

**UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**  
**SEDE CENTRAL**  
**INGENIERÍA EN PROCESOS Y CALIDAD (IPC)**

**“DESARROLLO DE UN PROCESO EN LA EMPRESA M&R PLAS PARA  
EL TRATAMIENTO DE ENVASES PLÁSTICOS DE AGROQUÍMICOS  
GENERADOS POR EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL CANTÓN DE ZARCERO,  
CON EL FIN DE GENERAR INGRESOS ECONÓMICOS”**

**Trabajo final de graduación como requisito para optar por el grado académico de  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN PROCESOS Y CALIDAD**

**SUSTENTANTES:**

**Marilyn Dayana Rojas Rodríguez**

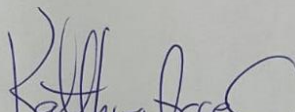
**Randall Alberto Mena Duarte**

**ALAJUELA, COSTA RICA**

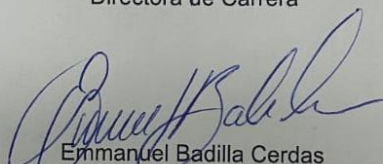
**2024**

### Hoja de aprobación del Tribunal Evaluador

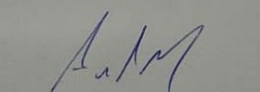
Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador el día 10 de diciembre del 2024 a las 20:40 horas, como requisito para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Procesos y Calidad.



Katty Arce Carranza  
Directora de Carrera



Emmanuel Badilla Cerdas  
Profesor Tutor del TFG



Andrés Jiménez Segura  
Lector

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VI
<b>APROBACIONES</b> .....	VII
<b>DIDICATORIA</b> .....	VIII
<b>AGRADECIEMENTO</b> .....	IX
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>1.1. Introducción</b> .....	12
<b>1.2. Antecedentes</b> .....	13
<b>1.3. Justificación</b> .....	18
<b>1.4. Pregunta de investigación</b> .....	21
<b>1.5. Hipótesis</b> .....	21
<b>1.6. Objetivo general y específicos</b> .....	22
<b>1.6.1. Objetivo general</b> .....	22
<b>1.6.2. Objetivos específicos</b> .....	22
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	23
<b>2.1. Contextual</b> .....	24
<b>2.1.1. Uso de agroquímicos a nivel mundial</b> .....	24
<b>2.1.2. Uso de agroquímicos en Costa Rica</b> .....	25
<b>2.1.3. Uso de agroquímicos en el cantón de Zarcero</b> .....	26
<b>2.2. Teorías</b> .....	29
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b> .....	36
<b>3.1. Tipo de investigación</b> .....	37
<b>3.2. Alcance de la investigación</b> .....	37
<b>3.3. Cuadro de variables</b> .....	38
<b>3.4. Fuentes</b> .....	41
<b>3.5. Muestra</b> .....	41
<b>3.6. Instrumentos y técnicas de recolección de datos</b> .....	42
<b>CAPÍTULO IV DESARROLLO</b> .....	43
<b>4.1. Agroservicios y tipos de plástico de los agroquímicos</b> .....	44
<b>4.2. Tipos de envases de los agroquímicos y consumo en el cantón de Zarcero</b> ....	45
<b>4.3. Proceso productivo para el tratamiento de envases plásticos de agroquímicos</b> .....	48

<b>4.4</b>	<b>Cálculo de espacio físico del proceso de producción</b> .....	51
<b>4.5</b>	<b>Distribución de planta de la empresa R&amp;M PLAS</b> .....	54
<b>4.5.1</b>	<b>Tipos de productos</b> .....	54
<b>4.5.2</b>	<b>Flujo de producción (ruta)</b> .....	55
<b>4.5.3</b>	<b>Capacidad de producción (cantidad de unidades mensuales)</b> .....	55
<b>4.5.4</b>	<b>Análisis de producto-cantidad (P-C)</b> .....	58
<b>4.6</b>	<b>Capacidad de producción y consumo de energía</b> .....	66
<b>CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN O SOLUCIONES</b> .....		68
<b>5.1</b>	<b>Simulación del proceso</b> .....	69
<b>5.2</b>	<b>Análisis financiero</b> .....	72
<b>CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		76
<b>6.1</b>	<b>Conclusiones</b> .....	77
<b>6.2</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	78
<b>CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		79
<b>CAPÍTULO VIII ANEXOS</b> .....		88
Anexo 1.	Taxonomía de Bloom .....	89
Anexo 2.	Carta de empresa firmada .....	90

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Participación (%) de la agricultura en el mercado mundial de plásticos.....	14
<b>Figura 2.</b> Tasa de reciclaje de residuos de envases de plástico (%) en la UE .....	15
<b>Figura 3.</b> Uso de kg, ia/ha de agroquímicos por país .....	16
<b>Figura 4.</b> Uso promedio de plaguicidas por hectárea .....	19
<b>Figura 5.</b> Coeficiente constante K .....	29
<b>Figura 6.</b> Pareto venta de unidades de agroquímicos por agroservicio .....	44
<b>Figura 7.</b> Histograma por tamaño de envase de agroquímico vs. cantidad de ventas .....	46
<b>Figura 8.</b> Gráfico de cantidad de envases generados por agroservicios .....	47
<b>Figura 9.</b> Gráfico de cantidad de plástico producido por tipo de envases .....	48
<b>Figura 10.</b> Secuencia equipos para el proceso de extrusión del plástico .....	49
<b>Figura 11.</b> Productos a diseñar .....	49
<b>Figura 12.</b> Diagrama de flujo de producción.....	55
<b>Figura 13.</b> Diagrama de ruta entre cada par .....	64
<b>Figura 14.</b> Diagrama de relación de espacios .....	65
<b>Figura 15.</b> Propuesta de diseño de planta.....	66
<b>Figura 16.</b> Flujo de proceso Flexsim .....	70
<b>Figura 17.</b> Resultado de simulación .....	72
<b>Figura 18.</b> Datos para cálculos del VAN, TIR y ROI.....	73
<b>Figura 19.</b> Análisis de VAN, TIR y ROI .....	73

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Retorno económico del tratamiento de desechos plásticos de los agroquímicos ..	21
<b>Tabla 2.</b> Cuadro de variable según los objetivos del proyecto.....	38
<b>Tabla 3.</b> Cantidad de unidades vendidas de agroquímicos según cada agroservicio .....	45
<b>Tabla 4.</b> Peso promedio por unidad de los diferentes tipos de envases .....	47
<b>Tabla 5.</b> Equipos necesarios para transformar plásticos reciclados en productos alternativos .....	51
<b>Tabla 6.</b> Espacio físico requerido para el proceso de producción .....	53
<b>Tabla 7.</b> Consumo de plástico (kg/EA) por unidad de producto diseñado.....	57
<b>Tabla 8.</b> Producción mensual según los diferentes productos.....	58
<b>Tabla 9.</b> Áreas de proceso de manufactura.....	59
<b>Tabla 10.</b> Pares de secuencia.....	59
<b>Tabla 11.</b> Análisis P-C pares de secuencia de ruta por producto .....	60
<b>Tabla 12.</b> Tabla de flujo de ruta .....	61
<b>Tabla 13.</b> Relación de secuencia de ruta .....	63
<b>Tabla 14.</b> Motivo de proximidad de ruta.....	63
<b>Tabla 15.</b> Motivo de proximidad de espacio .....	65
<b>Tabla 16.</b> Capacidad de las máquinas por hora .....	67
<b>Tabla 17.</b> Parámetro para la simulación .....	69

**APROBACIONES**

**DEDICATORIA**

*Este proyecto se lo dedicamos a nuestras familias,  
las cuales han estado a nuestro lado en todo  
momento, siendo nuestro apoyo incondicional.  
Ustedes han hecho posible el desarrollo de este  
trabajo y la culminación de nuestra carrera.*

**AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a cada persona que de una u otra manera nos ayudó a que este Trabajo Final de Graduación se lograra concluir.

Nuestro agradecimiento al Ing. Emanuel Badilla Cerdas, M.Sc., por su ayuda constante a lo largo de este trabajo. Además, agradecemos a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería en Procesos y Calidad que estuvieron involucrados en nuestro proceso de formación académica universitaria.

## **RESUMEN**

Este proyecto se desarrolló para implementar un proceso productivo destinado al tratamiento de envases plásticos de agroquímicos generados por el sector agrícola del cantón de Zarceró, con el propósito de transformar estos residuos, principalmente polietileno de alta y baja densidad, polipropileno y PVC, en productos alternativos como postes para cercas y viviendas. La empresa M&R PLAS busca reducir la contaminación ambiental causada por el mal manejo de estos envases y generar ingresos económicos, estimados en \$44.437.304,11 anuales, con un retorno de inversión en un periodo de cuatro años y una tasa de rendimiento del 37%. El cantón cuenta con seis agroservicios que distribuyen 165.989 envases al año, equivalentes a 42,3 toneladas de plástico reciclable. Se diseñó un proceso productivo mediante simulación que alcanzó un rendimiento del 92,69%, logrando una capacidad mensual de 172 unidades en seis productos distintos. El análisis financiero confirmó la rentabilidad del proyecto, con un VAN positivo y una TIR superior a la tasa de descuento anual de 8,28%. Este enfoque integral no solo mejora la gestión de residuos plásticos en el sector agrícola, sino que también promueve un impacto ambiental positivo y un modelo económico sostenible.

