



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

**REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL
MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA**

Luis Carlos Medina Vizcaíno

Asesorado por el Ing. Otto René Batres González

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL
MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS CARLOS MEDINA VIZCAÍNO

ASESORADO POR EL ING. OTTO RENÉ BATRES GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO 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. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de noviembre del 2014.



Luis Carlos Medina Vizcaíno

Guatemala, marzo 2015

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, Usac.


Ingeniero Urquizú.

Por este medio atentamente le informo que como asesor del estudiante: **Luis Carlos Medina Vizcaíno, carné No. 2008-19034**, procedí a revisar el Trabajo de Graduación, cuyo título es: **REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



Otto René Batres González
Ingeniero Industrial
Colegiado Activo No. 6310

OTTO RENE BATRES G.
INGENIERO INDUSTRIAL
N.º 6310



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Carlos Medina Vizcaíno**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. María Martha Wolford de Hernández
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio 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 **REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Carlos Medina Vizcaíno**, 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, julio de 2015.

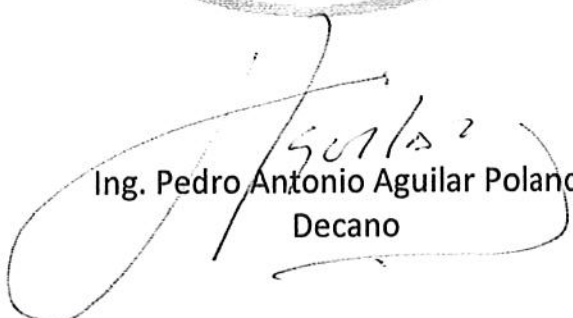
/mgp



DTG. 357.2015

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: **REUTILIZACIÓN DEL DESECHO DE NUMERARIO DE POLÍMERO COMO PRINCIPAL MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MADERA PLÁSTICA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Carlos Medina Vizcaíno**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, 23 de julio de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas sus bendiciones y sin Él nada sería posible.
- Mis padres** Héctor Efraín Medina y Claudia Argentina Vizcaíno, por su apoyo incondicional y su ejemplo de vida.
- Mi esposa** Melissa Michelle Cofiño, por estar a mi lado, por su apoyo, amor y comprensión.
- Mi hija** Camila Michelle, por ser la razón de mi existir.
- Mis abuelos** Jorge Luis Vizcaíno y Argentina Benavente, por su apoyo durante toda mi vida y por creer siempre en mí.
- Mi familia** A toda mi familia tíos, primos, tíos abuelos y demás familiares que siempre me apoyaron y nunca dejaron de creer en mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa que me brindó los conocimientos para alcanzar el triunfo.
Facultad de Ingeniería	Por formar parte de ella y ser el camino para llegar al éxito.
Ing. Otto René Batres e Ing. Edwin Liscutin	Por compartir sus conocimientos y su apoyo incondicional para realizar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA MADERPLAST, S. A.....	1
1.1. Historia	1
1.2. Misión	1
1.3. Visión.....	3
1.4. Conceptos básicos del polímero y la madera plástica.....	3
1.4.1. Definición de los polímeros.....	3
1.4.2. Clasificación de los polímeros	3
1.4.3. Definición de madera plástica.....	5
1.4.4. Tipos de madera plástica.....	5
1.4.4.1. Plastic Lumber	5
1.4.4.2. Wood Plastic Composite (WPC)	6
1.4.5. Origen y fabricación de madera plástica.....	6
1.4.6. Proceso de fabricación	8
1.4.6.1. Proceso de extrusión	8
1.4.6.2. Proceso de inyección.....	9
1.4.6.3. Moldeo por compresión	9
1.4.7. Características de la madera plástica.....	9

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
2.1.	Reseña histórica del reciclaje.....	11
2.1.1.	El reciclaje en los tiempos modernos	12
2.1.2.	El reciclaje en el mundo de hoy.....	12
2.1.2.1.	Situación de la Unión Europea	13
2.1.2.2.	Situación en América Latina.....	14
2.2.	El reciclaje en Guatemala	15
2.2.1.	Principales materiales reciclados en Guatemala	15
2.3.	Datos generales del reciclaje en Guatemala.....	16
2.3.1.	Importancia del reciclaje.....	17
2.4.	Numerario a base de polímero	17
2.4.1.	Historia mundial.....	18
2.4.1.1.	Países con numerario a base de polímero	19
2.4.2.	Historia de los billetes de polímero en Guatemala ..	21
2.4.2.1.	Datos relevantes	21
2.4.2.2.	Beneficios esperados	22
3.	PROPUESTA DE RECICLAJE	23
3.1.	Proceso de fabricación.....	23
3.1.1.	Diagrama de proceso de fabricación	28
3.1.2.	Diagrama de flujo	29
3.1.3.	Diagrama de recorrido.....	30
3.2.	Materia prima: numerario de polímero	31
3.2.1.	Características de la materia prima.....	32
3.2.2.	Datos estadísticos de la materia prima	34
3.2.3.	Características físicoquímicas de la materia prima	36
3.3.	Producto terminado	38

3.3.1.	Ejemplos de productos terminados.....	38
3.3.1.1.	Construcción.....	39
3.3.1.2.	Mobiliarios.....	41
3.3.1.3.	Ganadería.....	42
3.3.2.	Mercados objetivos del producto terminado	43
3.4.	Propuestas de aplicación de la madera plástica.....	45
3.4.1.	Innovación en productos de aplicación.....	46
3.5.	Situación deseada luego de propuesta de aplicación.....	47
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	49
4.1.	Implementación de la materia prima en productos para la venta.....	49
4.1.1.	Catálogo de productos.....	49
4.2.	Costo/beneficio de la propuesta de reciclaje	58
4.3.	Recursos	61
4.3.1.	Personales.....	61
4.3.2.	Materiales	65
4.3.3.	Financieros	67
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	69
5.1.	Proyecciones estadísticas de datos del desecho	69
5.2.	Mejora continua en los productos fabricados	73
5.2.1.	Evaluación del desempeño.....	74
5.2.2.	Propuestas de mejoras en el proceso	77
5.2.3.	Propuesta de productos innovadores	78
5.3.	Combinación de materiales para la innovación de madera plástica	79
5.3.1.	Innovación de la fabricación de madera plástica con nuevos productos.....	79

5.4. Evaluación de resultados	81
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA.....	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa.....	2
2.	Área de recepción de plástico como materia prima.....	23
3.	Área de molienda del plástico	24
4.	Área de fabricación de la madera plástica	27
5.	Diagrama de operaciones fabricación de madera plástica	28
6.	Diagrama de flujo de la fabricación de madera plástica	29
7.	Diagrama de recorrido.....	30
8.	Consumo de kilogramos HDPE.....	35
9.	Rancho fabricado de madera plástica.....	40
10.	Casa fabricada de madera plástica.....	40
11.	Banca fabricada de madera plástica	41
12.	Banca sin respaldo fabricada de madera plástica.....	42
13.	Cerco para ganado.....	42
14.	Bebedero para ganado vacuno	43
15.	Catálogo de productos	50
16.	Máquina HEATmx4.8/2C.....	66
17.	Kilogramos por mes (2015).....	72
18.	Apreciación del desempeño	75
19.	Tope para vehículo.....	79

TABLAS

I.	Tipo de billetes de polímero.....	20
II.	Características de las categorías.....	33
III.	Consumo de kilogramos HDPE	35
IV.	Propiedades eléctricas.....	36
V.	Propiedades físicas.....	37
VI.	Propiedades térmicas	37
VII.	Resistencia química.....	38
VIII.	Casa hecha de madera plástica.....	39
IX.	Flujo de efectivo.....	59
X.	Cálculo del valor presente neto.....	60
XI.	Funciones gerente de Producción	62
XII.	Funciones gerente Comercial	62
XIII.	Funciones del gerente de Recursos Humanos	62
XIV.	Funciones del gerente de Mercadeo.....	63
XV.	Funciones gerente de Investigación y Desarrollo	63
XVI.	Funciones de los jefes	64
XVII.	Pronóstico de kilogramos de materia prima.....	72
XVIII.	Proyección de merma	73

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza
Kg	Kilogramo
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
W	Watt

GLOSARIO

Policloruro de vinilo	Es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil. Este se produce mediante cuatro procesos diferentes: suspensión, emulsión, masa y solución.
Polietileno	Es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación, lo que genera una producción mundial de aproximadamente 60 millones de toneladas anuales, alrededor del mundo.
Polipropileno	Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.
Tereftalato de polietileno (PET)	Es un material sintético conocido como poliéster.

RESUMEN

El reciclaje en estos tiempos es considerado una mega tendencia, ya que debido a la necesidad de proteger al medio ambiente, se debe reutilizar desechos. El ser humano ha sido capaz de buscarle una utilidad a estos desechos a través del reciclaje siendo una estrategia de gestión de los residuos sólidos. Estos materiales se reincorporan a un proceso de producción para transformarlos, para crear un objeto que pueda tener utilidad para las personas o generar una ganancia que los fabrique. Existen muchos tipos de polímeros, pero lo malo de ellos es que tienen un tiempo de vida muy largo y se vuelven desechos sólidos difíciles de degradarse.

Viendo la manera de ayudar al medio ambiente, a través de producción con base en materia prima reciclada, se puede observar un área que se mira a diario, pero se piensa que sirve por mucho tiempo, el numerario. Cada país posee su propio numerario y en su ausencia utiliza el de otro país hecho con base en polímero.

Al observar dicha oportunidad y necesidad para contribuir con el medio ambiente y generar ingresos, dicho estudio se centra en el reciclaje de este material. Con el apoyo de una empresa con experiencia en la utilización de polímeros se crea madera plástica y se lleva a cabo, obteniendo madera plástica elaborada con desecho de numerario con base en polímero.

OBJETIVOS

General

Determinar la importancia de la reutilización del desecho de numerario hecho de polímero como principal materia prima para la elaboración de madera plástica, a través de un proceso industrial, exponiendo y analizando la factibilidad del desarrollo de la misma.

Específicos

1. Exponer la evolución que ha sufrido el numerario, a través de los tiempos y los aspectos que motivaron a introducirlo en el mercado.
2. Conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas del numerario hecho con base en polímero a través de ensayos y diseños para conocer dichas propiedades.
3. Dar a conocer el proceso de fabricación de la madera plástica con el compuesto de numerario reciclado, a través de un diagrama de flujo.
4. Evaluar la implementación de la madera plástica como sustituto de la madera natural en la elaboración de objetos o en la construcción, a través de un estudio de trabajo comparativo entre los dos materiales.
5. Exponer la importancia de la reutilización de material reciclado como materia prima para procesos de producción verdes.

6. Analizar datos referentes al volumen de desperdicio que ocasiona el numerario triturado y considerado desecho utilizando métodos estadísticos.

INTRODUCCIÓN

A través de los tiempos, el ser humano ha aprendido a desarrollar diferentes tipos de tecnologías para facilitarle la vida o para su comodidad. Entre ellas cabe mencionar el descubrimiento de los materiales con base en polímeros que vienen a revolucionar la vida del ser humano ampliando las posibilidades para crear y construir. Esto ha permitido adaptar el material a muchos usos cotidianos y se puede decir que todavía no se han descubierto todos.

Existe una gran variedad de polímeros y de componentes que se pueden crear y son muy utilizados en la industria, porque, a través de estudios y uniones de polímeros, se obtienen las características que se requiere elaborar. Existen polímeros naturales y sintéticos, la gran diferencia es que los primeros son biodegradables, se pueden descomponer en sus elementos y regresar como nutrientes al sistema de suelos. Mientras que los polímeros sintéticos tardan muchísimos años en degradarse o existe la posibilidad que no lo hagan, lo cual lleva a mencionar que en la creciente utilización de este tipo de material ha producido problema al ser humano.

El desecho de los polímeros sintéticos es inminente debido a su utilización en muchos componentes, pues se adquieren para sobrevivir, construir, transportar y otros. Este material se puede encontrar en la vida diaria en todo lo que rodea, desde el material del vehículo en el que se movilizan, hasta en los envases para la comida. Este desecho muchas personas lo ven como basura, y lo es, pero también es materia prima para empresas que se dedican a la reutilización de polímeros, creando objetos que sirven para

diferentes fines como la construcción, y genera trabajo informal para muchas personas. Según datos estadísticos se crean muchos negocios informales en Guatemala a través de la recolección y reutilización de los polímeros.

Entre las empresas que ha llegado a cubrir esta necesidad de reutilizar el desperdicio de polímero, que no solo ocupa lugar sino a la vez contamina el ambiente, es Maderplast. Esta empresa se dedica a la fabricación de madera plástica con base en todo tipo de polímero considerado desperdicio. Esta madera plástica se utiliza en diferentes partes del mercado: agricultura, ganadería, construcción, industria y mobiliario. Este tipo de madera plástica posee varios beneficios que una madera natural no tiene y al mismo tiempo se está ayudando al medio ambiente.

Durante este trabajo de graduación en el primer capítulo se pretende mostrar aspectos básicos y relevantes de la empresa Maderplast S. A. aspectos de su planeación estratégica e incorporación de aspectos teóricos del material final que es la madera plástica. Luego, en el segundo capítulo, se hace un breve diagnóstico de la situación actual mundial del reciclaje y su importancia para con el medio ambiente, mencionando también el material principal que es el polímero enfocándose en la obtención por medio del polímero. En el tercer capítulo, por medio de diagramas y gráficos, se pretende mostrar el proceso de fabricación de la madera plástica así como datos estadísticos relevantes y algunos productos terminados con base en la madera plástica.

En el cuarto capítulo de este trabajo de graduación se muestra la implementación del material denominado como madera plástica en productos terminados mostrados a través de un catálogo para diferentes áreas. Por último, en el capítulo final de este trabajo de graduación, se desarrolla un seguimiento

y mejora continua del mismo para controlar y evaluar los resultados de la implementación del proyecto.

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA MADERPLAST, S. A.

1.1. Historia

Maderplast,S. A. surge en 2003, como respuesta ante el incremento de los desechos y especialmente de los desechos plásticos, los cuales como bien sabemos no se comportan de la misma manera que un desecho natural ya que su tiempo de descomposición es demasiado prolongado y el volumen de desecho crece rápidamente; ante esta situación y utilizando el ingenio el fundador de la empresa ve una oportunidad de aprovechar la cantidad de desecho y decide enfocarse en este recurso para producir a través de un proceso industrial la madera plástica. La madera plástica es un producto novedoso que aún se desconoce mucho de sus cualidades y ventajas que posee al ser usado en diferentes ámbitos como lo puede ser la construcción, la industria, ganadería, etc. Y puede convertirse en sustituto de muchos materiales ya existente en el mercado hechos a base de la madera natural.

