sí será tomado en cuenta en la evaluación de costos. En la tabla VII se presentan los factores que influyen en la decisión de localización de la planta, con sus ponderaciones y calificaciones.

De acuerdo al análisis de localización utilizando el método cualitativo por puntos se determina a la opción 2, correspondiente al municipio de Villa Canales como la localización óptima para la empresa de reciclaje de pet. Esto con un puntaje total de 49,33, contra 27,39 puntos obtenidos para la opción 1, correspondiente a la localización en Villa Lobos. Esta es influenciada por el área disponible en Villa Canales, que es el doble que en Villa Lobos.

Tabla VII. **Evaluación por método cualitativo por puntos**

Factor relevante	Peso asignado (A)	OPCIÓN 1, VILLA LOBOS		OPCIÓN 2, VILLA CANALES	
		Calificación (B)	Calificación ponderada (AXB)	Calificación (C)	Calificación ponderada (AXC)
Área de trabajo (mts ²)	0,20	112	22,40	224	44,80
Disponibilidad de MP	0,33	5	1,65	8	2,64
Cercanía al mercado objetivo	0,07	8	0,56	4	0,28
Disponibilidad de MO	0,18	4	0,72	6	1,08
Costo de agua	0,15	10	1,50	1,66	0,25
Costo de insumos	0,07	8	0,56	4	0,28
TOTALES	1,00		27,39		49,33

Fuente: elaboración propia.

2.2. Tamaño de la planta

Para determinar el tamaño óptimo de la planta, se ha tomado en consideración los siguientes factores:

- Equipo existente: actualmente la empresa cuenta con un molino para pet con una capacidad de 40 kg/hora.

- Área de trabajo disponible: son 224 m², de los cuales 112 se pueden utilizar para instalación de maquinaria y los 112 restantes se utilizarán para almacenaje de materia prima.
- Financiamiento: la empresa espera realizar una inversión que no sobrepase los Q 150 000 o Q 200 000.

Con base en los datos anteriores se determina el tamaño de planta en 40 kg/hora de pet procesado. Se trabaja un turno de 8 horas al día de lunes a viernes y sábado 4 horas, de 8 a 12 horas, para completar una jornada de 44 horas semanales. Son un aproximado de 50 semanas al año para una capacidad total de 88 toneladas al año.

$$40 \text{ kg/hr} \times 44 \text{ hrs/semana} \times 50 \text{ semanas/año} = 88\,000 \text{ kg/año.}$$

2.3. Ingeniería del estudio

Por medio de la ingeniería de procesos se determinará el proceso productivo a seguir, así como la maquinaria y el equipo necesarios para el desarrollo del mismo.

- Procesos de producción: se identifican dos procesos de producción, uno para la producción de pet en hojuelas, y otro para la producción de pet en *pellets*.
 - Proceso de producción de pet en hojuela:
 - Recepción de material: la materia prima llega a la bodega, contenida en jumbos (supersacos de polipropileno) de aproximadamente 45 kg de peso. El volumen aproximado de

1,5 m de ancho X 1,5 m de largo X 2m de altura. Una vez descargados del vehículo se procede a pesarlos y posteriormente se almacenan en estibas de hasta dos niveles.

- Selección de material: en este proceso se clasifica lo que ingresará a la línea de producción. Se selecciona por color (preferentemente se trabaja solo pet transparente, por ser el que tiene más mercado, pero si es necesario se trabajarán corridas de pet con un color específico).

Luego se procede a revisar el material, se busca que esté libre de plásticos de otro tipo, que las botellas no tengan tapones, arillos o etiquetas. El contaminante más peligroso es el pvc, ya que una pequeña cantidad puede contaminar grandes cantidades de pet. Además que en la separación por flotación se hace muy difícil apartarlo del pet, pues su densidad es casi igual a ella.

- Reducción de tamaño: el material que ha sido seleccionado en la etapa anterior, pasa al proceso de molido. Este consiste en atravesar el material por un molino en cuyo interior se ubican tres cuchillas rotativas y dos cuchillas fijas, las cuales trituran el material hasta obtener un tamaño determinado. En el caso del pet en hojuela, el tamaño deseado es de media pulgada, para lo cual, el molino, cuenta en su parte inferior con una pichacha (lámina perforada con agujeros calibrados a la medida deseada de hojuela) con agujeros de media pulgada.

Las partículas de material, al obtener el tamaño de media pulgada, van a pasar a través de dicha pichacha, cayendo en

un recolector para su posterior extracción. Este proceso ayudará a facilitar la limpieza del material, ya que este último generalmente viene contaminado con tierra, residuos de comida, aceites y otros; además del pegamento utilizado para la fijación de la etiqueta.

- Lavado: luego de haber sido molido, el material pasa al proceso de lavado en una máquina que lo agita y lo centrifuga. Para tal proceso se utiliza un detergente con base en texapon, potencializado con una solución de hidróxido de sodio al 10 %, más cloro al 10 %. Este permite que el pegamento utilizado se disuelva de una mejor manera, dejando un material de mejor calidad. Los contaminantes sólidos son precipitados al fondo de la máquina lavadora, donde podrán ser drenados por medio de una válvula.

Se debe realizar el proceso en tres etapas de lavado. En la primera y la segunda se aplica agua limpia y detergente, se agita con la máquina durante 15 minutos, luego se abre la válvula de drenado para retirar el agua sucia y los contaminantes sólidos precipitados en el fondo. En la tercera etapa, solo se utiliza agua limpia para hacer un desaguado al material, se agita durante 10 minutos y se retira el agua por medio de la válvula de drenado.

En este proceso es posible la separación de partículas de plástico diferentes al pet, como polipropileno o polietileno, proveniente de los arillos y las etiquetas de las botellas. Estos flotarán en el agua debido a su densidad, siendo necesario

realizar inspecciones periódicas en la lavadora para retirar dichas partículas.

- Secado: en el proceso de secado, se bota toda el agua de la lavadora, se deja girando el husillo que agita el pet, hasta que haya botado la mayor cantidad de agua posible. Luego se dispersa al ambiente para terminar el proceso de secado con ayuda de ventiladores.
 - Empacado: al haber pasado un tiempo prudencial para que el pet se haya secado, se procede al empaque del mismo. Este se realiza en sacos de polipropileno, verificando previamente que su interior se encuentre libre de contaminación. Se empaca el pet en sacos de 25 kilogramos de peso utilizando, para obtener dicho peso, una báscula. Luego de pesado y empacado, el pet está listo para ser despachado al cliente final.
- Proceso de producción de pet en hojuelas: con el desarrollo de tecnologías en máquinas de inyección y extrusión ha sido posible el uso del pet en hojuelas directamente para alimentar dichas máquinas; con esto el pet en hojuelas puede ser despachado directamente al cliente final. Sin embargo, existen procesos para producción de fibras, hilos monofilamento y películas para termoformado, donde se requiere que el pet de alimentación sea previamente peletizado. Entonces el proceso para producción de pet en *pellets*, comienza con el pet en hojuelas ya limpio, seco y empacado.

- Peletizado: en este proceso, el pet en hojuelas es procesado en un peletizador. Este es un extrusor especialmente diseñado para este proceso, dentro del cual el material se va fundiendo o plastificando gradualmente, hasta alcanzar la consistencia de un material viscoso.

Un extrusor es una máquina que consta principalmente de un tornillo helicoidal girando en el interior de un cilindro o cañón, al cual se le aplica calor por medio de resistencias. El material es ingresado en la parte trasera del conjunto de tornillo y cañón y a medida que va avanzando, a lo largo del tornillo por las diferentes zonas a temperatura controlada, se va plastificando obteniéndose en el otro extremo del tornillo un material viscoso.

En un extrusor se pueden identificar tres zonas principales de trabajo:

La primera de las zonas es de transporte. El material ingresa en estado sólido y comienza a ser transportado por el tornillo a lo largo del extrusor.

La segunda es una zona de plastificación de material donde el material, todavía sólido, comienza a fundirse y se vuelve una mezcla de material sólido con material fundido.

En la tercera zona el material ya se ha fundido completamente, y se llama zona de dosificación. El material con una presión más elevada debido al diseño del tornillo, es

dirigido hacia la salida del extrusor, para luego descargar al aire o hacia un molde con una forma predeterminada.

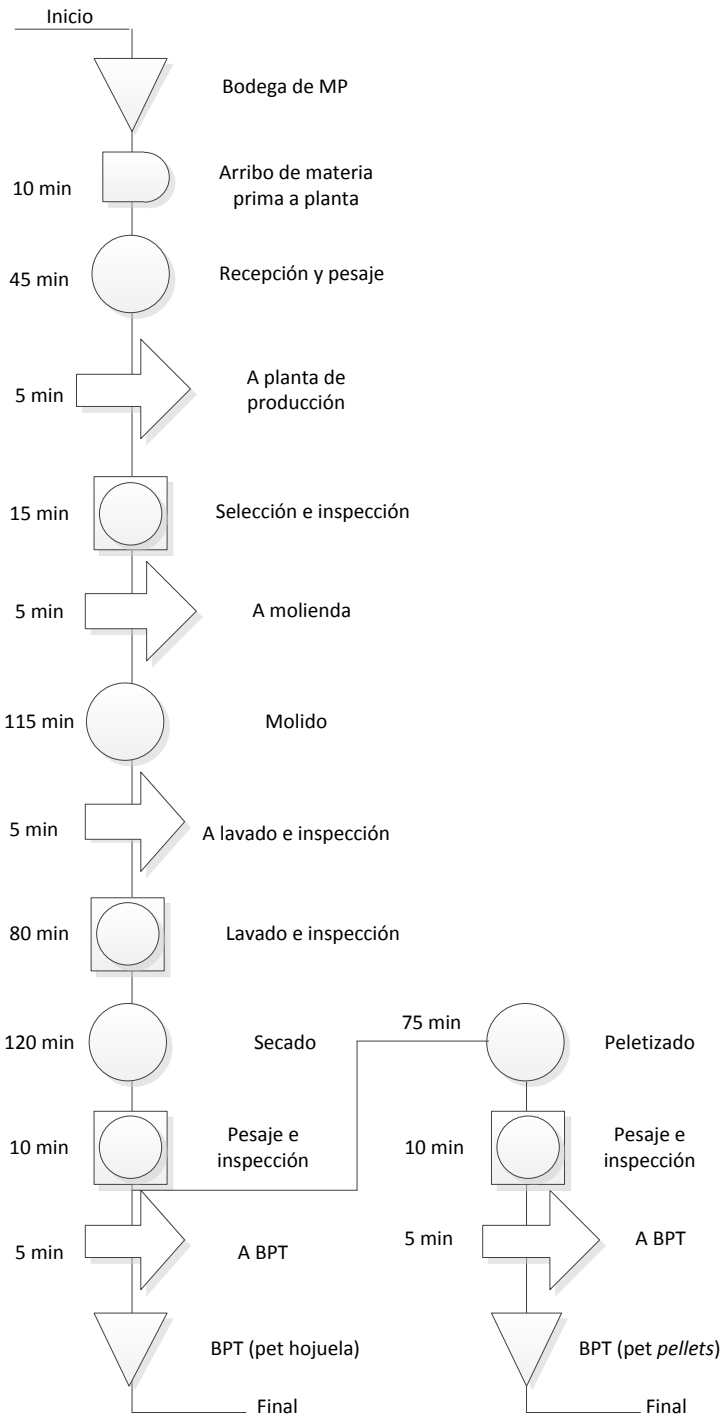
El material sale del molde del extrusor en forma de espaguetis de unos 2,5 mm de diámetro, todavía fundido. Este es ingresado a una tina con agua a una temperatura entre 25 a 35 °C para enfriarse y pasar así a estado sólido.

Una vez el material en estado sólido es ingresado todavía en forma de espaguetis a una picadora, reduciéndolo a fragmentos de aproximadamente 5 mm de longitud. Los deposita finalmente en sacos de polipropileno, donde se pesa, dejándolos aproximadamente con 25 kilogramos de pet peletizado.

Para la determinación del diagrama de flujo de proceso tanto de pet en hojuelas como de pet en *pellets*, se ha tomado como base los tiempos estándar para cada operación. La mayoría de los procesos se pueden desarrollar de forma continua, sin embargo el proceso de lavado se debe realizar de forma intermitente debido a la naturaleza de la máquina. Esta tiene capacidad de 75 kg, por lo que los tiempos estándar están calculados para un *batch* de 75 kg de pet.

En la figura 1 se aprecia el diagrama de flujo de proceso para pet en hojuelas y para pet en *pellets* para un *batch* de 75 kg, siendo los tiempos estimados totales de 415 minutos o 6 horas y 55 minutos para pet en hojuelas y de 500 minutos o 8 horas y 20 minutos para pet en *pellets*.

Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de pet en hojuelas y en *pellets*



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

2.3.1. Análisis de los productos a fabricar

Se identificaron dos productos a fabricar a partir de las botellas de pet recicladas. Estos son pet en hojuelas y pet en *pellets*.

- Pet en hojuelas: se fabrica a partir de botellas de pet recicladas. Generalmente se prefieren las botellas transparentes, existiendo también aplicaciones para pet en hojuelas con color. Se puede comercializar sin lavar o lavado, en este caso, se comercializará lavado (ver figura 2). Entre los usos que se le puede dar se mencionan envases para lubricantes, envases para desinfectantes, flejes, láminas para termoformado, fibras para ropa, fibras para madera plástica, y otros. Las características necesarias para su comercialización son las siguientes:
 - Tamaño de 1/2" a 5/8"
 - Contenido de PVC menor de 300 ppm
 - Humedad máxima permisible 1,5 %
 - Contenido de impurezas totales menor de 300 ppm
 - Color cristal (se puede solicitar también en colores)
 - Viscosidad intrínseca 0,80-0,90 dl/g
 - Empacado en sacos de 25 kg.

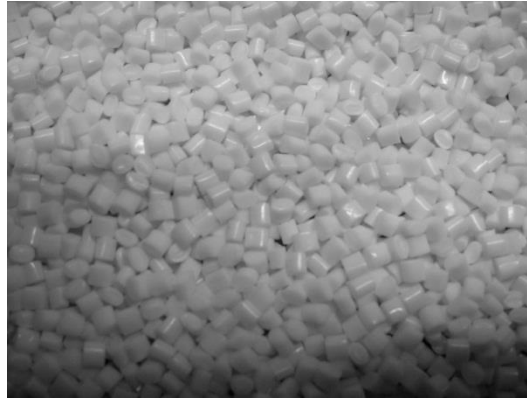
Figura 2. **Pet en hojuelas**



Fuente: Plásticos Reprocesados Morales.

- Pet en *pellets*: se fabrica a partir de pet en hojuelas, por medio de un proceso continuo llamado extrusión. Sus principales usos son fabricación de fibras para tela, hilos monofilamento y película para termoformado. En la figura 3 se puede apreciar una cantidad de pet peletizado en color blanco. Las características necesarias para su comercialización son las siguientes:
 - Tamaño de 2,5 -3 mm de diámetro X 5 mm de largo
 - Contenido de PVC menor de 300 ppm
 - Humedad máxima permisible 1,5 %
 - Color cristal (se puede solicitar también en colores)
 - Viscosidad intrínseca 0,70/0,81 dl/g
 - Densidad aparente aprox. 0,80 g/cm³
 - Punto de fusión a 260 °C
 - Empacado en sacos de 25 kg

Figura 3. **Pet en *pellets***



Fuente: Plásticos Reprocesados Morales.

2.3.2. Maquinaria y equipos a utilizar

De acuerdo a la capacidad de producción de la planta (88 000 kg/año), la maquinaria y equipo a utilizar son los siguientes:

- **Maquinaria**

- 1 molino para envases
- 1 lavadora
- 1 peletizadora

- **Equipos**

- 2 básculas romanas para el pesaje en la recepción y en la entrega de producto final.
- 1 mesa de acero para realizar la selección de material.

- 4 ventiladores industriales para el secado del material.
- 4 camas de escurrimiento para secado del material.

2.3.2.1. Molino de envases de pet

El molino de envases de pet se utiliza para reducir las botellas de pet a pequeñas hojuelas, de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{5}{8}$ ". El propósito es dosificarlas a las máquinas de extrusión o de peletizado.

El material, que ha sido previamente seleccionado, es ingresado manualmente por el operario a la tolva del molino. Esta se encarga de ubicar cada envase directamente sobre las cuchillas del molino.

Una vez ubicado sobre las cuchillas, el material es triturado por su acción rotativa. Hay tres cuchillas que están girando sobre un rotor, y dos cuchillas que están fijas en la estructura del molino, con un ajuste tal entre ellas, que al ingresar el material entre cada dos de ellas, es cortado inmediatamente.

El ángulo de las cuchillas giratorias es agudo para facilitar el corte del material. Las cuchillas giratorias se pueden desfazar unos 3° con respecto a las cuchillas fijas, con la finalidad que el corte no se realice de frente entre cuchillas, sino en diagonal, simulando el corte que realiza una tijera. Esto beneficia la velocidad de corte y el consumo de energía del molino, ya que se evita el impacto frontal entre cuchillas y material a cortar. Además, reduce el ruido en la máquina y la generación de polvos, que al final se traduce en pérdidas de la producción.

Las cuchillas son fabricadas de acero K-100 tratado térmicamente. Este es un acero para trabajo en frío con un 12 % de cromo, con alta resistencia al desgaste.

Conforme el material va pasando entre las cuchillas se va reduciendo su tamaño. Justo debajo de las cuchillas se ubica una lámina de acero, con perforaciones de 1/2". Esta es denominada pichacha, la cual permite que el material, al alcanzar esta medida aproximadamente, pueda pasar a la tolva de descarga.

La tolva de descarga despacha el material en forma de hojuelas, de aproximadamente 1/2". Lo hace hacia un depósito, del cual es extraído para ser trasladado a la siguiente estación de trabajo, al lavado.

Figura 4. **Molino para botella de pet**



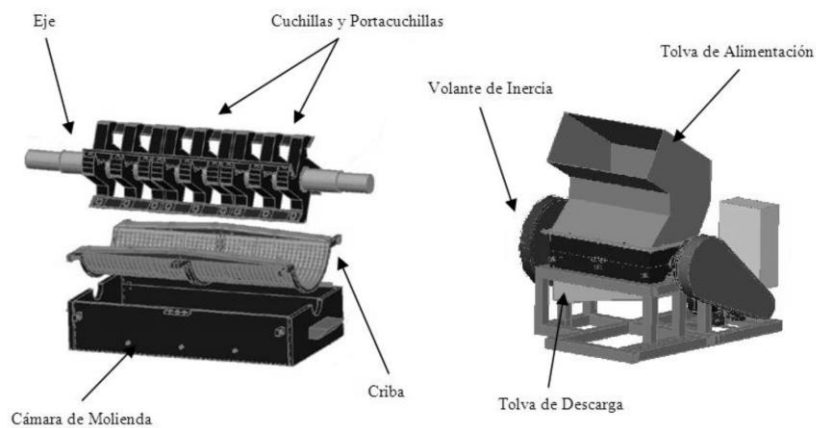
Fuente: *tecnología del plástico*. Molino. tecnología del plástico.com. Consulta: 5 de mayo de 2014.

2.3.2.1.1. Diseño de molino de envases de pet

El molino de pet está constituido por las siguientes partes:

- Tolva de alimentación
- Eje principal
- Rotor portacuchillas
- Cuchillas fijas
- Cuchillas rotativas
- Pichacha
- Polea de transmisión
- Volante de inercia
- Motor eléctrico
- Sistema eléctrico
- Cámara de molienda
- Tolva de descarga

Figura 5. Despiece de sistema de molienda



Fuente: *tecnología del plástico. Despiece de molino. tecnología del plástico.com*. Consulta: 5 de mayo de 2014.

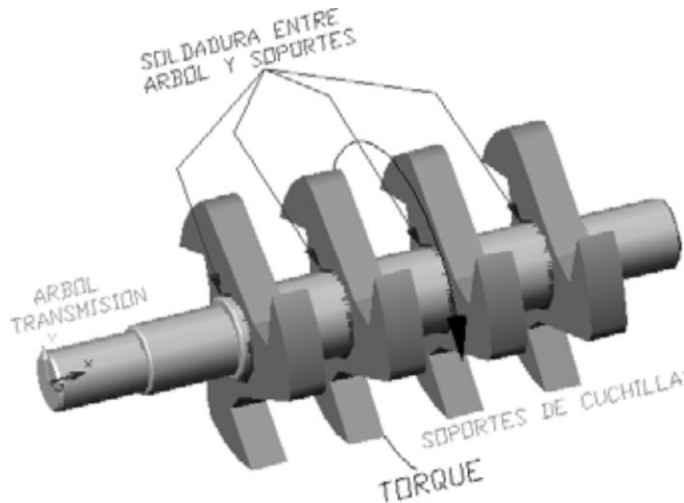
La tolva de alimentación es la parte del molino donde el material es ingresado y dirigido hacia las cuchillas. Esta debe tener las medidas suficientes para que el material pueda ingresar sin necesidad de ser cortado previamente y sin atascarse en la misma.

2.3.2.1.2. Rotor portacuchillas

El rotor es la parte del molino que sirve de soporte a las cuchillas giratorias. Es el encargado de transmitir la potencia del eje principal hacia estas últimas, permitiendo de esta manera, la realización del corte en el material.

Para hacer posible el ingreso de las botellas de pet a la cámara de molienda, el rotor debe ser del tipo abierto. El rotor va soldado directamente al eje de transmisión, con esto se elimina la posibilidad de algún deslizamiento del rotor con respecto al eje. El rotor debe permitir el ajuste de las cuchillas giratorias sin que se aflojen, de lo contrario llegarían a chocar con las cuchillas fijas. Para esto dispone de agujeros roscados, a los cuales se fijan las cuchillas por medio de tornillos hexagonales. En la figura 6 se aprecia un rotor portacuchillas del tipo abierto.

Figura 6. **Rotor portacuchillas**



Fuente: *tecnologiadelplastico.Rotor.tecnologiadelplastico.com*. Consulta: 6 de mayo de 2014.

2.3.2.1.3. **Cuchillas**

Son los elementos de la máquina encargados de realizar directamente el corte en el material. El molino consta de tres cuchillas giratorias (ver figura 7) y dos cuchillas fijas. Las cuchillas giratorias van montadas sobre el rotor, fijadas por medio de tornillos hexagonales, permitiéndose el ajuste por medio de correderas practicadas directamente sobre las cuchillas. Las cuchillas fijas van montadas en la estructura de la máquina, fijadas por tornillos hexagonales y con el mismo sistema de ajuste de las cuchillas giratorias.

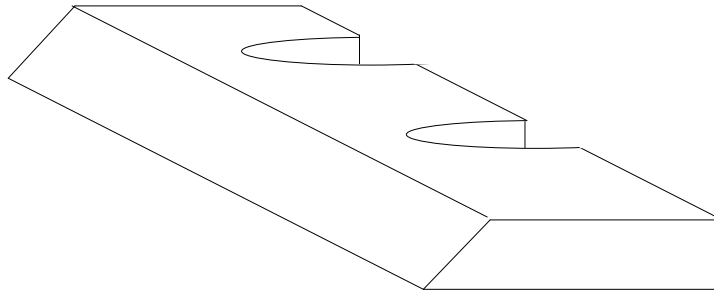
El ángulo de corte de las cuchillas giratorias es de 45° . Esto permite que el corte del material se realice con facilidad y que el lomo de la cuchilla giratoria no choque contra el filo de la cuchilla fija. Un inconveniente, de utilizar este ángulo de corte, es que se debilita la cuchilla y es más susceptible de sufrir una fractura.

Las cuchillas fijas van montadas sobre la estructura de la máquina, formando un ángulo de unos 30° con respecto a la horizontal. Se forma un plano inclinado sobre el cual se deposita el material cortado, facilitando que el mismo pueda dirigirse hacia la zona de corte de las cuchillas por efecto de la gravedad.

El ángulo de corte de las cuchillas fijas es de 20°. Por la posición que tienen en la máquina, no es posible que lleguen a sufrir algún tipo de golpe por parte de las cuchillas giratorias, y este ángulo les proporciona mayor resistencia estructural.

Justo debajo de las cuchillas, con una separación de 1/2", se ubica la pichacha. Esta es una lámina con agujeros calibrados a 1/2", su función es permitir el paso de las partículas de material que hayan alcanzado la medida calibrada del agujero, dirigiéndolas hacia la tolva de descarga como producto terminado. Las partículas de material que aún no han alcanzado la medida estipulada son redirigidas hacia la cámara de molienda para ser cortadas nuevamente por las cuchillas. La cámara de molienda está conformada por el rotor, cuchillas fijas, cuchillas giratorias y pichacha.