**ABSTRACT**

This project was developed to implement a production process for treating plastic agrochemical containers generated by the agricultural sector in the canton of Zarcero, with the aim of transforming these wastes, primarily high- and low-density polyethylene, polypropylene, and PVC, into alternative products such as fence and housing posts. The company M&R PLAS seeks to reduce environmental pollution caused by the improper handling of these containers and generate economic revenues estimated at ¢44,437,304.11 annually, with an investment recovery period of four years and a return rate of 37%. The canton has six agroservices distributing 165,989 containers per year, equivalent to 42.3 tons of recyclable plastic. A production process was designed through simulation, achieving a 92.69% efficiency and a monthly capacity of 172 units across six different products. Financial analysis confirmed the project's profitability, with a positive NPV and an IRR exceeding the annual discount rate of 8.28%. This comprehensive approach not only improves plastic waste management in the agricultural sector but also promotes a positive environmental impact and a sustainable economic model.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Introducción**

El presente trabajo de investigación consiste en el desarrollo de un proceso para el tratamiento de los envases plásticos de agroquímicos, generados por el sector agrícola del cantón de Zarceró.

La empresa M&R PLAS tiene el propósito de recolectar envases vacíos generados por el sector agrícola de dicho cantón y transformarlos en productos alternativos, tales como postes para cercas de fincas o viviendas –como se muestra en el anexo 1– con el fin de obtener ingresos monetarios y a su vez, disminuir la contaminación ambiental que están generando, debido al mal manejo que se les da después de su principal uso.

Al respecto, López *et al.* (2020) mencionan que los plásticos tardan cientos de años en degradarse y estos son utilizados en la mayor cantidad de industrias. Son productos con una limitada capacidad de autodestrucción y, en consecuencia, quedan durante muchos años como residuos en la tierra, lagos, ríos y mares, y otra gran parte es quemada de manera inapropiada.

Para la agricultura, es de suma importancia el uso de los plásticos, ya que en estos se almacenan los insumos agrícolas que se necesitan a diario para controlar las plagas de los cultivos y así incrementar la calidad y cantidad de la producción agrícola. Por lo tanto, es inevitable generar una gran cantidad de desechos plásticos, siendo estos especialmente polietileno de alta y baja densidad, polipropileno y PVC (Cámara, 2021).

Por consiguiente, este documento hace un análisis de la transformación de los plásticos desechados por el uso de agroquímicos en el cantón de Zarceró en productos alternativos, los cuales van a generar un beneficio económico anual de ¢44.437.304,11 con una recuperación de inversión en un periodo de 5 años.

## **1.2. Antecedentes**

El Banco Mundial (2023) afirmó que la agricultura es esencial para el crecimiento económico, ya que representa 4% del producto interno bruto (PIB) y en algunos países menos desarrollados, puede representar más del 25% del PIB. Por ende, es una práctica de suma importancia en el desarrollo del mundo.

Asimismo, las plagas y enfermedades que afectan el sector agrícola reducen en gran medida la producción de cultivos. Por eso, en la actualidad es indispensable el uso de agroquímicos para controlar los agentes patógenos en las plantas (Ariza y Díaz, 2021).

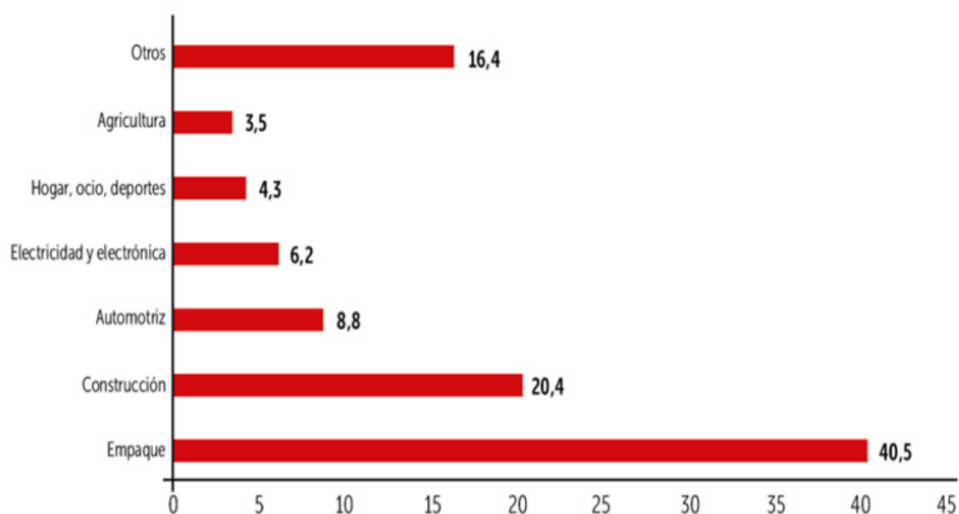
Es por esta razón que la producción agropecuaria genera un amplio espectro de desechos de envases plásticos vacíos, lo cual representa una problemática creciente a nivel ambiental y de la salud humana (Vásconez, 2022).

Según Washington (2021), la contaminación por residuos plásticos se ha convertido en uno de los mayores desafíos ambientales en el mundo. El crecimiento exponencial en la producción y el consumo de plásticos han impactado negativamente el ambiente, los océanos, la seguridad alimentaria y la calidad del agua y del aire.

Mundialmente se producen alrededor de 367.000.000 de toneladas (t) de desechos plásticos al año (Harley, 2022); de las cuales, una media de ocho millones es vertida en los océanos. Esto equivale a vaciar un camión de basura lleno de plásticos cada minuto (ECODES, 2020).

Cabe señalar que la agricultura representa 3,5% del consumo de plástico mundial –como se ve en la Figura 1– con 12,8 millones de toneladas, principalmente polietileno y polipropileno (Fabres, 2022). Debido a las características de estos polímeros, requieren una correcta gestión antes de ser eliminados en rellenos sanitarios o cualquier espacio de disposición final (Harley, 2022).

**Figura 1.** Participación (%) de la agricultura en el mercado mundial de plásticos

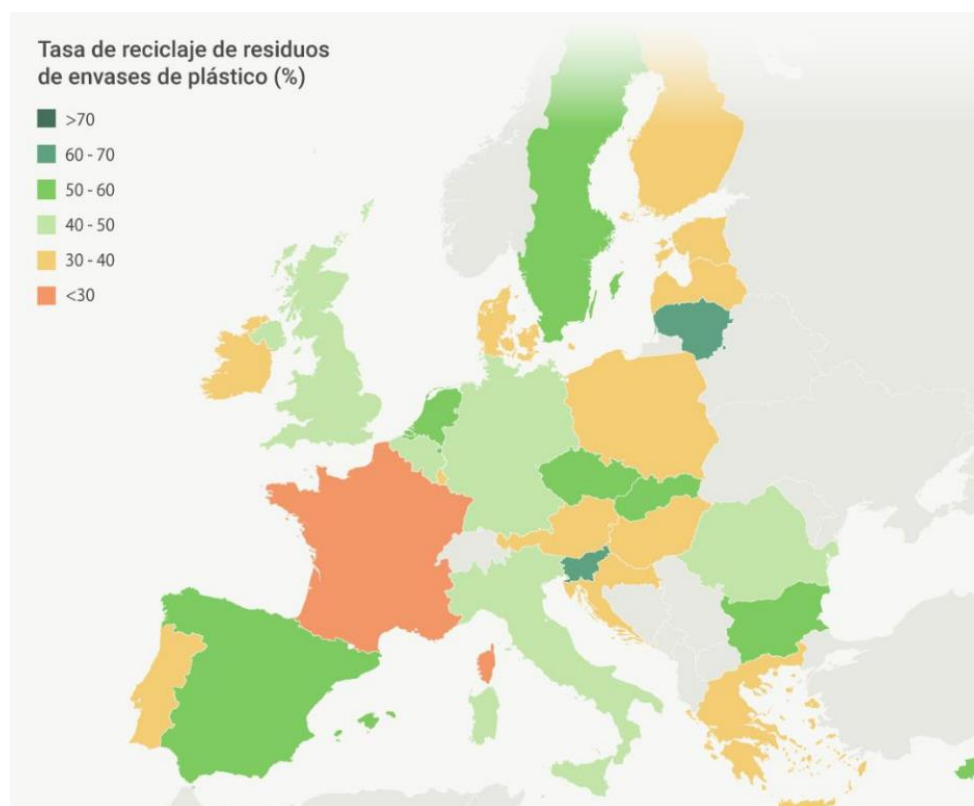


**Nota 1.** El gráfico representa el consumo de plástico por tipo de industria en el mundo durante el año 2022, donde la agricultura genera 3,5% de desechos plásticos.