Una de las primeras empresas en introducir en Guatemala el concepto de madera plástica en el país fué Maderplast,S.A. ya que observando la contaminación tanto visual como ambiental que se presentaba en el país ,el desaprovechamiento que se le puede dar a este material como materia prima para obtener beneficios y el fácil acceso a la obtención del mismo, el dueño de Maderplast,S.A. decide formar una pequeña empresa dedicada específicamente a la madera plástica por lo cual instala una planta de producción en la actual ubicación.¹

1.2. Misión

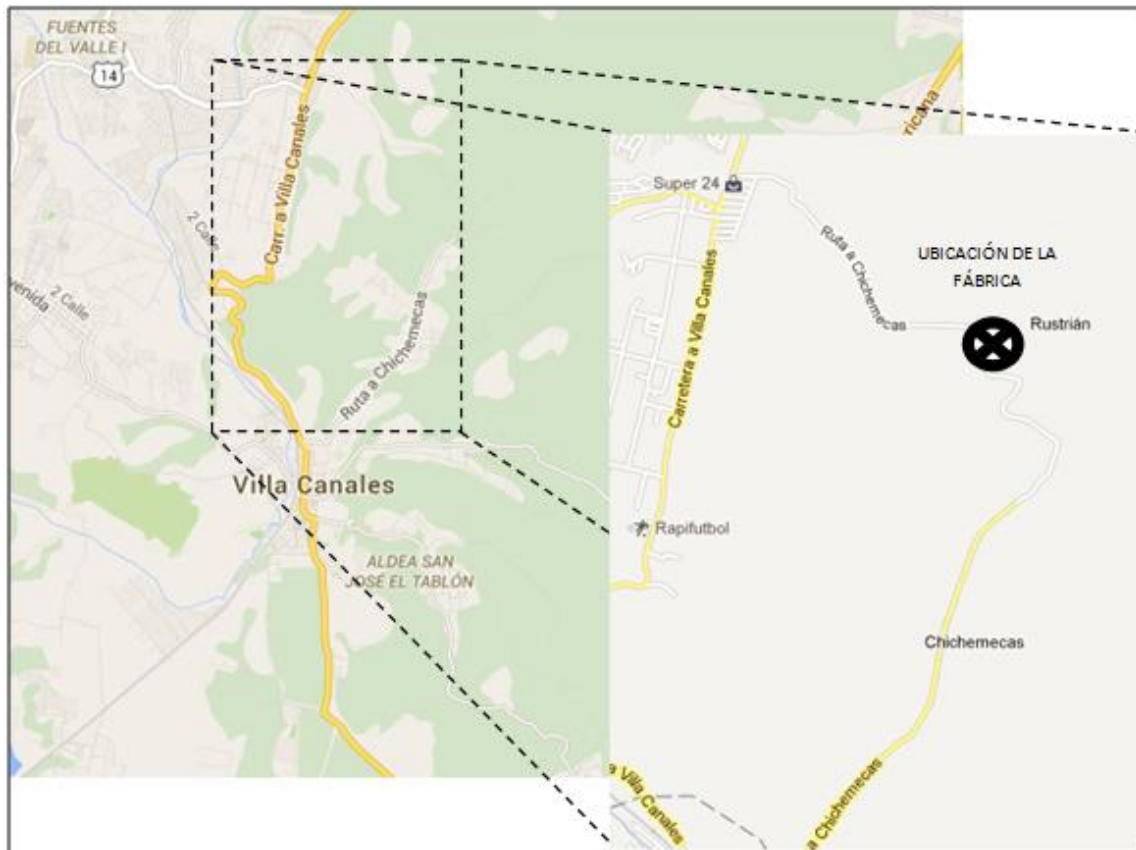
La misión de Maderplast,S.A. es ofrecer una alternativa económica y amigable con el medio ambiente en productos elaborados con madera natural. Por lo tanto reciclan y luego se manufacturan productos de "madera plástica" de alta calidad para satisfacer las necesidades de diferentes ramos o mercados como lo son:

- Construcción
- Agricultura
- Floricultura
- Ganadería
- Industria
- Turismo

¹ Maderplast S. A. <http://www.maderplast.com.gt/empresa.html>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

- Mobiliario²

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Earth.

<https://www.google.com.gt/maps/place/Ruta+a+Chichemecas,+Guatemala/@14.508187,-90.5273536,15z/data=!4m2!3m1!1s0x8589a5d80b44e6e5:0x1d66ecc21a86ff6c>.

Consulta: 15 de noviembre de 2014.

² Maderplast S. A. <http://www.maderplast.com.gt/empresa.html>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

1.3. Visión

Hacer de Maderplast,S.A. la empresa líder en Centroamérica en el procesamiento y comercialización de madera plástica. Contribuir a la conservación del medio ambiente mediante la reducción de la contaminación de los desechos plásticos, del reciclaje y la tala innecesaria de árboles.

La empresa Maderplast,S.A. tiene como visión a corto plazo la creación de un producto accesible, de bajo costo y fácil de elaborarse que pueda ser adquirido por personas de escasos recursos cubriendo los mercados especialmente el de la construcción para satisfacer las necesidades del consumidor.³

1.4. Conceptos básicos del polímero y la madera plástica

A continuación se describen la definición de polímero y madera plástica.

1.4.1. Definición de los polímeros

Macromoléculas compuestas por una o varias unidades llamadas monómeros que se repiten a lo largo de toda una cadena. En la actualidad es muy común escuchar acerca de los plásticos y estos son considerados una clase de polímeros.

Los polímeros son muy utilizados por la versatilidad y el bajo costo que estos presentan, ya que el material se moldea a las necesidades del productor y se pueden emplear en un sinnúmero de actividades en donde la única meta es la imaginación.⁴

1.4.2. Clasificación de los polímeros

Por la gran variedad y clases de polímeros estos se pueden clasificar por diferentes aspectos como lo son su origen, su mecanismo de polimerización, su composición química, sus aplicaciones y su comportamiento al calor.

- De acuerdo a su origen, pueden ser naturales, semisintéticos y los sintéticos. Los polímeros naturales son todos aquellos que provienen de los seres vivos entre los que se pueden mencionar se encuentran las

³ Maderplast S. A. <http://www.maderplast.com.gt/empresa.html>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

⁴ LINAR ALCÁNTARA. *Los polímeros*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos93/sobre-los-polimeros/sobre-los-polimeros.shtml>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

proteínas, los polisacáridos, los ácidos nucleicos; todos estos cumplen funciones vitales en los organismos. Otros ejemplos son la seda, el caucho y otros. Los polímeros semisintéticos se obtienen por transformación de polímeros naturales como lo pueden ser el caucho vulcanizado. Y por último los polímeros sintéticos que son los que se obtienen industrialmente a partir de monómeros entre estos encontramos el nylon, el PVC y otros.

- Según su mecanismo de polimerización: en esta clasificación se encuentran los polímeros de condensación que son en los que implica que la reacción de polimerización a cada paso de la formación de una molécula de baja masa molecular como el agua. Luego se tiene los polímeros de adición los cuales se generan cuando un elemento denominado "catalizador" inicia la reacción. La función del catalizador es separar la unión de doble carbono en los monómeros.
- Según su composición química, los polímeros se pueden clasificar según su composición química como polímeros orgánicos (poseen en la cadena principal átomos de carbono), polímeros orgánicos vinílicos (sus moléculas están formadas exclusivamente por átomo de carbono), polímero orgánicos no vinílicos (tienen átomos de oxígeno o nitrógeno en su cadena principal) y los polímeros inorgánicos (basados en silicio o azufre).
- Según sus aplicaciones, atendiendo a sus propiedades y usos finales, los polímeros pueden ser elastómeros (materiales con muy bajo módulo de elasticidad y alta extensibilidad se deforman bajo un esfuerzo pero recuperan su forma al momento que se les elimina el esfuerzo), plásticos (cuando son sometidos a esfuerzos suficientemente intenso se deforman irreversiblemente, así, ya no regresando a su forma original, fibras (son materiales elásticos que permiten confeccionar tejidos), recubrimientos (generalmente se presentan en forma líquida que se adhieren a la superficie de otros materiales para otorgarles alguna propiedad) y los adhesivos (tienen la propiedad de poder unir dos o más cuerpos por contacto superficial).
- Según su comportamiento a altas temperaturas, en presencia de altas temperaturas se puede clasificar a los polímeros en tres tipos: termoplásticos (pasan al estado líquido al calentarlos y se endurecen al enfriarlos entre los más comunes son el polietileno y polipropileno), termoestables (este tipo de materiales no fluyen en presencia de altas temperaturas lo único que se obtiene es su descomposición química) y los elastómeros (estos presentan un comportamiento elástico que pueden ser deformados fácilmente sin que se rompan).

Para los polímeros reciclados existe una tabla donde se clasifican los distintos tipos y esta es una estandarización internacional que ayuda a clasificar al momento de recibir el reciclaje y producir madera plástica.⁵

⁵ LINAR ALCÁNTARA. *Los polímeros*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos93/sobre-los-polimeros/sobre-los-polimeros.shtml>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

1.4.3. Definición de madera plástica

La madera plástica es un material fabricado a partir de residuos de plásticos 100 % reciclados seleccionados, de forma que se aprovechan las ventajas estéticas y calidez de la madera natural, pero mejorando sus propiedades al incorporar las ventajas del plástico: alta durabilidad, sin mantenimiento.

Se puede decir que la madera plástica es un excelente sustituto de la madera natural y que contiene ciertos atributos que la hacen mejor opción que la madera natural y por ser un producto reciclado es un producto amigable con el medio ambiente.

Una ventaja muy definida de este material es que no necesita mantenimiento ni se deteriora. En muchos países del mundo observando el volumen significativo de la contaminación del medio ambiente se han implementado campañas y empresas que se dedican exclusivamente a reciclar los plásticos y otro grupo a la recolección y fabricación de la madera plástica.⁶

1.4.4. Tipos de madera plástica

En función del uso que se le da a la madera plástica se puede definir en dos tipos:

- Plastic Lumber
- Wood Plastic Composite (WPC)

1.4.4.1. Plastic Lumber

Es un material 100 % reciclado de plástico reciclado. Ampliamente utilizado en terrazas al aire libre, se utiliza para el moldeo y corte, muebles de jardín (banacas). Las cualidades que se pueden mencionar de la misma son la resistencia al agrietamiento y la división cuando es instalada apropiadamente, amigable con el medio ambiente, no requiere mantenimiento y es resistente a la putrefacción.

La plastic lumber se fabrica a partir de materia prima virgen o residuos plásticos como lo son HDPE, PVC, PP, ABS, PS Y PLA. El polvo o granos se mezclan a temperaturas de aproximadamente 400 °F, a continuación extruidos y

⁶ NEOTURE, S. L. *Definición de la madera plástica. Neoture innovación ecológica.* [en línea]. <<http://www.maderaplastica.es/madera-plastica/definicion-madera-plastica.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

moldeados en forma deseada. A la mezcla pueden agregarse colorantes, agentes de acoplamiento, estabilizadores, agentes de soplado, agentes de refuerzo, agentes espumantes y lubricantes para adaptar el producto final a la aplicación de destino.

Este material se utiliza mayormente en la construcción y algunos ejemplos que se mencionan son los pisos de cubierta, barandillas, cercas, bancos de parques y otros.⁷

1.4.4.2. Wood Plastic Composite (WPC)

Este material está compuesto por aserrín de madera y polímeros termoplásticos (incluyendo PE, PP, PVC). Aditivos químicos, como un tercer componente para unir el aserrín con los polímeros. Se pueden utilizar otros materiales de relleno ligno-celulósicos e inorgánicos como lo pueden ser fibras de pulpa, cáscara de maní, bambú, paja, digestato y otros.

El uso de este material en América del Norte es mayormente en suelos de terraza al aire libre, barandillas, rejas, jardineras, revestimientos y paredes, bancos de parque, molduras y marcos de recorte, puertas y ventanas y muebles de interior.

La Wood Plastic Composites se produce por completo mezclando partículas de madera y resina termoplástica caliente. El método más común de producción es extruir el material en la forma deseada, aunque también se utiliza el moldeo por inyección. La WPC puede ser producida a partir de cualquiera de los termoplásticos vírgenes o reciclados, incluyendo HDPE, LDPE, PVC, PP, ABS, PS y PLA. WPC basadas en polietileno son las más comunes.

La WPC se considera a menudo un material sostenible, ya que pueden hacerse a partir de plásticos reciclados y los productos de desecho de la industria maderera. Este tipo de materia presenta algunos defectos por su composición química ya que en algunos casos se han encontrado con presencia de moho y no se considera un material libre de mantenimiento.⁸

1.4.5. Origen y fabricación de madera plástica

La bakelita inventada en 1990 por Leo H. Baekeland es uno de los primeros compuestos de madera-plástica al estar formada por finas partículas de madera a las que se añaden resinas de fenol y formaldehído. La gran mayoría de los

⁷ NEOTURE, S. L. *Tipos de madera plástica. Neoture innovación ecológica*. [en línea]. <<http://maderaplastica.es/madera-plastica/tipos-madera-plastica.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

⁸ *Compuestos de madera y plástico. Tecnología de los plásticos*. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

productos de madera-plástico que se fabrican actualmente incorporan los mismos productos: por un lado materiales plásticos. En este caso termoplástico, como ser polietilenos de alta densidad (HDPE) y cloruros de polivinilo (PVC) y por otro, madera en forma de polvo.

Esta combinación que no parecía muy prometedora, ya que por un lado las fibras de madera son muy cortas, absorben mucha humedad y son menos resistentes que las fibras de vidrio o de carbono; y por otro lado los materiales termoplásticos son más débiles que los termoendurecibles (reblandecen con el calor y se deforman ante los esfuerzos). Sin embargo, los resultados de la combinación han sido sorprendentes. Estos compuestos, pese a que utilizan materias primas muy baratas y su proceso de fabricación es de bajo nivel tecnológico, tienen un precio final en el mercado superior al de la madera tratada con productos químicos (sin considerar el ciclo de vida, y su durabilidad mayor). El producto se empezó a usar para terrazas exteriores, pero se ha ido abriendo paso en vallas, barandillas, pasamanos y elementos de fachadas.

Los compuestos de madera y plástico se vieron por primera vez en Estados Unidos durante 1960, principalmente en aplicaciones de marcos de ventanas y puertas. La industria de las ventanas y puertas, que tiene experiencia con materiales de madera, plástico y aluminio, buscó la forma de utilizar materiales más económicos, de allí que el aserrín parecía un material tanto ligero como barato.

El país con mayor producción de este material es Estados Unidos de América, aunque en Europa su investigación y desarrollo ha aumentado en los últimos años. Debido a que el uso de este tipo de materiales puede disminuir costos ya que se aprovecha todo el desperdicio de madera y plástico reciclado. La densidad del material se puede controlar por medio de espumantes o por el tipo de proceso.

El principal problema de estos compuestos es la temperatura de proceso que, en general, no debe sobrepasar los 190 °C. Otro problema es la humedad de la madera, la cual no es compatible con la mayoría de polímeros y en algunos casos puede originar degradación y pérdida de propiedades físicas por despolimerización.

Los equipos utilizados para extruir este material están comúnmente equipados con husillos dobles para extrusión. Para inyección generalmente la tecnología tiene pocos desarrollos aunque existen procesos altamente tecnificados de extrusión-inyección (*Inyección molding composite*) capaces de combinar la etapa de compounding e inyección en un solo proceso. Otros procesos son compresión y termoformado.

El color de la pieza final depende en gran medida del color de la madera y del polímero. El color del compuesto se puede modificar después del proceso con una laca o durante el procesamiento con un concentrado de color que, si es bien

diseñado, puede presentar líneas de flujo que asemejan las vetas normales de la madera.⁹

1.4.6. Proceso de fabricación

Dependiendo del tipo de madera plástica, tanto Plastic Lumber o WPC, habla acerca de ellos como los más comunes en la industria.

1.4.6.1. Proceso de extrusión

La extrusión de estos compuestos es la técnica más utilizada para fabricar perfiles de este material, pero también es utilizada para realizar el compuesto. Esto sucede por medio de una mezcla física, que en combinación con agentes de acoplamiento puede formar algunos enlaces químicos o emulsiones de forma que el material sea estable y posteriormente pueda ser inyectado o moldeado por compresión.

La extrusión de los compuestos de madera y plástico presenta algunos desafíos tecnológicos respecto de la extrusión tradicional. El primer problema presente es la alimentación del material en la tolva, el polvo de madera y gránulos de material plástico son alimentados en la tolva, sin embargo el polvo fino de madera tiende a conglomerarse en la boca de la tolva, que por acción del calor y de la humedad se pega y no entra al cañón y no tiene contacto con el husillo.

El material debe ser secado previamente a la inyección y preferentemente dosificado por robots o algún mecanismo, para asegurar la homogeneidad durante la extrusión.

La rapidez con que el husillo gira, determina la tasa de material extruido por minuto. Sin embargo debe tomarse en cuenta que esta tasa puede tener un máximo y una rapidez mayor solo consumiría más energía sin proveer beneficios en la cantidad de material por unidad de tiempo.