Figura 7. **Cuchilla giratoria**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

2.3.2.1.4. Sistema de transmisión de potencia

El sistema de transmisión de potencia del molino está conformado por el motor eléctrico, polea conductora, faja trapezoidal, polea conducida.

El motor eléctrico, accionado con 220 voltios, es el encargado de transformar la energía eléctrica tomada de la red de distribución en energía mecánica. Este proporciona la potencia mecánica por medio de su eje, al cual va acoplada una polea trapezoidal tipo B de 4" de diámetro. En el eje principal del molino, al cual está montado el rotor con las cuchillas, va ajustada una polea trapezoidal tipo B de 14" de diámetro.

Por medio de una faja trapezoidal, tipo B de 66" de longitud, es posible transmitir la potencia generada en el motor, hacia el rotor del molino. En el extremo contrario del eje al que va montada la polea de transmisión del rotor, se instala un volante de inercia. Su función es proporcionar la inercia necesaria para que al momento del corte de material el molino no pierda velocidad, ya que el choque de las cuchillas contra el material aplica una fuerza contraria hacia la del giro del rotor. Por ende está compensada por el volante de inercia.

2.3.2.1.5. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico del molino inicia desde la acometida eléctrica, donde se instala un flipón de tipo doméstico. Luego se conecta hacia el panel de la máquina, donde se conecta a un contactor con protector térmico, y sale finalmente a la bornera del motor eléctrico. El arranque del motor es directo. Las partes que componen el sistema eléctrico del molino son las siguientes:

- Flipón doméstico de 2 X 50 amperios
- Contactor de 63 amperios 220 voltios
- Protector térmico de 24-36 amperios
- Cable thhn calibre 8
- Botonera para arranque y paro
- Botón de paro de emergencia
- Motor eléctrico de 5HP, 220 voltios, monofásico

2.3.2.1.6. Cálculo de consumo de energía

El motor eléctrico toma energía eléctrica de una red de distribución y la transforma en potencia mecánica que es entregada en un eje rotativo. Este eje transmite finalmente la potencia mecánica hacia la máquina a operar. Para calcular la cantidad de energía eléctrica que el motor utilizará de la red de distribución se utiliza la siguiente fórmula:

$$KW = \frac{I \times e \times X \times 2 \times X \times fp}{1000}$$

1 000

Donde:

Kw = potencia consumida por el motor en kilowatt

i = corriente consumida por el motor en amperios (a)

e = tensión del sistema en voltios (v)

fp =factor de potencia del sistema

El consumo de corriente nominal del motor es de 28 amperios. El consumo de corriente real, en marcha, es de 18 amperios. El factor de potencia es de 0,8.

Entonces:

$$Kw = \frac{18 \times 220 \times 2 \times 0,8}{1\ 000} = 6,33 \text{ Kilowatt}$$

$$1\ 000$$

En una hora continua de trabajo, el molino consumirá 6,33 kilowatt-hora kw h

2.3.2.1.7. Capacidad de producción

El molino tiene una capacidad para procesar 40 kg de pet por hora. La jornada a trabajar es diurna (8 horas de lunes a viernes y 4 sábados). Las horas trabajadas a la semana son 44. Las semanas trabajadas al año son 50.

Capacidad de producción: $C_p = 40 \text{ kg/hr} \times 44 \text{ hrs/semana} \times 50 \text{ semanas/año}$

$$C_p = 88\ 000 \text{ kg/ año}$$

La capacidad total del molino es de 88 000 kg. Sin embargo, se debe considerar una hora al día para trabajos de mantenimiento y otros imprevistos.

1 hora/día X 6 días/semana X 50 semanas/año =300 horas/año

Estas 300 horas son pérdidas de producción, de lo cual resulta:
300 horas/año X 40kg/hora = 12 000 kg/año

El total de producción al año sería en este caso:

88 000kg – 12 000 kg = 76 000 kg/año

2.3.2.2. Estación de lavado

Cuando el material ha salido del molino y ha sido recolectado adecuadamente, pasa a la estación de lavado. Aquí se lavará el material molido con el fin de retirar los contaminantes que pueda llevar, tales como: grasa, tierra, pegamento de las etiquetas. Además servirá para retirar las partículas de otros plásticos que pudieran haber quedado. Aprovechando, para ello, el principio de diferencia de densidades de los plásticos, ya que el pet molido se precipitará al fondo de la máquina de lavado y los otros plásticos contaminantes flotarán sobre el agua de lavado.

La estación de lavado está conformada por una máquina con una hélice rotativa que pone en movimiento el material. Esto provoca fricción entre las partículas, con una entrada para agua limpia y una salida para agua sucia. Además de una cantidad de camas para escurrimiento del material, las cuales están cubiertas con una tela de sombra, que deja pasar el agua a través de ella sin dejar pasar las partículas de plástico, y cuentan con ventiladores para el secado del material.

El material es depositado en la máquina lavadora, esta se llena con agua limpia, se le aplica 250 cc de detergente líquido más 100 cc de cloro al 10 %. Se arranca la máquina y se deja trabajar durante 15 minutos. La máquina se detiene y se abre la válvula de drenado, evacuándose el agua sucia y la cantidad de sólidos que se han precipitado hacia el fondo.

En la segunda etapa de lavado se repite el proceso anterior durante otros 15 minutos, abriéndose al final del ciclo la válvula de drenado.

En la tercera etapa de lavado solo se agrega agua limpia a la máquina. Esta etapa servirá principalmente para realizar un desaguado del material, dejándolo libre de residuos de detergente y cloro. Esto tiene una duración de 10 minutos, después de los cuales se abre la válvula de drenado y se deja trabajando la máquina solamente con el material, sin agua, durante otros 10 minutos. El fin es retirar el exceso de agua.

Durante las etapas de lavado del material, el operario debe estar inspeccionando la superficie del agua, ya que aquí flotarán las partículas de plásticos contaminantes, tales como: polietileno, polipropileno y otros. Estos formaban parte ya sea de la etiqueta o del arillo del cuello de la botella, y que han pasado por el primer puesto de control de calidad.

Estos plásticos flotarán en la superficie del agua por tener una densidad inferior a la del agua, y el pet se precipitará hacia el fondo por tener una densidad mayor a la del agua, siendo muy utilizado este principio de diferencia de densidades para la separación de los plásticos. El operario deberá retirar cualquier partícula que flote en el agua con un colador.

Luego de haber sido lavado, el material es extraído de la máquina y depositado sobre las camas de secado. Aquí el material es secado a temperatura ambiente con ayuda de ventiladores.

2.3.2.2.1. Diseño de estación de lavado

La estación de lavado de pet está conformada por lo siguiente:

- 1 máquina lavadora para pet
- 4 camas de secado para pet
- 4 ventiladores axiales

La máquina lavadora para pet está conformada por las siguientes partes:

- Motor eléctrico
- Caja reductora de velocidad
- Polea de transmisión
- Polea conducida
- Faja de transmisión
- Hélice
- Chumaceras de soporte para la hélice
- Depósito para el material
- Válvula de llenado de agua limpia
- Válvula de drenado de agua sucia

El motor eléctrico tiene una potencia de 2 HP, trabaja con 220 voltios monofásicos, gira a 1 800 rpm. El motor se acopla con una caja reductora de tipo corona-tornillo sin fin, con una relación de 30:1. Es decir que por cada 30

revoluciones en el eje del motor, en el eje de la caja se obtiene una revolución.
Por lo tanto la velocidad en el eje de salida de la caja reductora es:

$$1\ 800\text{rpm} \times 1/30 = 60\ \text{rpm}$$

Donde

1 800 rpm son las revoluciones del motor principal.

1/30 es el ratio o relación de reducción de la caja reductora de velocidad.

En el eje de salida de la caja reductora se encuentra una polea trapezoidal tipo B, (polea conductora) de dos pistas, de 4 pulgadas de diámetro. Esta, por medio de dos fajas trapezoidales tipo B de 66 pulgadas de longitud, transmite la potencia hacia la polea conducida, una polea trapezoidal tipo B de 20 pulgadas de diámetro.

La misma forma con la polea conductora una relación de velocidad de 4:20, o lo que es igual de 1:5. La polea conducida está montada directamente sobre el eje de transmisión de la hélice de la máquina. Por lo tanto la velocidad en la hélice de la máquina es:

$$60\ \text{rpm} \times 1/5 = 12\ \text{rpm}$$

Donde

60 rpm son las revoluciones del eje de salida de la caja reductora.

1/5 es el ratio que forman la polea conductora en la caja reductora con la polea conducida en el eje de la hélice.

El eje principal sobre el cual está montada la hélice es de acero inoxidable de 1" de diámetro. Este a su vez está soportado sobre chumaceras en cada uno de sus extremos.

La hélice está formada por un hierro plano inoxidable de 1,1/2" de ancho y 1/4" de espesor. Está soportado sobre 4 cruces, también de hierro plano de acero inoxidable de 1,1/2" X 1/4". La hélice, al girar, obliga al material a friccionarse contra sí mismo y contra las paredes de la lavadora. Esta fricción, con la ayuda del detergente y el cloro provocan que la suciedad del material se desprenda y se precipite al fondo de la máquina, donde se encuentra una lámina perforada de acero inoxidable. Se permite que los granos de suciedad pasen hacia el drenaje, pero no así el material pet.

El motor eléctrico que utiliza la máquina tiene una potencia de 2HP, funciona con 220 voltios monofásicos y gira a 1 800 rpm, el consumo de energía eléctrica de dicho motor es el siguiente:

$$Kw = \frac{7 \times 220 \times 2 \times 0,8}{1\ 000} = 2,46 \text{ Kilowatt}$$

En una hora continua de trabajo, la lavadora consumirá 2,46 kilowatt-hora kw h.

El consumo de corriente nominal del motor es de 12 amperios. El consumo de corriente real, en marcha, es de 7 amperios. El factor de potencia es de 0,8.

2.3.2.2.2. Capacidad de producción

La lavadora de pet tiene una capacidad para procesar 75 kg en un *batch*, los tiempos *standard* para cada *batch* son los siguientes:

- Carga de la máquina: 5 minutos
- Llenado de agua para primer ciclo: 5 minutos
- Primer ciclo de lavado: 15 minutos
- Llenado de agua para segundo ciclo: 5 minutos
- Segundo ciclo de lavado: 15 minutos
- Llenado de agua para tercer ciclo: 5 minutos
- Tercer ciclo de lavado con agua: 10 minutos
- Segunda parte de tercer ciclo (secado): 10 minutos
- Descarga de la máquina: 10 minutos

De acuerdo a los tiempos *standard*, un *batch* de 75 kg de pet se puede lavar en 80 minutos. Esto da una capacidad de producción de:

$$75 \text{ kg} / 80 \text{ min} \times 60 \text{ min} / 1 \text{ hr} = 56,25 \text{ kg/hora}$$

Sin embargo, la operación de lavado debe ajustarse a 40 kg/hora, que es la capacidad de molido para una producción anual de 76 000 kg. Esto equivale a trabajar 5,69 horas diarias. El tiempo restante se debe utilizar para colocar el material en las camas de escurrimiento para pesar y empacar.

2.3.2.3. Peletizadora

El material sale de la estación de lavado hacia bodega de producto terminado, en hojuelas, limpio, seco y en bolsas de 25 kg; listo para ser despachado a los clientes. Sin embargo, algunos clientes por el tipo de proceso que poseen, necesitan que el pet les sea entregado en *pellets*, para lo cual es necesario hacerlo pasar todavía por el proceso de peletizado.

Para ser peletizado, el material debe ser pasado por un proceso de extrusión. El proceso de extrusión consiste en forzar el paso de un material, en este caso plástico, que previamente ha sido fundido, a través de un molde o un dado. Este tiene una forma específica, la cual tomará el material al salir a través de él. Para tal proceso, actualmente se utilizan una máquina llamada extrusor.

- Descripción de máquina extrusora: también llamado extrusor. Consiste principalmente de un tornillo de Arquímedes, denominado comúnmente tornillo, girando dentro de un cilindro o barril, denominado comúnmente cañón. Entre el tornillo y el cañón existe un ajuste muy preciso, pero que es suficiente para que el tornillo pueda girar dentro del cañón sin tocarlo.

La acción del tornillo girando con ajuste preciso dentro del cañón, provoca que el material sea transportado hacia el otro extremo del cañón, donde pasa a través del molde y toma la forma diseñada en este último. El material, antes de salir por el molde, ha sido plastificado en el interior del cañón.

- Tipos de extrusores: existen diferentes tipos de extrusores, cada uno de los cuales se adapta mejor a cierto tipo de procesos:
 - Extrusores sin husillo
 - Con bomba tipo pistón
 - Con sistema de discos
 - Extrusores de un solo tornillo
 - Tornillo con una o con dos hélices
 - Con sistema convencional
 - Con sistema de degasificación
 - Con sistema de comezcla
 - Extrusores de tornillos múltiples
 - Con doble tornillo
 - Con tornillos que engranan
 - Con tornillos sin engranar
 - Con mismo sentido de rotación
 - Con rotación inversa
 - Con más de dos tornillos

El tipo de extrusor, a utilizar en este caso, es con un solo tornillo con sistema convencional, tornillo con una hélice.

- Zonas del extrusor: en un extrusor de un solo tornillo se identifican cuatro diferentes zonas:

- Zona de alimentación: es la primera zona del extrusor, en esta se encuentra la boca de alimentación. El material es transportado en forma sólida y comienza la elevación de temperatura.
- Zona de compresión: el material es comprimido por la acción del tornillo, debido a una reducción, ya sea del diámetro raíz del mismo o del paso del álabe. El material comienza a fundir y existe una mezcla de material crudo con material fundido.
- Zona de distribución: el material está completamente fundido, se homogeniza y está listo para ser entregado en el molde.
- Zona de mezclas: es opcional. Sirve para proporcionar un mejor mezclado del material, con el inconveniente que existe la posibilidad de degradar el mismo.
- Proceso de peletizado: el pet en hojuela, una vez limpio y seco, es depositado en la boca de alimentación del peletizador, donde es absorbido por la acción rotativa del tornillo. Luego es transportado hacia la zona de alimentación, donde comienza a ser transportado por la acción rotativa del tornillo, es aquí donde comienza también el incremento de temperatura.

Luego de pasar por la zona de alimentación, el material es transportado hacia la zona de compresión, donde comienza a fundirse por la acción de la temperatura.

La última zona es la de distribución. El material totalmente fundido y homogenizado es entregado en la entrada del molde. El molde para peletizado tiene una serie de agujeros calibrados para dosificar el material fundido en

forma de espaguetis. Estos al salir del molde son ingresados en una tina con agua fría, donde se logra la dosificación de los mismos.

Al salir de la tina de enfriamiento los espaguetis son introducidos en una picadora. Por medio de una serie de cuchillas de acero son cortados en trozos para finalmente ser depositados en un saco de polipropileno. Son pesados y transportados a bodega de producto terminado.

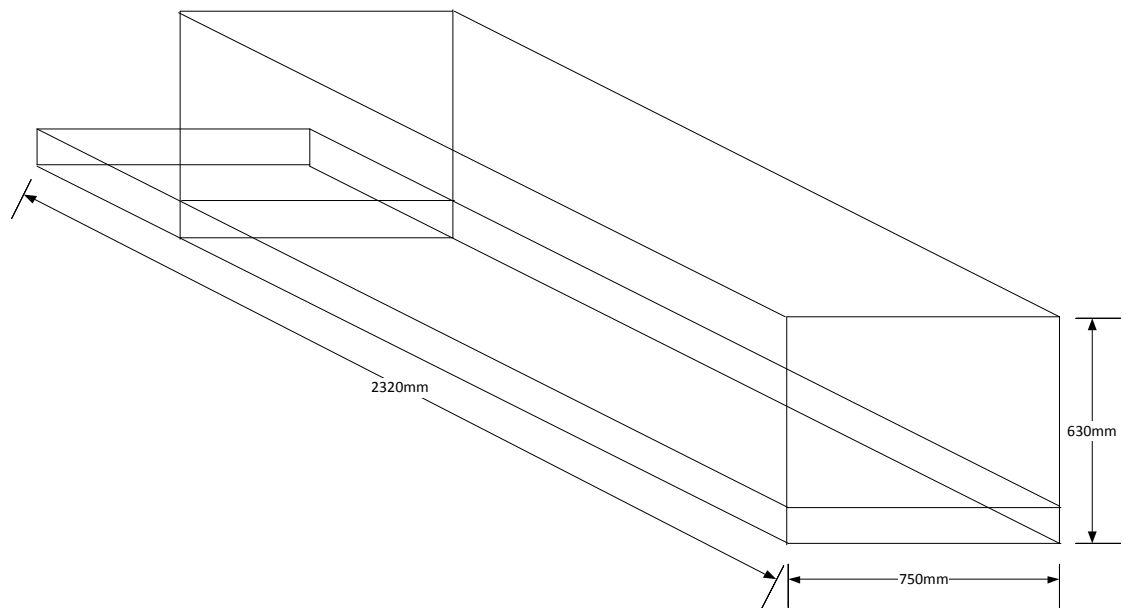
2.3.2.3.1. Diseño de extrusor peletizador

El extrusor peletizador que se utilizará es del tipo de tornillo simple y está constituido por las siguientes partes:

- Base estructural
- Motor eléctrico
- Variador de velocidad
- Poleas de transmisión de potencia
- Fajas de transmisión de potencia
- Caja reductora de velocidad
- Boquilla para alojamiento del tornillo
- Tornillo helicoidal de una hélice
- Cañón
- Tolva de alimentación
- Molde de extrusión
- Sistema hidráulico de cambio de filtro
- Resistencias del cañón y del molde
- Termocuplas
- Controles de temperatura
- Sistema eléctrico

- Base estructural: es la estructura que soportará todo el peso de la máquina. Debe ser lo suficientemente rígida para no permitir que la máquina vibre o se mueva durante la operación (ver figura 8). Está construida con viga de acero tipo U de 4" X 2", el acero utilizado es 1 018, para estructuras en general.

Figura 8. **Base estructural para extrusor**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- Motor eléctrico: es el encargado de convertir la potencia eléctrica, tomada de la red pública en energía mecánica necesaria para el funcionamiento de la máquina. Se utilizará un motor eléctrico monofásico, de 10 HP, 220 voltios, 60 Hz, 1 750 rpm, con anclaje al piso.

El motor va montado en una base anclada a la estructura de la máquina. En ella se instala un mecanismo de corredera con tornillos y topes, con la finalidad de correr el motor para darle tensión a las fajas.

- Variador de velocidad: es un dispositivo electrónico por medio del cual es posible controlar la velocidad del motor, variando la frecuencia que le es suministrada al mismo. Además, es posible programar rampas de aceleración y desaceleración del motor, evitando los picos de consumo de corriente en los arranques y proporcionando a la máquina arranques y paros suaves. Esto se traduce en alargamiento de vida de las piezas mecánicas, como engranes, ejes, poleas, y otros.

Al variar la velocidad del motor es posible ajustar la velocidad del flujo de material que sale por el molde. Esto por si no se desea que el material salga muy rápido porque no da tiempo a que se plastifique adecuadamente, ni que salga muy lento, pues afecta la productividad de la máquina.

- Poleas de transmisión de potencia: para que la potencia generada en el eje del motor pueda ser transmitida hacia el eje de la máquina, es necesario el sistema de transmisión conformado por las poleas y las fajas de transmisión.

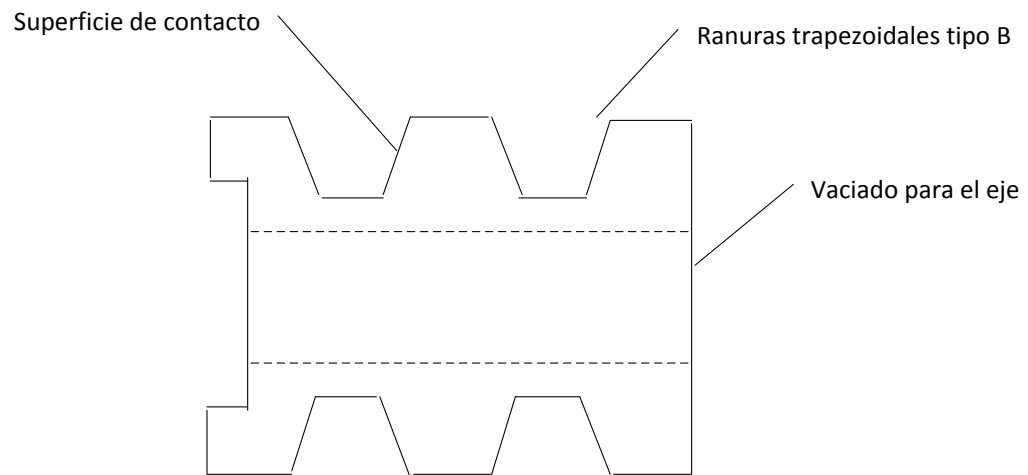
En el eje del motor se utiliza una polea trapezoidal tipo B, de dos pistas, de 6" de diámetro. En el eje de entrada de la caja reductora se utiliza una polea trapezoidal tipo B, de dos pistas, de 12" de diámetro. Se obtiene una relación entre poleas de 2:1.

$$12 / 6 = 2$$

Por lo tanto, la velocidad máxima que se puede aplicar al eje de entrada de la caja reductora se define por la velocidad máxima nominal del motor:

$$1\ 750\ \text{rpm} / 2 = 875\ \text{rpm}.$$

Figura 9. **Detalle de poleas de extrusor**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- Fajas de transmisión: son las que conectan la polea del motor (conductora) con la polea del eje de entrada de la caja reductora (conducida). Se utilizan dos fajas trapezoidales tipo B de 69" de longitud. En la figura 10 se aprecia el sistema de potencia del extrusor incluyendo las fajas trapezoidales.

La longitud de las fajas a utilizar viene dada por lo siguiente:

Diámetro polea de motor: 6"

Perímetro polea motor: $2 \times \text{Pi} \times R$

$$P_m = 2 \times 3,141592 \times 3 = 18,84''$$

Diámetro polea de caja reductora: 12''

$$\text{Perímetro polea caja: } P_c = 2 \times 3,141592 \times 6 = 37,69''$$

Distancia entre ejes: 20''

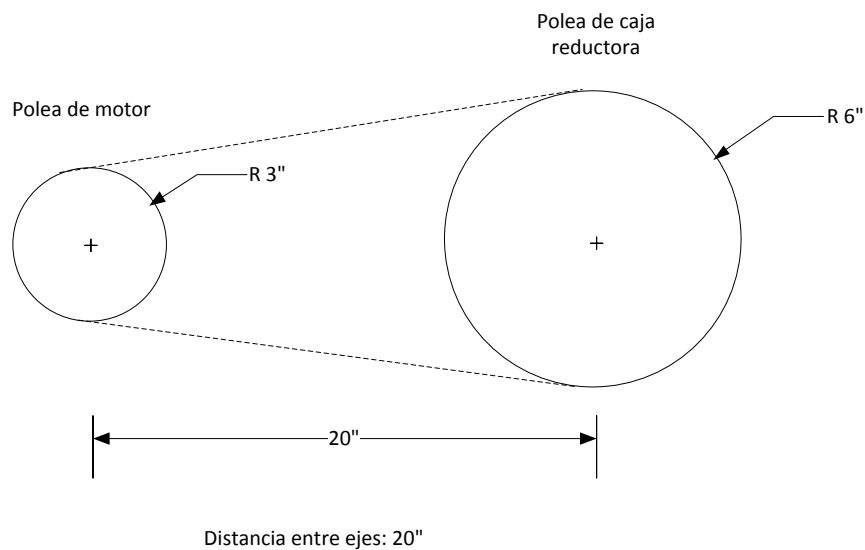
Longitud de fajas $L_f = P_m / 2 + P_c / 2 + (2) \text{ dist. Ejes}$

$$\text{De donde } L_f = 18,84 / 2 + 37,69 / 2 + (2) 20$$

$$L_f = 9,42 + 18,84 + 40$$

$$L_f = 68,26''$$

Figura 10. **Sistema de transmisión de potencia de extrusor**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- Caja reductora de velocidad: sirve para reducir la velocidad del motor a una velocidad controlada para el proceso, a la vez que aumenta la potencia disponible en el eje de salida.

La reducción de velocidad, con el subsecuente aumento de potencia, se realiza por medio de engranes helicoidales. Estas son unas ruedas dentadas, generalmente de acero, los cuales tienen diferentes diámetros y número de dientes para obtener una relación de variación de velocidad. Sin embargo tienen en común el mismo paso de los dientes, con la finalidad que puedan engranar exactamente entre sí sin deslizarse, ya que esto afectaría la potencia obtenida.