Según Cámara (2021), en la Unión Europea la agricultura y la ganadería consumen alrededor de 2% del total de los materiales plásticos producidos, lo cual equivale a más de 720.000 toneladas anuales; de las cuales, para el año 2021 –como lo presenta la Figura 2–, solo se lograron recolectar alrededor de 400.000 toneladas, que equivalen a 50,5%.

Debe tomarse en cuenta que la recuperación energética es la medida más recurrente para deshacerse de los residuos de plástico, seguida por el reciclaje. Además, se calcula que alrededor de 25% de los residuos plásticos se elimina en vertederos (Noticias Parlamento Europeo, 2023).

**Figura 2.** Tasa de reciclaje de residuos de envases de plástico (%) en la UE



**Nota 2.** La figura representa la recolección de plástico en la Unión Europea durante el año 2021, que representó 400.000 toneladas (50,5%) recolectadas de 720.000 producidas.

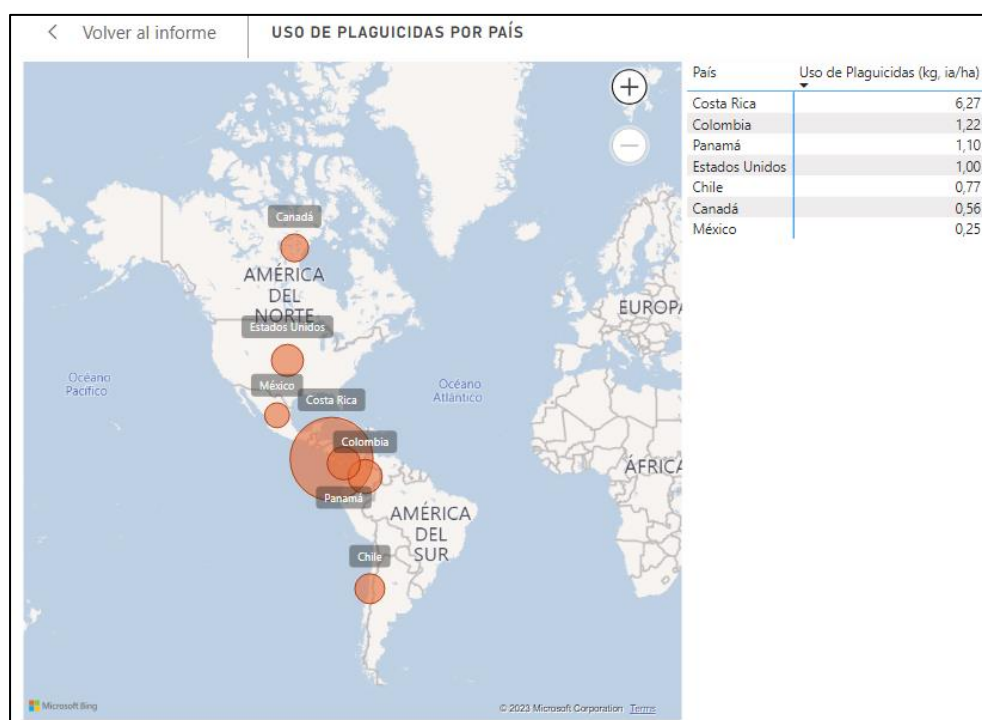
En España, el reciclado de los plásticos se ha incrementado en más de 100% y llegado al millón de toneladas en el 2019. Esto supera, incluso, los objetivos marcados por la UE para el 2025. Es importante mencionar que la mitad del plástico que se va a reciclar se trata en países fuera de la UE, debido a la falta de capacidad y tecnología o los recursos financieros insuficientes (Cámara, 2021; Noticias Parlamento Europeo, 2023).

Por otra parte, la agricultura en Costa Rica es una fuente fundamental de ingresos económicos. El exministro rector del sector agropecuario, Luis Felipe Arauz Cavallini, mediante el Informe de Gestión del Sector Agropecuario Rural, indicó que para el año 2018

en el país había cerca de 2,5 millones de hectáreas y más de 250.000 personas que se dedican a cultivar alimentos (Valverde *et al.*, 2018).

Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2022), Costa Rica está entre los mayores consumidores de ingredientes activos de agroquímicos (plaguicidas) de América, como se muestra en la Figura 3, seguido de Colombia y Panamá.

**Figura 3.** *Uso de kg, ia/ha de agroquímicos por país*



**Nota** 3. La figura representa el consumo de agroquímicos por hectárea (6,27 kg) en Costa Rica versus otros países de América.

Por lo tanto, en la actualidad, se están presentando grandes problemáticas para el sector agrícola, debido a la mala gestión de los residuos plásticos que genera los plaguicidas para la conservación de sus cultivos.

Luego de una entrevista con algunos trabajadores del cantón de Zarceró, se estableció que –para un cultivo de papa y zanahoria, que es lo más sembrado en esta zona– se requiere alrededor de 4 estañones de agua con mezcla de agroquímicos para fumigar una hectárea de tierra cultivada (Alvarado *et al.*, 2021).

Además, de acuerdo con datos del ingeniero Alberto Carballo (2021), para preparar un estañón de mezcla de agroquímicos para el mantenimiento de un cultivo, este tiene que llevar como mínimo 4 productos, como un coadyuvante o regulador de pH, un fertilizante, un fungicida y un insecticida. De estos se generarían de 2 a 3 envases vacíos por estañón de agua, lo cual significa que cada hectárea de tierra que se cultiva al año genera como mínimo ocho empaques de agroquímicos en cada aplicación, siendo esta necesaria al menos 13 veces por cada siembra.

A la fecha, en el cantón de Zarceró, los agricultores no siguen ningún tipo de control o manejo para dichos envases. En la mayoría de los casos, esta problemática se destaca por la falta de conocimiento que tienen los trabajadores sobre el manejo de los envases plásticos de agroquímicos, ya sea por facilidad y ahorro. Muchos de ellos prefieren quemar o tirar en las mismas fincas los envases, en vez de aplicar el plan de manejo para envases vacíos y llevarlos a centros de acopio para darles una mejor gestión.

El plan de manejo para envases vacíos consiste en cuatro sencillos pasos que se describen a continuación (CORTEVA, 2023):

- 1- Lava:** Realizar el triple lavado, tres enjuagues, durante 30 segundos, siempre al momento de realizar la mezcla.
- 2- Ahorra:** Al realizar esta práctica, se utiliza todo el producto. Si no se realiza, se dejará de aprovechar al menos 4% de este.
- 3- Perfora:** Dejar inutilizable el envase para evitar el reúso indebido y la falsificación.

**4- Entrega:** Regresar los envases a un centro de acopio primario o temporal.

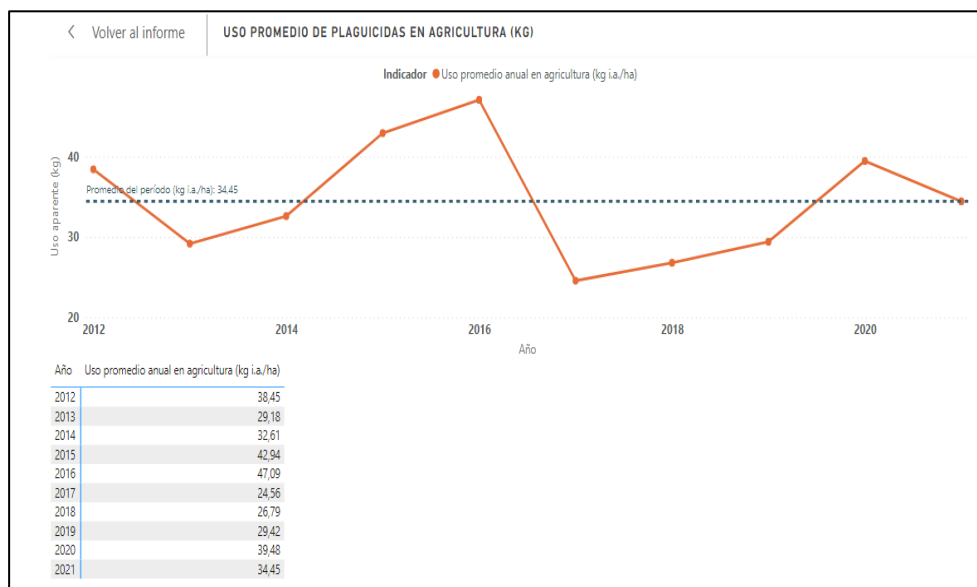
Por su parte, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) indica que la mejor solución a este problema es la capacitación y concientización de los agricultores. Desde hace algunos años, se ha implementado el uso de Buenas Prácticas Agrícolas, con el objetivo de que los participantes aprendieran los elementos clave de un plan de inocuidad alimentario, cómo hacer un análisis de peligros y desarrollar e implementar controles preventivos basados en riesgo, junto con los procedimientos de verificación y validación adecuados.