La tasa de material extruido por minuto puede incrementarse con agentes de flujo, agentes de acoplamiento y espumantes.¹⁰

⁹ Tecnología de los Plásticos. *Compuestos de madera y plástico*. Historia. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

¹⁰ Tecnología de los Plásticos. *Compuestos de madera y plástico*. Extrusión. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

1.4.6.2. Proceso de inyección

La inyección de compuestos de madera y plástico obedece en general la misma técnica utilizada en el moldeo por inyección. Sin embargo es necesario tomar en cuenta algunos puntos técnicos importantes como la temperatura de degradación del compuesto, pues temperaturas mayores de 205 °C pueden causar problemas de degradación y temperaturas demasiado bajas impedirían una mezcla adecuada de los materiales. La temperatura del molde puede mantenerse un poco más elevada que en la inyección tradicional debido a que la madera en el compuesto permite una estabilidad dimensional mejor que el polímero solo, por ello un enfriamiento menos intensivo resulta en un ahorro de tiempos y de costo.

El flujo del compuesto en la cavidad del molde ocurre con mayor rapidez cuando la temperatura del molde es alta.¹¹

1.4.6.3. Moldeo por compresión

El moldeo por compresión es el método más difundido para la producción de compuestos de madera y plástico, múltiples piezas automotrices internas (piezas que no están expuestas a la vista tanto en interiores como exteriores del automóvil) son hechas de este compuesto y moldeadas por compresión. En esta técnica son utilizadas comúnmente fibras naturales (como jute o henequén) además de la harina de madera.¹²

1.4.7. Características de la madera plástica

Entre las características propias de la madera de plástico reciclado, que la diferencian de la madera natural, se encuentran:

- Impermeable, no deja pasar el agua y la humedad.
- Anticorrosivo, no se deteriora bajo la acción de productos químicos.
- Imputrefascible, no se pudre al aire o en contacto con arena o agua.
- Resistente a la intemperie, bajo cualquier condición meteorológica.
- Buena resistencia mecánica, material duradero.
- Higiénico, inmune a microorganismos, roedores e insectos.
- Piroresistente, alta resistencia al fuego.

¹¹ Tecnología de los Plásticos. *Compuestos de madera y plástico*. Inyección. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

¹² Tecnología de los Plásticos. *Compuestos de madera y plástico*. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

- Seguro, no se agrieta ni produce astillas.¹³

¹³ Tecnología de los Plásticos. *Compuestos de madera y plástico*. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Reseña histórica del reciclaje

Desde los primeros días de las sociedades primitivas estos se sustentaban de los recursos naturales que les rodeaban y que la tierra les podía ofrecer, al momento de consumirlos siempre se han generado residuos sólidos que han evacuado de una manera u otra al medio ambiente.

Los primeros seres humanos no tenían una estrategia de gestión de residuos sólidos en sí, sencillamente porque no lo requerían. Por el hecho de ser nómadas y transportarse de un lugar a otro no lo requerían ya que no permanecían mucho tiempo en un lugar y la bastedad de espacio les permitía hacerlo. Sin embargo, cuando se empezaron a asentar las primeras comunidades permanentes, con mayor concentración de individuos y de actividades que generaban residuos, se vieron en la necesidad de una gestión de los residuos.

Antes del año 500 a.C., Atenas organizó el primer basurero municipal del mundo occidental; las personas fueron obligadas a evacuar residuos, al menos, a una milla de distancia de los muros de la ciudad. Este imperativo se extendió a otros lugares, modificando las distancias de los límites según los deseos y habilidades de los gobernantes. Durante la Edad Media la evacuación de residuos siguió siendo una responsabilidad individual, conmensurada por la falta de autoridad del Gobierno e impacto que este tenía ante el medio ambiente.

Para la década de los cuarenta el mundo occidental empezó a entrar en la Edad de la Sanidad, las condicione inmundas comenzaron a ser vista por el público como una molestia, exigiéndose una acción gubernamental para su solución. Los sanitarios, empleados por los gobiernos para tratar principalmente la evacuación de las aguas residuales, giraron su atención cada vez más, hacia los residuos sólidos.

La respuesta de los gobiernos siguió incluyendo una amplia variedad de programas innovadores, diseñados para solucionar no solamente elementos específicos del flujo de residuos, sino también prácticas del reciclaje. Los municipios limpiaban las calles y los ingenieros sanitarios inventaban nuevas tecnologías para reducir los costes y el volumen. Las grasas y aceites fueron recuperados para su reutilización en la fabricación de jabón y velas. Las incineradoras generaron vapor para producir energía y calor. Los trapos, cada vez en mayor medida, fueron utilizados para la fabricación de papel, y el valor inherente de los metales siempre creció en tiempos de guerra hasta niveles lo suficientemente altos como para promover programas públicos de reciclaje. De todas formas, las inquietudes ambientales estuvieron siempre lejos de la mente. El

vertido en el mar y en los espacios abiertos de los alrededores de las zonas urbanas sigue siendo ambientalmente y económicamente aceptable.¹⁴

2.1.1. El reciclaje en los tiempos modernos

Solamente después de la Segunda Guerra Mundial, el rápido crecimiento de las poblaciones, el incremento del conocimiento científico acerca del ambiente y, más tarde, el concepto de recursos limitados se combinaron para dar una oportunidad al examen de la naturaleza perjudicial de las prácticas de evacuación terrestre o marítima. La rápida expansión del conocimiento de los impactos de la contaminación de las aguas subterráneas y del aire empezó a exigir una mayor regulación de las prácticas de evacuación. De esta manera se celebró el primer Día de la Tierra, el 22 de abril de 1970, lo que era un indicativo de mayor concientización ambiental en el mundo.

Estados Unidos fue uno de los pioneros en implementar las prácticas de reutilización y reciclaje, y para mediados de los años 70, los 50 estados tenían algún tipo de regulación acerca de residuos sólidos.¹⁵

2.1.2. El reciclaje en el mundo de hoy

El reciclaje no es un proceso nuevo en el mundo. Siempre se han utilizado trozos de metales reciclados para convertirlos en nuevas herramientas. En la Revolución Industrial, los recicladores formaron industrias y luego sociedades, y durante los años treinta en Estados Unidos muchas personas sobrevivieron a la depresión recogiendo trozos de metal para venderlos a las recicladoras.

Los residuos generados por las industrias en los últimos 40 años han aumentado considerablemente. Desde 1960 la cantidad de desechos municipales recolectados en Estados Unidos, por ejemplo, se han casi triplicado, alcanzando 254 millones de toneladas anuales.

La cantidad de desechos municipales en el oeste europeo se incrementó en 23 % entre 1995 y 2003, alcanzando 577 kg por persona en 2003. Esta situación provocó que a partir de 1970 el reciclaje sea visto tanto como una actividad ambiental como también económica. Estimaciones del Banco Mundial, por su

¹⁴ MOLINA, Stefani. *Medio ambiente: Proyecto La Urita- Reciclaje. Fundamentos teóricos*. [en línea]. < <http://www.monografias.com/trabajos82/medio-ambiente-reciclaje/medio-ambiente-reciclaje2.shtml>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

¹⁵ MICHELLE, Natalia. *El reciclaje en el mundo de hoy*. 27 de septiembre de 2007. Managua. Nicaragua. [en línea]. <<http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/461>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

parte, indican que los recicladores informales exceden los 60 millones de personas, generando cientos de millones de dólares anuales en ingresos.¹⁶

2.1.2.1. Situación de la Unión Europea

La Unión Europea es la región con mayor conciencia sobre los impactos de la acumulación de desechos y con los mejores mecanismos para hacer frente al problema.

Países como Austria y los Nórdicos reciclan más del 60 % de los residuos municipales, logrando casi un 90 % en Bélgica.

En el caso británico, la tasa de reciclaje era del 27 % pero se ha duplicado en los últimos años.

El Sistema Dual administrado por el programa *Pro-Europe* y que fue aplicado inicialmente en Alemania, es una de las razones del éxito de la industria del reciclaje en la región. Este consiste en autorizar el estampado de un punto verde en los productos, indicando que el fabricante del envase o el que lo rellena con sus productos ha pagado una tasa para financiar la recolecta, clasificación y reciclado de los envases, por ejemplo 0,247 Euros por Kg de papel o cartón de empaque que se introduce en el mercado.

Las tasas serán menores cuando las envolturas tengan menor peso, incentivando a la industria a producir responsablemente. El mismo sistema organiza a las empresas con diferentes tareas y les paga con el capital recaudado por medio del cobro de las tasas. La base de la cadena es el ciudadano, quien separa la basura doméstica y la deposita en contenedores de distintos colores según el tipo de residuo.

El Sistema Dual basa sus ingresos en primer lugar en las tasas por el punto verde, alcanzando facturaciones de 237 millones de euros en España y más de 400 millones en Francia, y en segunda instancia en las ventas de material reciclado. Éste ha tenido una fuerte influencia en la región ya que 30 países de Europa y Norteamérica han introducido este sistema u otros similares para declarar la guerra a las toneladas de basura que se acumulan en el planeta

Sin embargo, el alto costo de las tasas cobradas para financiar el reciclaje ha provocado en algunos casos que las industrias prefieran invertir en tecnologías de reciclaje para el interno de la empresa que pagar las tasas de reciclaje.¹⁷

¹⁶ MICHELLE, Natalia. *El reciclaje en el mundo de hoy*. 27 de septiembre de 2007. Managua. Nicaragua. [en línea]. <<http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/461>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

¹⁷ *Ibíd.*

2.1.2.2. Situación en América Latina

La falta de recursos económicos, humanos e institucionales no permite que el desarrollo de procesos de reciclaje en América Latina se produzca en iguales condiciones que en la Unión Europea y Norteamérica. La falta del uso de tecnologías limpias, el bajo contenido de materiales reciclables que producen los hogares y problemas de organización entre los agentes económicos y el Estado, no permiten que en la región se desarrollen cadenas formales para el manejo de residuos como el Sistema Dual. A diferencia de la Unión Europea, en Latinoamérica la base de la cadena es el recolector y no el consumidor del residuo, ocasionando que el consumidor no separe los residuos, aumentando los costos para el procesador y por lo tanto, desincentivando la actividad.

Sin embargo, en décadas recientes se han implementado programas de tratamiento de residuos sólidos exitosos en América Latina, que además de reducir los costos ambientales, son una entrada de ingresos para más de 100 mil familias, contribuyendo a disminuir así los niveles de pobreza.

En la región la cantidad reciclada de materiales es mucho menor que la producción de residuos. Esto se debe a que las funciones operativas, financieras y administrativas del reciclaje en la mayoría de los países de la región las realizan los municipios que cuentan con presupuestos limitados haciendo la actividad poco rentable. Las tasas y tarifas para el financiamiento de manejo de residuos sólidos son bajas, y en algunos casos no son cobradas por razones políticas, falta de educación ambiental.

Sin embargo, existen mejoras en la situación ya que más del 50 % de las ciudades, entre ellas Buenos Aires, Lima y Curitiba en Brasil, han asignado la función operativa del manejo de residuos al sector. La clave para aumentar la recuperación de residuos sólidos consiste en la participación de la industria y los grandes generadores de residuos, siendo las recicladoras.

El pobre conocimiento de los beneficios que un buen manejo de los residuos sólidos genera para la salud, preservación del medio ambiente, incremento del turismo, reducción de la pobreza, entre otros, agudiza el problema en la región. Entre más limpia esté una ciudad mayor atractivo turístico genera a los extranjeros. Ejemplo de ello es la Bahía de Caráquez en Ecuador, importante destino eco turístico que ha desarrollado programas de protección al medio ambiente y ha transformado residuos orgánicos desde los mercados y hogares logrando un reciclaje lucrativo, ecológicamente positivo y que protege la salud del trabajador.

Otro de los problemas que entorpece el desarrollo del reciclaje es la falta de un marco legal. Con excepción de Chile, Paraguay, Brasil, Bolivia, Colombia y México, no existe planificación nacional de los residuos sólidos que conecte a los actores e instituciones que intervienen en el proceso. México se ha destacado mediante la puesta en vigencia de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en 2003, que pretende solucionar el problema de la acumulación de los residuos y los riesgos ambientales y salubres que el mismo ocasiona.

Aunque la baja remuneración de la mano de obra que recolecta los residuos permite que la actividad sea más barata que en otras regiones, la falta de

tecnologías y empresas recicladoras obligan que la cadena se estanque hasta la recolecta y los residuos sean exportados a países como China, uno de los principales importadores de residuos para su posterior reciclaje y cuya industria generó US\$ 5 400 millones en 2005.¹⁸

2.2. El reciclaje en Guatemala

Guatemala como muchos países del mundo al observar a los niveles de contaminación a que ha llegado ven la necesidad del reciclaje que no es más que la recolección de materiales considerados como desechos los cuales a través de un proceso pueden volver a ser útiles en su forma original o como materia prima para otro tipo de material.

2.2.1. Principales materiales reciclados en Guatemala

Existen diferentes mercados de reciclaje en Guatemala, y cada uno se enfoca en la obtención, procesamiento y reciclaje de diferentes materiales según sus características. Los principales productos de desecho que se reciclan en el país se detallan a continuación:

- **Papel y cartón:** se obtienen de los árboles y su reciclaje evita que se talen y corten árboles para la obtención de este material. Se puede reciclar todo tipo de papel y de cartón.
- **Chatarra y metal:** este material es muy cotizado en el mercado por su difícil obtención y se cotiza en el mercado del reciclaje por su peso. Los más comunes y cotizados son el latón (se puede encontrar en materiales de fontanería como los grifos del fregadero), el plomo (se encuentra en materiales de fontanería como las tuberías de una casa), el cobre (se encuentra mayormente en los cables eléctricos de una casa), el estaño

¹⁸ MICHELLE, Natalia. *El reciclaje en el mundo de hoy*. 27 de septiembre de 2007. Managua. Nicaragua. [en línea]. <<http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/461>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

(se utilizan en productos para soldar) y el aluminio (se encuentra en perfiles).

- Pilas y baterías: las baterías son muy cotizadas por el plomo que contienen y el cascaron plástico que en muchas empresas se reutilizan para hacer nuevas baterías.
- Plásticos: los plásticos se encuentran en un sinfín de formas y utilidades ya que es un producto muy versátil por lo cual con su reciclaje se reduce el consumo de petróleo que es un bien escaso.
- Vidrio: sobre todo botellas y frascos son los productos que más se reciclan en el medio y esto ayuda a que el vidrio pueda ser un sustituto del plástico lo cual provoca el ahorro de energía y de petróleo.
- Equipos electrónicos: estos muchas veces se tratan de reparar o se les sustrae las piezas que sean útiles.

2.3. Datos generales del reciclaje en Guatemala

En Guatemala existen muchas empresas que se dedican al reciclaje de todo tipo de material, especialmente el plástico y estas colaboran a que el medio ambiente no sufra un mayor deterioro y a que visualmente no se vean contaminados, ya que la contaminación es una cadena en la cual lo que se considera como basura, especialmente la basura inorgánica, pueden llegar a ocasionar serios daños al medio ambiente.

Con el incremento de la cantidad de persona y como este indicador va de la mano de la cantidad de basura se estima que el incremento de desechos inorgánicos han aumentado dramáticamente, en Guatemala operan diez recicladoras que reducen en un 20 % los desechos de plásticos. Las plantas recicladores comúnmente exportan el desecho a países como China, Alemania,

Italia, Brasil, Perú y Chile; y es un negocio que ha tomado auge entre las personas individuales y las empresas que lo utilizan como materia prima.

2.3.1. Importancia del reciclaje

El reciclaje es una opción para que las personas se concienticen en el medio ambiente y se optimice el uso de los recursos naturales. En la antigüedad las personas disponían de mucho espacio y abundancia en los recursos naturales que les rodeaban, con el crecimiento del volumen de la población los recursos naturales se han limitado por el consumo masivo y esto provoca el aumento del volumen en los desechos y por ende reducción en el espacio.