Para saber qué caja reductora se necesita utilizar, es necesario conocer la velocidad final que desea obtenerse en el proceso en cuestión. La potencia necesaria en el eje de entrada de la caja y la relación de reducción que deberá tener la misma.

El eje de entrada de la caja reductora recibe una velocidad de 875 rpm, como resultado de la reducción de velocidad del motor por medio de las poleas de transmisión. La relación de velocidad de la caja reductora es de 18:1. Por lo tanto, la velocidad que se obtiene en el eje de salida de la caja reductora es:

$$875 / 18 = 48,6 \text{ rpm}$$

Esta velocidad es la que finalmente se obtiene en el tornillo de la máquina extrusora, que es una velocidad adecuada para para procesos de extrusión.

La potencia de entrada requerida por la caja reductora es de 20 HP, el motor instalado es de 10 HP; por medio de la relación de poleas (2:1), se obtiene un incremento de la potencia del motor de:

$$10 \times 2 = 20 \text{ HP}$$

Esta es la potencia requerida por la caja reductora.

- Boquilla para alojamiento del tornillo: está montada directamente en el eje de salida de la caja reductora, por lo cual la potencia obtenida en este último será transmitida directamente hacia la boquilla. Esta boquilla tiene 50 mm en su diámetro interior.

Para lograr un buen ajuste entre la boquilla y el tornillo, el diámetro interno de la boquilla ha sido torneado con un ajuste de 2 décimas de milímetro. Esto permitirá que el tornillo entre en la boquilla forzadamente, evitando que se mueva dentro de la misma.

Tanto en la boquilla, como en el tornillo, ha sido maquinada una ranura o cuñero para el alojamiento de una cuña de acero. Esto permitirá que la transmisión de potencia desde la boquilla hacia el tornillo se realice sin ningún tipo de pérdida por deslizamiento.

- Tornillo helicoidal de una hélice: el tornillo del extrusor es el que realiza el transporte de material, debido a su acción rotativa dentro del cañón y al diseño del mismo. Mientras el material es transportado por el tornillo se va fundiendo gradualmente, debido al incremento de temperatura en el cañón y a la acción mecánica de la rotación del tornillo. Se incluyen los esfuerzos de corte y el arrastre del material, que lo empujan hacia el molde, aumentando así su presión (ver figura 11).

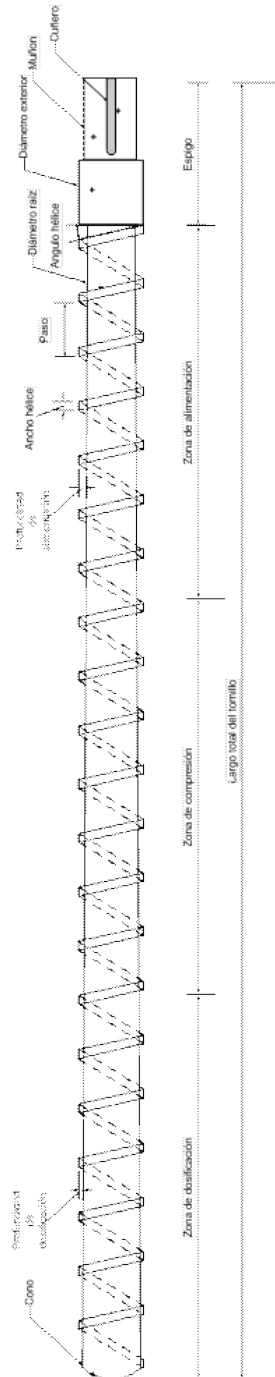
El proceso de fusión del polímero dentro del cañón y tornillo, inicia en la pared del cañón, formándose una pequeña capa de material fundido que se adhiere a la pared y va creciendo gradualmente. Esto hasta que es desprendida por la hélice del tornillo, el cual se encuentra en constante rotación, provocando un movimiento de vaivén en el material seguido de un barrido del mismo. Seguidamente, la capa es sustituida por otra, de material que se comienza a fundir, y se repite el proceso hasta que todo el material se llega a fundir.

El tornillo que se utilizará en el extrusor es un tornillo de Arquímedes, de 60 mm de diámetro, 1 800 mm de longitud, una hélice de 12 mm de ancho y un paso de 55 mm, con un ángulo de 17°. En el tornillo se pueden identificar las siguientes partes:

- Muñón: se inserta en la boquilla con un ajuste de 2 décimas de milímetro. Este ajuste permite la sujeción y alineación del tornillo a lo largo del cañón.
- Cuñero: es la otra parte del alojamiento, junto con el cuñero de la boquilla. Para la cuña de acero, el mecanismo de cuñeros y cuña permitirá la transmisión de potencia de la boquilla hacia el tornillo, sin pérdidas por deslizamiento. El cuñero tiene 70 mm de longitud, 20 mm de ancho y 8 mm de profundidad.
- Ángulo de hélice: es el ángulo con el cual sale la hélice del tornillo. Este ángulo se mantiene a todo lo largo del tornillo. El ángulo a utilizar es de 17°, siendo estándar para tornillos de extrusores.

- Espigo: es la parte del tornillo que se ubica justo donde comienza la hélice. Este hace un sello entre el cañón y el muñón. Tiene un diámetro de 60 mm.
- Diámetro raíz: es el diámetro del alma del tornillo, se inicia en 45 mm, y va aumentando gradualmente a lo largo del tornillo hasta llegar a ser de 55 mm en la punta. Esto significa que el alma del tornillo en realidad es un cono, permitiendo que la recámara entre el tornillo y el cañón vaya reduciéndose de atrás hacia adelante, produciéndose de esta forma una compresión del material a medida que avanza a lo largo del tornillo.
- Zona de alimentación: donde se alimenta el material al tornillo e inicia el transporte del mismo.
- Zona de compresión: el material es comprimido y comienza a fundirse.
- Zona de dosificación: el material completamente fundido y homogenizado es entregado en la boquilla del molde, para ser extruido por el mismo y darle la forma de espaguetis.

Figura 11. Tornillo de extrusor peletizador



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- Paso: es la distancia que existe entre cada dos vueltas que da la hélice a lo largo del tornillo. Esto determinará si el material avanza más rápido o más lento a lo largo del tornillo. Generalmente se utiliza para tornillos de extrusores un paso igual al diámetro del tornillo. En los tornillos que son de diámetro raíz constante, el paso se reduce a lo largo del tornillo para generar la compresión del material. El paso del tornillo a utilizar es de 60 mm.
- Ancho de hélice: es el ancho con que sale la hélice desde el principio del tornillo, y este ancho se mantiene a todo lo largo del tornillo. El ancho de hélice a utilizar es de 12 mm.
- Profundidad de alimentación: es la profundidad que tiene la hélice con respecto al diámetro raíz en la zona de alimentación. Esto definirá qué tanto material podrá ingresar en la cámara formada entre el diámetro raíz del tornillo y el cañón. A mayor profundidad de hélice, mayor cantidad de material puede ingresar. La profundidad de alimentación a utilizar es de 15 mm.
- Profundidad de dosificación: es la profundidad que tiene la hélice con respecto al diámetro raíz en la zona de dosificación. Esto debido a que el diámetro raíz va en aumento, mientras se avanza en el tornillo la profundidad de hélice va disminuyendo. La profundidad de dosificación a utilizar es de 5 mm.
- Cono: es la parte del tornillo que finalmente dirige el material plastificado y homogenizado hacia la entrada del molde.

- Cañón: este va fijo a la caja reductora, y dentro de él gira el tornillo helicoidal. Entre la hélice del tornillo y la pared interna del cañón debe existir una tolerancia tal, que permita al tornillo girar dentro del cañón, pero que no sea tan grande que provoque mayores pérdidas en el arrastre de material. Esta tolerancia viene definida por:

$$0,002D$$

Donde D es el diámetro externo del tornillo, entonces para el extrusor a utilizar se tiene:

$$0,002 \times 60 \text{ mm} = 0,12 \text{ mm}$$

En el extremo que queda hacia la caja reductora el cañón viene provisto de un flange con agujeros divididos equidistantemente que coinciden con los agujeros roscados en la caja reductora. En el otro extremo el cañón viene provisto con un flange que acopla con el molde. Cerca de donde comienza el tornillo, viene practicada en el cañón una abertura, comúnmente denominada garganta, que es por donde ingresa el material a ser procesado.

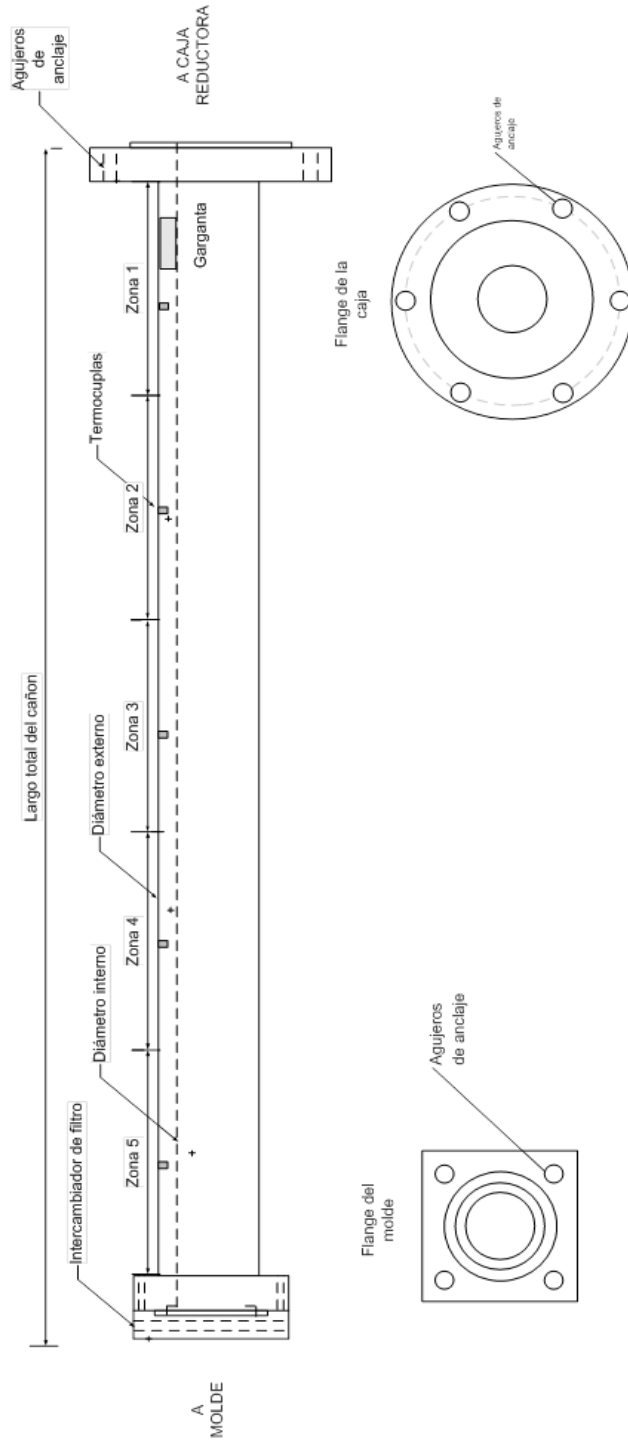
- Tolda de alimentación: es un cono metálico que se monta directamente sobre la garganta del extrusor. Esta servirá para facilitar el ingreso del material hacia el cañón, cuenta con un ángulo tal que permite que el material, al ser depositado en ella, resbale hacia la garganta.
- Molde de extrusión: el molde es el encargado de dar la forma final al material que ha sido extruido dentro del cañón. Este cuenta con una boquilla para la entrada del material, un canal de distribución para que el material mantenga la presión constante a todo lo largo del molde, y con 30 agujeros calibrados para que el material salga en forma de espaguetis continuos.

- Sistema hidráulico de cambio de filtro: este sistema se monta entre el cañón y el molde, consiste de un sistema hidráulico con bomba eléctrica y un cilindro, en la punta del cilindro se instala una plancha de acero con dos placas circulares perforadas, del mismo diámetro interno del cañón. Estas placas perforadas alojan el filtro que servirá para retener impurezas que pueda contener el material extruido antes de pasar al molde.

En todo momento, una de las dos placas está adentro del cañón y la otra queda afuera, y por medio de la acción del cilindro hidráulico se pueden cambiar alternadamente para retirar el filtro sucio e instalar un filtro limpio. La frecuencia con que se alternarán dichas placas portafiltro dependerá del grado de contaminación que presente el material al momento de ingresar al extrusor.

- Resistencias del cañón: estas resistencias son del tipo de banda que abrazan el cañón en su perímetro completo. Al aplicarles tensión comienzan a calentar, permitiendo el incremento de temperatura en el cañón de afuera hacia adentro. Esto provoca que el material depositado en el interior pueda fundirse.
- Resistencias del molde: estas resistencias son rectangulares. Al igual que las resistencias del cañón cubren el molde en la cara frontal, trasera y superior, dejando libre el paso del material en la parte inferior. La función es mantener el molde caliente para que el material pueda fluir libremente a través de este último.

Figura 12. Cañón de extrusor peletizador



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

- Termocuplas: llamadas termopares, son el sensor de temperatura más usado en la industria. Están conformadas por dos materiales distintos unidos entre sí por una soldadura. Estos generan un voltaje muy bajo que es proporcional a la temperatura a la cual estén sometidas. Este voltaje es registrado por un control de temperatura que lo convierte a una señal que se puede visualizar en un *display* como dato de temperatura. Existen varios tipos de termocuplas, dependiendo del rango de temperatura que se desea medir. Las termocuplas que utiliza el extrusor son del tipo J, con un rango de medición de -180 a 750 °C.
- Controles de temperatura: son los encargados de controlar la temperatura del cañón, manteniendo el material con una temperatura controlada, para permitir que fluya sin mayores complicaciones (ver figura 13).

Un control de temperatura recibe una señal analógica, en este caso, generada por una termocupla, la decodifica y la compara para convertirla en una señal visual en un *display*. Posee un relé mecánico que abre y cierra de acuerdo a la temperatura de control programada. Este relé cierra un contacto para activar o desactivar las resistencias.

Figura 13. **Control de temperatura**



Fuente: *hertensi.Controltemperatura.hertensi.com*. Consulta: 5 de mayo de 2015.

- Sistema eléctrico: el sistema eléctrico del extrusor está conformado por todos los componentes eléctricos de la máquina, que incluye cableado, contactores, controles de temperatura, termocuplas, relés, resistencias, variador, potenciómetros, amperímetros, botones de mandos, fuentes de poder para mandos, transformador para mandos, flipon principal.

2.3.2.3.2. Cálculo de consumo de energía

El extrusor está conectado a la red eléctrica de EEGSA. Las partes del extrusor que consumen energía eléctrica son: el motor principal, resistencias del cañón y del molde, el motor de la bomba del sistema hidráulico para cambio de filtro, el motor de la picadora, y los pequeños consumos generados por los diferentes componentes del sistema eléctrico. Todos estos consumos de energía se centralizan en uno solo, que se puede medir en el flipón principal de la máquina. La fórmula a utilizar para el cálculo de consumo de energía de la máquina es la siguiente:

$$KW = \frac{i \times e \times 2 \times fp}{1000}$$

Donde:

Kw = potencia consumida por la máquina en kilowatt

i = corriente consumida por la máquina en amperios (a)

e = tensión del sistema en voltios (v)

fp= factor de potencia del sistema

El consumo de corriente nominal de la máquina es de 60 amperios. El factor de potencia es de 0,8. La tensión de alimentación es 220 voltios monofásicos.

Entonces:

$$Kw = \frac{60 \times 220 \times 2 \times 0,8}{1\ 000} = 21,12 \text{ Kilowatt}$$

En una hora continua de trabajo, el extrusor consumirá 21,12 kw h.

2.3.2.3.3. Capacidad de producción

El extrusor tiene una capacidad para procesar 60 kg de pet por hora. La jornada a trabajar: diurna (8 horas de lunes a viernes y 4 sábados). Las horas trabajadas a la semana: 44. Las semanas trabajadas al año: 50.

Capacidad de producción: $C_p = 60 \text{ kg/hr} \times 44 \text{ hrs/semana} \times 50$
semanas/año.

$$C_p = 132\ 000 \text{ kg/año}$$

La capacidad total del extrusor es de 132 000 kg/año. Sin embargo, se debe considerar que la capacidad en molino es de 76 000 kg/año. De estos 76 000 kg una parte será para vender en hojuela y otra para peletizar. Se deberá considerar trabajar el extrusor de lunes a miércoles o de lunes a jueves, para realizar corridas largas, ya que para el calentamiento del mismo se necesita al menos una hora. Se puede observar que con este extrusor se tiene capacidad suficiente para asegurar que toda la capacidad del molino se pueda aprovechar para sacar pet peletizado.

2.3.2.4. Montaje y puesta en marcha de maquinaria

La puesta en marcha de la maquinaria puede ser llevada a cabo por el mismo personal de la empresa. Esto bajo la supervisión del propietario ya que tiene la experiencia suficiente para la ejecución de dicha tarea.

El molino ya está ubicado en la bodega, solamente es necesario realizarle la instalación eléctrica para ponerlo a operar. Se debe utilizar tornillo hilti de ½" X 3" para el anclaje del mismo, e instalarle soportes antivibración en los puntos de carga.

Para el traslado de la lavadora se puede utilizar un vehículo de carga de una tonelada de capacidad. Se debe utilizar tornillo hilti de ½" X 3" para el anclaje del mismo. No es necesario utilizar soportes de carga, ya que la velocidad a la que trabaja es lenta. Es necesario realizar las instalaciones eléctrica e hidráulica para el funcionamiento de la misma.

El traslado del extrusor peletizador se debe realizar con una grúa de plataforma de al menos 3 toneladas de capacidad. Para la ubicación del mismo en la bodega es necesario utilizar orugas de carga. El anclaje se debe realizar con tornillos hilti de 3/8" X 3", se debe utilizar soportes antivibración en los puntos de carga, tanto en el extrusor como en la picadora. Se debe realizar las instalaciones eléctrica e hidráulica para el funcionamiento de la misma.

2.3.2.5. Mantenimiento preventivo

Son las actividades que se llevan a cabo con la finalidad de asegurar el funcionamiento continuo de maquinaria e instalaciones, con esto se evitan paros inesperados de los procesos productivos.

2.3.2.5.1. Rutina de mantenimiento preventivo para molino de envases de pet

Es necesario realizar las siguientes actividades de mantenimiento preventivo para el molino de envases de pet:

- Limpieza de la máquina: es necesario realizar una limpieza a fondo, toda vez que se haga un cambio de color del producto. Sin embargo, si se está moliendo solo un color, es necesario realizar una limpieza para retirar excesos de suciedad dejada por el material que ha sido molido.
- Revisión de tensión de faja de transmisión: se realiza ejerciendo presión con los dedos en el punto medio de faja. Entre las dos poleas, la faja debe deflectarse como máximo $\frac{3}{4}$ " , si se deflecta más es necesario tensionarla, ya que puede patinar en las poleas y dañarse. Si está muy tensada es necesario quitarle tensión, ya que esto provoca esfuerzos de corte innecesarios en los ejes y pueden fracturarse.
- Afilado de cuchillas: deben revisarse constantemente, verificar que el filo de las mismas se encuentre en buenas condiciones. Al trabajar sin un filo adecuado se obtendrá un producto molido de mala calidad. Además de incrementar el tiempo de proceso y el consumo de energía de la máquina. El afilado de cuchillas se llevará a cabo por una empresa subcontratada.

2.3.2.5.2. Rutina de mantenimiento preventivo para estación de lavado

Es necesario realizar las siguientes actividades de mantenimiento preventivo para la estación de lavado:

- Revisar tensión de la faja de transmisión: ejerciendo presión sobre el punto medio de la faja, entre las dos poleas debe deflectarse unos $\frac{3}{4}$ ".
- Limpieza de lámina perforada: después de lavar cada *batch* es necesario retirar la lámina perforada de acero inoxidable y lavarla. En esta quedarán retenidas partículas de suciedad y lodos, que al no ser retiradas pueden tapan el drenaje de la máquina.
- Revisión de nivel de aceite de caja reductora: es necesario revisar al menos una vez al mes el nivel de aceite de la caja reductora, para lo cual cuenta con un tapón de nivel. El aceite debe permanecer una $\frac{1}{2}$ " por debajo de este tapón, si es necesario rellenar con aceite mineral de viscosidad 140 para cajas reductoras.
- Cambio de aceite de caja reductora: es necesario cambiar una vez al año el aceite de la caja reductora, ya que se degrada con el uso y va perdiendo sus propiedades, tanto lubricantes como refrigerantes y detergentes.

2.3.2.5.3. Rutina de mantenimiento preventivo para peletizadora

Es necesario realizar las siguientes actividades de mantenimiento preventivo para la peletizadora:

- Engrase de cojinetes del motor: aplicar grasa a los cojinetes del motor cada tres meses. Es importante no aplicar demasiada grasa porque puede salirse de los cojinetes y pasar a los embobinados del motor, provocando daños al mismo.

- Revisión de nivel de aceite de caja reductora: revisar una vez al mes el nivel de aceite de la caja reductora, pero viene provista de un visor plástico; si es necesario rellenar con aceite mineral de viscosidad 220 para cajas reductoras.
- Cambio de aceite de caja reductora: una vez al año es necesario cambiar el aceite de la caja reductora, dejarla drenando al menos una noche completa, para evacuar todos los residuos de suciedad de la caja. Revisar también estado de cojinetes, engranes y retenedores, si es necesario reemplazar.
- Revisión de tensión de fajas de transmisión: revisar la tensión de las fajas aplicando fuerza con la mano sobre las mismas. Estas deben deflectarse entre $\frac{3}{4}$ " y 1" máximo, es importante mencionar que las tres fajas se deben deflectar la misma distancia, de lo contrario se cambian.
- Revisión de nivel de aceite de sistema hidráulico: para revisar el nivel de aceite del sistema hidráulico de cambio de filtro, se cuenta con un visor de plástico, y si es necesario rellenar con aceite hidráulico para transmisiones.
- Limpieza del molde: es recomendable limpiar el molde al menos una vez al año, para mantener una buena calidad del producto. Verificar el estado de la superficie interna del mismo. Este se debe limpiar con espátulas de aluminio para evitar daños al acabado superficial.
- Revisión de sistema eléctrico: cada 3 meses es necesario revisar el estado del sistema eléctrico, revisar contactores, relés, controles de

temperatura, resistencias, cableado en general, revisar los aprietes de tornillos para evitar falsos contactos eléctricos.

2.3.3. Instalaciones auxiliares

Las instalaciones auxiliares necesarias para operar la planta de reciclaje de pet son energía eléctrica y agua.

2.3.3.1. Energía eléctrica

Se necesita una acometida eléctrica en 220 V, 2 fases y neutral. Esto con la capacidad de suministrar los 29,91 kw que es la sumatoria de las capacidades de las máquinas más unos 10 kw para los demás servicios, se solicita una acometida que soporte 40 kw. La corriente nominal será entonces:

$$Kw = \frac{i \times e \times 2 \times fp}{1\ 000}$$

Despejando i tenemos:

$$i = \frac{kw \times 1\ 000}{e \times 2 \times fp}$$

$$i = \frac{40 \times 1\ 000}{220 \times 2 \times 0,9}$$

$$i = 101 \text{ amperios}$$

Se recomienda realizar la acometida con cable AWG calibre 2, que soporta hasta 130 amperios introducido en tubo conduit.

2.3.3.2. Agua

Se necesitará agua para el proceso de lavado de pet y en la tina de enfriamiento durante el proceso de extrusión.

Para el lavado de pet, se utiliza generalmente una relación de 1:8 de pet y agua. Para un kilogramo de pet se necesitan 8 kg de agua, o lo que es equivalente a 8 litros de agua. La capacidad de producción por año de la planta será de 76 000 kilogramos de pet, equivalente a una producción mensual de 6 333 kilogramos, y se necesita:

$$6\ 333 \times 8 = 50\ 664 \text{ litros de agua al mes}$$

Para el enfriamiento de producto en el proceso de extrusión, se podrá utilizar un flujo constante de agua de 8 litros por minuto. Después de haber servido para enfriar el material y tomando en cuenta que no llevan ningún tipo de contaminación, podrán ser depositados en un cisterna ubicado en la planta, para posteriormente ser utilizados para el lavado.