No obstante, estas medidas no parecen ser eficaces, debido a que solo 2% de la población se interesa por buscar una solución al manejo adecuado de los plásticos generados por el sector agrícola (Chacón, 2019).

### **1.3 Justificación**

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) menciona que Costa Rica es el país número uno de América Latina en el consumo de agroquímicos. En el año 2021 consumió alrededor de 34,45 kg de agroquímicos por hectárea, como se muestra en la Figura 4; de los cuales, 8% corresponde a empaques vacíos de agroquímicos (PNUD, 2022).

**Figura 4.** *Uso promedio de plaguicidas por hectárea*



**Nota 4.** El gráfico muestra el uso promedio del ingrediente activo plaguicidas por hectárea, en donde se muestra que para el año 2021 hubo un consumo de 34,35 kg.

Del año 2011 al 2023, el sector agrícola ha crecido 43%. Por ende, si en el 2011 una hectárea de tierra consumía 4,1 kg de empaques vacíos, a la fecha utiliza alrededor de 5,8 kg. En el cantón de Zarceró, esta cifra representa 23.452 kg de empaques por año según la cantidad de tierras cultivadas.

Para la comisión de agroquímicos de Zarceró, es una necesidad buscar una solución a esta problemática, ya que diariamente hay quejas de la población sobre la quema compulsiva de los envases de agroquímicos, lo cual genera molestia a los vecinos y contaminación ambiental.

Este tipo de problemática no solo se vive en el cantón a estudiar, sino que gran parte del territorio costarricense se dedica al cultivo de alimentos. No obstante, al tener una pequeña área geográfica, Zarceró no es el más afectado con este tema. Según un informe del Estado

de la Nación, al año 2018 en Costa Rica se cultivaba cerca de 465.000 hectáreas, lo cual significa que la agricultura de Zarcerero representa tan solo 0,86% del terreno cultivado en el territorio nacional (Chacón, 2019).

Es importante llevar a cabo esta investigación, ya que la empresa M&R PLAS visiona una oportunidad de negocio en el cantón de Zarcerero, debido a que 27% de las tierras se utiliza para el cultivo agrícola. Según el MAG, esta cifra representa cerca de 4.000 ha de suelo cultivable, por lo que sembrar este terreno en el modo tradicional (con uso de agroquímicos) genera una gran cantidad de envases plásticos reutilizables.

Este proyecto de investigación busca la manera de reutilizar los desechos plásticos generados por los agroquímicos y convertirlos en productos alternativos mediante la creación de un proceso productivo, con el fin de reutilizar los desechos plásticos para obtener ganancias económicas y, a su vez, ayudar al medio ambiente al evitar los botaderos en los ríos y las quemadas de los envases.

Si el plástico se transforma en productos alternativos, por ejemplo, postes para cerca eléctrica o alambre de púas en dimensiones de 10 x 10 x 210 cm, con un peso de 10 kg y a un precio de venta de ₡21.380,70, se estima el siguiente retorno:

**Tabla 1.** *Retorno económico del tratamiento de desechos plásticos de los agroquímicos*

<b>Plástico</b>	<b>Cantidad plástico (kg)</b>
Desechos plásticos producidos en Zarcero	23.452
Consumo plástico por unidad (poste)	10
Postes plásticos (redondo o cuadrado)	Unidades
Postes plásticos totales	2.345
<b>Venta</b>	<b>Precio</b>
Por unidad (poste)	
Cuadrado	€21.380,70
Redondo	
Total, unidades (postes) 2345	€50.137.741,80

**Nota 5.** La tabla representa el retorno económico basado en el precio definido por la empresa Madera Plástica, situada en Argentina, de un producto alternativo (postes) generado por el tratamiento de desechos plásticos.

#### 1.4 Pregunta de investigación

¿De qué manera se pueden reutilizar los desechos plásticos de agroquímicos producidos en el cantón de Zarcero para generar ganancias económicas?

#### 1.5 Hipótesis

¿Los desechos plásticos de agroquímicos generados en el cantón de Zarcero pueden ser transformados en productos alternativos mediante un proceso productivo rentable?

## **1.6 Objetivos general y específicos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Desarrollar un proceso productivo para el tratamiento de 80% a 100% de los envases plásticos de agroquímicos generados por el sector agrícola en el cantón de Zarcerro, con el fin de generar productos alternativos rentables en 100%, que permitan ingresos económicos.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

1. Identificar los tipos de envases plásticos utilizados en el sector agrícola para el empaque de agroquímicos y la cantidad de agroservicios que existen actualmente en el cantón de Zarcerro.
2. Determinar la cantidad de envases plásticos de agroquímicos despachados en cada uno de los agroservicios del cantón de Zarcerro durante el año 2022.
3. Diseñar mediante simulación una propuesta de proceso productivo para el tratamiento de envases plásticos y transformarlos en productos alternativos.
4. Evaluar la viabilidad financiera en el proceso de tratamiento de envases plásticos de agroquímicos.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Contextual**

### **2.1.1. Uso de agroquímicos a nivel mundial**

El uso de agroquímicos a nivel mundial tiene origen en el siglo XIX, cuando los primeros productos químicos utilizados estaban compuestos a base de azufre, cal, arsénico y fósforo. Durante el siglo XX, debido a la intensificación y tecnificación, el uso de estas sustancias aumentó significativamente (Ariza y Díaz, 2021).

Una gran cantidad de los insumos fitosanitarios (agroquímicos) se almacenan en envases plásticos, lo que genera alrededor de 20.000.000 de envases vacíos al año, que representan 17.000 toneladas de desechos (Bin, 2022).

Asimismo, el manejo inadecuado de los envases vacíos trae como consecuencia la contaminación del recurso hídrico, el aire y los suelos, lo que afecta muchas veces a los seres vivos en distintas maneras (Brenes, 2020).

En la actualidad, los plásticos han aportado grandes beneficios a la sociedad, ya que son un material ligero, maleable, higiénico, económico y de fácil producción. Sin embargo, los desechos generados constituyen 12% del total de residuos sólidos producidos en el mundo (Silva, 2020).

Asimismo, muchos de los envases desechados en el mundo por el sector agrícola no reciben el tratamiento apropiado y son eliminados de manera irresponsable, mediante quemas, entierro o reutilización para almacenar agua o alimentos de consumo cotidiano (Moreno Flórez, 2023).

### **2.1.2. Uso de agroquímicos en Costa Rica**

En el país, los sistemas agrícolas convencionales necesitan grandes cantidades de insumos para la conservación de las plantas y por ende, para la producción de los alimentos, lo que produce grandes volúmenes de envases vacíos al año. Según Espinoza *et al.* (2023), en Costa Rica se estima que 24% de los envases vacíos son quemados, 19% es enterrado, 30% es recuperado y 27% es dispuesto de otras maneras.

De igual forma, en un artículo para el Seminario Universitario, Pomareda (2022) menciona que en Costa Rica se usa entre cuatro y ocho veces más plaguicidas que los países que integran la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico de América (OCDE), en la que se encuentran países como Canadá, Estados Unidos, México, Chile y Colombia. Por consiguiente, el manejo adecuado de dichos residuos cada día es más importante.

Cabe señalar que el tratamiento de envases plásticos responsablemente permite seguir un proceso dentro de la cadena de valor de un país mediante la separación, triple lavado y la reutilización del plástico en productos como estivas, postes, cableado eléctrico, tejas para techo, canoas para uso industrial y doméstico (Moreno Flórez, 2023; Bin, 2022).

A la fecha, solamente existe una empresa que se encarga de recolectar este tipo de envases debido a su alta contaminación química, la cual es una fundación que impulsa la agricultura responsable. Dicha compañía se llama Fundación Limpiemos Nuestros Campos (FLNC) y es una entidad sin fines de lucro, constituida por iniciativa de la Cámara de Insumos Agropecuarios (CIA) en el año 2004, con el apoyo de organismos internacionales como la Oficina de Cooperación Alemana (GTZ) y el Organismo Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) (FLNC, 2023).

FLNC es una entidad que busca crear programas de responsabilidad ambiental en la industria agropecuaria. Esta empresa se encarga de la recuperación, clasificación, compactado, triturado y disposición final adecuada de los envases vacíos de agroquímicos en Costa Rica (FLNC, 2023). Sin embargo, en muchas fincas del país los agricultores no respetan el triple lavado de los envases, lo que impide que la fundación realice su proyecto de manera correcta.