Una respuesta a este problema es la recolección, clasificación y reciclaje de los recursos desechados, que como bien se sabe no todos los desechos pueden volver a ser reciclados. El reciclaje es visto no solo como una mega tendencia que se observa en países desarrollados en donde se culturiza a las personas a realizarlo como una actividad moral con el país y el medio ambiente donde se concientizan del daño que se ocasiona, sino también como una actividad comercial que día a día llama más la atención de las personas a aportar e involucrarse en buscarle utilidad a cosas que se creían inservibles y que luego de que sufren un proceso tienen un valor agregado.

2.4. Numerario a base de polímero

El numerario a base de polímero es la respuesta en muchos países a la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías que se utilizan actualmente para su desarrollo y uso por parte de las personas.

2.4.1. Historia mundial

Los billetes de polímero han transitado un largo recorrido en un corto período de tiempo. Entre 1970 y 1980, se desarrolló un polímero de polietileno comercializado por Du Pont bajo el nombre de Tyvek. Este proyecto fue desarrollado en conjunto entre el ABNC (American Bank Note Company) y Du Pont.

Con el tiempo se mostró que el Tyvek no tenía un buen desempeño durante las pruebas y la tinta utilizada manchaba y se desgastaba fácilmente. Por estos motivos dejaron de ser fabricados y ahora son buscados por coleccionistas en todo el mundo.

Los únicos países que emitieron billetes Tyvek fueron Costa Rica y Haití impresos por el ABNC. También la Isla de Man emitió un billete que utilizaba un sustrato de Bradvek, el cual es un tipo de Tyvek y quien imprimió fue Bradbury Wilkinson & Company.

Después Australia se aventuró en el desarrollo de billetes de polímero con el objetivo de mejorar la durabilidad de su moneda y al mismo tiempo, introducir mejores medidas de seguridad contra los falsificadores. Con la venta de las fotocopiadoras a color aumentó esta preocupación así que comenzaron a realizar experimentos hasta desarrollar en polímero Guardian.

En 1996, Australia fue el primer país en utilizar estos billetes en todas sus denominaciones en circulación. Nueva Zelanda siguió su ejemplo en 1999 y en ese mismo año Rumania es el primer país europeo que adopta estos billetes. El primero en el continente africano fue Zambia en 2003 y así siguieron más

países. México entra en esta modalidad el 30 de septiembre de 2002 con el billete de 20 pesos de Juárez.

2.4.1.1. Países con numerario a base de polímero

En el mundo existen 3 tipos de billetes fabricados a base de polímero: Guardian, Híbridos y Tyvek. El Guardian es el más común a nivel mundial y a la categoría a la que pertenecen los billetes de Guatemala (polímeros) consiste en un billete de polímero completo que posee ventanas transparentes y otras medidas de seguridad típicas de estos billetes. Los Híbridos son billetes de algodón que como medida de seguridad se les implementa una ventana perforada en donde se les aplica una tira de material a base de polímero, las ventajas de este tipo es que se combinan las medidas de seguridad de un billete típico de algodón con las actuales de los de polímero. Por último los Tyvek son un tipo de billetes de polímero obsoleto que se utilizaron en los países de Haití, Costa Rica y las Islas Man, este tipo se dejó de producir por sus problemas de durabilidad y problemas con las tintas o impresión.

Conociendo las ventajas de los billetes a base de polímero, actualmente los más utilizados Guardian son hechos a base de polímero polipropileno biaxialmente orientado o más conocido como BOPP. A continuación se muestra un listado de los países de todo el mundo que utilizan entre sus monedas los billetes a base de polímero en los diferentes tipos.

Tabla I. **Tipo de billetes de polímero**

Tipo de billete de polímero	Países que lo utilizan
Tyvek	<ul style="list-style-type: none"> • Costa Rica • Haití • Isla de Man
Guardian	<ul style="list-style-type: none"> • Nigeria • Zambia • Mozambique • Brasil • Chile • Canadá • Costa Rica • Guatemala • Honduras • México • Nicaragua • Paraguay • República Dominicana • Bangladés • Brunéi • China • Hong Kong • Indonesia • Israel • Kuwait • Malasia • Nepal • Singapur • Sri Lanka • Taiwán • Tailandia • Vietnam • Irlanda del Norte • Rumania • Australia • Nueva Zelanda • Papúa Nueva Guinea • Samoa • Islas Salomón • Vanuatu

Continuación de la tabla I.

Híbrido	<ul style="list-style-type: none">• Mauritania• Bermudas• Jamaica• Kazajistán• Catar• Omán• Bulgaria• Letonia• Fiyi• Papúa Nueva Guinea• Samoa• Tonga
----------------	--

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Historia de los billetes de polímero en Guatemala

Los billetes a base de sustrato de polímero son relativamente nuevos en Guatemala ya que no llevan más de 10 años de salir al mercado y ya se cuentan con 2 denominaciones : 1 quetzal y la de 5 quetzales. Guatemala como muchos países en el mundo al observar los billetes que utilizaba Australia, a base de polímero, quisieron adoptar este material para sus billetes y así crear un billete que fuera más resistente, con medidas de seguridad para los falsificadores, duradero y que fuera de un costo accesible. Por todas estas razones se decide implementar los billetes hechos a base de sustrato de polímero del tipo polipropileno biaxial o más conocido como BOPP. Guatemala se convirtió en el vigésimo sexto país en implementar billetes de polímero.¹⁹

2.4.2.1. Datos relevantes

En Guatemala se cuenta actualmente con 2 denominaciones de billetes que son hechos de polímero, el muy conocido billete de un quetzal y el billete de cinco quetzales. El 20 de agosto del 2007 se emite el billete de 1 Quetzal de polímero, el cual no difiere en sus características gráficas a su antecesor elaborado en algodón, mide 156 x 67 mm, contiene el retrato del General José María Orellana en el frente y en la parte detrás se muestra el edificio del Banco de Guatemala y el Altar de Tikal.²⁰

¹⁹ Banco de Guatemala. Presentación en la web. [en línea]. <<http://www.banguat.gob.gt/Publica/conferencias/cbanguat332.pdf>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

²⁰ Ibíd.

2.4.2.2. Beneficios esperados

Entre los beneficios esperados se puede mencionar de los billetes de polímero son las siguientes:

- Nula falsificación de los mismo a través de medidas de seguridad como lo son el material en el que se fabrican (sustrato de polímero), ventanas transparentes (las cuales actualmente poseen imágenes en relieve), microimpresión, diseño coincidente, fondos de seguridad a base de líneas finas multidireccionales e imágenes sombreadas.
- Resistencia del billete a factores naturales, como lo puede ser el desgaste, pérdida de rigidez, tender a oscurecerse y consistencia.
- Durabilidad, se espera que un billete de polímero dure más que un billete de algodón por el tipo de material en el que se imprime. El tiempo promedio de duración de un billete de polímero es de 3,5 años.²¹

²¹ Banco de Guatemala. Presentación en la web. [en línea]. <<http://www.banguat.gob.gt/Publica/conferencias/cbanguat332.pdf>>. Consulta: 15 de noviembre de 2014.

3. PROPUESTA DE RECICLAJE

3.1. Proceso de fabricación

Inicia con la recepción de plástico. Este pasa por un proceso de lavado donde se remueven materias extrañas como: tierra, arena, residuos de basura, materiales ajenos al proceso como: piedras pequeñas, papel, entre otros.

Figura 2. Área de recepción de plástico como materia prima



Fuente: Maderplast, S. A.

Para el proceso de limpieza se utiliza peróxido de hidrógeno. Este fluido a temperatura ambiente es un líquido incoloro con sabor amargo que ataca con una amplia variedad de compuestos orgánicos.

Luego del proceso de limpieza pasa por los siguientes procesos:

- Molienda: es el proceso que rompe el material y facilita el retiro de sustancia que acompañan a las bolsas de plástico. Con este proceso la materia prima se convierte en trozos más pequeños haciéndola maniobrable.

Figura 3. **Área de molienda del plástico**



Fuente: Maderplast, S. A.

- Secado: elimina líquidos que quedan en la materia que servirá para la fabricación de madera plástica. Este proceso se realiza por medio de ventiladores y también al aire libre, exponiendo el material a los rayos solares para que los líquidos se evaporen.
- Paletizado: se procede a compactar la materia prima en esferas o cilindros pequeños a modo de conseguir un menor volumen y una excelente conservación, ya que se disminuye la humedad a casi cero %.
- Extruido: es el proceso usado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja, o en otros casos, se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada. Las ventajas principales de este proceso son: la habilidad para crear secciones transversales muy complejas y el trabajo con materiales quebradizos, porque el material solamente se encuentra sometido a fuerzas de compresión y cizallamiento. También las piezas finales se forman con una terminación superficial excelente.
- La extrusión puede ser continua (produciendo teóricamente de forma indefinida materiales largos) o semicontinua (produciendo muchas partes). El proceso de extrusión se hace con el material caliente o frío.

Este proceso es el último paso para obtener la madera plástica: la longitud de este material es de forma continua obteniendo longitudes más allá de los 6 m, esto es de suma importancia, ya que con este detalle se sabe el comportamiento del módulo elástico del material y se obtienen las longitudes recomendadas a utilizar en la madera plástica.

En la propuesta de utilizar el desecho de polímero, esta materia prima no necesita los pasos de limpieza, ya que viene molido en partes pequeñas,

como pica-pica, para ser depositado directamente en el proceso de extruido.

Es de suma importancia mencionar, que en el proceso de fabricación, existen desperdicios que son nuevamente sometidos al proceso de fabricación siendo reciclados. Esto nos indica que no habrá desechos en la producción del material.

- Tiempo de proceso de fabricación: varía según sea la sección de la madera plástica que se requiera y la longitud del mismo. Además influye la temperatura con la que esté operando la extrusora, ya que al iniciar el proceso, la máquina aún se encuentra a una temperatura baja y haciendo que el proceso se demore un poco más. Cuando la máquina ha llegado a una temperatura más alta que la inicial y se estabiliza el proceso, es mucho más rápido y constante, permitiendo que el tiempo de fabricación se reduzca considerablemente.

La temperatura de trabajo de la extrusora se encuentra en un rango de 2 800 a 3 500 °C. El tiempo de fabricación promedio se encuentra aproximadamente en dos horas, tomando en cuenta las consideraciones anteriores, este puede que sea mucho más lento o mucho más rápido.

Figura 4. **Área de fabricación de la madera plástica**



Fuente: Maderplast, S. A.

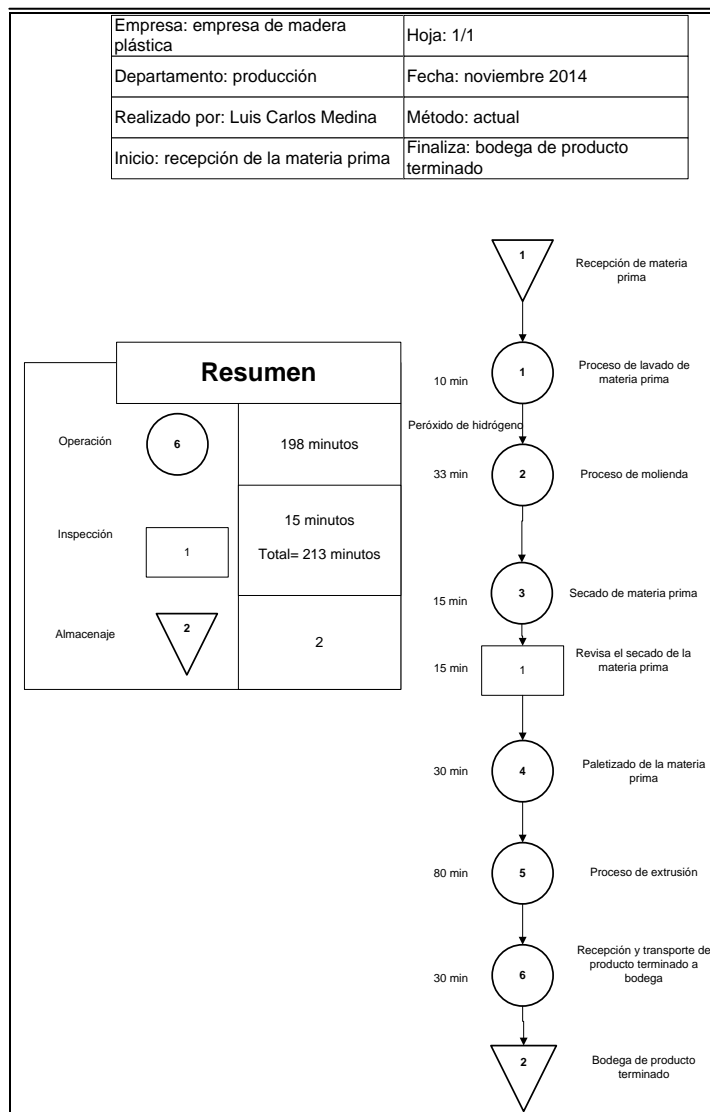
- Dimensiones de la madera plástica: las dimensiones varían ya que la máquina tiene distintos tipos de restricción en la fabricación de la madera plástica y van de la siguiente manera:

En lo que respecta al espesor tiene $\frac{1}{2}$ " hasta un máximo de 3". El ancho máximo de fabricación de la madera plástica es hasta 8" y la longitud de una pieza depende de cómo se desee, ya que se produce en forma continua.

3.1.1. Diagrama de proceso de fabricación

A continuación se presenta el diagrama de proceso de fabricación de la madera plástica en la empresa en estudio.

Figura 5. Diagrama de operaciones fabricación de madera plástica

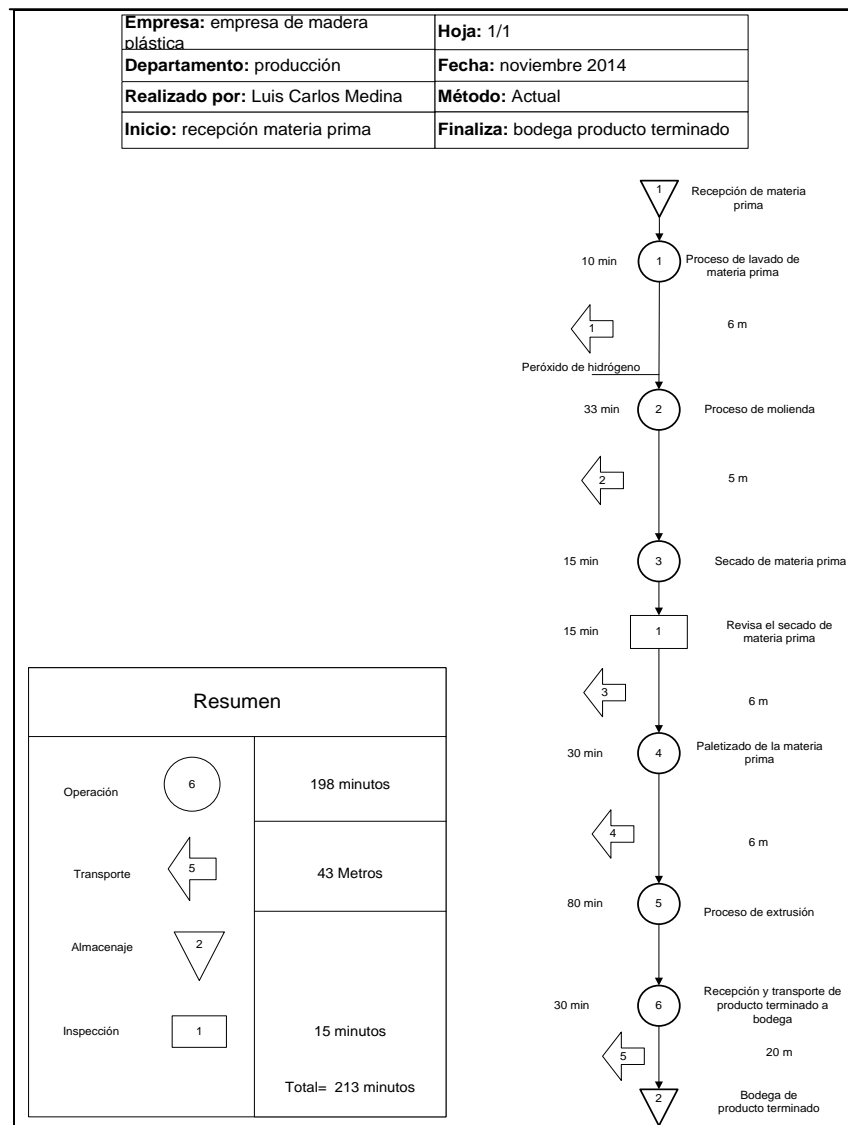


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2010.