El flujo necesario de agua para el enfriamiento, incluyendo el extrusor, trabajará 8 horas al día y como máximo será necesario operarlo 4 días por semana, 4 semanas al mes, sería entonces:

$$8 \text{ lpm} \times 60 \text{ min/hr} \times 8 \text{ hrs/día} \times 4 \text{ días/semana} \times 4 \text{ semanas/mes} = 61\ 440 \text{ lts}$$

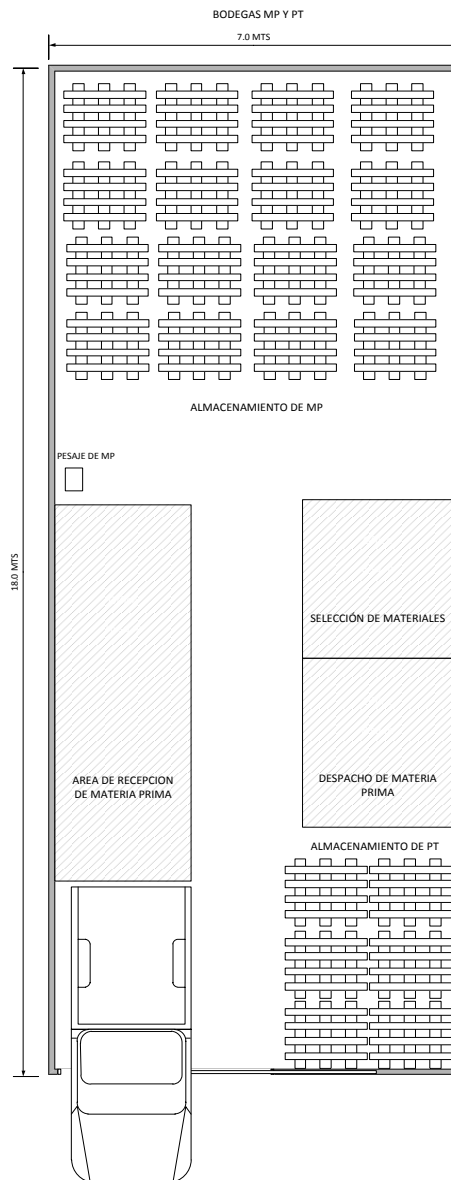
De estos 61 440 litros, 50 664 se utilizarán para el lavado de material y 10 776 se podrán utilizar para otros servicios.

De acuerdo al análisis anterior es necesario contratar un servicio que suministre 61 440 litros de agua al mes. El equivalente es contratar un servicio de 1 paja de agua, que equivale a 60 000 litros de agua al mes.

2.3.4. Distribución de planta

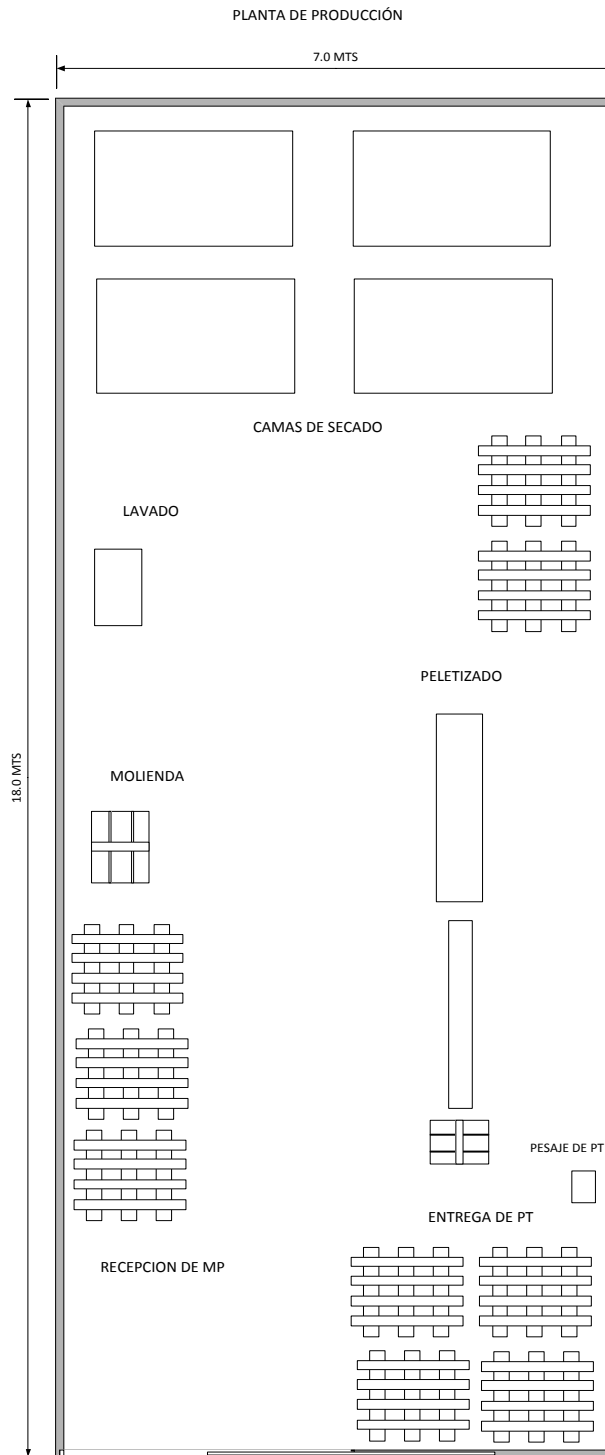
Se considera la distribución de bodega de MP y PT (figura 14), y la distribución de maquinaria en la planta de producción (figura 15).

Figura 14. Distribución de bodegas de MP y PT



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 15. **Distribución planta de producción**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL

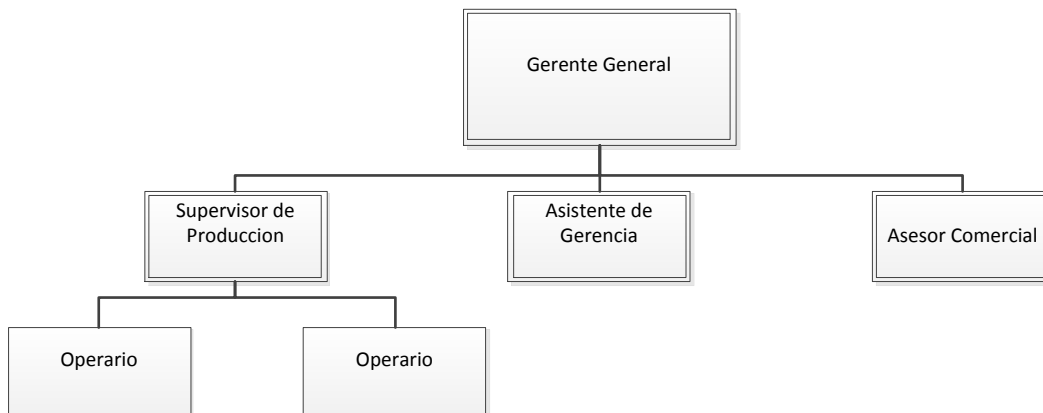
3.1. Estructura administrativa de la empresa

Es la división, agrupación, distribución y coordinación formal de las distintas tareas que se realizan en la empresa. La finalidad ordenarla formalmente para cumplir los objetivos de dicha empresa.

La estructura administrativa que actualmente utiliza la empresa es una estructura del tipo simple. En esta existe un bajo nivel de departamentalización, y principalmente la autoridad está centralizada en el gerente general, que a la vez es el propietario de la empresa.

Actualmente, la empresa se dedica a la compra-venta de plásticos reciclados, y a la limpieza de los mismos. Con la ejecución del nuevo trabajo de graduación la empresa incorporará el proceso de molido y peletizado de pet. El organigrama actual de la empresa se presenta en la figura 16.

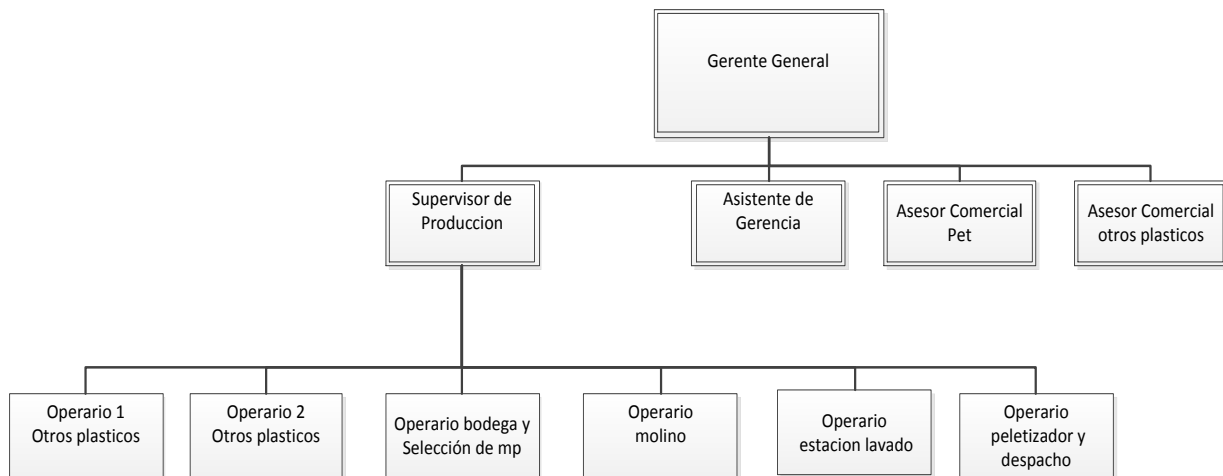
Figura 16. Organigrama actual



Fuente: Plásticos Reprocesados Morales.

Con la incorporación de la nueva línea de producción, el organigrama de la empresa queda de la siguiente manera (figura 17).

Figura 17. **Organigrama propuesto**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3.2. Recursos humanos

Lo constituyen las personas que de una u otra forma tienen relación con los procesos de la empresa, aportando cada una de ellas un valor a la misma, de acuerdo al puesto en el cual se desempeñen.

- Mano de obra: para el correcto funcionamiento de las diversas operaciones del proceso es necesaria cierta cantidad de personas. De acuerdo al estudio técnico se han identificado las siguientes operaciones:
 - Recepción y pesaje
 - Selección
 - Molido

- Lavado
- Secado
- Pesaje
- Peletizado
- Pesaje

Las operaciones de recepción y pesaje de material y la operación de selección de material pueden ser realizadas por un operador. Se realiza la recepción de materia prima cuando el camión llega a descargar, a la vez se va pesando todo lo que se va recibiendo, cuando termina la descarga se almacena la materia prima y se procede a la selección de la misma. Se deja acumulado para producción para cuando el camión llegue a descargar otra vez.

La operación de molido requiere de un operador, esta máquina necesita que se le esté alimentando continuamente con material, y al ser el cuello de botella del proceso no puede ser descuidada en ningún momento.

Las operaciones de lavado y secado se realizan en la misma máquina, juntamente con las operaciones de pesaje después del secado. Esto puede llevarse a cabo por un operador.

Las operaciones de peletizado y pesaje después del peletizado pueden realizarse por un operador. Luego el mismo operador entrega el material pesado a bodega de producto terminado, terminando con esto el proceso.

Será necesario contratar una persona para ventas específicamente de pet, otra parte de las ventas será realizada por el gerente general.

Para la parte de supervisión del trabajo en planta se utilizarán los servicios del mismo supervisor, que actualmente trabaja en la planta.

El trabajo administrativo, en lo que respecta a toma de pedidos, facturación, despachos, compra de materia prima, cotizaciones, y otros, será absorbido entre la asistente de gerencia, gerente general y supervisor de producción.

En total será necesaria la contratación de cinco personas, una para ventas o asesor comercial y cuatro para operarios en planta.

- Remuneración: para el trabajo de reciclaje de plásticos no existe una regulación específica. La remuneración del personal se realizará de acuerdo a las disposiciones gubernamentales vigentes y a las políticas salariales de la empresa.

De conformidad con el Acuerdo Gubernativo No. 359-2012 el salario mínimo que rige para el 2015 en actividades no agrícolas es de Q 2 394,40 más bonificación incentivo de Q 250,00, para un total de Q 2 644,40.

Adicional al sueldo base, se pagará una bonificación adicional distribuida de la siguiente manera:

- Al asesor comercial se le pagará un 3,5 % de la factura de venta, después de descontarle el iva.
- A los operarios de planta se les pagará una bonificación a fin de mes de Q 400,00 por cumplimiento de meta. Esta será inicialmente de 139 quintales de pet procesado.

- Descripción de puestos: permite conocer de una forma detallada el objetivo y las funciones de cada uno de los puestos de trabajo en la empresa, que tendrán relación con la implementación del trabajo de graduación. A continuación se describen cada uno de los puestos involucrados.
- Puesto: gerente general.
 - Objetivo del puesto: desarrollar y ejecutar labores de planificación, organización, dirección y control de la empresa que conduzcan al buen desempeño de la misma.
 - Funciones.
 - Dirigir el trabajo de la empresa utilizando los mecanismos adecuados de dirección y control de la misma.
 - Manejar, de una forma adecuada, las finanzas de la empresa.
 - Velar por la buena calidad del producto fabricado.
 - Desarrollar y ejecutar mecanismos para la adecuada selección de personal a contratar.
 - Realizar una adecuada selección de proveedores para la empresa.
 - Negociar ventas con algunos de los clientes de la empresa.
 - Velar por el uso óptimo de los recursos de la empresa.
 - Planificar en conjunto con los vendedores las labores de ventas.
- Puesto: asistente de gerencia.
 - Objetivo del puesto: apoyar el trabajo administrativo de la empresa.

- Funciones.
 - Coordinar la agenda del gerente general, con la finalidad de optimizar el uso del tiempo del mismo.
 - Generar informes de ventas, de acuerdo a la información proporcionada por el personal de ventas.
 - Coordinar despachos de producto terminado hacia los diferentes clientes de la empresa.
 - Coordinar las compras de materia prima de acuerdo a los requerimientos proporcionados por el supervisor de producción.
 - Generar las planillas para pago de impuestos de la empresa en conjunto con el contador subcontratado para tales fines.
 - Trasladar información importante hacia el personal de la empresa.
 - Generar las planillas para pago de salarios.

- Puesto: asesor comercial de pet.
 - Objetivo del puesto: planificar, desarrollar y promover las ventas de la empresa en la línea de pet reciclado.

 - Funciones.
 - Realizar visitas a clientes con el fin de promover las ventas de la empresa.
 - Proporcionar la información adecuada para la generación de reportes de ventas.
 - Realizar, en conjunto con el gerente general, la proyección de ventas semanal.

- Dar seguimiento a los clientes de la empresa con el fin de satisfacer sus necesidades de pet reciclado.
 - Buscar nuevos clientes para la empresa, con el fin de fomentar el crecimiento de la misma.
 - Realizar negociaciones con clientes, con el fin de obtener una rentabilidad aceptable para la empresa por medio de la venta.
- Puesto: supervisor de producción.
 - Objetivo del puesto: asegurar que las funciones de producción se lleven a cabo de una forma eficiente y que se obtenga el producto con una adecuada calidad.
 - Funciones.
 - Coordinar la ejecución de las órdenes de producción.
 - Generar informes de producción.
 - Velar por la obtención de la buena calidad del producto en el proceso de producción.
 - Coordinar y velar por el cumplimiento de las tareas del personal de producción.
 - Velar por el correcto funcionamiento de la maquinaria y las instalaciones de producción, realizando requerimientos de repuestos y trabajos en caso sea necesario.
 - Realizar requerimientos de materia prima y suministros con base en la proyección de ventas.

- Puesto: operario de bodega y selección de materia prima.
 - Objetivo del puesto: coordinar y ejecutar la recepción, entrega y selección de materia prima y producto terminado.
 - Funciones.
 - Ordenar de una forma adecuada la materia prima y el producto terminado en bodega.
 - Recibir y verificar el peso de la materia prima que ingresa a la empresa y que es entregada a producción.
 - Entregar y verificar el peso del producto terminado que ingresa de producción y es entregado para despacho al cliente final.
 - Llevar al día los inventarios de materia prima y producto terminado.
 - Coordinar con asistente de gerencia y asesor comercial la compra de materia prima.
 - Coordinar, con producción, las entregas de materia prima y las recepciones de producto terminado.
 - Realizar la selección del envase por colores para ser entregado a producción.

- Puesto: operario de molino.
 - Objetivo del puesto: desarrollar la operación de molido de pet.

- Funciones.
 - Llevar a cabo la operación del molino de pet, manteniendo los estándares de calidad y de seguridad industrial.
 - Verificar que la cantidad de pet que recibe esté de acuerdo con la reportada por bodega.
 - Operar el molino de una forma eficiente y segura, manteniendo los tiempos de operación de acuerdo al programa de producción.
 - Informar de cualquier falla que pueda ocurrir con el molino, y en lo posible repararlas.
 - Hacer uso adecuado del equipo y de las herramientas proporcionadas por la empresa.
 - Entregar el pet molido a la estación de lavado.

- Puesto: operario de estación de lavado.
 - Objetivo del puesto: desarrollar la operación de lavado de pet.

 - Funciones.
 - Llevar a cabo la operación de lavado de pet, manteniendo los estándares de calidad y de seguridad industrial.
 - Operar la lavadora de pet de acuerdo al procedimiento establecido.
 - Llevar a cabo la operación de secado de pet en las camas dispuestas para esto.
 - Informar de cualquier falla que pueda ocurrir con los equipos, en lo posible, repararlas.

- Hacer uso adecuado del equipo y de las herramientas proporcionadas por la empresa.
 - Entregar el pet molido y envasado al área de peletizado.
- Puesto: operario de peletizador.
 - Objetivo del puesto: desarrollar la operación de peletizado de pet.
 - Funciones.
 - Llevar a cabo la operación de peletizado de pet, manteniendo los estándares de calidad y de seguridad industrial.
 - Operar el peletizador de pet de acuerdo al procedimiento establecido.
 - Informar de cualquier falla que pueda ocurrir con los equipos, en lo posible, repararlas.
 - Hacer uso adecuado del equipo y de las herramientas proporcionadas por la empresa.
 - Pesar el pet en escamas o peletizado, de acuerdo a requerimientos de ventas.
 - Entregar el pet molido o peletizado, y envasado a bodega, estableciendo una merma de producto en el proceso.

3.3. Marco legal

Servirá para desarrollar el trabajo apegándose a las leyes actuales del país. Este marco legal se desarrolla en tres ejes principales:

Primeramente, la inscripción legal de la empresa aunque el trabajo de graduación se desarrolla en una empresa ya existente, tanto física como legalmente. Se abordará el tema de la inscripción legal ante el Registro Mercantil de Guatemala para que sirva como referencia.

El segundo eje compete a la contratación de personal, ya que es necesario apegarse a los reglamentos vigentes del Ministerio de Trabajo que regulan la contratación y administración de personal.

En el tercer eje se analiza el pago de impuestos ante la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), ya que es obligación de cada empresa constituida en el país, el pago de los respectivos impuestos para fomentar el desarrollo.

3.3.1. Inscripción legal de la empresa

La empresa ya está inscrita legalmente en el Registro Mercantil de la República de Guatemala. Los pasos a seguir para inscribir una empresa individual son los siguientes:

- Se debe llenar el formulario para inscripción de comerciante individual y empresa, (se puede comprar el formulario en el Registro Mercantil o descargarlo en línea) y legalizarlo ante un notario.
- Se debe pagar un arancel de inscripción y solicitar la inscripción de comerciante individual y empresa ante el Registro Mercantil de la República.
- Luego se debe comprar timbres fiscales en el Registro Mercantil o en las oficinas tributarias de SAT.
- En el Registro Mercantil, debe retirar la patente de empresa, adhiriéndole los timbres. Luego el operador le pondrá un sello sobre ellos.

- Se debe solicitar la autorización de libros, pagarla y retirar autorización de libros contables, donde recibirá dos calcomanías por cada libro autorizado, que deben ser pegadas en la primera y en la última página de cada libro correspondiente.
- En las oficinas de SAT se debe obtener la asignación de ventanilla para realizar la acreditación de imprenta.
- Luego se deben presentar los formularios para solicitar actualización de datos y habilitación de libros, y pagar la habilitación de libros.
- En SAT se debe retirar la autorización de libros contables, y dirigirse a la imprenta que haya acreditado para obtener facturas.

3.3.2. Contratación de personal

En Guatemala es necesario apegarse a las normas vigentes con respecto a legislación laboral, para dar inicio a una relación laboral entre patronos y trabajadores. Se debe sostener dicha relación laboral y darla por terminada; estas normas están claramente establecidas en la Constitución Política de la República y en el Código de Trabajo. Además es necesario inscribir a la empresa en el Régimen de Seguridad Social.

- Régimen de seguridad social: según se indica en el *Reglamento de Inscripción de Patronos en el Régimen de Seguridad Social*, patrono es toda persona individual o jurídica que emplea los servicios de trabajadores en virtud de un contrato de trabajo. Debe ocupar los servicios de tres o más trabajadores y está obligado a inscribirse en el Régimen de Seguridad Social. Queda también obligado a descontar del total del salario de los trabajadores el porcentaje correspondiente a la cuota laboral, a pagar la cuota patronal y a solicitar su inscripción en el Régimen de

Seguridad Social desde la fecha en que comience a utilizar los servicios del número de empleados indicado anteriormente.

- Contrato individual de trabajo: es el vínculo económico-jurídico en el cual una persona, denominada trabajador, se compromete a prestar servicios personales o ejecución de una obra a otra denominada patrono. Esto bajo la dependencia de esta última o delegada por ella, a cambio de una retribución de cualquier clase. Para que el contrato de trabajo exista, basta con que se inicie la relación de trabajo, que es el hecho mismo del inicio de la prestación del servicio o de la ejecución de la obra.

En el contrato individual de trabajo debe anotarse información importante tanto del trabajador como del patrono. Información como: lugar y fecha de celebración del contrato, la fecha de inicio del trabajo, el salario, el trabajo que se va a ejecutar, duración del contrato (generalmente se realizan por un plazo indefinido), el horario de trabajo, el lugar donde se realizará el trabajo, información de la empresa y datos personales del trabajador.

La ley otorga un período de dos meses de prueba durante los cuales cualquiera de las dos partes puede dar por terminada la relación laboral sin responsabilidad de ningún tipo. La falta de cumplimiento del contrato individual de trabajo por cualquiera de las dos partes es motivo para la finalización de la relación laboral, y obliga a la parte que incumplió a las responsabilidades económicas respectivas. Sin embargo, no faculta a que pueda provocarse coacción contra las personas.

El contrato individual de trabajo debe ser presentado y registrado ante la Inspección General de Trabajo.

- Prestaciones laborales: son los beneficios adicionales al sueldo que el trabajador recibe por parte del patrono. Generalmente de forma económica, derivadas de la relación laboral existente.
 - Bono 14: es una bonificación anual que recibe el trabajador y se constituye como un décimo cuarto salario al año, tomando como décimo tercero el aguinaldo. Para calcularlo se toma como base el promedio de los sueldos o salarios devengados por el trabajador durante el año, si no ha cumplido un año se paga proporcionalmente al tiempo que tenga de laborar. El período de cálculo es del 01 de julio al 30 de junio del siguiente año, y la fecha límite para pagarlo es el 15 de julio.
 - Aguinaldo: es una bonificación anual que corresponde al décimo tercer sueldo del trabajador en el año. Equivale a un sueldo mensual por un año de trabajo ininterrumpido, o proporcionalmente si el trabajador tuviera menos de un año de estar laborando. El aguinaldo se puede pagar en dos partes, la mitad hasta el 15 de diciembre y la otra mitad hasta el 15 de enero del año siguiente. El período de cálculo es del 01 de diciembre al 30 de noviembre del siguiente año.
 - Vacaciones: el trabajador tiene derecho a un período de 15 días hábiles pagados, correspondientes al período de vacaciones, por cada año de trabajo continuo. Se debe extender una constancia de disfrute de las mismas. El período de vacaciones no es compensable en dinero, solamente para el cálculo de indemnización, donde se paga proporcionalmente al tiempo que haya laborado el trabajador.

- IGSS, Irtira e Intecap: el trabajador tiene derecho a gozar de servicios de salud y seguridad social, una vez que haya sido afiliado al IGSS, servicio para el cual se le descuenta directamente de su salario mensual un 4,73 %. El trabajador también tiene derecho a hacer uso de las instalaciones de Irtira e Intecap. El patrono está obligado a trasladar al IGSS el descuento del 4,73 % que se le realiza al trabajador, además debe pagar un 10,73 % del sueldo del trabajador, correspondiente a la cuota patronal de IGSS, el 1 % correspondiente a la cuota patronal de Irtira y el 1 % correspondiente a la cuota patronal de Intecap.

- Derechos de mujeres embarazadas: está prohibido para el patrono despedir a trabajadoras que se encuentren en estado de gestación o en período de lactancia. Se proporcionará un período de descanso obligatorio con goce de salario de 30 días antes del parto y 54 días después del parto. Además de un período de lactancia de 10 meses, durante el cual la trabajadora podrá entrar una hora después o salir una hora antes de la jornada laboral.