Por otro lado, la Cámara de Insumos Agropecuario, conformada por proveedores e importadores de insumos agrícolas, debe responsabilizarse por el manejo de los residuos que generan los insumos, ya que el Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCIJ), en el artículo 23, punto 4 del capítulo VI en el Reglamento de Salud Ocupacional en el Manejo y Uso de Agroquímicos, informa que toda persona que use agroquímicos debe responsabilizarse de la eliminación del envase, realizar un triple lavado y el perforado para devolverlo a la casa comercial donde fue comprado y así poder entregarlo en un recibidor con el tratamiento previo llevado a cabo de manera correcta (SCIJ, 2023).

Es importante mencionar que existe la problemática a nivel país de que ninguna persona física quiere hacerse responsable de dicho tratamiento, lo que genera las diferentes posibilidades de contaminación por la eliminación de estos.

### **2.1.3. Uso de agroquímicos en el cantón de Zarcero**

La economía de Zarcero se basa en la agricultura, principalmente en el cultivo de hortalizas, tales como papa, zanahoria, repollo y otras, en más baja escala. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en Zarcero hay alrededor de 118 personas inscritas en el PYMPA (Registro de Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios) que se dedican a este oficio, los cuales cultivan alrededor de 27% de las tierras del cantón (Castro, 2023).

Según cifras estudiadas anteriormente, el cantón de Zarcero genera alrededor de 23.452 kg de plástico por año, lo cual abre la oportunidad en el mercado para transformar estos desechos en productos alternativos. Es por esta razón que la empresa M&R PLAS nació y se posiciona como pionera en el tratamiento de envases plásticos de los agroquímicos, ya que actualmente a estos desechos plásticos no se les da un tratamiento apropiado en Costa Rica.

M&R PLAS es un emprendimiento ubicado en Zarcero que se ocupará de la recolección de los plásticos en las diferentes fincas del cantón para realizarles el tratamiento previo (triple lavado, perforación y separación por tipo de polímero) y, además, se encargará de transformarlos en productos alternativos para la venta en el país. Cabe señalar que, al igual que los minerales y maderas, el plástico necesita un tratamiento previo al ser transformado, ya que debe fundirse y enfriarse para que tome la forma del producto final.

La industria de tratamiento de plásticos ha identificado cinco principales procesos, los cuales se mencionarán a continuación. Uno de ellos será seleccionado por la empresa M&R PLAS para determinar su viabilidad financiera (Marpa Vacuum, 2022).

- 1- **Extrusión:** Es un proceso empleado para derretir pequeñas partículas de plástico, en el que los gránulos de plástico se introducen en una máquina conocida como extrusora, que los calienta y comprime para luego ser expulsados (Marpa Vacuum, 2022).
- 2- **Moldeo por inyección:** Consiste en fundir gránulos de plástico para luego inyectarlos a presión en el interior de un molde, el cual se rellena y solidifica por medio de frío para obtener un producto final (PROTOLABS, s.f.).

- 3- Moldeo por soplado:** Se utiliza para fabricar productos huecos y simétricos. El proceso consiste en soplar aire comprimido en un tubo de plástico caliente que está colocado en un molde por lo que, al soplar el aire, se adapta a este (Muñoz, 2023).
- 4- Termoformado:** Este es un proceso similar al moldeo por soplado y se usa para crear piezas planas o poco profundas, en el cual se utiliza una hoja plástica que se calienta y se forma en un molde por vacío o presión (Marpa Vacuum, 2022).
- 5- Rotomoldeo:** Se usa para crear productos de plástico duraderos y versátiles. Es un proceso que mediante el calentamiento y giro de un molde cargado con resina de polímero produce piezas huecas con diferentes formas (Castellanos, 2023).

Es importante mencionar que M&R PLAS proyecta tratar alrededor de 2,5 toneladas de envases plásticos de los agroquímicos durante un año y se estima que para el año 2024 la empresa inicie operaciones en el cantón de Zarcerro, con miras a expandir el tratamiento de los envases plásticos de los agroquímicos generados en cantones como Grecia, Naranjo, San Ramón y San Carlos.

#### **2.1.4. Espacio físico para el proceso de producción**

**Superficie estática (Ss):** Es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones (Salinas, 2020).

**Superficie de gravitación (Sg):** Es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y el material apropiado para las operaciones en curso. Esta superficie se obtiene para cada elemento multiplicando la superficie estática por el número de lados (N) a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados (Salinas, 2020).

$$S_g = S_s \times N$$

**Superficie de evolución (Se):** Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y la manutención (Salinas, 2020).

$$Se = (Ss + Sg)(K)$$

**Superficie total:** Sumatoria de todas las superficies (Salinas, 2020).

**K (Coeficiente constante):** El coeficiente puede variar desde 0,05 a 3 dependiendo de la razón de la empresa (Salinas, 2020).

**Figura 5.** *Coeficiente constante K*

Razón de la empresa	Coeficiente K
Gran industria alimenticia	0,05 - 0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10 - 0,25
Textil - Hilado	0,05 - 0,25
Textil - Tejido	0,05 - 0,25
Relojería, Joyería	0,75 - 1,00
Industria mecánica pequeña	1,50 - 2,00
Industria mecánica	2,00 - 3,00

## 2.2. Teorías

El consumo de plásticos en Zarcero es suministrado por los seis agroservicios del cantón, los cuales son Almacén AV, Cámara de Productores de Caña del Pacífico, Colono Agropecuario, Coopebrisas R.L., Suelo Sano y Zarcero Agrícola. Por otra parte, los tipos de plásticos, cantidad de venta y presentaciones de los agroquímicos serán definidos por los registros de ventas del año 2022 de cada agroservicio del cantón.

Con respecto a las composiciones de los plásticos, poseen especificaciones claramente definidas y la mayoría de ellos son moldeados utilizando polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno lineal de baja densidad

(PELBD), polietileno de ultra-alto peso molecular (PEUAPM) o polietileno de ultra-baja densidad (PEUBD). Estos plásticos son considerados termoestables, ya que bajo la influencia del calor pueden ser transformados y, al enfriarse, adoptan la forma deseada para el moldeado.

En relación con los productos químicos agrícolas, el plástico más útil resulta ser el PEAD, gracias a su estructura lineal que favorece una mayor eficiencia en las cadenas de enlace, lo que conlleva a una cristalinidad superior y una resistencia a temperatura ambiente. Además, este tipo de plástico no es soluble en ningún disolvente (Barandica, 2023).

La configuración molecular del PEAD se representa como  $-(CH_2 - CH_2 -)_n$  y está compuesta por extensas secuencias de átomos de carbono enlazados covalentemente a través de enlaces C-C y C-H, con una energía de enlace aproximada de 300 a 600 kJ/mol. Esta unidad fundamental tiene la capacidad de incorporar ramificaciones –tanto cortas como largas– en la cadena principal, lo que da lugar a estructuras de mayor complejidad.

La producción de los distintos tipos de polietileno disponibles en la actualidad en el mercado se determina en función del catalizador empleado en la reacción y las condiciones operativas utilizadas en la polimerización, incluyendo la temperatura y la presión del sistema (Sepe, 2020; Barandica, 2023).

En la industria agroquímica para el almacenamiento y transporte de sustancias existen diferentes tipos de envases plásticos, tales como los bidones y botellas de PEAD, PP y PVC. Este tipo de empaques son resistentes a los impactos, los productos químicos y son de fácil manipulación, por lo que son los más utilizados para el almacenamiento de los agroquímicos. Los envases de este tipo de polímeros se pueden producir en distintas presentaciones, desde los 125 mL hasta los 200 L (Fadep Envases, 2023).

Los desechos plásticos de los agroquímicos permitirán una oportunidad de negocio al transformarlos en productos alternativos. Para demostrar su viabilidad financiera se utilizan herramientas como simulación, ROI, VAN, TIR y estadística descriptiva e inferencial para evidenciar objetivamente la rentabilidad del proceso productivo.

De igual forma, la simulación del proceso de plásticos de la empresa M&R PLAS permitirá reproducir virtualmente el proceso y estudiar su comportamiento, para analizar el impacto de las distintas variables que puedan intervenir en este o comparar diversas alternativas de diseño, sin el alto coste de los experimentos a escala real. Esta es de gran ayuda a la hora de disminuir los riesgos y optimizar la toma de decisiones, así como para planificar, analizar y mejorar el proceso seleccionado por la empresa.

Asimismo, a través de la simulación se medirá o esquematizará el proceso de tratamiento de envases plásticos mediante la creación de un modelo que recoja el sistema de producción de la planta, en un entorno virtual. Al trabajar con un proceso virtual, todo error o ineficiencia puede ser solventada sin que haya una afección real en la planta productiva. Además, esto también permite anticiparse a su resultado.