3.1.2. Diagrama de flujo

A continuación se presenta el diagrama de flujo de fabricación de la madera plástica en la empresa en estudio.

Figura 6. Diagrama de flujo de la fabricación de madera plástica

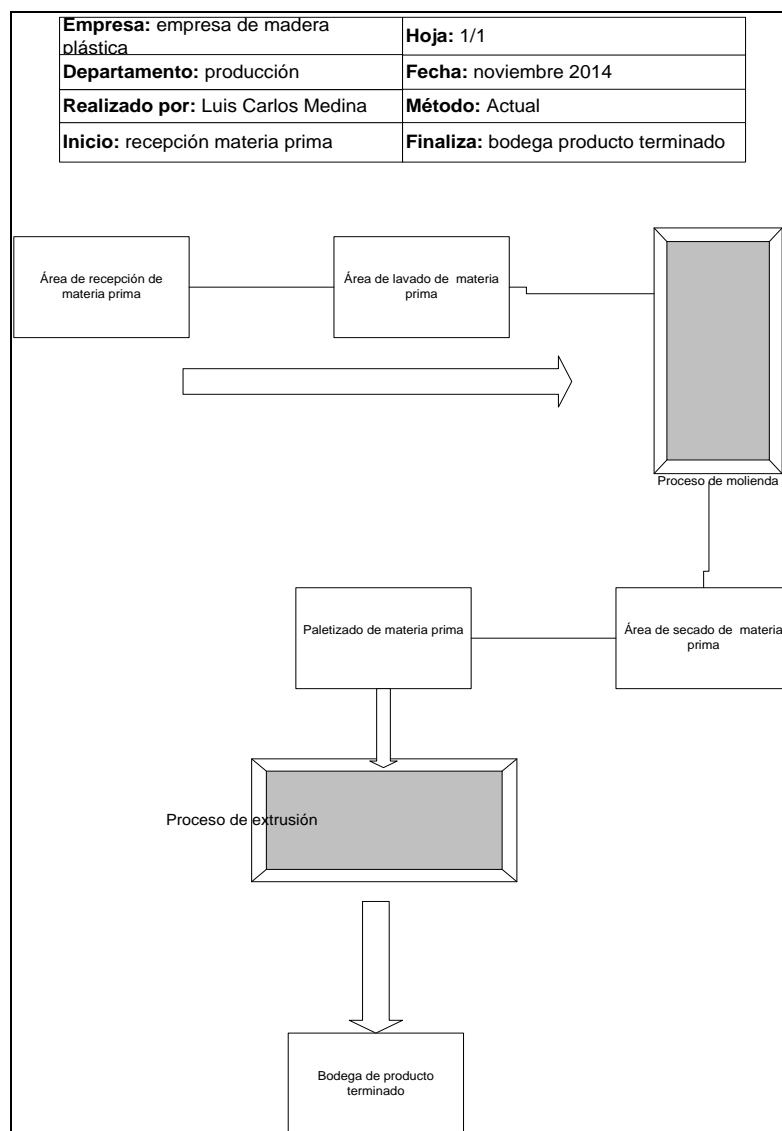


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2010.

3.1.3. Diagrama de recorrido

A continuación se presenta el diagrama de recorrido de fabricación de la madera plástica en la empresa en estudio.

Figura 7. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2010.

3.2. Materia prima: numerario de polímero

Un polímero es un conjunto de cadenas de macromoléculas (molécula de alto peso molecular relativo). Pueden ser naturales (celulosa, caucho natural, caseína, resinas vegetales) o sintéticas.

- Clasificación de polímeros
 - Por el tipo de monómero
 - Poliésteres
 - Poliamidas
 - Formaldehído
 - Por el tipo de reacción de formación
 - Polimerización por condensación
 - Polimerización por adición
 - Por el tipo de proceso
 - Suspensión
 - Disolución
 - Emulsión
 - Por el tipo de uso o comportamiento físico
 - Termoestable
 - Termoplástico
 - Fibras
 - Elastómeros

Este último criterio es el más apropiado para una clasificación relacionada con su aplicación en la construcción.

3.2.1. Características de la materia prima

Estas varían de los plásticos más comunes reciclados se identifican por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI por sus siglas en inglés). Indican el contenido de resina del recipiente en el que se han colocado los símbolos. Durante más de 20 años, el sistema del Código de Identificación de Resinas de la SPI ha facilitado el reciclaje de los plásticos después de utilizados por el consumidor.





Los propósitos del código original de SPI fueron:

- Brindar un sistema coherente para facilitar el reciclado de los plásticos usados.
- Concentrarse en los recipientes plásticos.
- Ofrecer un medio para identificar el contenido de resina de las botellas y recipientes que se encuentran normalmente en los residuos residenciales.
- Ofrecer una codificación para los seis tipos de resinas más comunes, y una séptima categoría para todos los otros tipos que no estén dentro de los códigos 1 al 6.




Las categorías 1 a la 7 son: 1) tereftalato de polietileno (PETE o PET); 2) polietileno de alta densidad (HDPE); 3) cloruro de polivinilo (PVC o vinilo); 4) polietileno de baja densidad (LDPE); 5) polipropileno (PP); 6) poliestireno (PS); y 7) otros, incluyendo materiales elaborados con más de una de las resinas de las categorías 1 a la 6.

Los plásticos del 1 al 6 son los denominados *commodities* debido a que son los de mayor consumo. Mientras que en la categoría 7 se encuentran plásticos especiales y de ingeniería.

Tabla II. **Características de las categorías**

Icono	Descripción	Reciclaje
	<p>PET</p> <p>Tereftalato de polietileno</p>	<p>Una vez reciclado, el PET se utiliza en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y ocasionalmente en nuevos envases de alimentos.</p>
	<p>HDPE</p> <p>Polietileno de alta densidad</p>	<p>De muy diversas formas, como en tubos, botellas de detergentes y limpiadores, muebles de jardín, botes de aceite y otros.</p>
	<p>PVC o vinilo</p> <p>Cloruro de polivinilo</p> <p>Prohibido para envasar productos alimenticios</p>	<p>No se recicla muy habitualmente. Se utiliza en paneles, tarimas, canalones de carretera, tapetes. Suelta diversas toxinas (no hay que quemarlo ni dejar que toque alimentos).</p>
	<p>LDPE</p> <p>Polietileno de baja densidad</p>	<p>Se utiliza de nuevo en contenedores y papeleras, sobres, paneles, tuberías o baldosas.</p>

Continuación de la tabla II.

Icono	Descripción	Reciclaje
	PP Polipropileno	Se pueden obtener señales luminosas, cables de batería, escobas, cepillos, raspadores de hielo, bastidores de bicicleta, rastrillos, cubos, paletas, bandejas y otros.
	PS Poliestireno Prohibido para envasar productos alimenticio	Se trata de un material difícil de reciclar y que puede emitir toxinas.
	Otros Incluye materiales elaborados con más de una de las resinas de las categorías 1 a la 6.	Son materiales de difícil reciclaje PC's, DVD, MP3, las gafas de sol, los materiales antibalas.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Datos estadísticos de la materia prima

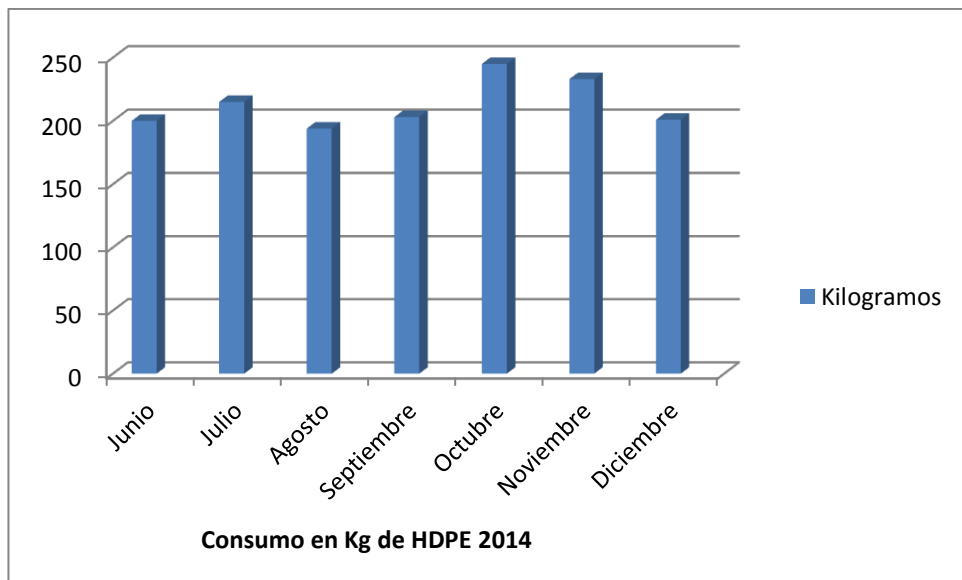
La empresa utiliza como materia prima HDPE (polietileno de alta densidad) y otros materiales termoplásticos. La ventaja de este tipo de madera plástica es que tiene todas las propiedades del plástico: no se pudre, no se enmohece, no lo atacan los insectos y resiste la exposición al ambiente.

Tabla III. **Consumo de kilogramos HDPE**

HDPE	Kilogramos 2014
Junio	200
Julio	215
Agosto	194
Septiembre	203
Octubre	245
Noviembre	233
Diciembre	201

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Consumo de kilogramos HDPE**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

3.2.3. Características físicoquímicas de la materia prima

El HDPE es un material termoplástico parcialmente amorfo y parcialmente cristalino. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, de la cantidad de comonomero presente y del tratamiento térmico aplicado.

Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) y mejor resistencia química y térmica que el polietileno de baja densidad, debido a que es mayor. Además es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, inerte (al contenido), con poca estabilidad dimensional y no tóxico.

También presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos.

Tabla IV. **Propiedades eléctricas**

Constante dieléctrica a 1MHz	2,3-2,4
Factor de disipación a 1MHz	$1-10 \times 10^{-4}$
Resistencia dieléctrica (KV mm-1)	22
Resistencia dieléctrica (KV mm-1)	10^{13}
Resistencia de volumen (ohm cm)	$10^{15}-10^{18}$

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Propiedades físicas

Absorción de agua en 24h (%)	< 0,01
Densidad (g/cm ³)	0,94-0,97
Índice refractivo	1,54
Resistencia a la radiación	Aceptable
Resistencia al ultra-violeta	Mala
Coefficiente de expansión lineal (K ⁻¹)	2*10 ⁻⁴
Grado de cristalinidad (%)	60-80

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Propiedades térmicas

Calor específico (J K ⁻¹ Kg ⁻¹)	1900
Coefficiente de expansión (x 10 ⁶ K ⁻¹)	100-200
Conductividad térmica a 23 °C (W/mK)	0,45-0,52
Temperatura máxima de utilización (°C)	55-120
Temperatura de reblandecimiento (°C)	140
Temperatura de cristalización (°C)	130-135

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Resistencia química**

Ácidos-concentrados	Buena-Aceptable
Ácidos-diluidos	Buena
Alcalís	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Grasas y Aceites	Buena-Aceptable
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidro-carbonios halógenos	Aceptable-Buena
Hidrocarburos aromáticos	Aceptable

Fuente: elaboración propia.

3.3. Producto terminado

La madera plástica es un producto hecho de plástico reciclado que sirve como sustituto de la madera natural. Su proceso de producción comienza en Guatemala con la recolección del plástico en los centros de acopio y en los basureros legales alrededor del territorio nacional. Una vez hecha la recolección se separan los termoplásticos y se les somete a un proceso de temperatura y moldeo. Con esta transformación se obtiene un producto semejante a la madera natural que es empleado de la misma manera.

3.3.1. Ejemplos de productos terminados

En la empresa en estudio se fabrican diferentes líneas de productos entre las cuales está la línea de agricultura y floricultura, construcción, ganadería, sector industria.

3.3.1.1. Construcción

La madera plástica tiene muchas ventajas sobre el barro, la madera y el concreto. Por su flexibilidad y resistencia, no se quiebra ni se parte como lo hace la madera natural, las tejas y las estructuras de concreto prefabricado. El material es ideal para la construcción de pequeñas casas, garitas, guardianias y ranchos.

Tabla VIII. Casa hecha de madera plástica



Fuente: Maderplast, S. A.

Figura 9. **Rancho fabricado de madera plástica**



Fuente: Maderplast, S. A.

Figura 10. **Casa fabricada de madera plástica**



Fuente: Maderplast, S. A.

3.3.1.2. Mobiliarios

La madera plástica tiene el atractivo que su textura superficial y la vista es muy similar a la madera natural, con la ventaja que no sufren de humedad, no se ven afectados por la polilla. Dentro del mobiliario están las bancas.

Figura 11. Banca fabricada de madera plástica



Fuente: Maderplast, S. A.

Figura 12. **Banca sin respaldo fabricada de madera plástica**



Fuente: Maderplast, S. A.

3.3.1.3. Ganadería

La madera plástica es ideal para cercos electrificados ya que el material es aislante. Además, no sirve para fogatas ni como leña para cocinar. Otras aplicaciones en la ganadería y porcicultura son postes, corrales, parideras, comederos y bebederos, entre otras cosas.

Figura 13. **Cerco para ganado**



Fuente: Maderplast, S. A.

Figura 14. **Bebedero para ganado vacuno**



Fuente: Maderplast, S. A.

3.3.2. Mercados objetivos del producto terminado

El sector de plásticos es una industria fundamentalmente intermedia, productora de una gran variedad que atiende las necesidades tanto del consumidor final como de otras áreas de economía, entre la que destaca la construcción, industria de alimentos, ganadería y porcicultura, mobiliario.

Los clientes potenciales serán todas aquellas industrias que necesiten estanterías, tarimas. A diferencia de las tarimas fabricadas con madera natural, las tarimas de madera plástica tienen una vida útil mucho mayor, y se lavan muy fácilmente.

Las tarimas de madera plástica son de vital importancia dentro de la industria alimenticia y farmacéutica para el almacenamiento de la materia prima y área de producción de ellas.

En el sector de la construcción se tiene la fabricación de cercas, muelles, muros perimetrales, pérgolas y tejas.

En el sector de la agricultura y floricultura se fabrican mesas de trabajo, maceteros, estructura par invernaderos.

- Ventajas de la madera plástica: en diciembre del 2003, la Agencia de protección del ambiente de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency -EPA-) emitió una normativa prohibiendo el uso de madera tratada para juegos infantiles y para uso residencial. La razón, de esta prohibición, es que a la madera tratada se le aplica un tratamiento de arsénico, cromo y cobre para alargar su vida útil. Estos elementos son sumamente tóxicos y causan daños a la salud y el ambiente. La madera plástica no se somete a ningún tratamiento, por lo que es inocua al ambiente y la salud. Además tiene muchísimos otros beneficios, entre los cuales se puede citar los siguientes:
 - Durabilidad cinco veces mayor que la madera natural.
 - Costo-beneficio superior en el corto, mediano y largo plazo.
 - Resistente al agua, la humedad y los solventes químicos.
 - No la daña los insectos, ni roedores.
 - No absorbe ni almacena agentes fisiosanitarios, bacterias, hongos o plagas.
 - No se raja ni se astilla.
 - No necesita mantenimiento.