- Salario: es la retribución que el patrono debe realizar al trabajador en virtud del cumplimiento del contrato de trabajo, ya sea este escrito o verbal. Puede pactarse por unidad de tiempo, por unidad de obra o por participación en utilidades. Se fija a conveniencia entre el patrono y el trabajador, sin embargo, no puede ser menor al salario mínimo fijado por el gobierno, el cual para 2015 es de Q 78,72 diarios para actividades no agrícolas, es decir Q 2 394,40 mensuales.

- Bonificación incentivo: esta es una bonificación que recibe el trabajador por eficiencia y productividad, su valor es de Q 250,00 al

mes. No constituye parte en el sueldo regular y no es tomada en cuenta para el cálculo de indemnización, bono 14, aguinaldo, solamente para el cálculo de séptimo día. Tampoco está afecta a cuotas patronales ni laborales como IGSS, Irtra e Intecap.

- Séptimo día: el trabajador tiene derecho a gozar de un día de descanso por cada seis días continuos de trabajo. El pago del séptimo día equivale al pago de una jornada regular de trabajo; el día de descanso se otorga preferentemente el día domingo. Sin embargo está permitido otorgarlo cualquier otro día de la semana.
- Jornadas de trabajo: es el tiempo efectivo que el trabajador está a disposición del patrono. Las jornadas de trabajo pueden ser diurnas, nocturnas o mixtas.

La jornada de trabajo diurna es la que se lleva a cabo entre las 6:00 y las 18:00 horas de un mismo día. No debe exceder de 45 horas a la semana, y para efecto de pago de salario se calcula en 48 horas semanales.

La jornada de trabajo nocturna es que se lleva a cabo entre las 18:00 horas de un día y las 6:00 del día siguiente. No debe exceder de 36 horas a la semana.

La jornada de trabajo mixta es la que abarca un horario entre las jornadas diurna y nocturna. Sin embargo, si se laboran más de cuatro horas en la jornada nocturna, ya no se toma como jornada mixta, sino como jornada nocturna.

Las horas adicionales que se laboren después de la jornada de trabajo, deben tomarse como tiempo extraordinario de trabajo, y deben remunerarse con al menos el 50 % más del salario ordinario.

- Días festivos: son aquellos que no son laborables. Estos son computables para el cálculo de indemnizaciones y prestaciones laborales, y deben de proporcionarse a los trabajadores con goce de salario. Los días festivos para la República de Guatemala son los siguientes:

- Enero 1 Año Nuevo
- Marzo/abril Semana Santa (jueves, viernes y sábado)
- Mayo 1 Día del Trabajo
- Junio 30 Día del Ejército
- Septiembre 15 Día de la Independencia
- Octubre 20 Conmemoración de la Revolución de 1944
- Noviembre 1 Día de Todos los Santos
- Diciembre 24 Nochebuena (desde las 12:00 del mediodía)
- Diciembre 25 Navidad
- Diciembre 31 Fin de año (desde las 12:00 del mediodía)
- Además es día festivo, el día de la celebración del patrono, en cada municipio.

- Terminación laboral: el contrato laboral entre patrono y trabajador puede darse por terminado por varias causas:

- Por renuncia voluntaria del trabajador, en cuyo caso, el patrono no tiene ninguna responsabilidad laboral. Sin embargo, el trabajador debe dar aviso de su renuncia con un tiempo prudencial.

- Despido con causa justificada, toda vez que el trabajador incurra en una de las causas enumeradas en el Código de Trabajo que facultan al patrono a dar por terminado el contrato laboral sin responsabilidad de su parte.
- Despido sin causa injustificada, en cuyo caso el patrono está obligado a indemnizar al trabajador, proporcionándole el equivalente a un sueldo mensual por cada año de trabajo, o la parte proporcional cuando no tenga un año completo de haber laborado.

Al finalizar la relación laboral el patrono está en la obligación de proporcionar su liquidación al trabajador, la cual incluye lo siguiente:

- Indemnización (solamente en caso de despido sin causa justificada).
- Aguinaldo proporcional
- Bono 14 proporcional
- Vacaciones proporcionales
- Último sueldo

3.3.3. Pago de impuestos

Para realizar el pago de impuestos correspondientes, se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Se debe inscribir la empresa ante la SAT, al registro tributario unificado (RTU).
- Afiliarse al régimen de impuestos correspondientes, tomando en cuenta la mejor opción de acuerdo a las operaciones de la empresa.
- Registrar ante la SAT al perito contador de la empresa.

Los impuestos a los cuales la empresa está afiliada son los siguientes:

- Pago de impuesto sobre la renta (ISR)
- Pago de impuesto al valor agregado (IVA)
- Pago de impuesto de solidaridad (ISO)

4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Partiendo del hecho que toda actividad humana tiene un impacto positivo o negativo en el ambiente en que se desarrolla, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso que permite realizar un análisis objetivo. Está encaminado a identificar, predecir, interpretar, prevenir y comunicar el efecto que dicha actividad tendrá sobre el medio ambiente en el cual se desarrolla. Por medio del estudio de impacto ambiental se puede realizar una comparación de la situación del entorno donde se desarrollan las operaciones, comparando como sería la situación futura, si se realizara el trabajo de graduación frente a la situación futura si no lo hiciera.

Al realizar el estudio de impacto ambiental, además de identificar los riesgos ambientales que puedan generarse con la ejecución del trabajo de graduación, deben también diseñarse los planes de mitigación para cada uno de los riesgos. Esto determinando la factibilidad del trabajo de graduación desde el punto de vista ambiental. Si se detectan posibles daños de magnitud considerable y que no sean reversibles para el ambiente, o cuyo costo de mitigación sea excesivamente alto, se debe considerar buscar otra opción para el trabajo de graduación o desistir del mismo.

En Guatemala, las regulaciones ambientales están manejadas por el MARN. Este realiza una Evaluación Ambiental Inicial (EAI) del trabajo de graduación, y si por la magnitud del mismo se determina que es necesario realizar un estudio más profundo, solicita la realización de EIA.

En el caso del presente trabajo de graduación, por la dimensión del mismo, únicamente es necesario realizar una EAI. En este documento se solicita información legal de la empresa, como nombre de la empresa, nombre del representante legal, dirección, Nit, así como información geográfica, debiéndose registrar en este apartado las coordenadas UTM y las coordenadas geográficas de la empresa.

Se solicita también información general de las operaciones, como la descripción del tipo de actividades que se realizarán, los insumos, la maquinaria y otros. En el numeral III se solicita información referente al transporte que se utilizará durante la operación. Luego, en el numeral IV se solicita realizar una evaluación de los impactos ambientales que pueden ser generados, en el aire, agua, suelo, biodiversidad, visual, social y otros. Para finalizar, se solicita información de consumo de energía de la operación y riesgos ocupacionales.

A continuación se presenta el formato de Evaluación Ambiental Inicial proporcionado por el MARN. Este contiene la información relevante a la empresa, a los riesgos que se espera se generarán con la ejecución del trabajo de graduación y la mitigación de los mismos.



Figura 18. **Evaluación Ambiental Inicial**

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
 REPÚBLICA DE GUATEMALA.

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

(Formato propiedad del MARN)

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita mas espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede • Proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente: EAI-XXX-XX</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>

Continuación de la figura 18.

I. INFORMACION LEGAL							
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: ESTUDIO DE FACIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PLÁSTICO RECICLADO							
I.2. Información legal: A) Nombre del Proponente o Representante Legal: LUIS FERNANDO NUÑEZ DÍAZ <hr/> B) De la empresa: Razón social: PLÁSTICOS REPROCESADOS MORALES Nombre Comercial: PLÁSTICOS REPROCESADOS MORALES No. De Escritura Constitutiva: Fecha de constitución: 20 DE JULIO DE 1997 Patente de Sociedad Registro No. Folio No. Libro No. Patente de Comercio Registro No. Folio No. Libro No. No. De Finca: Folio No. Libro No. de GUATEMALA Jurisdicción de Villa Canales donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad. Número de Identificación Tributaria (NIT):							
I.3 Teléfono 52559948 Fax Correo electrónico: luisfer319@hotmail.com							
	Tipo	Si/No	Cantidad(mes, día, hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de Almacenamiento
Agua	servicio público	Si	2,0 m ³ /día	Aguas del Valle	Industrial sanitarios y lavamanos		tanque de almacenamiento
	pozo	No					
	Agua superficial	No	Las aguas utilizadas se dirigen al sistema de drenajes local				
	otro	No					

Continuación de la figura 18.

Combustibles	Gasolina	Si	4 gl/día	empresas del mercado nacional	funcionamiento de vehículos automotores		no se almacena
	Diesel	no	0 gl/día				
	Bunker	no					
	Glp	no					
	otro	no					
lubricantes	Solubles	no					
	No solubles	si	3 lts/mes	empresas del mercado nacional	lubricación de motores de vehículos, cajas reductoras		no se almacena
Refrigerantes		no	Se utiliza agua para el enfriamiento de los equipos				
Otros		no					
<p>nota: Si se cuenta con licencia extendida por la dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para almacenamiento y distribución interna de combustibles.</p>							
<p>I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto: Lote 24, Manzana D, Lotificación Villa Las Mercedes, Zona 0, Villa Canales</p> <p>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas</p>							
<p>Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84</p>				<p>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</p>			
<p>X= 759 093,83 Y= 1 607 170,34</p>							
<p>PROYECCION NAD – 83. Z-15 NORTE</p>							
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)</p> <p>Lote 24, Manzana D, Lotificación Villa Las Mercedes, Zona 0, Villa Canales</p>							
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo</p>							

Continuación de la figura 18.

II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	Abandono
- Actividades a realizar	- Actividades o procesos	- acciones a tomar en caso de cierre
- Insumos necesarios	- Materia prima e insumos	
- Maquinaria	- Maquinaria	
- Otros de relevancia	- Productos y subproductos (bienes o servicios)	
	- Horario de trabajo	
** Adjuntar planos	- Otros de relevancia	
II.3 Área		
a) Área total de terreno en m2: 224 MTS CUADRADOS		
b) Área de ocupación del proyecto en m2: 224 MTS CUADRADOS		
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
<p style="text-align: center;"> NORTE: Lote baldío SUR Lote baldío ESTE Calle OESTE Lote baldío </p>		
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
2 lotes baldíos, luego sigue una casa de habitación	Norte	14 m del muro perimetral
2 lotes baldíos y luego una casa de habitación	Sur	14 m del muro perimetral
Calle de la lotificación y luego más lotes baldíos	Este	La calle se encuentra justo enfrente de la empresa
Lote baldío, luego sigue una calle de la lotificación	oeste	16 m del muro perimetral

Continuación de la figura 18.

II.5 Dirección del viento: Norte a sur
II.7 Datos laborales a) Jornada de trabajo: Diurna (<input checked="" type="checkbox"/>) Nocturna (<input type="checkbox"/>) Mixta (<input type="checkbox"/>) Horas Extras b) Número de empleados por jornada: 7 Total empleados 7 c) otros datos laborales, especifique El personal que se dedica a la producción de la empresa, labora a un turno, en jornada diurna. El personal administrativo de oficina también labora en la jornada diurna, en horario regular de 8 de la mañana a 5 de la tarde, si es necesario se labora más allá de la jornada.
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS... Se proyecta utilizar un estimado de 2 metros cúbicos de agua al día, aproximadamente 4 galones de combustible gasolina al día, 3 litros de lubricante mineral al mes.
III. TRANSPORTE
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: a) Número de vehículos propios de la empresa 2 b) Tipo de vehículo Liviano c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: El parqueo tiene capacidad para 2 vehículos pequeños, que es utilizado por el propietario de la empresa y por el asesor de ventas, adicional a éste se puede parquear enfrente de la empresa en caso de haber visitas.

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

Continuación de la figura 18.

IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD					
No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	No habrá emisión de gases en ninguna de las fases del trabajo de graduación. Si habrá emisión de partículas de polvo en la parte de construcción	Se generará partículas de polvo en la etapa de acomodamiento del terreno donde se construirá bodega.	<ul style="list-style-type: none"> a. Esparcir agua a alta presión para minimizar la generación de polvo. b. Trabajar esta etapa en horas de baja concentración de personas. c. Cubrir los camiones que transportarán los residuos de construcción.
		Ruido	Ruido de camiones y otras máquinas en la etapa de construcción	En el área donde construirá la bodega.	a. Trabajar esta etapa en horas de baja concentración de personas
		Vibraciones	Por el trabajo de los camiones y otras máquinas se generará vibraciones	En el área de la construcción.	<ul style="list-style-type: none"> a. Utilizar la maquinaria apropiada de acuerdo a las condiciones de espacio y dimensiones del trabajo de graduación. b. No sobrecargar los camiones que transportarán los materiales y equipos.
		Olores	Mínimo, en el proceso de producción.	Planta de producción.	Los materiales con que se realizará la construcción son sólidos. En la planta se generará un ligero olor a plástico quemado, que no será tóxico.

Continuación de la figura 18.

2	Agua	Abastecimiento de agua	No habrá impacto, ya que únicamente habrá generación de desechos de block y estos serán depositados en el relleno sanitario ubicado en el municipio de Amatitlán.		
	Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: =0,5 m3, en la planta de producción.	Descarga: Las aguas son enviadas al sistema de drenajes residencial para su tratamiento	Se envían las aguas residuales al sistema de drenaje residencial, luego pasan por un tratamiento de limpieza en la planta de tratamiento y son enviadas al lago de Amatitlán.	
	Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: = 1,5 m3, en la planta de producción.	Descarga: Las aguas son enviadas al sistema de drenajes residencial para su tratamiento	Se envían las aguas residuales al sistema de drenaje residencial, luego pasan por un tratamiento de limpieza en la planta de tratamiento y son enviadas al lago de Amatitlán.	
	Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: 2 m3.	Descarga: Las aguas son enviadas al sistema de drenajes residencial para su tratamiento		
	Agua de lluvia	Captación	Descarga: a drenaje residencial	El agua de lluvia en la actualidad es drenada del área de la planta de producción por medio de canales abiertos de conducción, hacia el sistema de drenajes residencial.	

Continuación de la figura 18.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común) la basura común es colectada en bolsas de plástico todos los días	Cantidad: 5 libras/ día	La basura doméstica es colectada por el sistema particular de limpieza que realiza un recorrido dos veces por semana	Lo que actualmente se lleva a cabo es el constante acopio de basura, en bolsas de plástico para que sean retiradas por el camión de aseo.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: 10 libras por día. Lo que se genera son retazos de la materia prima que se utiliza para la producción de pet reciclado.	Disposición: Estos materiales son colectados y guardados, para posteriormente ser utilizados en la misma empresa para ser reprocesado.	a. Manejo y colecta oportuna y constante de los residuos. b. Almacenamiento de estos materiales en una bodega provista de condiciones de seguridad (salidas de emergencia, extinguidores, ventiladores, etc)
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	NO		
		Modificación del relieve o topografía del área	NO. La topografía del terreno, en términos generales es plana y se mantendrá con relieve.		
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	El impacto es mínimo, únicamente se afectará en cierta manera a algunos animales	Es un sistema totalmente intervenido para actividades residenciales e industriales.	Posiblemente desde afuera de las instalaciones por el muro que cubre el perímetro de la planta de producción no será factible observar los cambios que se harán en el interior del perímetro de la planta.
		Fauna (animales)			
		Ecosistema			
5	Visual	Modificación del paisaje	De nada a mínimo	Únicamente en la construcción de la bodega.	Es un sistema totalmente intervenido para actividades residenciales e industriales. Se colaborará con fortalecer áreas verdes del residencial.

Continuación de la figura 18.

6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Se mejorará el aspecto económico de cierta parte de la población.	Instalaciones de la empresa.	Ninguna
7	Otros	Generación de fuentes de trabajo	En la actividad productiva de la empresa	Instalaciones de la empresa	Ninguna

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA
<p>CONSUMO</p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) 4 619,58 kW/mes</p> <p>V. 2 Forma de suministro de energía</p> <p style="padding-left: 40px;">a) Empresa Eléctrica de Guatemala Sistema público</p> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p style="padding-left: 20px;">SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/> _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p> <p style="padding-left: 20px;">Optimizar el uso de la maquinaria y utiliza iluminación natural.</p>
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD
<p>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio (X)</p> <p>b) la actividad provoca un grado de molestia y riesgo a la salud de pobladores.</p> <p>c) la actividad provoca molestias y gran riesgo a la salud de pobladores.</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: no existe riesgo de contaminación a la salud humana, por la naturaleza de los procesos productivos.</p>

Continuación de la figura 18.

<p>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos () d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio (X) e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué? Posiblemente existe el riesgo de incendio, pero se tendrá un plan de seguridad industrial</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>VI.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p>X No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> <p>No existe riesgo alguno para los trabajadores, las máquinas cuentan con sus sistemas de seguridad tales como guardas, sensores de proximidad, relés de protección eléctrica, que aseguran la integridad de los operadores.</p>
<p>VI.4 Equipo de protección personal</p> <p>VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p>TAPONES DE OIDOS, REDECILLA PARA EL CABELLO, GABACHAS, LENTES DE SEGURIDAD, MASCARILLAS.</p> <p>VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>NO EXISTE RIESGO</p>

Fuente: MARN.

4.1. Aspectos técnicos del trabajo de graduación

Estos proporcionan información acerca de la edificación que se pretende utilizar. También información relativa a las principales actividades que se realizarán tanto en la fase de ejecución del como en la operación, con la finalidad de identificar posibles riesgos ambientales.

4.1.1. Infraestructura

La infraestructura que se utilizará está constituida por las edificaciones necesarias para llevar a cabo los procesos de la empresa. La infraestructura está conformada por dos bodegas.

Las paredes de las bodegas son construidas con *block* convencional de 15 cm X 20 cm X 40 cm. Las columnas de concreto tienen 5 000 psi de resistencia, reforzadas con varilla corrugada de acero de ½”.

El piso está construido con concreto de 5 000 psi de resistencia, reforzado con electro malla de acero calibre 9/9, tiene un espesor de 10 cm.

El techo está fabricado con lámina acanalada recubierta con zinc, y soportada sobre una estructura hecha de acero. La costanera de 2” X 4”, recubierta con pintura anticorrosiva para su preservación.

4.1.2. Materiales e insumos a utilizar

Se utilizarán materiales de construcción durante la fase de ejecución para la construcción de la bodega de materia prima y producto terminado, y durante la fase de ejecución se utilizará pet e insumos para procesarlo.

- Fase de ejecución: se deberá construir una de las edificaciones que funcionará como bodega de materia prima y producto terminado. En dicha edificación será necesario utilizar arena, piedrín, cemento, selecto, hierro corrugado, arena blanca, costanera de acero y lámina galvanizada.

Para reducir el impacto ambiental en esta fase, es necesario verificar que los materiales como arena, piedrín, selecto, sean obtenidos con un proveedor que los extraiga de zonas autorizadas por la municipalidad. Con ello se evita el deterioro de áreas que no son adecuadas para la extracción de estos productos. Aunque el precio al que se pueden obtener es menor, el daño que causan, especialmente en el cauce de los ríos, es muy alto, llegando a erosionar dichos cauces, en ocasiones provocando derrumbes o inundaciones.

- Fase de operación: los principales materiales a utilizar serán pet posconsumo como materia prima.

Como insumos se utilizarán jabones, detergentes y cloro para la limpieza del pet principalmente. También hidróxido de sodio como potenciador para el detergente, filtro de acero para el extrusor, agua para enfriamiento de la tina del .extrusor y lavado de pet. Además sacos de polipropileno para empaque de producto terminado, combustibles diesel y gasolina para los vehículos que transportarán el producto.

4.1.3. Principales actividades a realizar

Las actividades que se realizarán se dividen entre las que se realizarán durante la ejecución del estudio de graduación, que serán principalmente de construcción y montaje de maquinaria, y las que se realizarán en la fase de operación, que es el trabajo propiamente de la planta.

- Fase de ejecución: se realizará la construcción de una de las bodegas. Así como el montaje de maquinaria. Las actividades que se realizarán son las siguientes:
 - Zanjeado del terreno
 - Levantado de paredes
 - Fundición de soleras y columnas
 - Fundición de piso de concreto
 - Techado de bodega
 - Montaje de maquinaria
 - Instalaciones eléctricas e hidráulicas de maquinaria

- Fase de operación: las actividades que se realizarán son las actividades propiamente del proceso de producción:
 - Recepción de materia prima
 - Selección e inspección
 - Molido
 - Lavado
 - Secado
 - Peletizado
 - Almacenamiento de materia prima

4.2. Aspectos ambientales

Son todos aquellos susceptibles de ser modificados tanto por la ejecución como por la operación del trabajo de graduación. Esta modificación de los aspectos ambientales se denomina impacto ambiental. Estos pueden ser

positivos o negativos, ya sea que mejoren o desmejoren el ambiente en el cual se presentan.

Por su intensidad, los impactos pueden ser muy altos, altos, medios o bajos. Por su capacidad de recuperación se pueden clasificar en reversibles, irreversibles, recuperables, mitigables e irrecuperables. En el caso que se presenta, los impactos se clasifican en su mayoría como mitigables, ya que es posible buscar mecanismos para disminuir la alteración provocada. Sin embargo existen impactos ambientales negativos e irrecuperables, como es el caso de la construcción de una bodega, ya que esto afecta definitivamente al suelo y al paisaje.

4.2.1. Impacto ambiental derivado de la ejecución y operación del trabajo de graduación

Se identifican los impactos ambientales que pueden ser generados tanto en la etapa de ejecución como en la etapa de operación del trabajo de graduación. Identificando también cuál es la fuente de generación de dicho impacto ambiental.

4.2.1.1. Aire

Habrà emisión de partículas de polvo en el aire en la etapa de ejecución del trabajo de graduación, debido a la construcción de la bodega. La emisión se provocará principalmente durante la descarga de materiales de los camiones. Durante la etapa de operación se emitirá humo procedente del proceso del pet a alta temperatura en el interior del peletizador.

Se presenta impacto ambiental al aire, por medio del ruido generado por los camiones en la descarga de materiales durante la etapa de ejecución. También se presenta impacto ambiental por ruido generado de las máquinas, principalmente el molino, durante la etapa de operación. Las otras máquinas generan ruidos bajos que no alcanzan a salir del recinto de la bodega.

4.2.1.2. Agua

El abastecimiento de agua será del servicio residencial. Este consta de media paja de agua, que es igual a 30 m^3 de agua al mes, lo cual equivale a 30 000 litros de agua. Según el estudio técnico se necesitan 61 440 litros de agua al mes. Por lo tanto, es necesario contratar dos servicios de 30 000 litros de agua al mes, y los restantes 1 440 litros podrán ser pagados como exceso.

El impacto ambiental en el agua será mínimo. En la etapa de ejecución se utilizará agua únicamente para la preparación de la mezcla de concreto que se utilizará para la construcción, y para regar en el área a fin de evitar la generación de polvo. En la etapa de operación, el agua que se utilizará del servicio residencial será utilizada inicialmente para el enfriamiento de la tina del peletizador. Luego esta agua será captada en un depósito para posteriormente ser utilizada en el proceso de lavado de pet y en servicios sanitarios.

Las descargas de aguas residuales constan de las aguas de los servicios sanitarios, aproximadamente $0,5 \text{ m}^3$ al día, para lo cual el residencial cuenta con drenajes apropiados y una planta de tratamiento.

Las descargas de aguas industriales constan del agua utilizada para lavado de pet, que irá cargada con residuos sólidos, principalmente tierra y arenas, y jabones, detergentes y cloro. Dicha agua será descargada en el

drenaje del residencial, filtrándola antes de la descarga con una tela no tejida de polipropileno (*Drain Guard*), la cual tiene la capacidad de atrapar partículas de tierra y arena. El volumen aproximado de descarga de aguas industriales es de 50 664 litros/mes, es decir 1 688,80 litros/día.

Las aguas de lluvia serán captadas por medio de canales instalados en los techos, y serán desviadas a un drenaje para aguas pluviales con que cuenta el residencial. Cuando las condiciones sean propicias, las aguas de lluvia podrán captarse al depósito de almacenamiento para su posterior uso en enfriamiento y lavado.

Tanto las aguas residuales como las industriales y pluviales luego de ser tratadas, son enviadas al lago de Amatitlán.

4.2.1.3. Suelo

El impacto ambiental que pudiera sufrir el suelo viene dado por medio de los desechos sólidos generados en la planta, los desechos industriales, las aguas residuales descargadas directamente sobre el suelo y la modificación de la topografía general del terreno.