Por medio de la simulación es posible analizar cualquier tipo, cambio o propuesta, antes de que esta se lleve a cabo sin que eso conlleve ningún coste extra, de manera rápida, precisa y libre de riesgos.

Gracias a la simulación y el análisis del proceso, se verificará el *lay-out* y la posición de los elementos que lo componen, se optimizará los tiempos de ciclo, así como se comprobará y optimizará los accesos, manipulaciones y la ausencia de restricciones operativas (VLD Engineering, 2020; Autycom, 2020).

Adicionalmente, la información simulada sobre el proceso de tratamiento de envases plásticos de agroquímicos constituye el elemento fundamental que impulsa el papel

central de la estadística descriptiva e inferencial. Ambas modalidades actúan en conjunto y se basan en la presentación de conjuntos de datos (ya sea de una población completa o de una muestra representativa), con el propósito de organizar, analizar, resumir y describir estos datos de manera más accesible.

En resumen, la estadística descriptiva se dedica a la explicación detallada de los datos que se vinculan con el estudio de una población, con la meta de condensar la información contenida en la muestra bajo análisis. En cambio, la estadística inferencial se enfoca en las probabilidades y tendencias que pueden extraerse a partir de los datos para realizar inferencias y tomar decisiones; es decir, obtener conclusiones sobre una determinada muestra, teniendo en cuenta el análisis de sus datos.

En otras palabras, para profundizar aún más en la diferencia entre la estadística descriptiva e inferencial se debe contemplar que la estadística inferencial intenta descubrir o inferir cosas que no se han hallado de manera explícita al realizar la recopilación, procesamiento y organización de la información. Para llegar a estas conclusiones, la estadística inferencial deberá (Fantino, 2022):

- Interpretar datos.
- Plantear hipótesis.
- Comparar la información.
- Realizar pruebas con base en los argumentos planteados.
- Elaborar predicciones.

En cuanto al desarrollo del proceso productivo de la empresa M&R PLAS S.A., este conlleva la inversión de capital, con el fin de alcanzar estabilidad financiera saludable y un retorno económico sustancial por encima de los costos operativos, por lo que el concepto de

retorno de inversión (ROI) cobra una gran importancia, ya que se convierte en la métrica esencial para determinar cuánto se gana en relación con la cantidad de dinero invertida en la introducción de un producto, la mejora de un servicio al cliente o una campaña publicitaria. El ROI puede ser positivo o negativo y actúa como un indicador del éxito al recobrar la inversión realizada en un negocio (Estaún, 2022).

El cálculo del ROI implica conocer los ingresos brutos generados en un período específico, así como los gastos asociados con esa actividad comercial. Además, es necesario restar estos gastos de los ingresos y dividir el resultado por los mismos gastos. Por último, se multiplica este resultado por 100 para obtener el valor porcentual del retorno de inversión. La fórmula se presenta de la siguiente manera (Pursell, 2022; Estaún, 2022):

$$ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100$$

Es decir, el ROI cuantifica la eficacia de una inversión al evaluar cómo los ingresos generados comparados con los gastos pueden guiar las decisiones y evaluar la rentabilidad de las operaciones comerciales (Pursell, 2022; Estaún, 2022).

Consecuentemente, el riesgo de invertir siempre debe ser controlado y es cuando el VAN y la TIR como indicadores se vuelven muy útiles para determinar qué tan viable es desarrollar un nuevo proyecto (Ramírez, 2022; Millán, 2020).

El término VAN corresponde al Valor Actual Neto, también reconocido como Valor Presente Neto (VPN). Este indicador financiero es uno de los más ampliamente utilizados y reconocidos para evaluar, determinar la viabilidad y medir la rentabilidad de un proyecto de inversión. Su cálculo implica la actualización de los flujos futuros de ingresos y gastos del

proyecto, descontando la inversión inicial. Si el resultado de este cálculo es positivo, significa que refleja un beneficio económico y se puede afirmar que el proyecto es factible desde el punto de vista financiero. A continuación, se presenta la fórmula para calcular el VAN (Ramírez, 2022; Millán, 2020):

$$\text{VAN} = \sum (\text{Flujo de Efectivo en el período } t / (1 + \text{tasa de descuento}) ^ t)$$

$$\text{VAN} = \text{Beneficio Neto Actualizado (BNA)} - \text{Inversión Inicial (I}_0)$$

El BNA es el valor actualizado del flujo de caja que se obtiene al estipular el valor de venta a futuro y aplicarle una tasa de descuento para actualizar su valor al presente. En otras palabras, se calcula el valor en que se podría vender en el futuro y se le aplica una tasa de interés inversa para estimar ese valor al día de hoy (Ramírez, 2022; Millán, 2020).

Esta operación arrojará tres posibles resultados que servirán para determinar la viabilidad del proyecto en cuestión (Ramírez, 2022):

**VAN = 0.** Si el resultado es igual a cero (0), se determina que el proyecto no dará ganancias ni pérdidas o sea, es indiferente.

**VAN > 0.** Cuando el valor obtenido es mayor a cero (0), se asume que el proyecto será rentable.

**VAN < 0.** Si el valor obtenido es menor a cero (0), se considera que el proyecto no es viable.

La TIR, que corresponde a la Tasa Interna de Retorno, es uno de los enfoques más aconsejables para evaluar proyectos de inversión. Es ampliamente empleado para evaluar la viabilidad de un proyecto y determinar la tasa de beneficio o rentabilidad que puede derivarse de dicha inversión.

Estrechamente relacionado con el Valor Actual Neto (VAN), el concepto de la TIR también se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a

cero para un proyecto de inversión específico. El resultado de la TIR se expresa en forma de un porcentaje. A continuación, se presenta la fórmula para calcular la TIR (Ramírez, 2022; Cigoña, 2021):

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

En donde:

**Fn** es el flujo de caja en el periodo n.

**n** es el número de períodos.

**I** es el valor de la inversión inicial.

### **CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo de investigación**

El alcance de este proyecto es de tipo cuantitativo, ya que busca crear un proceso para el tratamiento de los desechos plásticos de agroquímicos utilizados en el sector agrícola en la comunidad de Zarcero y, a su vez, determinar la viabilidad económica.

### **3.2. Alcance de la investigación**

La investigación en estudio utilizará un alcance correlacional y se estudiarán dos variables (retornos económicos versus desechos plásticos de agroquímicos) para entender su relación estadística entre ellas, sin influencia de ninguna variable externa. (Velázquez, 2023).

### 3.3. Cuadro de variables

**Tabla 2.** Cuadro de variable según los objetivos del proyecto

Objetivo específico	VARIABLES DE ESTUDIO	Definición conceptual	Indicadores	Definición instrumental
Identificar los tipos de envases plásticos utilizados en el sector agrícola para el empaque de agroquímicos y la cantidad de agroservicios que existen actualmente en el cantón de Zarceró.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroservicios del cantón de Zarceró</li> <li>• Tipos de plástico utilizados en agroquímicos</li> </ul>	Correlación entre el consumo y la clasificación de agroquímicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Venta mensual por tipo de agroquímicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros de compras</li> <li>• Entrevista a funcionarios de la municipalidad</li> <li>• Pareto</li> <li>• Gráfico circular</li> </ul>
Determinar la cantidad de envases plásticos de agroquímicos despachados en cada uno de los	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de envases plásticos utilizados en agroquímicos</li> </ul>	Nivel uso de agroquímicos por tipo de presentación de envase plástico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de envases plásticos por presentación de agroquímicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros de compras</li> <li>• Pareto</li> <li>• Gráfico de barras</li> </ul>

<p>agroservicios del cantón de Zarceró durante el año 2022.</p>				
<p>Diseñar mediante simulación una propuesta de proceso productivo para el tratamiento de envases plásticos y transformarlos en productos alternativos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de un proceso de tratamiento de desechos plásticos de los agroquímicos</li> <li>• Simulación del proceso productivo</li> </ul>	<p>Nivel de correlación entre desechos plásticos generados y capacidad del proceso productivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades procesadas por hora</li> <li>• Unidades procesadas por mes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación (Flexsim) para obtener capacidad del proceso productivo</li> <li>• Histograma</li> <li>• Pareto</li> <li>• Diagrama de flujo</li> </ul>
<p>Evaluar la viabilidad financiera en el proceso de tratamiento de envases plásticos de agroquímicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viabilidad financiera</li> <li>• Retorno económico</li> </ul>	<p>Inversión inicial para desarrollar el proceso de tratamiento de los envases de agroquímicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retorno económico del proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente costos AyA</li> <li>• Fuente costos ICE</li> <li>• Fuente salarios de MTSS</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos alternativos</li> </ul>	<p>y nivel de correlación entre el tratamiento de envases plásticos y el retorno económico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retorno de la inversión</li> <li>• Costos operativos &lt; ganancia esperada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de costos INS</li> <li>• ROI</li> <li>• VAN y TIR</li> </ul>
--	--	--	---	--

**Nota 6.** Cuadro de variable compuesto por los objetivos específicos que se desarrollará, variables, indicadores y los instrumentos para lograr los objetivos.