- No necesita pintura, tintes especiales, ni selladores para alargar su vida útil.
- Contribuye al mejoramiento del medio ambiente: ayuda a conservar el área forestal, reduciendo la depredación de los bosques ayuda a reducir los desechos sólidos, transformándolos en productos útiles.

3.4. Propuestas de aplicación de la madera plástica

La madera plástica es un material que es resistente a golpes, condiciones climáticas adversas, agentes químicos y biológicos, tiene bajos niveles de inflamabilidad, una larga vida de aproximadamente 150 años, y queda inalterable en todo este tiempo. Es similar a la madera natural, a simple vista, pero mucho más durable por ser de plástico.

Por esta razón se fabrica con este material siendo ideal para instalar al aire libre como en el caso del mobiliario urbano, cercas y comederos animales, puertas, macetas, sumideros, areneros, puentes temporales, muebles de jardín entre otros.

Todos los elementos fabricados con este material casi no requieren mantenimiento, ya que mantiene el color y su forma en todo su ciclo de vida.

La madera plástica es muy útil para sectores como construcción, ganadería, agricultura, industria, por sus diversas aplicaciones.

El plástico es el responsable de gran cantidad de contaminación, pero por sus características físicas que se adaptan a múltiples necesidades es a bajo costo.

Es difícil todavía imaginar un mundo sin plástico, pero se reduce su uso para lugares y fines específicos reduciendo su impacto ambiental enormemente.

Siempre es mejor elegir materiales naturales, biodegradables y reciclables, pero para ciertos usos, la madera de plástico es útil y más económica. Por ello es una opción a tener en cuenta, en especial por parte de los estados y emprendimientos industriales o agronómicos.

3.4.1. Innovación en productos de aplicación

La madera plástica reciclada está ganando cuota de mercado en aplicaciones que van desde suelos y tarimas, muros de contención, mobiliario de exterior para parques y jardines, mesas infantiles, elementos de jardinería. La madera de plástico reciclado generalmente se percibe como un sustituto ecológico a las maderas duras de los bosques en peligro de extinción, y una alternativa no tóxica a la madera tratada a presión, que contiene cobre y otras sustancias químicas.

La madera plástica es también un importante mercado para los plásticos desechados de los consumidores, ayudando a desviar importantes cantidades de materiales de los vertederos y del incinerador de eliminación. El término madera plástica para construcción abarca una amplia gama de materiales y productos. El tipo de plástico utilizado, la cantidad de contenido reciclado, el reciclado de los productos finales, los aditivos y aplicaciones finales van a diferir unos productos de otros.

La mayoría de productos plásticos que simulan madera del mercado están hechos de una resina única, el polietileno, el cual está disponible en densidades

altas y bajas (HDPE y LDPE). Algunos fabricantes también están usando poliestireno (PS) y el cloruro de polivinilo (PVC).

Todavía otros se basan en una mezcla de diferentes tipos de plásticos (en gran parte reciclaje municipal). Todos los tipos de plástico (también llamados resinas plásticas) son utilizados actualmente para la madera, y comparten un origen común en los combustibles fósiles. Los plásticos sin embargo son diferentes, de acuerdo a su fabricación, procedimientos y los materiales adicionales usados en la formulación de diversos productos. Estas diferencias distinguen algunos plásticos como poseedores de mayores riesgos químicos que otros a lo largo de su ciclo de vida, uso y disposición.

Los productos hechos de reciclado de plástico poseen menores riesgos químicos, haciéndolos ambientalmente preferibles frente los que tienen mayor riesgo, como el PS y PVC.

3.5. Situación deseada luego de propuesta de aplicación

Luego de la propuesta y un plan piloto se desea que el Departamento de Producción cuente con un diagrama de operaciones, para que realice cada tarea de forma ordenada y cronológica, con el fin de evitar demoras en la línea de producción.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Implementación de la materia prima en productos para la venta

Para la implementación de venta de los productos fabricados por la empresa se diseñó un catálogo de productos, según las áreas: mobiliario, construcción e industria.

Dentro de los productos que se ofrecen para comercializar se detalla especificaciones de medida.

4.1.1. Catálogo de productos

Se presenta un catálogo de diferentes productos, entre los cuales, están: bancas, mesas de campo, basureros, celosillas, casas, garitas, letrinas, muros perimetrales, muelles, ganadería y porcicultura, agricultura y floricultura, juegos infantiles, casa para perro, tarimas, teja, carrocerías, entre otros.

Figura 15. Catálogo de productos

	
<p>Bancas con Apoya Brazos</p> <p>Medidas</p> <p>0.70 m (1 Persona)</p> <p>1.20 m (2 Personas)</p> <p>1.80 m (3 Personas)</p> <p>Posibilidad de más diseños</p>	<p>Bancas sin Apoya Brazos</p> <p>Medidas</p> <p>0.70 m (1 Persona)</p> <p>1.20 m (2 Personas)</p> <p>1.80 m (3 Personas)</p> <p>Posibilidad de más diseños</p>
<p> Mesas de Campo</p>	
	
<p>Mesa de Campo</p> <p>Medidas</p> <p>1.20 m (4 Personas)</p> <p>1.80 m (6 Personas)</p>	<p>Banca Simple Sin Respaldo</p> <p>Medidas</p> <p>1.20 m (2 Personas)</p> <p>1.80 m (3 Personas)</p>

Continuación de la figura 15.

Basureros



Basurero Grande
Medidas
50 cm diámetro y 75 cm de alto
Estilo
Con tapadera
Sin Tapadera




Basurero Pequeño
Medidas
46 cm diámetro y 37 cm de alto
Estilo
Con tapadera
Sin Tapadera
Abatible
Con Tapadera



Basurero Nueva Tecnología
Medidas Estándar
Estilo
Cuadrado


Continuación de la figura 15.

Celocillas




Celocillas Plancha de 4' x 8'
Luz
1" x 1"
1.5" x 1.5"
3" x 3"
Posibilidad de más diseños

Casas y Garitas




Panel Completo
Medidas
1m x 2.40m
1m x 1m con Ventana
0.40m x 1m con Ventana
0.40 x 1m con Dintel

Tijeras
Medidas
3.5m x 0.40 de alto
4.5m x 0.40 de alto
5.5 x 0.40 de alto

Continuación de la figura 15.

Letrinas



Letrina Completa de 1m²	
Estilo	
Con asiento plástico	
Sin asiento plástico	

Muros Perimetrales





Tabla
Medidas
6" x 2" x 1m de largo
8" x 1.5" x 1m de largo

Panel Completo
Medidas
1m x 2.40m

Posibilidad de más diseños


Continuación de la figura 15.

 **Muelles**



Solicitar cotización debido a variedad en el diseño según el cliente.

 **Ganadería y Porcicultura**



Poste
Medidas
1" de diámetro
4" de diámetro
5" de diámetro
Posibilidad de más diseños

Continuación de la figura 15.

 **Agricultura y Floricultura**





Reglas 1m de largo
Medidas
1" x 1.50"
1" x 2"

Tablas 1m de largo
Medidas
3" x 1"
Cercas de Jardín

Posibilidad de más diseños


 **Juegos**





Solicitar cotización debido a variedad en el diseño según el cliente.

Continuación de la figura 15.

 Casas de Perro




Casas

Medidas

Pequeña: 0.53 fondo x 0.68 frente x 0.65 alto

Mediana: 0.66 fondo x 0.92 frente x 0.97 alto

Grande: 0.96 fondo x 1.05 frente x 1.02 alto

 Tarimas

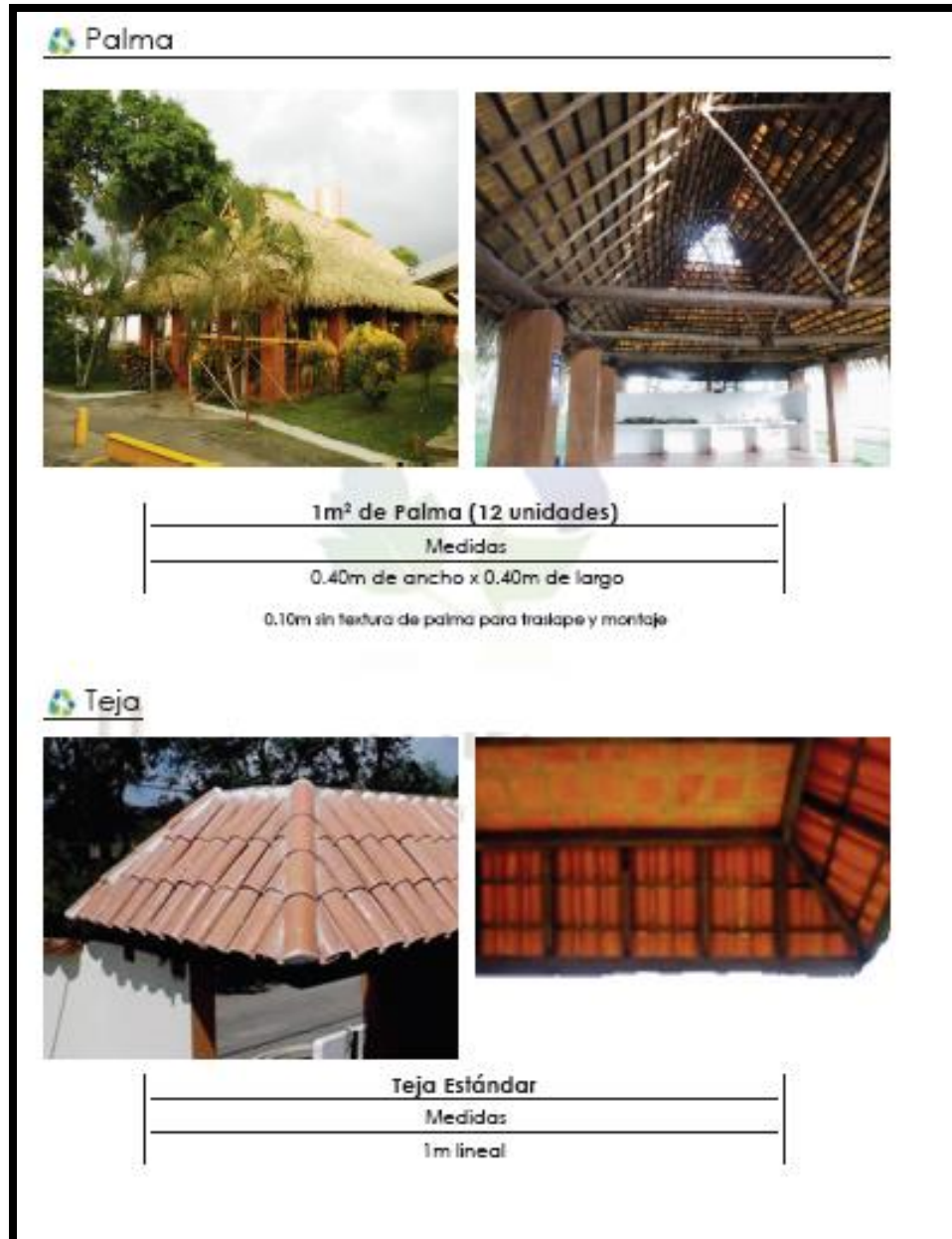


Tarima Estándar

Medidas

1m x 1.20m

Continuación de la figura 15.



Fuente: elaboración propia, con programa Photoshop.

4.2. Costo/beneficio de la propuesta de reciclaje

Se realizó una entrevista con el gerente general de la empresa para determinar el monto de la inversión inicial, siendo, el resultado de Q. 75 000 para 5 años, para lo cual se realiza los siguientes cálculos:

Se realizó el análisis para determinar la factibilidad de la propuesta.

Ingresos: los ingresos esperados se toman del pronóstico de ingresos anuales determinado por: Q. 300 000 dato proporcionado por la empresa.

Costos

Inversión Inicial = Q 75 000

Costos anuales= Q 145 000

Tasa al 8 %

Flujo de efectivo: Se calcula restando las entradas y salidas de efectivo que representan las actividades de operativas de la empresa litográfica. En términos contables el flujo de caja es la diferencia en la cantidad de efectivo disponible al comienzo de un período (saldo inicial) y el importe al final de ese período (saldo final).

Tabla IX. **Flujo de efectivo**

	1	2	3	4	5
VENTAS	300 000,00	300 000,00	300 000,00	300 000,00	300 000,00
Total de Ingresos	300 000,00	300 000,00	300 000,00	300 000,00	300 000,00
Planilla	60 000,00	60 000,00	60 000,00	60 000,00	60 000,00
Materia Prima					
Tinta	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00
Papel	15 000,00	15 000,00	15 000,00	15 000,00	15 000,00
Solvente	14 000,00	14 000,00	14 000,00	14 000,00	14 000,00
Empaque	24 000,00	24 000,00	24 000,00	24 000,00	24 000,00
Mantenimiento	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00	20 000,00
Total de Egresos	145 000,00	145 000,00	145 000,00	145 000,00	145 000,00
Flujo de Efectivo	155 000,00	155 000,00	155 000,00	155 000,00	155 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para la generación del valor presente neto (VPN) se debe considerar lo siguiente:

- Tasa de descuento: es un valor que indica la proyección de la tasa de inflación del año 1 al 5, tomando como base el TREMA, el comportamiento de las principales variables de la política del Banco de Guatemala.
- Factor de descuento: $\frac{1}{(1+n)^t}$ donde n es el flujo de efectivo.

Tabla X. **Cálculo del valor presente neto**

	Inversión Inicial	1 2015	2 2016	3 2017	4 2018	5 2019	tasa de Descuento
Flujo de Efectivo		155 000	155 000	155 000	155 000	155 000	8 %
Factor de Descuento		93 %	86 %	79 %	74 %	68 %	
Valor Presente	-75 000	143 519	132 888	123 044	113 930	105 490	
VPN	543 870						

Fuente: elaboración propia.

La tasa interna de retorno se calculó de la siguiente manera:

$$TIR = \left[\frac{(tasa 1 - tasa 2) - (0 - VPN(-))}{(VPN +) - (VPN (-))} \right] + tasa 2$$

$$TIR = \left[\frac{(10 - 20) - (0 - 388541,24)}{(512558,5) - (388541,24)} \right] + 20$$

$$= 23,7\%$$

Para determinar la relación beneficio-costo de la propuesta con base en los datos de la inversión inicial, se calcula el valor presente neto tanto con los ingresos, como los costos.

$$\sum \text{Valor presente } 618\ 870,06$$

$$\text{Costos: } 145\ 000 + 75\ 000$$

Relación beneficio/costo= 618 870,06/ 475 577= 1,30 por lo cual el beneficio es alto, dado que sus ingresos es más alto que sus costos. Siendo un proyecto factible.

4.3. Recursos

Para la implementación de la propuesta se deben contar con recurso humano, financiero y materiales con el fin de tener todos los elementos necesarios para reutilización del desecho de polímero como materia prima para la elaboración de madera plástica.

4.3.1. Personales

La empresa debe contar con un personal, altamente calificado para la realización de cada uno de las tareas según el área donde las desempeñe, y se diseñaron los perfiles de puesto.

Cada uno de los gerentes debe ser profesional y tener por lo menos 3 años de experiencia en cargos gerenciales, además de características especiales en temas de liderazgo, habilidades en comunicación y alta capacidad de dirección. Por consiguiente debe tener una buena motivación para dirigir y tomar decisiones, capacidad de análisis y de síntesis, muy buenas ideas y creatividad a la hora de actuar, capacidad de escuchar, espíritu de observación, capacidad de trabajo, perseverancia y constancia, fortaleza física y mental, integridad moral y ética y muy importante que tenga un espíritu crítico.