Los desechos sólidos generados son principalmente basura común, con una cantidad aproximada de 2 libras/día. Esta basura será almacenada en bolsas plásticas y entregada al camión del servicio de recolección, para su posterior disposición en los vertederos municipales. Dicho servicio de recolección tiene una frecuencia de 2 veces por semana.

Con respecto a los desechos industriales, los que se generarán serán los de la arena y tierra retirada del lavado de pet, así como los restos de etiqueta

de los envases de pet reciclados. Los restos de arena y tierra serán depositados en un vertedero municipal, los restos de etiquetas serán entregados al camión recolector de basura.

El impacto ambiental generado por descarga de aguas residuales directamente sobre el suelo será nulo. Todas las aguas residuales serán manejadas por medio de drenajes; de la misma manera, no habrá modificación a la topografía del terreno. Este actualmente está plano y se mantendrá de la misma manera.

4.2.1.4. Biodiversidad

La biodiversidad (flora, fauna, ecosistema) recibirá cierto impacto ambiental, principalmente en la fauna. A pesar que el área ha sido previamente intervenida para producción de caña de azúcar, y posteriormente como área residencial, en algunas áreas que no han sido construidas todavía pululan ciertos tipos de animales silvestres, tales como conejos, gatos, culebras. En vista de la construcción de este y otros edificios deberán emigrar hacia otras áreas.

4.2.1.5. Visual

Este se presentará principalmente en la etapa de ejecución del trabajo de graduación, con la construcción de la bodega. Luego, en la etapa de operación, el aspecto visual del área quedará modificado permanentemente con la presencia de la bodega misma.

4.2.1.6. Social

El impacto ambiental del tipo social se refiere a cambios o modificaciones sociales, económicas o culturales de la zona donde se ejecute el trabajo de graduación. En este sentido habrá un ligero cambio del tipo económico, ya que con la ejecución del trabajo de graduación se tiene previsto contratar mano de obra del área de localización de dicho estudio.

4.3. Demanda y consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica de la planta viene dado por la sumatoria del consumo de cada uno de los equipos, multiplicado por las horas de trabajo al mes. Los consumos de energía eléctrica de caja equipo se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. Consumo de energía eléctrica por equipo

Equipo	Kwh	Horas-mes	kwh-mes
Molino	6,33	192	1 215,16
Lavadora	2,36	134	316,24
Peletizador	21,12	144	3 041,28
Iluminación general	0,6	78	46,8
TOTAL			4 619,18

Fuente: elaboración propia.

El suministro de energía eléctrica se realizará por medio de Empresa Eléctrica de Guatemala. Se contratará un servicio de 220 voltios en tres fases, ya que todas las máquinas que se utilizan funcionan con este voltaje, no habiendo necesidad de instalar ningún tipo de transformador.

Para optimizar el uso de la energía eléctrica se utilizarán las máquinas únicamente las horas necesarias, teniendo el cuidado de no dejarlas trabajar en vacío y dejarlas desconectadas cuando no estén en uso. También se hará uso de focos ahorradores para iluminación, reduciendo de esta manera el consumo de energía eléctrica y reduciendo a la vez el impacto ambiental causado por el uso de la misma.

4.4. Efectos y riesgos personales derivados de la operación

No existe ningún tipo de riesgo relacionado con la salud de los pobladores del área. Existe un riesgo para los trabajadores, por el tipo de proceso, ya que debido a la operación de las máquinas pueden brincar partículas de plástico y alojarse en los ojos de los operadores. Existe el riesgo de quemaduras por la temperatura de operación de las máquinas y de daños en las manos por la posibilidad de quedar atrapadas en el interior de las máquinas.

Para contrarrestar este tipo de riesgos se tiene previsto el uso de equipo de protección personal para los operadores, tales como lentes de seguridad, guantes, y las herramientas necesarias para la operación de la maquinaria.

Debido a la cercanía con el río Villa Lobos, existe el riesgo de inundación en el área. Para ello se ha previsto elevar el nivel del terreno en unos 40 cm sobre el nivel original.

Por el tipo de materiales que se procesan existe el riesgo de incendio, principalmente en la bodega. Para ello se prevé un plan de seguridad industrial, que incluya la instalación de extinguidores y capacitación al personal en el uso de los mismos.

4.5. Medidas de mitigación

Son todas aquellas posibles acciones a tomar para eliminar o reducir el impacto ambiental provocado por las actividades de ejecución y operación del proyecto (ve tabla IX).

Tabla IX. Impactos ambientales y plan de mitigación

Elemento afectado	Etapas	Forma de afectación	Plan de mitigación
Aire	Ejecución	Emisión de partículas de polvo por construcción de bodega.	Regar el área frecuentemente con agua.
Aire	Operación	Emisión de humo por proceso de pet a alta temperatura.	
Aire	Ejecución	Ruido generado por camiones en la descarga de materiales.	Agilizar el proceso de descarga.
			Contratar camiones que se encuentren en buen estado.
Aire	Operación	Ruido generado por operación del molino.	Aislar el ruido generado directamente en la máquina.
Agua	Operación	Consumo aproximado de 61 440 litros de agua al mes.	Reutilización de agua de enfriamiento para lavado de pet y servicios sanitarios.
Agua	Operación	Descarga de aguas residuales.	Descarga en drenaje hacia planta de tratamiento del residencial.
Agua	Operación	Descarga de aguas industriales.	Filtrar el agua antes de descargarla en el drenaje.
			Luego de la descarga en el drenaje pasa a planta de tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla IX.

Elemento afectado	Etapas	Forma de afectación	Plan de mitigación
Agua	Operación	Descarga de aguas pluviales.	Captación por medio de tuberías hacia drenaje.
			En condiciones propicias, captación hacia depósito de almacenamiento para uso en procesos.
Suelo	Operación	Generación de 2 libras/día de desechos sólidos.	Se recolectará en bolsas plásticas y será entregada al camión que presta el servicio de recolección de basura.
Suelo	Operación	Generación de desechos industriales por las etiquetas de los envases.	Se recolectará en bolsas plásticas y será entregada al camión que presta el servicio de recolección de basura.
Suelo	Operación	Generación de desechos industriales por arena y tierra de los envases.	Se recolectarán en recipientes plásticos para posteriormente depositar en vertedero municipal.
Biodiversidad	Ejecución / Operación	Migración de animales silvestres hacia otras áreas no intervenidas.	
Visual	Ejecución	Modificación temporal del área por movimientos de construcción.	Se ejecutará la obra en el menor tiempo posible.
Visual	Operación	Modificación permanente del área por edificación de bodega.	
Social	Operación	Incremento del nivel económico de la población por contratación de personal.	

Fuente: elaboración propia.

4.6. Impacto ambiental positivo derivado del procesamiento de plásticos reciclados

El pet, como una gran cantidad de plásticos, es susceptible de reciclar. Se estima que solamente entre el 15 % y el 20 % del pet que se utiliza termina reciclándose. El resto termina generalmente en tiraderos clandestinos, en cuencas de ríos, en lagos, o en los drenajes públicos. Provoca no solo una contaminación visual al ambiente, sino también taponamientos en drenajes y cuencas de ríos. Por ello, favorece inundaciones y problemas de desfogue de aguas pluviales.

El impacto ambiental positivo generado por el reciclaje de pet, consiste en la reducción de la contaminación visual provocada por la recolecta de envases, además del impacto ambiental del tipo social. Esto debido a que beneficia económicamente a una gran cantidad de la población guatemalteca, ya que con el incremento en el uso de pet reciclado se ha abierto oportunidad a la operación de centros de acopio. En ellos se recibe cantidades grandes de envase de pet reciclado, que la población en general puede reciclar, comenzando en sus hogares y realizando jornadas de limpieza en sus propias comunidades.

Además del uso en fabricación de productos, el pet reciclado puede utilizarse como combustible alterno en la operación de máquinas de calor. Se estima que un gramo de pet contiene alrededor de 22 075 Btu de calor, y que un galón de gasolina contiene 125 000 Btu. Se dice que al quemar 5,66 gramos de pet reciclado como combustible para máquinas de calor, se estaría sustituyendo un galón de gasolina.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

Antes de realizar una inversión de tipo industrial es necesario conocer cuáles serán los costos en que se incurrirá para la ejecución; así como los costos operativos del proceso. Estos servirán de guía para evaluar financieramente la factibilidad de la inversión.

Los costos son desembolsos de dinero que la empresa debe hacer para contribuir a alcanzar sus objetivos. Los costos se generan desde el instante mismo en que se comienza a realizar la evaluación, generalmente durante la ejecución, y se siguen generando el tiempo que dure la operación de la planta, hasta el instante en que la empresa cierra operaciones.

5.1. Determinación de los costos del trabajo de graduación

Para esto es necesario tener un conocimiento amplio de todos los procesos implicados y de las áreas que serán generadoras de costos. Los costos empiezan a generarse con la inversión inicial necesaria para su ejecución, y una vez puesto en marcha el trabajo de graduación vienen los costos operativos. A continuación se realiza una proyección de todos los costos en que se incurrirá con la ejecución y operación del trabajo de graduación.

5.1.1. Inversión inicial

Está representada por los activos fijos que la empresa debe adquirir; tomando en cuenta que el trabajo de graduación será realizado por una

empresa que ya se encuentra actualmente en operaciones. La inversión inicial consta de la infraestructura que compone la bodega que se debe fabricar, y la inversión en maquinaria que se debe de realizar. En la tabla X se aprecia la inversión inicial requerida en mano de obra, en la XI la inversión para materiales de construcción y en la XII para maquinaria.

Tabla X. **Inversión inicial requerida de bodega en mano de obra**

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
230	Metros cuadrados de levantado de pared tradicional, incluyendo cimientos, columnas, soleras y tallados	Q 120.00	Q 27,600.00
112	metros cuadrados de fundición de piso de concreto, 7 cm de espesor, reforzado con electromalla 9/9	Q 40.00	Q 4,480.00
112	metros cuadrados de techado de bodega, con costanera de 4" X 2" y lámina galvanizada acanalada calibre 26	Q 40.00	Q 4,480.00
1	fabricación e instalación de portón corredizo de doble hoja, 5 m de ancho X 4 m de altura	Q 4,500.00	Q 4,500.00
Total Mano de Obra			Q 41,060.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Inversión inicial requerida en bodega de materiales**

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
3000	block de 15 X 20 X 40 cm	Q 2.80	Q 8,400.00
78	varilla de hierro de 3/8"	Q 21.49	Q 1,676.22
70	varilla de hierro de 1/2"	Q 37.58	Q 2,630.60
120	varilla de hierro de 1/4"	Q 8.96	Q 1,075.20
250	quintales de cemento	Q 70.00	Q 17,500.00
8	metros cúbicos de arena de río	Q 115.00	Q 920.00
8	metros cúbicos de piedrín de 1/2"	Q 230.00	Q 1,840.00
50	tabla de madera de 9 pies de largo X 1 pie de ancho X 1" de espesor	Q 47.00	Q 2,350.00
50	libras de alambre de amarre	Q 4.75	Q 237.50
10	libras de clavo de 3"	Q 5.15	Q 51.50
10	electromalla 9/9	Q 125.00	Q 1,250.00
100	lámina galvanizada acanalada de 8 pies de largo, calibre 26	Q 110.00	Q 11,000.00
4	lámina plástica acanalada de 8 pies	Q 150.00	Q 600.00
35	costanera de 2" X 4" X 1.5mm	Q 130.00	Q 4,550.00
500	tornillo pulser punta de broca de 1.1/2" X 1/4"	Q 0.35	Q 175.00
	Total Materiales		Q 54,256.02
	TOTAL INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN		Q 95,316.02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Inversión inicial requerida en bodega de maquinaria**

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
2	Básculas romanas, capacidad de 200 kg	Q 9,500.00	Q 19,000.00
1	Mesa de acero de 2 m X 4m X 0.90 m de altura	Q 3,500.00	Q 3,500.00
4	Ventilador industrial tipo axial, 18" de diámetro	Q 750.00	Q 3,000.00
1	Lavadora para pet tipo tornillo sin fin, capacidad 75 kg por <i>batch</i>	Q 22,400.00	Q 22,400.00
1	Extrusor peletizador, 220 V, tornillo de 60mm de diámetro, capacidad de producción de 60 kg/hora	Q 38,500.00	Q 38,500.00
1	Instalación de maquinaria	Q 21,500.00	Q 21,500.00
			Q 107,900.00
	TOTAL INVERSIÓN EN MAQUINARIA		Q 107,900.00
	TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL		Q 203,216.02

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Costos de producción

Están representados por los costos en que se incurre por transformar la materia prima en producto terminado. Se incluyen en los costos de producción la materia prima e insumos, la mano de obra directa y los costos indirectos de manufactura.

La materia prima es el envase de pet reciclado que la empresa comprará. El precio por quintal es de Q 80,00, es decir Q 1,76 por kilo ($Q\ 80,00/100 \times 2,2$). Se estima una merma de 2 %, y un incremento de precios en 5 % anual. La estimación de producción de la empresa es de 76 000 kg por año, considerando la merma. La empresa deberá adquirir por año 77 551 kg ($76\ 000 / 1-0,2$).

Los insumos vienen representados por el jabón que se utilizaría para lavar los envases, la soda cáustica y el cloro. Se estima que el costo de estos insumos se encuentra alrededor de Q 0,15 por kilogramo procesado. Al igual que la materia prima se estima que los insumos tendrán un incremento anual de 5 %.

En la tabla XIII se presenta la integración de costos de materiales directos (materia prima e insumos) para un período de cinco años. Se contempla el incremento del 5 % en los precios.

Tabla XIII. **Costo de materiales directos**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MATERIA PRIMA					
Kilogramos de pet esperados	76 000	76 000	76 000	76 000	76 000
Merma estimada	2,0 %	2,0 %	2,0 %	2,0 %	2,0 %
Kilogramos de pet procesados	77 551	77 551	77 551	77 551	77 551
Precio por kilogramo	Q 1,76	Q 1,85	Q 1,94	Q 2,04	Q 2,14
Total costo de materia prima	Q 136 489,76	Q 143 314,25	Q 150 479,96	Q 158 003,96	Q 165 904,16
INSUMOS					
Costo insumos por kilogramo	Q 0,15	Q 0,16	Q 0,17	Q 0,17	Q 0,18
Total costo de insumos	Q 11 632,65	Q 12 214,28	Q 12 825,00	Q 13 466,25	Q 14 139,56
Total materiales directos	Q 148 122,41	Q 155 528,53	Q 163 304,96	Q 171 470,20	Q 180 043,72

Fuente: elaboración propia.

El costo de mano de obra directa está representado por los sueldos de cuatro operarios adicionales que se contratarán para la operación de la línea de reciclado de pet, como se puede apreciar en la tabla XIV. Estos cuatro operarios devengarán el salario mínimo, el cual para el año 2 015 es de Q 78,72 diarios para actividades no agrícolas, completando Q 2 394,40 al mes, más Q 250,00 mensuales de bonificación decreto, para un total de Q 2 644,40 al mes.

Sin embargo, para efectos de cálculo de costo de mano de obra se utilizará el salario bruto por trabajador (ver tabla XIV), el cual toma en cuenta las cuotas patronales y el pasivo laboral. Se estima un incremento anual al salario mínimo de 5 %, con base en los incrementos al salario mínimo decretados por el Gobierno de Guatemala durante los últimos cinco años.

Tabla XIV. **Costo bruto por empleado**

Sueldo Base	Q 2 394,40
Bonificación Decreto 37-2001	Q 250,00
CUOTA PATRONAL	
IGSS 10.67%	Q 255,48
IRTRA 1%	Q 23,94
INTECAP 1%	Q 23,94
Total cuota patronal	Q 303,37
PASIVO LABORAL	
Indemnización 8.33%	Q 199,45
Bono 14 8.33%	Q 199,45
Aguinaldo 8.33%	Q 199,45
Vacaciones 4.17%	Q 99,85
Total pasivo laboral	Q 698,21
Costo mensual real	Q 3 645,98

Fuente: eempleo.com.gt. Consulta: 5 de mayo de 2015.

Tabla XV. **Costo de mano de obra directa**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo anual por operador	Q 43 751,73	Q 45 939,32	Q 48 236,28	Q 50 648,10	Q 53 180,50
Cantidad de operadores	4	4	4	4	4
Total mano de obra directa	Q 175 006,92	Q 183 757,27	Q 192 945,13	Q 202 592,39	Q 212 722,01

Fuente: elaboración propia.

Entre los costos indirectos de manufactura, se menciona la energía eléctrica que se utilizará para operar la maquinaria, el agua que se utilizará para lavado de materia prima, enfriamiento de maquinaria y servicios generales. Se incluiría también el salario del supervisor del área, pero tomando en cuenta que

la persona ya está asignada a la planilla actual, no se hará. Se toma en cuenta también en los costos indirectos de manufactura las reparaciones y mantenimiento del equipo, los impuestos a la propiedad (en este caso el IUSI pagado por la bodega de materia prima y producto terminado), y la depreciación de la maquinaria de la fábrica.

Las consideraciones a tomar en cuenta para el cálculo de los costos indirectos de manufactura son los siguientes:

- El costo promedio de la energía eléctrica con EEGSA es Q 2,10/Kwh, incluyendo el Iva y el pago de la tasa municipal, por el consumo de energía que se reporta no aplica tarifa social.
- El servicio de agua a contratar será de 60 000 litros al mes, equivalente a dos servicios de media paja de agua. El costo es Q 85,00 cada uno al mes, Q 170,00 mensual, para un total de Q 2 040,00 al año.
- El costo estimado para reparaciones y mantenimiento de la maquinaria asciende a un total de Q 25 000,00 por año. Este costo se considera constante a lo largo de los 5 años de evaluación del trabajo de graduación. Debido a la tendencia que ha llevado el tipo de industria, se ha evidenciado que los costos de los equipos tienden a bajar, ya que cada vez existen más ofertantes de los mismos, incluyendo equipos que están ingresando, procedentes de China.
- Para el cálculo del IUSI se toma como base el valor total de la bodega que se construirá, incluyendo los Q 95 316,02 de la construcción y el valor del terreno, que es de Q 80 000,00, para un total de Q 175 316,02. A este valor se le aplica una tasa impositiva de 9 por millar, para un total de IUSI

a pagar de Q 1 577,84 anual. La Ley del Impuesto Único Sobre Inmuebles, decreto número 15-98, que en su capítulo IV y artículo 11 establece las tasas impositivas y las escalas para cálculo del impuesto. Esta ley fue actualizada al 09 de febrero de 2001.

- El cálculo de la depreciación de maquinaria se realiza utilizando el método de línea recta, amparándose en el artículo 34 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta. Se indica que el cálculo de la depreciación se hará utilizando el método de línea recta, aplicando un porcentaje anual fijo sobre el valor de adquisición de los bienes. El artículo 35 también de la Ley fija los porcentajes de depreciación, asignando un 20 % para maquinaria.

En la tabla XVI se presenta el cálculo del total de consumo de energía eléctrica y en la tabla XVII la integración de los costos indirectos de manufactura, para un período de 5 años.

Tabla XVI. **Cálculo de consumo de energía eléctrica**

Equipo	Kwh/hora	Horas/semana	Kwh/semana	Kwh/año
Molino de envases de pet	6.33	44	278.52	13,926.00
Lavadora de pet	2.46	31.5	77.49	3,874.50
Extrusor peletizador	21.12	32	675.84	33,792.00
Iluminacion general y otros	0.8	44	35.2	1,760.00
Energía Eléctrica/año				53,352.50
Costo Kwh	Q 2.10			
Total energía eléctrica por año	Q 112,040.25			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Costos indirectos de manufactura**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Energía eléctrica	Q 112 040,25	Q 112 040,25	Q 112 040,25	Q 112 040,25	Q 112 040,25
Agua potable	Q 2 040,00	Q 2 040,00	Q 2 040,00	Q 2 040,00	Q 2 040,00
Reparaciones y mantenimiento	Q 25 000,00	Q 25 000,00	Q 25 000,00	Q 25 000,00	Q 25 000,00
IUSI bodega MP y PT	Q 1 577,84	Q 1 577,84	Q 1 577,84	Q 1 577,84	Q 1 577,84
Depreciación maquinaria	Q 17 280,00	Q 17 280,00	Q 17 280,00	Q 17 280,00	Q 17 280,00
Total costos indirectos de manufactura	Q 157 938,09	Q 157 938,09	Q 157 938,09	Q 157 938,09	Q 157 938,09

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. **Gastos administrativos**

Son los gastos en que incurre la empresa durante un período dado, que sirven de apoyo al correcto funcionamiento de la empresa, pero que no tienen relación directa con el producto. En este trabajo de graduación, estos gastos incurrirán en el salario de la secretaria de gerencia, siempre tomando en cuenta un incremento anual del 5 %, gastos de papelería y útiles de oficina, servicios de telefonía y otros gastos que serán para cubrir eventualidades. Todos los gastos administrativos se resumen en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Gastos administrativos**

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Salario asistente de gerencia	Q 41 810,47	Q 43 901,00	Q 46 096,05	Q 48 400,85	Q 50 820,89
Papelería y útiles	Q 1 200,00	Q 1 200,00	Q 1 200,00	Q 1 200,00	Q 1 200,00
Telefonía	Q 14 400,00	Q 14 400,00	Q 14 400,00	Q 14 400,00	Q 14 400,00
Otros gastos	Q 12 000,00	Q 12 000,00	Q 12 000,00	Q 12 000,00	Q 12 000,00
Total gastos administrativos	Q 69 410,47	Q 71 501,00	Q 73 696,05	Q 76 000,85	Q 78 420,89

Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Gastos de ventas

Son los gastos en que incurre la empresa que están directamente relacionados con la venta del producto, y en los cuales, de no haber tomado la decisión de vender el producto, no se hubiera incurrido.

Entre los gastos de venta en que se incurrirá en el trabajo de graduación se menciona el salario del asesor de ventas, adicional que se contratará para vender el pet, tomando siempre en cuenta el incremento del 5 % anual. Las comisiones que se pagarán a dicho asesor, las cuales se calcularán con base en las ventas realizadas, tomando un 2,5 % de la facturación libre de impuestos, es decir, al total de la factura se le descuenta el IVA, el ISR y el ISO, dejando únicamente la base, y sobre esa base se calculará un 2,5 %.

También se toma como gasto de venta el combustible que utilizará el vehículo para entrega de producto, no se toma en cuenta la depreciación del vehículo porque ya se hizo en otros procesos; ni gastos por entrega, ya que el mismo asesor realizará entregas de producto cuando visite a los clientes.

Tabla XIX. Gastos de venta

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Salario asesor de ventas	Q 41 810,47	Q 43 901,00	Q 46 096,05	Q 48 400,85	Q 50 820,89
Comisiones asesor de ventas	Q 15 849,96	Q 16 800,96	Q 17 809,02	Q 18 877,56	Q 20 010,21
Combustible	Q 23 400,00	Q 23 400,00	Q 23 400,00	Q 23 400,00	Q 23 400,00
Total gastos de venta	Q 81 060,44	Q 84 101,96	Q 87 305,07	Q 90 678,41	Q 94 231,11

Fuente: elaboración propia.

5.1.5. Depreciaciones

La única depreciación que se tomará en cuenta en este apartado será la depreciación de la bodega que se construirá para almacenar la materia prima y el producto terminado (ver tabla XX). Se utilizará el método de depreciación de línea recta, siempre al amparo de los artículos 34 y 35 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta; depreciando un 5 % del valor del edificio cada año, tomando como base el valor de la inversión inicial para construirlo. El valor del terreno donde se ubicará el edificio no se toma en cuenta, debido a que esta inversión fue realizada varios años atrás y no es parte de las inversiones del presente trabajo de graduación.

Tabla XX. Depreciaciones

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Edificio bodega de materia prima y producto terminado	Q 4 765,80	Q 4 765,80	Q 4 765,80	Q 4 765,80	Q 4 765,80
Total depreciaciones	Q 4 765,80	Q 4 765,80	Q 4 765,80	Q 4 765,80	Q 4 765,80

Fuente: elaboración propia.

5.2. Ingresos por ventas

Son el dinero que se espera que ingrese a la empresa como pago de la venta del pet reciclado. Los precios estimados por quintal de pet en hojuelas limpio, de acuerdo al estudio de mercado, oscilan entre Q 350,00 y Q 400,00, y el precio por quintal de pet peletizado oscila entre Q 400,00 y Q 450,00.

Para efectos de cálculo se utilizará un precio por quintal de pet en hojuela de Q 400,00, o Q 8,80 por kilo ($400 / 100 \times 2,2$), y para el quintal de pet

peletizado se utilizará un precio de Q 450,00, o Q 9,90 por kilo ($450 / 100 \times 2,2$), con incrementos anuales al precio de un 6 %, tomando como base la inflación acumulada para los últimos cinco años.