### 3.4. Fuentes

Las revisiones de las diferentes fuentes utilizadas fueron categorizadas en primarias, secundarias y terciarias.

**Fuentes primarias:** Son todas aquellas fuentes que permiten obtener información directa de los productores agrícolas y el consumo de agroquímicos.

**Fuentes secundarias:** Son las que resumen la información de fuentes primarias y son documentadas en artículos científicos, tesis de grado, publicaciones etc.

**Fuentes terciarias:** Son aquellas que son consultadas en periódicos, revistas etc.

### 3.5. Muestra

El cantón de Zarceró cuenta con seis agroservicios que distribuyen agroquímicos a todos los productores agrícolas de la zona.

**Población en estudio:** Agroservicios del cantón de Zarceró (registros de venta de agroquímicos).

**Tipo de muestreo:** A juicio o conveniencia, ya que se estudiará seis agroservicios y se solicitará los registros de venta de agroquímicos del año 2022.

**Tamaño de la muestra:** A juicio o conveniencia.

**Selección y distribución de la muestra:** Se pedirán los registros de ventas de agroquímicos únicamente, porque se necesita estimar la cantidad de desechos por presentación de los envases de agroquímicos, para cuantificar la cantidad de kilogramos que deben ser tratados en la zona y determinar el retorno económico a través de productos alternativos.

**Unidad de muestreo:** Investigadores Marilyn Rojas Rodríguez y Randall Mena Duarte.

**Unidad informante:**

Cámara de Productores de Caña del Pacífico

Zarcero Agrícola S.A.

Suelo Sano S.A, Francisco

Colono Agropecuario

Coopebrisas R.L.

Almacén AV

**3.6. Instrumentos y técnicas de recolección de datos**

Los instrumentos y técnicas que se utilizará para cumplir con el objetivo del proyecto se muestran a continuación:

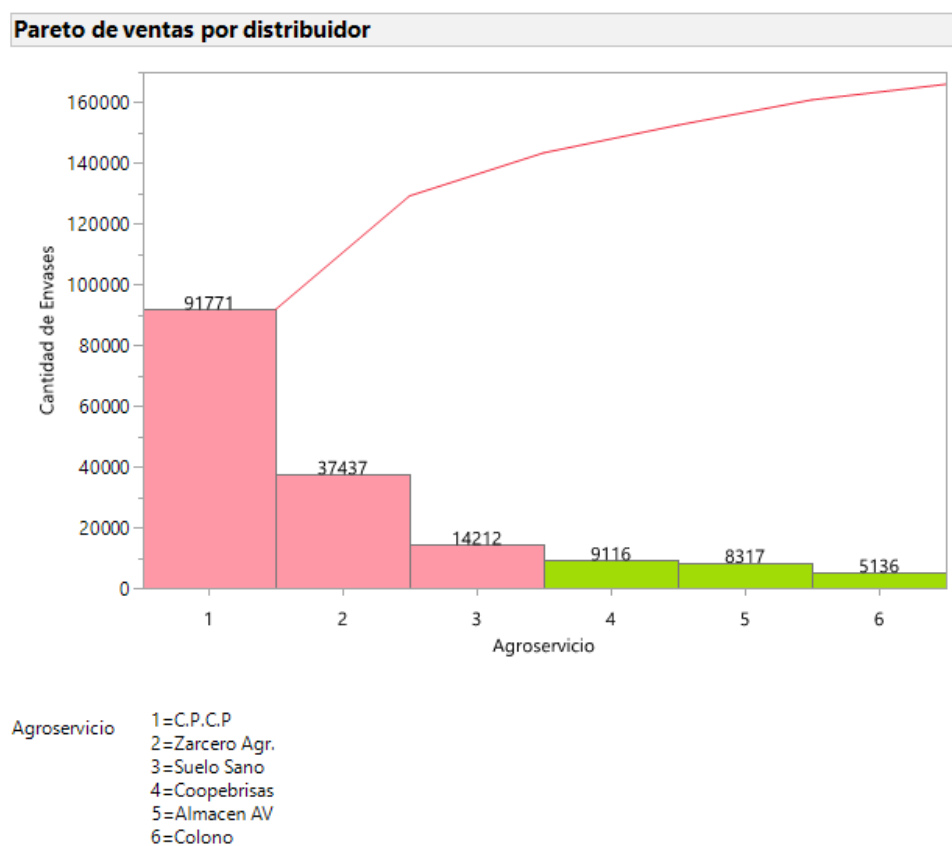
- Entrevista
- Hojas de Excel
- Registro de compra de agroservicios
- Pareto
- Retorno de la inversión (ROI)
- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Histograma
- Gráfico de barras
- Diagrama de flujo
- Simulación (Flexsim)

## **CAPÍTULO IV DESARROLLO**

#### 4.1 Agroservicios y tipos de plástico de los agroquímicos

El cantón de Zarceró cuenta con seis agroservicios en la zona, los cuales distribuyen una gran variedad de agroquímicos en diferentes presentaciones de envases plásticos. El 20% de los agroservicios (C.P.C.P, Zarceró Agrícola y Suelo Sano) generan 80% de las ventas de envases plásticos utilizados para el almacenamiento de agroquímicos, como se muestra en la Figura 5.

**Figura 6.** Pareto venta de unidades de agroquímicos por agroservicio



**Nota 7.** La figura representa la venta de unidades de agroquímicos por agroservicio del cantón de Zarceró.

Los agroservicios del cantón distribuyen variedad de agroquímicos y sus envases de almacenamiento están compuestos de polietileno de alta densidad. En la Tabla 3 se puede observar la cantidad de unidades vendidas independientemente de su tamaño y los tipos de agroquímicos que distribuye cada uno de los agroservicios.

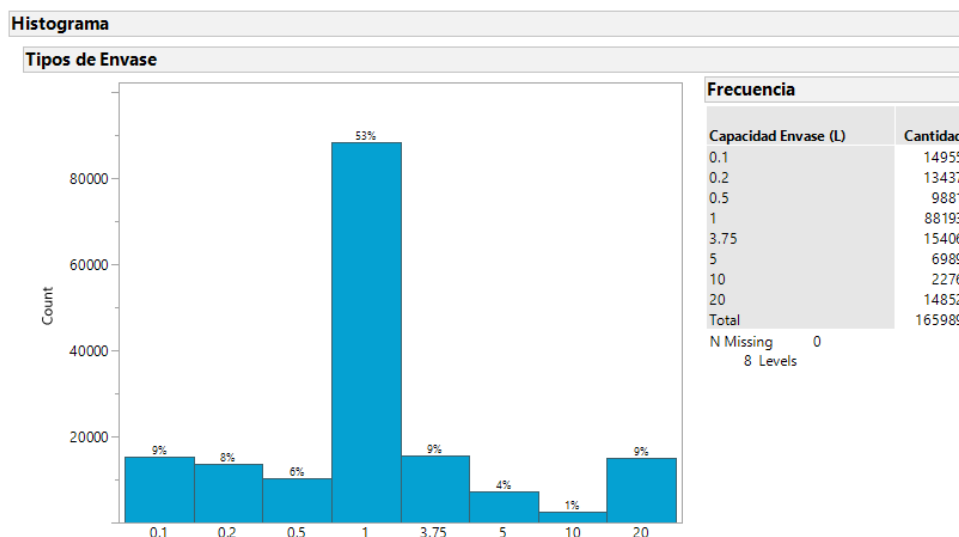
**Tabla 3.** Cantidad de unidades vendidas de agroquímicos según cada agroservicio

<b>Agroservicio</b>	<b>Cantidad de unidades vendidas de agroquímicos</b>	<b>Tipos de agroquímicos</b>
Almacén AV	8.317 envases	159 químicos
Cámara de Productores de Caña del Pacífico (C.P.C.P)	91.771 envases	239 químicos
Colono Agropecuario	5.136 envases	139 químicos
Coopebrisas R.L.	9.116 envases	161 químicos
Suelo Sano S.A.	14.212 envases	217 químicos
Zarcero Agrícola S.A.	37.437 envases	232 químicos
<b>Total de envases</b>	165.989 envases	

#### **4.2 Tipos de envases de los agroquímicos y consumo en el cantón de Zarcero**

Los agroquímicos se pueden encontrar en diferentes presentaciones (envases) en los distintos agroservicios que distribuyen en el cantón. Para determinar la cantidad de plástico utilizado en la producción agrícola de la zona, se analizó los registros de ventas de agroquímicos del año 2022 de los agroservicios, para lo cual se utilizó herramientas como hojas de Excel e histogramas y así determinar el tipo de envase y la cantidad que se consume en el sector agrícola de la zona de Zarcero, como se muestra en la Figura 7.