Tabla XI. **Funciones gerente de Producción**

Funciones	Áreas
Planificar	Oficina
Administrar la producción	Sección de producción
Control de calidad	Talleres
Estudio de tiempos y movimientos	Bodega de materia prima
Maximizar la producción	Planta de producción
Creación de nuevos métodos de trabajo	Bodega
Control de inventarios	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Funciones gerente Comercial**

Funciones	Áreas
Investigación del mercado y del entorno	Oficina
Análisis económico financiero. Gestión de tesorería. Análisis de cuentas de cobros y pagos. Política de salarios. Relación con clientes y proveedores. Control fiscal.	Departamento de Contabilidad

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Funciones del gerente de Recursos Humanos**

Funciones	Áreas
Selección de personal	Departamento de Recursos Humanos
Contratación de personal de recursos Formación del personal Resolución de conflictos laborales Reglamento interno de trabajo Administración de salarios Valoración de tareas Mejorar la comunicación interna	Departamento de Recursos Humanos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Funciones del gerente de Mercadeo**

Funciones	Áreas
Aplicaciones de <i>marketing</i>	Oficina de <i>marketing</i>
Análisis de la competencia. Oficina de E-Business. Entrenamiento en E-Business. Conocimiento del mercado. Conocimiento de los productos de la empresa. Estudios de mercado de nuevos productos.	Oficina de <i>marketing</i>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Funciones gerente de Investigación y Desarrollo**

Funciones	Áreas
Desarrollar nuevas tecnologías. Buscar innovaciones. Generar reportes de investigación acerca del comportamiento de la industria	Oficina de Investigación y Desarrollo

Fuente: elaboración propia.

Los jefes deben ser profesionales responsables, no se necesita experiencia en ningún cargo. Se prefiere que sean recién graduados pues sus conocimientos adquiridos en la universidad refuerzan y dan apoyo al gerente de área, se requiere que sean muy creativos e innovadores, para que en conjunto con cada una de las áreas, se implementen nuevos proyectos al interior de la organización.

El jefe debe cumplir ciertas funciones como asegurar la existencia de información útil para la toma oportuna de decisiones, gestionar el personal que

se le deja a cargo, planificar y coordinar las actividades de su área, administrar los recursos de su área, coordinar aspectos administrativos y operativos del departamento, elaborar proyectos de mejoramiento continuo. Además de estas funciones, el jefe debe tener ciertas características personales que le permitan ejercer el cargo de la mejor manera, tales como compromiso ético, social, orientación a la calidad por el trabajo, autoaprendizaje y desarrollo personal, liderazgo, responsabilidad, adaptación al cambio e iniciativa propia.

Tabla XVI. **Funciones de los jefes**

Funciones	Áreas
Apoyo a cada uno de los gerentes	Departamento de Finanzas
Liderar sobre sus empleados.	Departamento Comercial
Tomar decisiones oportunas.	Departamento de Marketing
Administrar los recursos de área.	Departamento de Investigación y Desarrollo
Elaborar proyectos de mejora continua.	Departamento de Producción
Planificar la actividad del área a la que corresponde.	Departamento de Recursos Humanos

Fuente: elaboración propia.

Los operarios no necesitan de un alto grado de calificación con respecto a la educación, por lo cual se le asignarán tareas tales como ingreso de la materia prima a la planta, operar las diferentes máquinas que la compañía tiene en actividad, cumplir con los parámetros de calidad exigidos por cada uno de los productos que se realicen y estar pendiente en cada uno de los procesos de planta. Cada empleado debe atender a los cursos de entrenamiento y capacitación que la empresa ofrecerá a cada operario para que realicen su trabajo de la manera más exitosa posible. Cada trabajador debe estar

comprometido con la organización y ser moral y éticamente responsable tanto en el trabajo como en su vida social.

4.3.2. Materiales

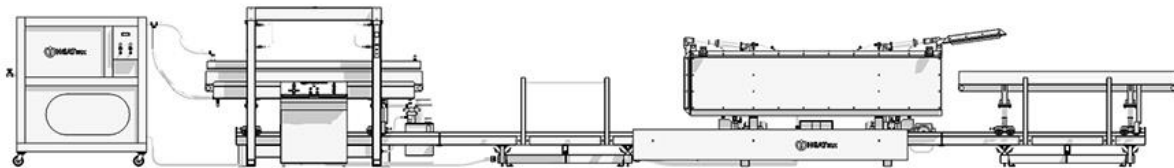
Como se expuso en los capítulos anteriores, la materia prima utilizada para la fabricación de la madera plástica es el polietileno de alta densidad (sintético) es el de mayor producción en el mundo, el cual se caracteriza por ser incoloro, inodoro y no tóxico. Es menos dúctil que el polietileno de baja densidad, aunque es más fuerte, más duro y cuatro veces menos permeable. Y la propuesta principal que es la utilización del desecho de numerario con base en polímero.

Para el proceso de producción la empresa cuenta con una máquina HEATmx4.8/2C. Esta posee dos hornos para producir tableros plásticos con dimensiones de 1,250 mm x 2,500 mm (4' x 8'), con espesor de 8 mm hasta 75 mm.

- Producción: 100 a 120 kg/hr según dureza del plástico. En 8 horas se obtienen 960 kg o dieciséis tableros de 20 mm de espesor, menor a 15 mm produce 92 kg/hr.
- Calefacción: por medio eléctrico, dos zonas con control de temperatura electrónico de hasta 300 °C.
- Prensa: dos estaciones de prensa con sistema hidráulico de 70 toneladas con fuente de poder de 3 hp.

- Enfriamiento incorporado a prensa, mediante un enfriador industrial de agua de 5 toneles.
- Incluyen 5 moldes de acero, cada uno con 16 ruedas a 45° y suspensión de resorte. Los moldes corren sobre rieles a través del sistema; dentro del horno el movimiento es motorizado.
- Se requiere corriente eléctrica trifásica de 220 v ó 440 v a 60 hz; transformador de 150 kva (soporta periféricos como molino, sierra y herramientas diversas).

Figura 16. **Máquina HEATmx4.8/2C**



Fuente: Maderplast, S. A.

4.3.3. Financieros

La empresa al realizar sus inversiones, para la compras de maquinaria, modificación de áreas de trabajo cuenta con su propia capital. En entrevista con el gerente de la empresa se determina que cuentan con un presupuesto mensual de Q 115 000, el desglose de cada partida por políticas de la empresa, no es permitido publicar en ningún medio escrito, dado que son datos confidenciales.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Proyecciones estadísticas de datos del desecho

Para la realización de la proyección de datos del desecho de producción dentro de la planta en estudio se determina, con base en el historial de kilogramos utilizados de materia prima al mes, si se permite según políticas de la empresa un 2 % de merma y se toma los datos del 2014 para determinar los kilogramos necesarios para cada mes, así como la merma que se generará.

La suavización exponencial requiere un valor de inicio. Si se tienen datos disponibles se puede emplear un promedio sencillo para iniciar el proceso; si los datos no son seguros se hace una predicción subjetiva.

La ecuación correspondiente a este pronóstico es:

$F_{t+1} = (\text{demanda para este periodo}) + (1 - \alpha)(\text{pronóstico calculado para el último periodo})$

$$F_{t+1} = D_t + (1 - \alpha)F_t$$

La siguiente ecuación es equivalente:

$$F_{t+1} = F_t + (\alpha)(D_t - F_t)$$

La constante de suavización “a” es un número entre 0 y 1 que entra multiplicando en cada pronóstico, pero cuya influencia declina exponencialmente al volverse antiguos los datos.

Una “a” baja da más ponderación a los datos históricos. Una “a” de 1 refleja un ajuste total a la demanda reciente, y los pronósticos serán las demandas reales de los periodos anteriores.

La selección depende de las características de la demanda. Los valores altos de “a” son más sensibles a las fluctuaciones en la demanda.

Los valores bajos de “a” son más apropiados para demandas relativamente estables (sin tendencia o ciclicidad), pero con una gran cantidad de variación aleatoria.

La suavización exponencial simple es un promedio suavizado centrado en el periodo presente. No se puede extrapolar para efectos de tendencia, por lo que ningún valor de “a” compensará completamente la tendencia en los datos.

Los valores ordinarios de “a” varían entre 0,01 y 0,40. Los valores bajos de “a” disminuyen efectivamente la variación aleatoria (ruido - dispersión).

Los valores altos son más sensibles a cambios en la demanda (introducciones de nuevos productos) y error buscando cuál valor reduce el error del pronóstico.

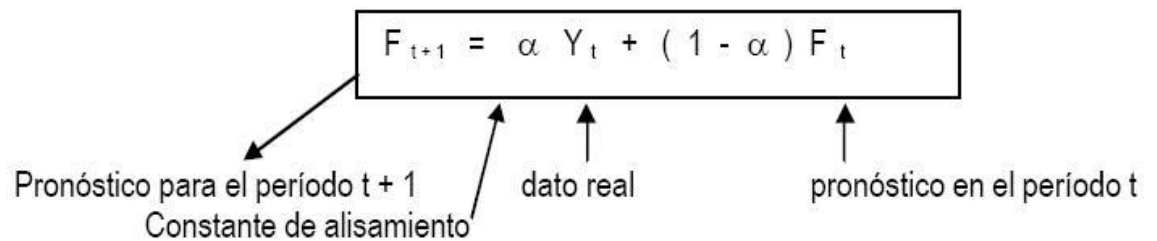
Esto se hace fácilmente modelando el pronóstico en un programa de cómputo, tratando con diferentes valores de “a”.

Un valor de “a” que proporcione aproximadamente un grado equivalente de suavización tanto como un promedio móvil de un periodo es $a = 2 / (n + 1)$.

Esta forma de la ecuación muestra que el pronóstico, para el periodo siguiente, es igual al pronóstico del periodo actual, más una proporción del error del pronóstico correspondiente al mismo periodo actual.

Para poner en marcha la suavización exponencial se requiere un pronóstico inicial. Hay dos formas de realizar este pronóstico inicial: usar la demanda del último periodo, o bien, se dispone de datos históricos, calcular el promedio de varios periodos recientes de demanda. El efecto de la estimación inicial del promedio sobre las estimaciones sucesivas del mismo, disminuye a lo largo del tiempo porque, con la suavización exponencial, las ponderaciones asignadas a las demandas históricas sucesivas, que se utilizan para calcular el promedio, disminuyen exponencialmente.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$$


Pronóstico para el período t + 1
Constante de alisamiento
dato real
pronóstico en el período t

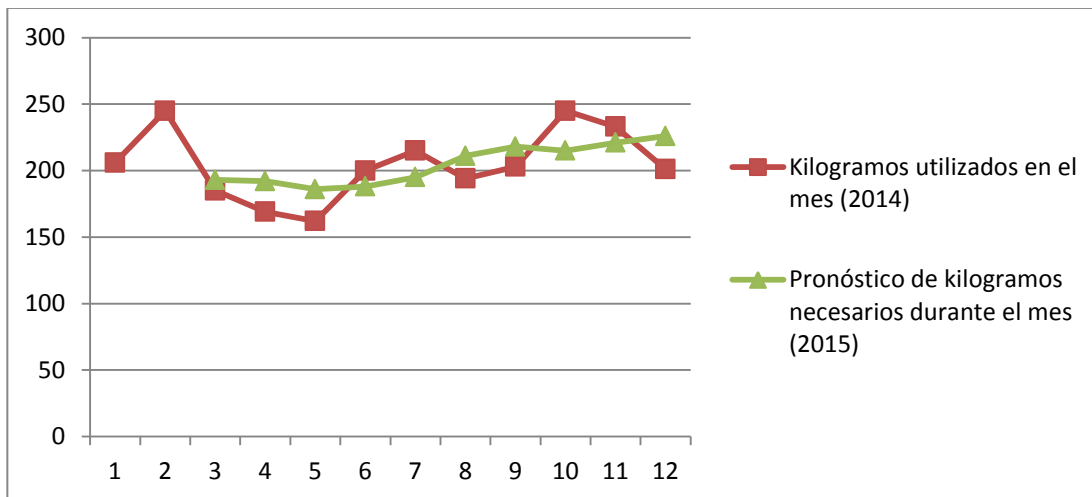
Se utilizará un valor alpha (α) de 0,4.

Tabla XVII. **Pronóstico de kilogramos de materia prima**

Estimación		
Meses	Kilogramos utilizados en el mes	Pronóstico de kilogramos necesarios durante el mes
1	206	
2	245	
3	185	193
4	169	192
5	162	186
6	200	188
7	215	195
8	194	211
9	203	218
10	245	215
11	233	221
12	201	226

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Kilogramos por mes (2015)**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

Tabla XVIII. **Proyección de merma**

Pronóstico de kilogramos necesarios durante el mes (2015)	Porcentaje de merma proyectado kg (2015)
193	4
192	4
186	4
188	4
195	4
211	4
218	4
215	4
221	4
226	5

Fuente: elaboración propia.

5.2. Mejora continua en los productos fabricados

La mejora deberá ser parte integral de la administración en todos los sistemas y procesos. La mejora continua se refiere tanto a una mejora incremental, pequeña y gradual como una de descubrimiento, grande y rápida. La mejora puede tomar cualquiera de las siguientes formas:

- Mejorando el valor hacia el cliente mediante productos y servicios nuevos y mejorados.
- Reduciendo errores, defectos, desperdicios y costos relacionados.
- Mejorando la productividad y efectividad en el uso de todos los recursos.
- Mejorando la sensibilidad y el desempeño del tiempo de ciclo.

La necesidad de mejorar los productos y servicios para ponerse adelante en el mercado, reducir errores y defectos, y mejorar la productividad, han sido siempre objetivos esenciales en los negocios. Conforme más negocios compiten en servicio, el éxito en estos mercados demanda ciclos de introducción del producto y de los servicios cada vez más breves y una más rápida respuesta a los clientes. Estos aspectos se presentan cuando los procesos de trabajo llenan tanto metas de calidad como de respuesta.

Por lo tanto, la mejora en los tiempos de respuesta debería ser una preocupación central de los procesos de mejora de la calidad en las unidades de trabajo. Las mejoras de importancia en el tiempo de respuesta pudieran requerir una simplificación importante de los procesos, y a menudo impulsar mejoras simultáneas tanto en la calidad como en la productividad, por lo que los objetivos de tiempo de respuesta, calidad y productividad se consideran en forma conjunta.

5.2.1. Evaluación del desempeño

En la empresa debe existir una evaluación del desempeño siendo un instrumento que se utiliza para comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos a nivel individual. Este sistema permite una medición sistemática, objetiva e integral de la conducta profesional y el rendimiento o el logro de resultados (lo que las personas son, hacen y logran).

Es útil para determinar la existencia de problemas en cuanto se refiere a la integración de un empleado/a en la organización. Identifica los tipos de insuficiencias y problemas del personal evaluado, sus fortalezas, posibilidades, capacidades y los caracteriza. Para lo cual se diseña una hoja de evaluación para darle seguimiento y mejora de las actividades realizadas por cada


trabajador. Esta evaluación se realizará cada tres meses, por parte del Departamento de Recursos Humanos.

Figura 18. **Apreciación del desempeño**

Apreciación del desempeño

Nombre del evaluado	Puesto del evaluado
Escribir nombre y apellidos	Escribir la posición / puesto organizacional
Nombre de quien evalúa	Puesto de quien evalúa
Escribir nombre y apellidos	Escribir la posición / puesto organizacional
Fecha	Sup. <input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> Inf. <input type="checkbox"/>
dd/mm/aaaa	Indicar con una "X" el nivel organizacional

* De acuerdo la escala de calificación, por favor asigne en el cuadro a la derecha de cada grupo la calificación que considere más adecuada..