5.2.1. Proyección de ventas

Para realizar la proyección se tomará como base la capacidad de producción con que se cuenta. Es de 76 000 kilogramos de pet reprocesado por año y se estima que un 80 % (60 800 kg) se podrán vender como pet peletizado. El otro 20 % (15 200 kg) se podrán vender como pet en hojuelas, tomando en cuenta también los datos de inflación acumulada del Instituto Nacional de Estadística (Ine). Este indica que en los últimos cinco años, la inflación acumulada ha alcanzado el 6,2 %, se proyecta un incremento en el precio de venta de 6 % anual. La proyección de ventas del trabajo de graduación para los siguientes cinco años se muestra en la tabla XXI.

Tabla XXI. Proyección de ventas

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Pet peletizado					
Kilogramos	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800
Precio por kilogramo	Q 9,90	Q 10,49	Q 11,12	Q 11,79	Q 12,50
Total pet peletizado	Q 601 920,00	Q 638 035,20	Q 676 317,31	Q 716 896,35	Q 759 910,13
Ventas Pet en hojuela					
Kilogramos	15 200	15 200	15 200	15 200	15 200
Precio por kilogramo	Q 8,80	Q 9,33	Q 9,89	Q 10,48	Q 11,11
Total pet en hojuela	Q 133 760,00	Q 141 785,60	Q 150 292,74	Q 159 310,30	Q 168 868,92
Total ventas	Q 735 680,00	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05

Fuente: elaboración propia.

5.3. Valor residual

Es el valor al que se puede vender los activos de la empresa al final del período de depreciación. Se define como una recuperación de activos. En el caso de este trabajo de graduación se pretende realizar la recuperación de activos en maquinaria, a un período de 5 años (período de depreciación). Podrá recuperarse un 40 % del valor de compra de la misma, como se muestra en la tabla XXII.

Tabla XXII. Recuperación de activos

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total	Valor recuperación
2	Basculas romanas, capacidad de 200 kg	Q 9,500.00	Q 19,000.00	Q 7,600.00
1	Mesa de acero de 2 m X 4m X 0,90 m de altura	Q 3,500.00	Q 3,500.00	Q 1,400.00
4	Ventilador industrial tipo axial, 18" de diametro	Q 750.00	Q 3,000.00	Q 1,200.00
1	Lavadora para pet tipo tornillo sin fin, capacidad 75 kg por <i>batch</i>	Q 22,400.00	Q 22,400.00	Q 8,960.00
1	Extrusor peletizador, 220 V, tornillo de 60 mm de diámetro, capacidad de producción de 60 kg/hora	Q 38,500.00	Q 38,500.00	Q 15,400.00
	Total		Q 86,400.00	Q 34,560.00

Fuente: elaboración propia.

5.4. Determinación del punto de equilibrio operativo

El punto de equilibrio de la empresa está representado por el nivel de operaciones, en el cual los gastos operativos igualan a los ingresos. En este, una empresa no obtiene ganancias ni pérdidas en operación. El punto de equilibrio operativo se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Ventas de equilibrio (unidades)} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Margen de contribución unitario}}$$

$$\text{Ventas de equilibrio (Quetzales)} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Razón de margen de contribución}}$$

$$\text{Razón de margen de contribución} = \frac{\text{Margen de contribución unitario}}{\text{Precio de venta unitario}}$$

Sin embargo, para la empresa que se analiza será necesario calcular el punto de equilibrio operativo con un método especial. Este se aplica para calcular punto de equilibrio de empresas con más de un producto, lo cual se denomina mezcla de ventas.

En este caso se tienen dos productos, pet peletizado y pet en hojuelas, en la tabla XXIII se presenta la proyección de ventas de cada producto, así como el porcentaje de participación en las ventas totales de cada uno y sus respectivos precios de venta unitarios. El cálculo del punto de equilibrio operativo se realizará únicamente para el primer año.

Tabla XXIII. **Proyección de ventas año 1**

Ventas Pet peletizado	
Kilogramos	60,800
Precio por kilogramo	Q 9.90
Total pet peletizado	Q 601,920.00
Total Ingresos	Q 601,920.00
Porcentaje sobre ventas totales	81.82 %

Ventas Pet en hojuela	
Kilogramos	15,200
Precio por kilogramo	Q 8.80
Total pet en hojuela	Q 133,760.00
Total Ingresos	Q 133,760.00
Porcentaje sobre ventas totales	18.18 %

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de punto de equilibrio operativo con pet peletizado y pet en hojuela, cada uno con un porcentaje de participación, es conveniente pensar en ambos productos como si fueran componentes de un solo producto empresarial,

al cual se llamará producto E. Su precio de venta va a ser igual a la suma de los precios de venta de cada uno de los productos componentes, multiplicado por su porcentaje de participación en las ventas, de la siguiente manera:

Tabla XXIV. **Precio de venta de producto E.**

	Pet peletizado 81,82 %	Pet hojuela 18,18 %	Producto E
Precio de venta unitario	Q 9,90	Q 8,80	Q 9,70

$$\text{Precio venta unitario E} = (9,90 \times 0,8182) + (8,80 \times 0,1818) = 9,70$$

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del costo variable (ver tabla XXV), se tomará como tal los costos de materiales directos, compuestos por la materia prima y los insumos, y mano de obra directa. Los costos asociados se consideran costos fijos.

Para el cálculo del costo variable unitario se toma como base el total de los costos variables por producto y se divide dentro de la cantidad de kilogramos de la proyección de ventas, para tomar en cuenta el costo de la merma de producto en producción. A continuación se presenta el resumen de los costos de materiales directos y los costos variables unitarios por producto y para el producto E.

Tabla XXV. **Costo variable de materiales directos**

MATERIA PRIMA		Pet peletizado 81,82 %	Pet hojuela 18,18 %	Producto E
Total costo de materia prima	Q 136 489,76	Q 111 675,92	Q 24 813,84	
INSUMOS				
Total costo de insumos	Q 11 632,65	Q 9 517,83	Q 2 114,82	
Total materiales directos	Q 148 122,41	Q 121 193,76	Q 26 928,65	
Mano de obra directa	Q 175 006,92	Q 143 190,66	Q 31 816,26	
Costo variable unitario		Q 4,35	Q 3,86	Q 4,26

$$\text{Costo variable unitario E} = (4,35 \times 0,8182) + (3,86 \times 0,1818) = 4,26$$

Fuente: elaboración propia.

Con el precio de venta del producto E y su costo variable, se calcula el margen de contribución unitario de la siguiente manera:

$$\text{Margen de contribución unitario E} = \text{precio de venta E} - \text{costo variable E}$$

$$= \text{Q } 9,70 - \text{Q } 4,26$$

$$= \text{Q } 5,44$$

Los costos fijos están representados por los costos indirectos de manufactura, los gastos administrativos, los gastos de venta y las depreciaciones (ver tabla XXVI). Para el cálculo del punto de equilibrio de la empresa se toman los costos fijos tal y como se generan, no es necesario extrapolarlos hacia un producto E como en el caso de los costos variables. Estos se generarán de la misma forma independientemente de la mezcla de

ventas, en el siguiente cuadro se presenta un resumen de los costos fijos que se generan en la empresa:

Tabla XXVI. **Costos fijos**

Costos indirectos de manufactura	Q 157 938,09
Gastos administrativos	Q 69 410,47
Gastos de venta	Q 81 060,44
Depreciaciones	Q 4 765,80
Total costos fijos	Q 313 174,80

Fuente: elaboración propia.

Conociendo ya los datos de precio de venta unitario, costo variable unitario, margen de contribución unitario y costos fijos totales, se procede a calcular el punto de equilibrio operativo de la empresa de la siguiente manera:

$$\text{Ventas de equilibrio (unidades)} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Margen de contribución unitario}}$$

$$\text{Ventas de equilibrio (unidades)} = \frac{\text{Q 313 174,80}}{\text{Q 5,44}}$$

$$\text{Ventas de equilibrio (unidades)} = 57\,569 \text{ kilos}$$

Pet peletizado =	57 569 X 0,8182 =	47 103 kilos
Pet hojuela =	57 569 X 0,1818 =	10 466 kilos

Por lo tanto, el punto de equilibrio operativo de la empresa se alcanza al producir y vender 57 569 kilogramos de pet procesado. De estos, según la mezcla de ventas, 47 103 kilogramos corresponden a pet peletizado y 10 466 kilogramos corresponden a pet en hojuela.

De igual manera se procede para calcular el punto de equilibrio operativo en quetzales, de la siguiente manera:

$$\text{Razón de margen de contribución} = \frac{\text{Margen de contribución unitario}}{\text{Precio de venta unitario}}$$

$$\text{Razón de margen de contribución} = \frac{5,44}{9,70}$$

$$\text{Razón de margen de contribución} = 0,5608$$

$$\text{Ventas de equilibrio (quetzales)} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Razón de margen de contribución}}$$

$$\text{Ventas de equilibrio (quetzales)} = \frac{313\,174,80}{0,5608}$$

$$\text{Ventas de equilibrio (quetzales)} = \text{Q } 558\,419,46$$

$$\text{Pet peletizado} = 558\,419,46 \times 0,8182 = \text{Q } 456\,898,80$$

$$\text{Pet hojuela} = 558\,419,46 \times 0,1818 = \text{Q } 101\,520,66$$

Por lo tanto, el punto de equilibrio operativo de la empresa se alcanza cuando las ventas son de Q 558 419,46 de pet procesado. Q 456 898,80 corresponden a pet peletizado y Q 101 520,66 corresponden a pet en hojuela.

6. ESTUDIO FINANCIERO

Se determinará la forma en que se obtendrán los fondos económicos para la realización del trabajo de graduación y la forma en que los mismos serán devueltos al proveedor. Cuando en la empresa se habla de financiamiento, se entiende que es la forma en que obtendrá el capital necesario, para cubrir alguna de sus necesidades económicas, en el presente caso la necesidad que cubre es la ejecución del trabajo de graduación.

Desde el punto de vista financiero, para la empresa es más recomendable trabajar con dinero de otros, así el capital que tiene se utiliza para las operaciones generales o se utiliza en otras inversiones que proporcionen altos rendimientos.

El financiamiento para la empresa se puede obtener de diferentes tipos de fuentes, como por ejemplo de los bancos del sistema, de otras empresas del mismo ramo, de la emisión de acciones de la empresa, de la emisión de bonos, entre otras.

Los préstamos que otorgan cada una de las fuentes tiene un costo asociado, que lo representan los intereses que se deben pagar por el dinero prestado. Entonces se trata al dinero financiado como un producto, y se dice que se obtiene dinero barato o dinero caro. En general se debe buscar dinero barato, es decir, cuya tasa de interés sea menor a las tasas vigentes en las instituciones bancarias.

En Guatemala, la ley tributaria establece que los intereses pagados por deudas, que han sido adquiridas por la misma empresa, son deducibles de impuestos. Por ello se debe conocer la forma en que se tratarán fiscalmente tanto el pago de intereses como el pago de capital de la deuda que se adquirirá.

6.1. Financiamiento del trabajo de graduación

Se pretende financiar en un 100 % la inversión inicial requerida por el trabajo de graduación con deuda. Esto implica que se partirá desde la fabricación de la bodega para materia prima y producto terminado, ya que la empresa cuenta con el terreno a utilizar. También se incluye la compra de la maquinaria necesaria para la ejecución del trabajo de graduación.

En el caso del capital de trabajo, aprovechando que la empresa ya está funcionando en el área de plásticos, se pretende hacer uso de los recursos existentes para su financiamiento.

6.1.1. Inversión inicial requerida y capital de trabajo

La inversión inicial requerida es el dinero que la empresa necesita invertir en la construcción de una bodega. Esta albergará la materia prima y el producto terminado, así como la maquinaria y equipo necesarios para iniciar operaciones.

La bodega que se construirá tendrá 7 metros de frente y 16 metros de fondo, para un total de 112 m². Su construcción será de *block* tradicional, su piso será de concreto y su techo será de lámina, de acuerdo al estudio económico el total de inversión que se debe realizar para construir dicha bodega asciende a un monto de Q 95 316,02.

La inversión en maquinaria y equipo incluye la compra de 2 básculas romanas, una mesa de acero, 4 ventiladores industriales, una lavadora para pet, un extrusor para pet y los gastos de instalación que se generen. Según el estudio económico la inversión que se debe realizar en maquinaria asciende a un monto de Q 107 900,00.

Entonces, el total de la inversión inicial requerida será la sumatoria de la inversión inicial requerida para la construcción de bodega y la inversión inicial requerida para la compra de maquinaria. Esto asciende a un total de Q 203 216,02.

Tabla XXVII. **Inversión inicial**

Descripción de la inversión	Monto (Q)
Construcción de bodega	Q 95 316,02
Maquinaria y equipos	Q 107 900,00
Total	Q 203 216,02

Fuente: elaboración propia.

El capital de trabajo inicial, que requiere la empresa, serán básicamente los activos corrientes. Entre estos se incluyen: el efectivo, las inversiones a corto plazo, la cartera de clientes por cobrar y los inventarios (inicial, en proceso y final). Sin embargo, por estar iniciando operaciones, la empresa no cuenta con una cartera de clientes por cobrar, ni inversiones a corto plazo, ni inventarios en proceso ni final.

Por ello, únicamente se tomará como capital de trabajo inicial el dinero en efectivo y el inventario inicial necesario para producir durante una semana. Por

el volumen del capital de trabajo inicial requerido, será aportado por el propietario de la empresa. En la tabla XXVIII se desglosa dicho capital.

Tabla XXVIII. **Capital de trabajo inicial**

Kg de pet requerido por semana	1 491
Precio por kilogramo	Q 1,76
Total requerido mp por semana	Q 2 624,80
Dinero en efectivo requerido	Q 4 000,00
Total capital de trabajo inicial	Q 6 624,80

Fuente: elaboración propia.

6.1.2. Análisis de fuentes de financiamiento

Se puede considerar, como fuente de financiamiento, a una persona o institución con la capacidad necesaria para proporcionar a otra los recursos financieros necesarios para realizar sus actividades. Estas pueden ser el desarrollo normal de sus operaciones o actividades que involucren una inversión.

Al analizar una fuente de financiamiento es necesario conocer cierta información acerca de la misma. Esto es la tasa de interés que cobrarán, los montos máximo y mínimo que otorgan, las condiciones y los tipos de créditos que manejan, los documentos que solicitan, el período que otorgan en los créditos, la flexibilidad que otorgan al vencimiento de los pagos y las sanciones correspondientes por el incumplimiento de un pago.

Para financiar el presente trabajo de graduación se realizó un análisis de tres fuentes. La primera es un banco del sistema, la segunda es una cooperativa de ahorro que proporciona préstamos a empresas, y la tercera es una asociación solidarista que también proporciona créditos.

A continuación se presenta la información obtenida con respecto al otorgamiento de créditos de las fuentes analizadas:

- Banco del sistema
 - Características del crédito
 - Monto autorizado desde Q 25 000,00 hasta 6 veces los ingresos del solicitante.
 - Tasa de interés del 16 % anual.
 - Los intereses se calculan sobre saldos insolutos.
 - La edad para solicitar crédito es de 23 a 65 años.
 - La garantía que se otorga es fiduciaria.
 - El plazo del crédito es de 6 hasta 36 meses.
 - El tiempo de autorización es de 15 días hábiles.
 - Para la forma de pago, el capital se puede pagar mensual, trimestral, semestral, anual o al vencimiento, y los intereses se pagan mensualmente.
 - Requisitos
 - Escritura de constitución y sus ampliaciones y modificaciones.
 - Punto de acta.
 - Escritura de nombramientos de representante legal.
 - Fotocopia de DPI del representante legal.
 - Anexo IVE PEP del representante legal.
 - Fotocopia de NIT de representante legal.

- Fotocopia de patentes de comercio y empresa.
 - Fotocopia de inscripción al IVA o tarjeta de NIT de la empresa.
 - Perfil de la empresa en formato del banco (para montos mayores a Q 160 000 00).
 - Estados financieros de los dos últimos períodos contables completos (12 meses) y estados financieros interinos (6 meses de antigüedad previa a la solicitud) firmados, sellados y certificados por un contador y por el representante legal que incluyan balance general, estado de resultados y flujo de efectivo (este último si el monto fuera mayor a Q 160 000,00) e Integraciones de los rubros principales del balance.
 - Carta de declaración de personas jurídicas.
 - Copia de carné de NIT (legible).
 - Carta de declaración de personas individuales.
 - Copia legible de recibo de agua, luz o teléfono de su residencia actual.
 - Flujo de caja proyectado (para montos de Q 80 000,00 en adelante).
 - Carta con instrucciones para el desembolso y autorización para débito a cuenta.
- Cooperativa de ahorro
 - Características del crédito
 - Monto autorizado a partir de Q 15 000,00, monto máximo sujeto a evaluación.
 - Tasa de interés del 12 % anual.
 - Los intereses se calculan sobre saldos insolutos.
 - La garantía que se otorga es fiduciaria.
 - El plazo del crédito es de 12 hasta 60 meses.

- El tiempo de autorización es de 15 días hábiles.
- Requisitos titular
 - Patente de comercio y RTU
 - Estados de cuenta o facturas de compra de los últimos 3 meses
 - Inscripción a la SAT como pequeño contribuyente
 - Original y copia de DPI
- Requisitos fiador
 - Constancia de trabajo
 - Últimas 2 boletas de pago y estados de cuenta
 - Recibo de agua, luz, teléfono reciente
 - Original y copia de DPI
 - Original y copia de licencia o carnet del IGSS
 - Estabilidad mínima de un año o demostrar continuidad laboral
 - Salario libre de descuentos judiciales
- Asociación solidarista
 - Características del crédito
 - Los créditos se otorgan únicamente a socios.
 - Monto autorizado a partir de Q 25 000,00, monto máximo sujeto a evaluación.
 - Tasa de interés del 12 % anual.
 - Los intereses se calculan sobre saldos insolutos.
 - La garantía que se otorga es fiduciaria.
 - El plazo del crédito es de 12 hasta 72 meses.
 - El tiempo de autorización es de 15 días hábiles.
 - Se otorga un período de gracia, sin pagos a capital, únicamente pago de intereses, de 1 a 2 años, sujeto a evaluación.

- Requisitos titular
 - Ser socio activo de la asociación, con al menos un año de antigüedad.
 - Patente de comercio y RTU.
 - Estados financieros de los dos últimos períodos contables certificados por un contador que incluyan balance general, estado de resultados y flujo de efectivo.
 - Estados de cuenta de los últimos 3 meses.
 - Inscripción a la SAT como pequeño contribuyente.
 - Original y copia de DPI.

- Requisitos fiador
 - Ser socio activo de la asociación, con al menos un año de antigüedad.
 - Patente de comercio y RTU.
 - Estados de cuenta de los últimos 3 meses.
 - Inscripción a la SAT como pequeño contribuyente.
 - Original y copia de DPI.

La opción que se ha elegido para financiar el trabajo de graduación es la Asociación Solidarista. Esto aprovechando que el propietario de la empresa ya pertenece a dicha asociación y por los beneficios que dicha opción representa.

En la tabla XXIX se presenta la proyección de la tabla de pagos de la deuda, tomando una tasa de interés del 12 % anual sobre saldos insolutos. Se toma también en cuenta un período de gracia de un año, durante el cual únicamente se pagarán intereses, sin abonar a capital, el período a que se tomará el crédito será de 6 años o 72 meses, incluyendo el período de gracia.

Tabla XXIX. **Tabla de pago de la deuda**

Monto a financiar: Q 203 216,02
 Tasa interés: 12,00 % sobre saldos insolutos
 Plazo: 6 años
 Periodo de gracia: 1 año

Año	Intereses	Pago a capital	Pago fin de año	Saldo
0	Q 0,00	Q 0,00	Q 0,00	Q 203 216,02
1	Q 24 385,92	Q 0,00	Q 24 385,92	Q 203 216,02
2	Q 24 385,92	Q 40 643,20	Q 65 029,13	Q 162 572,82
3	Q 19 508,74	Q 40 643,20	Q 60 151,94	Q 121 929,61
4	Q 14 631,55	Q 40 643,20	Q 55 274,76	Q 81 286,41
5	Q 9 754,37	Q 40 643,20	Q 50 397,57	Q 40 643,20
6	Q 4 877,18	Q 40 643,20	Q 45 520,39	Q 0,00
Totales	Q 97 543,69	Q 203 216,02	Q 300 759,71	

Fuente: elaboración propia.

6.2. Flujo de efectivo presupuestado

El presupuesto del flujo de efectivo permitirá conocer los ingresos y los egresos de efectivo que la empresa pueda tener durante el período de evaluación. Al relacionar ambos rubros se puede determinar si habrá excedentes de efectivo o habrá requerimientos de efectivo (ver tabla XXX).

La determinación de excedente o requerimiento de efectivo servirá para tomar decisiones, como por ejemplo, en el caso de excedentes de efectivo, colocarlo en inversiones de corto plazo, retirarlo como utilidades pagadas, invertirlas en la misma empresa u otros. En el caso de requerimiento de efectivo se pueden tomar decisiones como negociar créditos con proveedores, recurrir a financiamientos de corto plazo, y otros

Tabla XXX. Flujo de efectivo

INGRESOS

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Financiamiento	Q 203 216,02					
Ventas totales		Q 735 680,00	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05
Total Ingresos	Q 203 216,02	Q 735 680,00	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05

COSTO DE VENTA

Costo de venta	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas totales	Q 0,00	Q 735 680,00	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05
Costo de ventas		Q 463 787,42	Q 479 943,89	Q 496 908,18	Q 514 720,68	Q 533 423,81
Materia prima		Q 148 122,41	Q 155 528,53	Q 163 304,96	Q 171 470,20	Q 180 043,72
Mano de obra		Q 175 006,92	Q 183 757,27	Q 192 945,13	Q 202 592,39	Q 212 722,01
Gastos de fabricación		Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09

EGRESOS

Egresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	Q 203 216,02					
Materia prima		Q 148 122,41	Q 155 528,53	Q 163 304,96	Q 171 470,20	Q 180 043,72
Mano de obra		Q 175 006,92	Q 183 757,27	Q 192 945,13	Q 202 592,39	Q 212 722,01
Gastos de fabricación		Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09
Gastos Administrativos		Q 69 410,47	Q 71 501,00	Q 73 696,05	Q 76 000,85	Q 78 420,89
Gastos de Venta		Q 81 060,44	Q 84 101,96	Q 87 305,07	Q 90 678,41	Q 94 231,11
Impuestos		Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 22 727,57
Intereses		Q 24 385,92	Q 24 385,92	Q 19 508,74	Q 14 631,55	Q 9 754,37
Amortización de capital		Q 0,00	Q 40 643,20	Q 40 643,20	Q 40 643,20	Q 40 643,20
TOTAL	Q 203 216,02	Q 661 371,83	Q 723 303,54	Q 740 788,80	Q 759 402,27	Q 779 200,95

RESUMEN DE CAJA

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
SALDO INICIAL	Q 0,00	Q 0,00	Q 74 308,17	Q 130 825,43	Q 216 646,68	Q 333 451,06
INGRESOS	Q 203 216,02	Q 735 680,00	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05
EGRESOS	Q 203 216,02	Q 661 371,83	Q 723 303,54	Q 740 788,80	Q 759 402,27	Q 779 200,95
SALDO FINAL DEL PERIODO	Q 0,00	Q 74 308,17	Q 130 825,43	Q 216 646,68	Q 333 451,06	Q 483 029,15

Continuación de la tabla XXX.

FLUJO DE CAJA PRESUPUESTADO						
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
INGRESOS						
Ventas contado	Q 735 680,00	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05	Q 4 147 096,55
Préstamo	Q 203 216,02					
TOTAL INGRESOS	Q 938 896,02	Q 779 820,80	Q 826 610,05	Q 876 206,65	Q 928 779,05	Q 4 350 312,57
EGRESOS						
Materia prima	Q 148 122,41	Q 155 528,53	Q 163 304,96	Q 171 470,20	Q 180 043,72	Q 818 469,82
Mano de obra	Q 175 006,92	Q 183 757,27	Q 192 945,13	Q 202 592,39	Q 212 722,01	Q 967 023,71
Gastos de fabricación	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 140 658,09	Q 703 290,45
Gastos Administrativos	Q 69 410,47	Q 71 501,00	Q 73 696,05	Q 76 000,85	Q 78 420,89	Q 369 029,27
Gastos de Venta	Q 81 060,44	Q 84 101,96	Q 87 305,07	Q 90 678,41	Q 94 231,11	Q 437 376,98
Impuestos	Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 22 727,57	Q 113 637,85
Inversión	Q 203 216,02					Q 203 216,02
TOTAL EGRESOS	Q 840 201,92	Q 658 274,42	Q 680 636,86	Q 704 127,51	Q 728 803,38	Q 3 612 044,10
FLUJO NETO ECONOMICO	Q 98 694,10	Q 121 546,38	Q 145 973,19	Q 172 079,14	Q 199 975,67	Q 738 268,47
SERVICIO DE LA DEUDA						
Intereses	Q 24 385,92	Q 24 385,92	Q 19 508,74	Q 14 631,55	Q 9 754,37	Q 92 666,51
Amortización de capital	Q 0,00	Q 40 643,20	Q 40 643,20	Q 40 643,20	Q 40 643,20	Q 162 572,82
TOTAL SERVICIO DEUDA	Q 24 385,92	Q 65 029,13	Q 60 151,94	Q 55 274,76	Q 50 397,57	Q 255 239,32
FLUJO NETO FINANCIERO	Q 74 308,17	Q 56 517,26	Q 85 821,24	Q 116 804,38	Q 149 578,10	Q 483 029,15

Fuente: elaboración propia.