COMUNICACIÓN		
5	Su forma de comunicarse es permanente, clara y objetiva, en ambos sentidos con todos.	
4	Se comunica permanentemente, de forma clara y objetiva, en ambos sentidos pero NO con todos.	
3	Se comunica cuando requiere, de forma clara y objetiva, aunque casi no escucha.	
2	Se comunica muy poco, de forma clara y objetiva, además no escucha.	
1	Comunicación prácticamente nula y es difícil de entender, además de no escuchar.	
LIDERAZGO		
5	Ha logrado GRAN influencia en su equipo, la gente sabe a donde va, y como hacerlo. Tienen gran seguridad.	
4	Ha logrado cierta influencia en su equipo, la gente sabe a donde va, y como hacerlo. Tiene seguridad.	
3	Tiene el respeto de la mayoría, ha sabido dirigirlos sin problemas y sienten confianza, más no plena seguridad.	
2	Poca gente le tiene confianza, no ha sabido dirigir a su equipo con seguridad, hay dudas de lo que quiere.	
1	Nula confianza y seguridad hacia él por parte de su equipo, graves deficiencias de dirección.	
MOTIVACION		
5	Su forma de ser y de comunicarse mantienen permanentemente muy motivado a su todo su equipo de trabajo.	
4	Ha sabido mantener elevada y constante la motivación de su equipo, pero en ocasiones no en todos.	
3	Hay motivacion, aunque no es en todos y no siempre.	
2	Poca gente esta motivada y de vez en cuando, hay pasividad y actitud negativa en la gente.	
1	Su equipo de trabajo se ve sumamente desmotivado hacia su trabajo.	
SEGURIDAD, ORDEN Y LIMPIEZA		
5	Sobresaliente apego a normas y procedimientos. Lleva record sin accidentes.	
4	Limpieza y orden en su área de trabajo, sin embargo en seguridad puede mejorar. Buen record sin accidentes.	
3	La inconsistencia han povocado de vez en cuando problemas y accidentes, aunque muy leves.	
2	Hay deficiencias notables en limpieza, orden y seguridad, lo que ha llevado a que se den accidentes serios.	
1	La falta de trabajo da muy mala imagen de su area de trabajo. Ha habido constantes y serios accidentes.	

Continuación de la figura 18.

CAPACITACIÓN Y DESARROLLO	
5	Excelente capacitación y adiestramiento en su departamento, anticipándose inclusive a necesidades futuras.
4	Buen nivel de capacitación y adiestramiento, aunque en ocasiones falta hacerlo mejor y más frecuentemente.
3	Hace falta un poco de capacitación y adiestramiento, sobre todo en algunas personas de su equipo.
2	Parece que a muy pocos son a los que se preocupa por capacitar y adiestrar.
1	Hay deficiencias serias en capacitación y adiestramiento en todo su equipo de trabajo.
ACTITUD Y COLABORACIÓN	
5	En él y todo su equipo de trabajo se aprecia una actitud excepcional y permanente de colaboración y de servicio.
4	Su equipo de trabajo y él, se ven con buena actitud y colaboración todos los días.
3	Hay buena colaboración y actitud de servicio en su equipo y en él mismo, aunque no se ve diario así.
2	En ocasiones se aprecia falta de colaboración entre algunos miembros de su equipo y en él mismo.
1	Deficiencias notables y permanentes en cuanto a colaboración y actitud de servicio en su equipo y en él mismo.
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	
5	Encuentra soluciones efectivas y de forma oportuna a todas y diversas situaciones que se le presentan.
4	Da soluciones adecuadas y en tiempo a las situaciones y problemas que se le presentan.
3	Aporta soluciones adecuadas, aunque en ocasiones un poco lento a los problemas que se presentan.
2	Ha tomado algunas decisiones equivocadas y en destiempo a los problemas y situaciones que se presentan.
1	La mayoría de sus decisiones dejan mucho que desear y generalmente cuando ya es tarde.
AMBIENTE DE TRABAJO	
5	En todo su equipo de trabajo se aprecia un ambiente de trabajo extraordinario y esto es así permanentemente.
4	Hay buen ambiente de trabajo y es constante, todo el mundo parece estar contento.
3	La gente trabaja agusto, dentro de un ambiente de trabajo tranquilo, seguro y confiable.
2	Hay ocasiones y personas que debido a diversas situaciones han provocado mal ambiente de trabajo.
1	El ambiente de trabajo en su equipo de trabajo es deplorable, se nota molestia y conflictos constantes.
CAPACIDAD PERSONAL	
5	Siempre ha demostrado conocimientos, habilidades y experiencia sorprendentes y excepcionales.
4	Su capacidad, experiencia y habilidad personal, nunca han dejado lugar a dudas. Es bueno en general.
3	En alguna ocasión ha demostrado ciertas deficiencias en su capacidad, aunque no es muy notable.
2	Ha habido varias ocasiones en que su falta de conocimientos, habilidad o experiencia le ha provocado problemas.
1	Denota grandes deficiencias personales para llevar a cabo su trabajo.
COSTOS Y PRODUCTIVIDAD	
5	El evaluado y su departamento demuestran actitud y resultados excepcionales en reducción de costos.
4	Hay buena conciencia del costo y productividad, además de hechos importantes que así lo demuestran.
3	Falta ser más constantes en su esfuerzo por mejorar la productividad y reducir costos.
2	Deficiencias notorias en el aprovechamiento de los recursos de su area, generando costos y baja productividad.
1	Total falta de administración y aprovechamiento de recursos, provocando elevados costos y la más baja productividad.

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Propuestas de mejoras en el proceso

El muestreo de la madera plástica servirá para la realización de los distintos tipos de ensayo con el fin de determinar el comportamiento de las mismas y verificar si el material se comporta de la misma manera o por lo menos mantiene un rango aceptable de variación en lo que respecta a sus propiedades físicas y mecánicas. Según la norma ASTM D-143 establece que las probetas de ensayo deben estar limpias y libres de defectos.

Basando en esta norma la limpieza la probeta de la madera y defectos son factores que influyen en los resultados de los ensayos. Para las probetas de la madera plástica se deben tomar piezas seleccionadas cuidadosamente, desechando aquellas que presentarán características irregulares, como aquellas que se contaban con una reducción de sección muy marcada.

- Número de ensayos: variará según sea la propiedad mecánica que se desee verificar, pero en cada uno de los diferentes tipos se tratará de ejecutar por lo menos tres veces, o en su defecto dos; si en algún caso especial que no se pueda realizar, el número de veces deseado.
- Ensayos para las propiedades mecánicas: el material utilizado para los ensayos, en los cuales se pretende encontrar las propiedades mecánicas, es llamado madera plástica. Este material es producto del reciclaje de casi todo tipo de plástico que es desechado por empresas dando de baja productos fabricados con base en plástico, en los cuales estos han cumplido con su vida útil de funcionamiento o ya no cumplen la función para la cual fueron diseñados por defectos; así como productos de plásticos como bolsas, botellas, cortinas y otras que son de base

plástica, recolectados de basureros siendo recicladas para dar vida a este nuevo material.

- Ensayo para la resistencia a la tensión paralela a la fibra: en la práctica de este ensayo se observará que existen algunos inconvenientes, se toman en cuenta al someter a este tipo de esfuerzo. En la zona de agarre existen compresiones y taladros, que haría romper la pieza antes por otros tipos de esfuerzos y no por tensión, con lo que la carga de tensión no sería netamente pura o máxima de este material.

5.2.3. Propuesta de productos innovadores

Con la madera plástica se fabrican productos para diversas industrias así como aplicaciones entre las que están vivienda, agricultura, servicios, vialidad y limpieza. Algunos ejemplos de productos hechos de madera plástica se encuentran: topes, barreras separadoras, tarimas, embalajes, contenedores, pisos de transporte, cercas, jardineras, macetas, postes, basureros, revestimientos, cajas de *pick up*, casas para mascotas entre otros. El único límite es la imaginación y lo que se pueda crear con ella. Una propuesta muy interesante es que con el material reciclado se alimente una impresora 3D para crear todo tipo de piezas.

Figura 19. **Tope para vehículo**



Fuente: Maderplast, S. A.

5.3. Combinación de materiales para la innovación de madera plástica

Para la producción de madera plásticas existe una técnica de utilizar aserrín de la especie forestal teca (*Tectona grandis*), como fibra natural para crear maderas plásticas usando polipropileno virgen como aglutinante por el método de compresión en caliente.

5.3.1. Innovación de la fabricación de madera plástica con nuevos productos

Para la fabricación de madera plástica se usan como materia prima el aserrín de proceso de corte de la madera, el proceso inicia con la recolección de la materia prima.

El aserrín se recogerá con el colector de sedimentos cuando se corte madera de teca de la siguiente forma:

- Se debe limpiar el extractor de aserrín para que no contenga partículas de otras maderas.
- Se tiene que limpiar la sierra de banco para que no tenga ningún residuo de otra madera o producto.
- Encender el extractor, luego la sierra de banco y el extractor acumulará en las bolsas el aserrín.
- El aserrín se recoge de los sacos del extractor y es almacenado para que no se mezcle con otras sustancias.
- Tamizar el aserrín con las mallas 40 y 60 utilizando como materia prima lo retenido en la malla 60 para tener un tamaño de partícula entre 0,375 y 0,246 milímetros.
- Usar la balanza de humedad para determinar su contenido.

Procedimiento para crear las piezas de madera plástica:

- Utilizar un horno para calentar la mezcla, después, una prensa hidráulica para compactar el material caliente.
- Pesar las muestras mezclando en proporciones de 40, 50 y 60 % en peso de aserrín con el aglutinante.
- Mezclar todo hasta tener una fórmula homogénea.
- Colocar la mezcla en el molde.

- Encender el horno y ajusta la temperatura del horno a los valores establecidos 140, 160, 180 °C.
- Introducir el molde al horno ya calentado a las temperaturas de operación.
- Sacar las piezas de madera plástica a los tiempos fijados 35, 45 y 55 minutos.
- Colocar el molde caliente en la prensa hidráulica y comprimir.
- Desmoldar las piezas de madera plástica.

5.4. Evaluación de resultados

Para evaluar el resultado de un proyecto o una propuesta de proyecto se debe determinar las condiciones actuales y compararlas *versus* las condiciones o cambios que genera dicho proyecto, es decir, determinar qué tanto el proyecto ha logrado cumplir con sus objetivos. Teniendo estos resultados se transforman en información para la toma de decisiones. Esta evaluación también sirve como una retroalimentación para observar aspectos que se deben mejorar, replanteando nuevos objetivos con base en los resultados.

En este caso, con la propuesta que se plantea, se tomarán varios criterios para evaluar el cumplimiento de los objetivos planteados. Entre los cuales están los que se basarán en las ganancias de la empresa antes y después del proyecto, también se puede tomar el criterio de la eficiencia de los operarios, el nivel de producción, nivel de ventas e impacto que tenga el proyecto, entre otros.

CONCLUSIONES

1. El numerario ha evolucionado conforme la tecnología lo ha ido permitiendo, ya que cada vez se incorporan medidas de seguridad que los hacen más seguros, así como materiales que los hacen más resistentes y duraderos. Lo cual lleva a pensar que en un futuro cercano puede que surjan nuevos materiales para la elaboración de los mismos, así como medidas de seguridad para evitar la falsificación.
2. Las propiedades que tiene la madera plástica, poseen un alto grado de resistencia a compresión. Al impacto es impermeable y su durabilidad es amplia. Tiene muchas ventajas sobre la madera natural y es una forma en la cual se ayuda al medio ambiente.
3. El diagrama de operaciones permite, a la empresa en estudio, tener un orden de las actividades de producción de madera plástica. Este beneficia ya que conoce cronológicamente cada uno de los pasos, así como la ubicación de cada estación de trabajo.
4. El uso de la madera plástica en el hogar, industria, comercio, permite al usuario contar con un producto confiable, resistente, versátil, de un costo más representativo que comprar un mueble de madera, tiene la ventaja que no se ve afectado por la polilla y otros agentes. Es empleado en una gama muy grande de artículo.

5. El material de desecho es la fuente de materia prima para el proceso de la fabricación de madera plástica que a través de un proceso de producción industrial se obtiene un producto confiable y seguro, y lo más importante aún amigable con el medio ambiente.

6. El desperdicio en Guatemala es un problema que incrementa día con día y gracias al reciclaje de estos desechos se ha creado propuestas para la reutilización de desechos en productos útiles para el consumidor. El reciclaje del plástico en Guatemala se da por parte de los recolectores, quienes venden el producto a las recicladoras grandes, comercializándolo con las plantas de producción, quienes transforman el plástico en nuevos productos, pero no se le da un enfoque para crear productos como la madera plástica. Esta ayuda a disminuir la tala de árboles para la fabricación de muebles y demás aplicaciones de la madera natural.

RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que si en el medio se disminuyera el uso del plástico, esto contribuiría en los siguientes aspectos:

1. En la disminución de la cantidad de residuos; es mejor no producir residuos que resolver qué hacer con ellos.
2. El reciclaje del plástico ayuda a que los rellenos sanitarios no se saturen rápidamente.
3. Se ahorran recursos naturales, energía, materia prima y recursos financieros.
4. La reducción en la fuente aminora la polución y el efecto invernadero.
5. Requiere menos energía transportar materiales más livianos.
6. Menos energía significa menos combustible quemado, lo que implica a su vez menor agresión al ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACLE, Tomasini. *Planeación estratégica de la calidad*. 6a ed. Argentina: Grijalva, 1990. 178 p.
2. ALCÁNTARA, Linar. *Los polímeros*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos93/sobre-los-polimeros/sobre-los-polimeros.shtml>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
3. Banco de Guatemala. *Presentación en la web*. [en línea]. <<http://www.banguat.gob.gt/Publica/conferencias/cbanguat332.pdf>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
4. *El polímero clásico, Breve Historia de los Billetes de Plástico*. [en línea]. <<http://elpolimeroclassico.blogspot.com/2012/01/breve-historia-de-los-billetes-de.html>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
5. EVERETT, E. Adam; EBERT, Ronald J. *Administración de la producción y las operaciones*. México: Prentice Hall, 1988. 198 p.
6. FLANDEZ, J., et al. *Management of corn stalk waste as reinforcement for polypropylene injection moulded composites*. *Bioresources*. Estados Unidos: American Chemical Society, 2012. 1836 p.
7. LOPEZ, J.P., et al. *Tensile Strength characteristics of Polypropylene composites reinforced with Stone Groundwood fibers from*

Softwood. Bioresources. Estados Unidos: American Chemical Society, 2012. 3188 p.

8. MICHELLE, Natalia. *El reciclaje en el mundo de hoy*. Managua. Nicaragua. [en línea]. <<http://www.elobservadoreconomico.com/articulo/461>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
9. MOLINA, Stefani. Medio ambiente: Proyecto La Urita- Reciclaje. *Fundamentos teóricos*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos82/medio-ambiente-reciclaje/medio-ambiente-reciclaje2.shtml>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
10. NEOTURE, S. L. *Definición de la madera plástica. Neoture innovación ecológica*. [en línea]. <<http://www.maderaplastica.es/madera-plastica/definicion-madera-plastica.html>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
11. Tecnología de los Plásticos. *Compuestos de madera y plástico*. [en línea]. <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/09/compuestos-de-madera-y-plastico.html>>. [Consultado: 15 de noviembre de 2014].
12. THOMASON, J.L. *The influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre reinforced polypropylene: 5. Injection moulded long and short fibre PP. Composites Part a Applied*

Science and Manufacturing. Estados Unidos: El Sevier, 2002.
1641 p.

13. REIXACH, R., et al. *Micromechanics of Mechanical, Thermomechanical, and Chemi-Thermomechanical Pulp from Orange Tree Pruning as Polypropylene Reinforcement: A Comparative Study*. *Bioresources*. Estados Unidos: American Chemical Society, 2013. 330 p.