6.3. Estado de pérdidas y ganancias presupuestado

El estado de resultados, o como también se le conoce, estado de pérdidas y ganancias contiene un resumen de todos los ingresos y de los egresos que se generaron en la empresa en un período determinado. Por medio del estado de resultados es posible conocer el desempeño que ha tenido la empresa durante el período evaluado, el cual generalmente es de un año, y el resultado final es la utilidad o pérdida que la empresa experimentó.

Para el caso de la empresa que se está evaluando, los ingresos provienen de la venta de pet reciclado, tanto en hojuela como peletizado, y los costos tienen diferentes fuentes, desde materia prima, mano de obra, gastos fijos de fabricación, y otros. Como parte de las operaciones de la empresa, es necesario pagar impuestos a SAT, por un equivalente al 31 % de la renta obtenida.

En este caso se realiza el estado de resultados presupuestado para el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2 016, tomando como base los datos del presupuesto de ventas y el presupuesto de gastos.

Se puede observar que al final del período fiscal 2 016, la empresa estaría en capacidad de obtener una rentabilidad neta de Q 50 587,17 después de haber descontado de los ingresos todos los egresos que se generan. Se ha proyectado contar con un inventario final de Q 2 624,80, que es el equivalente a la materia prima necesaria para una semana de trabajo. En el caso del inventario inicial se tomó como Q 0,00 por estar iniciando operaciones en este trabajo de graduación. Para el siguiente período el inventario inicial sería el inventario final del período 2 016.

Tabla XXXI. Estado de resultados presupuestado

ESTADO DE RESULTADOS PRESUPUESTADO		
AL 31 DE AGOSTO DE 2016		
Cifras expresadas en Quetzales		
<u>Ventas</u>		Q 735 680,00
<u>Costos</u>		
Inventario inicial pt		Q 0,00
(+) Costo de producción		Q 481 067,42
Materia prima	Q 148 122,41	
Mano de obra	Q 175 006,92	
Gastos de fabricación	<u>Q 157 938,09</u>	
(-) Inventario final pt		<u>Q 2 624,80</u>
Costo de ventas		<u>Q 478 442,62</u>
Utilidad bruta		<u>Q 257 237,38</u>
Gastos de operación		Q 159 536,71
Gastos de ventas		Q 81 060,44
Salario asesor de ventas	Q 41 810,47	
Comisiones asesor de ventas	Q 15 849,96	
Gasto de distribución	<u>Q 23 400,00</u>	
Gastos de administración		<u>Q 78 476,28</u>
Gastos administrativos	Q 69 410,47	
Depreciación edificio	Q 4 765,80	
Amortización gastos de instalación	Q 4 300,00	
Otros		Q 24 385,92
Gastos financieros		Q 24 385,92
Utilidad en operación		<u>Q 73 314,74</u>
Impuesto sobre la renta (31 %)		<u>Q 22 727,57</u>
Utilidad neta		<u>Q 50 587,17</u>

Fuente: elaboración propia.

6.4. Balance general presupuestado

Presenta el estado financiero de la empresa en el momento exacto en que se ejecuta el mismo. En el balance general se presenta la información de los activos, pasivos y patrimonio de la empresa. Se entiende por activos, a todas las pertenencias con que cuenta la empresa, ya sean materiales o inmateriales. Se entiende por pasivos a toda obligación o deuda que la empresa posea. El capital o patrimonio es la resta aritmética de los dos anteriores, y representa los activos que son propiedad de los accionistas o de los propietarios de la empresa, ya sean en efectivo o en títulos.

En el caso analizado se realiza, primero un balance general representando la situación actual de la empresa. Se puede observar que de los activos con que cuenta la empresa, solamente Q 4 000,00 pertenecen al propietario. Los demás activos no son propiedad del mismo porque posee obligaciones y deudas con bancos y proveedores.

Se realiza además un balance general presupuestado a un año, se realiza únicamente para tener una idea de lo que cual podría ser la situación financiera de la empresa al final del año uno. Esto conforme la empresa vaya generando utilidades, el destino de las mismas puede ser tan diverso como invertir en nueva maquinaria, ampliar las operaciones, reparto de utilidades, y no solamente sumar en el patrimonio. Se puede observar que de acuerdo al balance general presupuestado a un año, el patrimonio de la empresa ascendería a Q 54 587,17.

Tabla XXXII. **Balance general inicial**

BALANCE GENERAL		
AL 31 DE AGOSTO DE 2015		
Cifras expresadas en Quetzales		
ACTIVO		
CORRIENTE		Q 6 624,80
Caja y bancos	Q 4 000,00	
Inventario de materia prima	<u>Q 2 624,80</u>	
NO CORRIENTE		Q 203 216,02
Gastos de instalación	Q 21 500,00	
Maquinaria	Q 86 400,00	
Edificios	<u>Q 95 316,02</u>	
TOTAL ACTIVO		<u>Q 209 840,82</u>
PASIVO		
CORRIENTE		Q 2 624,80
Proveedores	<u>Q 2 624,80</u>	
NO CORRIENTE		Q 203 216,02
Cuentas por pagar	<u>Q 203 216,02</u>	
TOTAL PASIVO		<u>Q 205 840,82</u>
PATRIMONIO		
Capital	Q 4 000,00	Q 4 000,00
TOTAL PATRIMONIO Y PASIVO		<u>Q 209 840,82</u>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Balance general presupuestado**

BALANCE GENERAL PRESUPUESTADO		
AL 31 DE AGOSTO DE 2016		
Cifras expresadas en Quetzales		
ACTIVO		
CORRIENTE		Q 80 932,98
Caja y bancos	Q 78 308,17	
Inventario de materia prima	Q 2 624,80	
	<u>Q 2 624,80</u>	
NO CORRIENTE		Q 176 870,22
Gastos de instalación	Q 21 500,00	
(-) Amortización a gastos de instalación	Q 4 300,00	
Maquinaria	Q 86 400,00	
(-) Depreciación de maquinaria	Q 17 280,00	
Edificios	Q 95 316,02	
(-) Depreciación de edificios	Q 4 765,80	
	<u>Q 4 765,80</u>	
TOTAL ACTIVO		<u>Q 257 803,20</u>
PASIVO		
CORRIENTE		Q 0,00
Proveedores	Q 0,00	
	<u>Q 0,00</u>	
NO CORRIENTE		Q 203 216,02
Cuentas por pagar	Q 203 216,02	
	<u>Q 203 216,02</u>	
TOTAL PASIVO		<u>Q 203 216,02</u>
PATRIMONIO		
		Q 54 587,17
Capital	Q 4 000,00	
Resultado del ejercicio	Q 50 587,17	
	<u>Q 50 587,17</u>	
TOTAL PATRIMONIO Y PASIVO		<u>Q 257 803,19</u>

Fuente: elaboración propia.

6.5. Evaluación económica del trabajo de graduación

Hasta este punto ya se ha determinado que existe un mercado potencial para el producto en estudio. También se ha analizado y comprendido el proceso de producción, se ha definido el aspecto administrativo de la empresa, y se ha realizado un estudio de los ingresos y los costos involucrados.

A partir de esto, se realizará una evaluación económica del trabajo de graduación. Para ello, se utilizarán dos métodos que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, como el método de valor presente neto y tasa interna de retorno. Además se utilizará un método que no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, el método de relación beneficio/costo.

La evaluación económica del trabajo de graduación indicará si este es viable o no, es decir, si económicamente será rentable para invertir en él.

6.5.1. Valor presente neto (VPN)

Es un método de evaluación de proyectos que se basa en que el dinero cambia de valor en el tiempo. El dinero con que se cuenta el día de hoy tendrá más valor en el futuro en una cantidad proporcional a i , que es la tasa de interés de crecimiento del dinero, y el dinero con que se contará en el futuro tendrá menor valor el día de hoy. En este caso se aplica una tasa de descuento, la cual representa el porcentaje en que el valor del dinero disminuirá; entonces a las cantidades de dinero futuras representadas en el presente o tiempo cero se les llama flujos descontados.

Es importante mencionar que el método de VPN presupone que todas las ganancias obtenidas serán reinvertidas en la empresa año con año. Y con ello puede variar en algunos casos.

Para calcular el valor equivalente al tiempo presente, o año cero, de una cantidad de dinero en el futuro, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde P representa el valor del dinero futuro en el tiempo presente, F es la cantidad de dinero futuro o flujo de fondos neto, i es la tasa de descuento y n es el número de períodos de capitalización.

Para utilizar el método de VPN es necesario contar primero con los flujos netos de efectivo, los cuales se obtienen de restar los flujos de efectivo de egresos a los flujos de efectivo de ingresos. También es necesario contar con una tasa de descuento, que está representada como el costo de capital o tasa mínima atractiva de retorno, TMAR, que toma en cuenta la inflación acumulada y el premio al riesgo que está corriendo el inversionista.

El criterio de evaluación por medio del método de VPN es el siguiente:

VPN > 0, se acepta el proyecto

VPN < 0, se rechaza el proyecto

VPN = 0, se acepta el proyecto si la TMAR es superior a la inflación acumulada de ese período, de lo contrario no habrá incremento del patrimonio de la empresa.

En el caso que se analiza, se tomarán los flujos de ingresos y egresos del flujo de efectivo presupuestado. La TMAR se calcula de la siguiente manera:

$$\text{TMAR} = \text{inflación acumulada (i)} + \text{premio al riesgo (f)} + (i*f)$$

$$\text{TMAR} = 0,062 + 0,05 + (0,062*0,05) = 0,1151$$

$$\text{TMAR} = 11,51 \%$$

En la tabla XXXI se presentan los ingresos, egresos y flujo neto de fondos para el cálculo del VPN. En la figura 21 la representación gráfica del flujo neto de fondos.

Tabla XXXIV. **Valor presente neto**

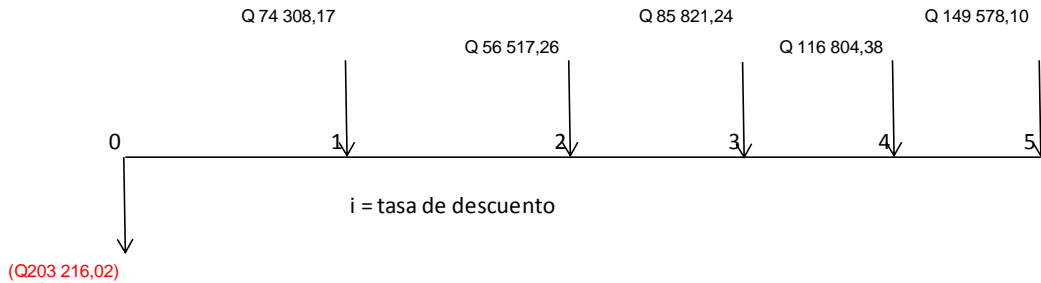
TREMA 11,51 %

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO NETO DE FONDOS	VPN
0	Q 0,00	Q 203 216,02	(Q203 216,02)	(Q203 216,02)
1	Q 735 680,00	Q 661 371,83	Q 74 308,17	Q 66 638,13
2	Q 779 820,80	Q 723 303,54	Q 56 517,26	Q 45 452,05
3	Q 826 610,05	Q 740 788,80	Q 85 821,24	Q 61 894,68
4	Q 876 206,65	Q 759 402,27	Q 116 804,38	Q 75 544,68
5	Q 928 779,05	Q 779 200,95	Q 149 578,10	Q 86 755,88
				Q 133 069,39

$$\text{VPN} = \text{Q 133 069,39}$$

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Flujo neto de fondos



Fuente: elaboración propia.

- Evaluación: de acuerdo al método de evaluación de proyectos VPN, se puede observar que el resultado de dicha evaluación arroja un dato positivo. Este es de Q 133 069,39, siendo el dato mayor que cero, y utilizando los criterios de evaluación para VPN, el trabajo de graduación sí es aceptado.

6.5.2. Tasa interna de rendimiento (TIR)

Es otro método utilizado para evaluación de proyectos que toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo. La tasa interna de rendimiento es la tasa a la cual el VPN de un proyecto se iguala a cero. Los ingresos totales del proyecto actualizados al día de hoy son iguales a los egresos totales del proyecto también actualizados al día de hoy. La TIR es la rentabilidad que se obtiene como resultado de reinvertir todos los flujos netos de fondos en el mismo proyecto.

$$\sum_{i=0}^N \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Para realizar el cálculo de la TIR existen varios métodos, por medio de prueba y error, calculando el VPN con varias tasas hasta que se vuelve cero. Esto por medio de calculadoras financieras, hojas de cálculo o interpolación. En el trabajo de graduación, que se evalúa en el presente documento, se ha utilizado el método de prueba y error, auxiliándose también de una hoja de cálculo de Excel, para evidenciar el punto donde el VPN va disminuyendo hasta llegar a cero y cambiar de positivo a negativo.

De acuerdo al criterio de evaluación de proyectos utilizando la TIR, un proyecto se acepta cuando la TIR es igual o mayor al costo de capital o tasa mínima atractiva de retorno (TMAR). Se rechaza cuando la TIR es menor a la TMAR.

TIR \geq TMAR, se acepta el proyecto

TIR < TMAR, se rechaza el proyecto

Una particularidad de la TIR es que solamente tiene sentido cuando se evalúan proyectos que no sean totalmente financiados. A pesar de esta particularidad, en el presente trabajo de graduación se realizó el cálculo de la TIR para presentar el método y su relación con el VPN. Al aplicar el método de TIR a un proyecto financiado al 100 %, matemáticamente, el porcentaje de utilidades obtenidas por la inversión realizada -que en este caso sería nula-, tendría una tendencia hacia el infinito.

La TIR también tiene la ventaja que por ser un rendimiento, su comprensión es más fácil por los gerentes, en los flujos de fondos netos que se manejan en VPN.

En la tabla XXXII se presenta del cálculo de la TIR, cuando se trabaja con una tasa de 9 %, que es inferior a la TMAR. Se observa que el VPN calculado a esta nueva tasa de 9 %, es superior al VPN calculado para la TMAR de 11,51 % Esto indica que la TIR se encuentra por arriba de la TMAR. Cuando se calcula con una tasa de 31,69 %, con ayuda de una hoja de cálculo de Excel, se observa que el VPN pasa a ser negativo, a saber, -Q 18,39, considerándose el dato no significativo, se puede decir que la TIR de este trabajo de graduación es de 31,69 %.

Tabla XXXV. **Tasa interna de rendimiento**

TMAR: 11,51 %

AÑO	FLUJO NETO DE FONDOS	VPN	TASA INTERNA DE RENDIMIENTO			
			9,00 %	18,00 %	27,00 %	31,69 %
0	(Q203 216,02)	(Q203 216,02)	(Q203 216,02)	(Q203 216,02)	(Q203 216,02)	(Q203 216,02)
1	Q 74 308,17	Q 66 638,13	Q 68 172,64	Q 62 973,03	Q 58 510,37	Q 56 426,59
2	Q 56 517,26	Q 45 452,05	Q 47 569,45	Q 40 589,81	Q 35 040,77	Q 32 589,33
3	Q 85 821,24	Q 61 894,68	Q 66 269,75	Q 52 233,46	Q 41 897,07	Q 37 578,24
4	Q 116 804,38	Q 75 544,68	Q 82 747,17	Q 60 246,40	Q 44 899,78	Q 38 837,20
5	Q 149 578,10	Q 86 755,88	Q 97 215,50	Q 65 381,96	Q 45 274,06	Q 37 766,26
		Q 133 069,39	Q 158 758,48	Q 78 208,65	Q 22 406,03	(Q18,39)

TIR = 31,69 %

Fuente: elaboración propia.

- Evaluación: De acuerdo al método de evaluación de proyectos TIR, se puede observar que la TIR para este trabajo de graduación es de 31,69 %, la cual es superior a la TMAR del trabajo de graduación, y de acuerdo al criterio de evaluación de la TIR, el trabajo de graduación sí es aceptado.

6.5.3. Período de recuperación (*pay back*)

Se denomina *pay back*, o plazo de recuperación, al método de evaluación de proyectos que permite decidir sobre un proyecto con base en el tiempo que se tarde en recuperar la inversión inicial realizada, por medio de los flujos netos de fondos. Para calcularlo se va restando la inversión inicial de los flujos de fondos que se generan en cada período, hasta que el valor de la inversión sea cero. No existe un criterio fijo acerca de la aceptación o rechazo por medio del cálculo del período de recuperación. Cada empresa debe tener entre sus políticas el tiempo establecido para la recuperación de la inversión en proyectos.

Este método, como se puede deducir, no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, siendo esta una de sus principales desventajas. Además que no toma en cuenta los flujos netos de fondos que se generan después del período de recuperación. Por estas razones, el método de período de recuperación debe ser utilizado únicamente como un indicador secundario en la evaluación de proyectos.

En el trabajo de graduación que se analiza, el propietario ha tenido una política de tiempo de recuperación de proyectos de 3 años. En la tabla XXXIII se presentan los datos para determinar el período de recuperación del trabajo de graduación, utilizando los flujos netos de fondos generados en la empresa:

Tabla XXXVI. **Período de recuperación**

INVERSIÓN INICIAL: Q 203 216,02

AÑO	FLUJO NETO DE FONDOS	FLUJO ACUMULADO	FALTANTE POR RECUPERAR
1	Q 74 308,17	Q 74 308,17	Q 128 907,85
2	Q 56 517,26	Q 130 825,43	Q 72 390,59
3	Q 85 821,24	Q 216 646,68	
4	Q 116 804,38	Q 333 451,06	
5	Q 149 578,10	Q 483 029,15	

$$\frac{\text{Faltante año en curso}}{\text{FNF año siguiente}} = \frac{\text{Q 72 390,59}}{\text{Q 85 821,24}} = 0,84$$

Periodo de recuperación = 2 + 0,84 años

Periodo de recuperación = 2,84 años

Período de recuperación = 2 años, 10 meses y 6 días

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la inversión inicial es de Q 203 216,02, en el primer año el flujo neto de fondos es de Q 74 308,17, restando esta cantidad a la inversión inicial queda un faltante por recuperar de Q 128 907,85 al final del primer año. En el segundo año el flujo neto de fondos es de Q 56 517,26, restando esto al faltante por recuperar de Q 128 907,85, al final del segundo año queda un faltante de Q 72 390,59.

En el tercer año el flujo neto de fondos es de Q 85 821,24, esto supera al faltante por recuperar de Q 72 390,59, por regla de tres se determina que se

necesitará 0,84 años más. Entonces el período de recuperación del trabajo de graduación es de 2,84 años, que equivale a 2 años, 10 meses y 6 días.

- Evaluación: de acuerdo a la política de la empresa de tiempo de recuperación de proyectos de 3 años, siendo el período de recuperación de 2 años, 10 meses y 6 días, el trabajo de graduación sí se acepta.

CONCLUSIONES

1. Existen varias presentaciones en que el pet reciclado puede ser comercializado, y se ha determinado que en las presentaciones en hojuela y en *pellet*, este puede ser comercializado a nivel industrial, ya que existe un potencial mercado para hacerlo.
2. El mercado para productos de pet reciclado es un mercado en expansión. Está influenciado principalmente por la tendencia a la reducción de costos en materia prima, a la protección del medio ambiente por medio del reciclaje de plásticos y al desarrollo de nuevos productos a partir de pet reciclado.
3. El proceso de producción de pet en forma de hojuelas y de *pellets* es un proceso que se realiza con maquinaria especializada. En el caso del pet en forma de *pellet*, se realiza a alta temperatura. Para mantener dicha maquinaria en buenas condiciones de funcionamiento es necesaria la aplicación del mantenimiento preventivo adecuado.
4. El impacto ambiental que se generará será mínimo, principalmente se estará generando cierta contaminación durante la ejecución del trabajo de graduación que puede ser mitigable con los mecanismos adecuados. Por otro lado se estará generando un impacto ambiental positivo al contribuir con la disminución de contaminación en el medio ambiente por medio del reciclaje.

5. Entre los costos y gastos más importantes en que se incurrirá con la ejecución del trabajo de graduación se pueden mencionar la inversión inicial, costo de producción, costo de materiales directos, costo de mano de obra, costos indirectos de manufactura, gastos administrativos, gastos de venta y depreciaciones. Estos costos podrán cubrirse con los ingresos generados a través de las ventas y con el ingreso residual generado por la venta de la maquinaria al finalizar la vida útil del trabajo de graduación.

6. Desde el punto de vista de varios métodos de evaluación de proyectos, que se han utilizado para evaluar este trabajo de graduación, dos de ellos toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo y uno de ellos no lo hace. Se ha determinado que según el criterio del método de valor presente neto que el trabajo de graduación sí es factible de realizar, ya que se ha obtenido un resultado positivo; según el criterio de tasa interna de rendimiento el trabajo de graduación sí es factible de realizar, ya que presenta un valor mayor a la TREMA, que es la tasa a la cual se han descontado los flujos para evaluar el trabajo de graduación. Desde el punto de vista del período de recuperación el trabajo de graduación sí es factible de realizar, ya que presenta un período de recuperación que está por debajo del que la empresa ha establecido como política para inversiones.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el desempeño del mercado con respecto a la aceptación del pet reciclado en presentación de hojuelas y peletizado, para determinar si en cierto momento cambian las preferencias de los consumidores hacia una presentación y encaminar los esfuerzos de la empresa hacia ese producto.
2. Investigar, constantemente, los nuevos productos que salgan al mercado que se puedan fabricar a partir de pet reciclado; para asesorar a los clientes adecuadamente, impulsando sus negocios y a la vez impulsando el consumo de pet reciclado de la empresa.
3. Mantener la maquinaria de producción en óptimas condiciones de funcionamiento. Debido a que el trabajo de graduación es muy sensible a un cambio en la producción, no se puede correr el riesgo de parar dicha producción por un problema de maquinaria, ya que el proyecto es nuevo para la empresa y no se contaría con otra máquina que sustituyera a la que se arruinara, durante el tiempo que se lleve la reparación de la misma.
4. Atender todas las necesidades de mitigación de impacto ambiental. Esto beneficiará a la empresa de una forma indirecta, ya que el área donde se llevará a cabo el trabajo de graduación se considera de baja contaminación ambiental. Al preocuparse la empresa por el medio ambiente del área donde opera, la comunidad tendrá una apreciación diferente de la misma, evitándole problemas con dicha comunidad.

5. Controlar la ejecución de los costos y gastos de la empresa, en la medida de lo posible buscar la forma de reducirlos durante la operación. Esto permitirá que el trabajo de graduación mantenga y mejore los rendimientos estimados.

6. Llevar a cabo el desarrollo del trabajo de graduación de reciclaje de pet. Esto contribuirá en cierta medida a la situación económica de las personas que trabajen directamente en la empresa, y a las que trabajen indirectamente. Contribuirá al mejoramiento del medio ambiente por medio del reciclaje de plásticos, además proporcionará un retorno de inversión adecuado para el propietario de la empresa, que incrementará sus utilidades anuales y con ellas su riqueza.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 4ª ed. México: McGraw-Hill, 2003. 383 p.
2. GÓMEZ ANTÓN, María Rosa y José Ramón Gil Bercero. *Educación medio ambiental: los plásticos y su reciclado*. Madrid: UNED, (19--). 258 p.
3. HELRIEGEL, Don; W. SLOCUM, John. *Administración*. 7ª ed. México: Internacional Thompson Editores, 1998. 672 p.
4. H. SMITH, Edward. *Manual del ingeniero mecánico*. México: McGraw-Hill. 1988. 423 p.
5. MINK, Walter. *El plástico en la industria: tratado plástico*. México: Gili, 1991.
6. SAPAG CHAIN, Nassir; SAPAG CHAIN, Reinaldo. *Preparación y evaluación de proyectos*. 5ª ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2008. 445 p.