**Figura 7.** Histograma por tamaño de envase de agroquímico vs. cantidad de ventas



**Nota** 8. La figura representa el tamaño de envase de los agroquímicos y la venta por presentación durante el año 2022, donde 53% de las ventas fue de agroquímicos envasados en presentación de un litro.

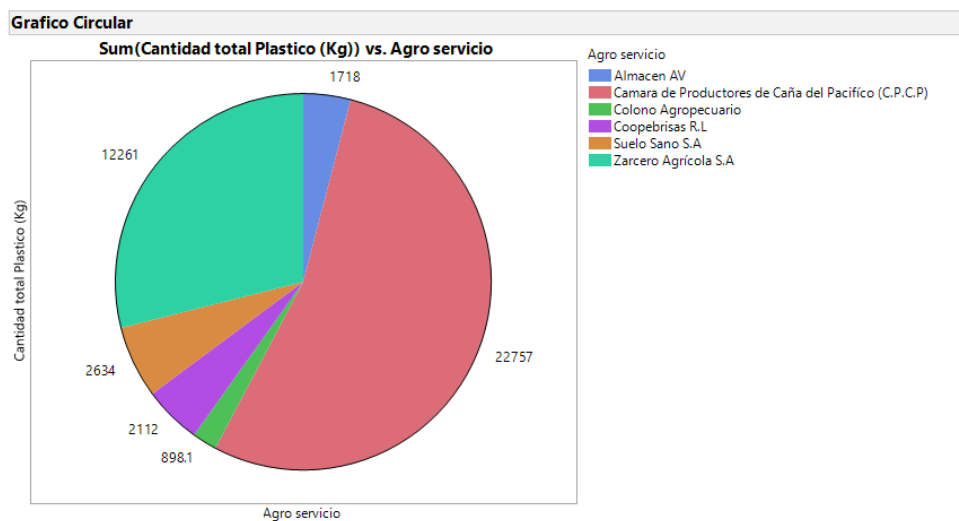
Para lograr determinar la cantidad de plástico desechado en el cantón de Zarcero por el consumo de agroquímicos en sus diferentes presentaciones de envase, se determinó el peso de los diferentes tipos de envases de acuerdo con su contenido en litros, como se muestra en la Tabla 4 a continuación:

**Tabla 4.** *Peso promedio por unidad de los diferentes tipos de envases*

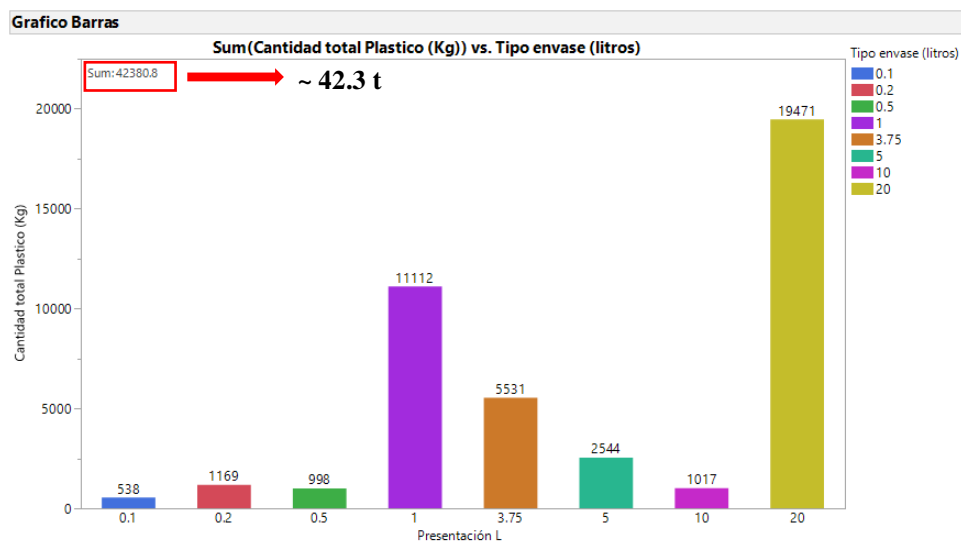
Tipos de envase (litros)	Peso promedio por unidad (kg)
0,1	0,036
0,2	0,087
0,5	0,101
1	0,126
3,75	0,359
5	0,364
10	0,447
20	1,311
$\Sigma$ 40,6	$\Sigma$ 2,831

**Nota** 9. El peso promedio para una botella de un litro se puede considerar  $2,831/40,6 = 0,070$  kg.

Del análisis de los registros de ventas de agroquímicos y el peso promedio determinado de los envases, se obtuvo el consumo de plásticos aproximado que se desecha en el cantón de Zarcerro, que equivale a 42,3 toneladas, como se muestra en las Figura 8 y 9, las cuales se pueden utilizar en productos alternativos.

**Figura 8.** *Gráfico de cantidad de envases generados por agroservicios*

**Figura 9.** Gráfico de cantidad de plástico producido por tipo de envases



### 4.3 **Proceso** productivo para el tratamiento de envases plásticos de agroquímicos

El tratamiento de plástico se da mediante el proceso de extrusión, donde hay un flujo continuo del plástico en su forma líquida para que tome la forma de un molde. Para garantizar un buen funcionamiento se utilizará la herramienta de diseño de planta para ilustrar el área de manufactura y sus respectivas áreas de soporte, con el fin de gestionar apropiadamente el espacio físico para una correcta, segura y satisfactoria transformación de los envases de agroquímicos.

La combinación correcta en las instalaciones de trabajo del transporte, maquinaria y mano de obra permitirá el éxito de una buena distribución de planta, con el objetivo de que el proceso de tratamiento de plásticos sea más eficiente.

**Figura 10.** *Secuencia de equipos para el proceso de extrusión del plástico*



El proceso propuesto para el tratamiento de envases plásticos en la empresa M&R PLAS será diseñado para manufacturar seis tipos de productos:

- Poste de cerca cuadrado
- Poste de cerca redondo
- Banca con respaldar para 2 personas
- Mesa de picnic para 4 personas
- Deck plástico
- Tapias de madera plástica

**Figura 11.** *Productos a diseñar*





BANCA CON RESPALDAR PARA 2 PERSONAS

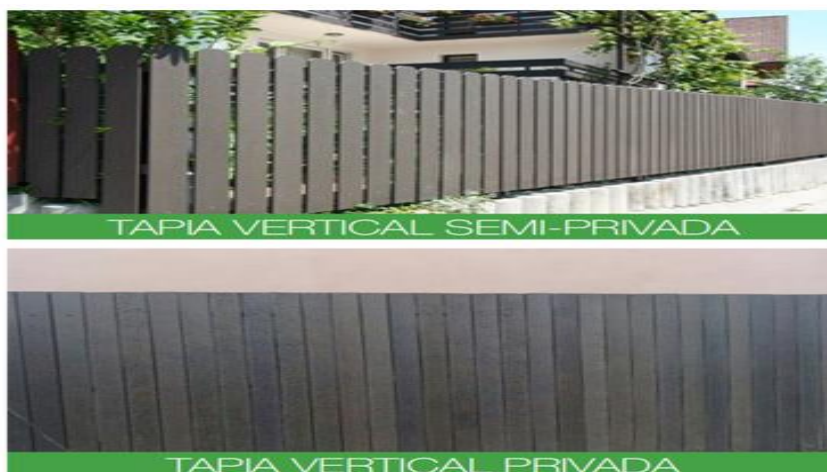
BANCA MULTICOLOR



MESA PICNIC 4 PERSONAS



DECK + FIREPIT



#### 4.4 Cálculo de espacio físico del proceso de producción

Para el cálculo del espacio físico de producción se describirá algunas características de los equipos necesarios para transformar plásticos reciclados en productos alternativos, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Equipos necesarios para transformar plásticos reciclados en productos alternativos

Equipo	Cantidad de equipos	Capacidad por hora	Consumo energía por hora	Largo (m)	Ancho (m)
Triturador	1	120 kg/h	23 kW/h	2,12	1,87
Alimentador	1	1.000 kg/h	3,75 kW/h	2,5	1,0
Aglutinador	1	120 kg/h	30 kW/h	2,0	2,0
Mezclador	1	1.000 kg/h	3,75 kW/h	2,0	2,0
Extrusor	1	150 kg/h	30 kW/h	7,0	1,5
Torre de enfriamiento	1	1.000 L/40h = 25 L/h	3,75 kW/h	1,5	1,0
Tanque de enfriamiento	1	4.700 L/40h = 117,5 L/h	0 kW/h	6,0	1,0

En la tabla 6 se muestra el cálculo en m<sup>2</sup> del espacio físico necesario para el proceso productivo de tratamiento de plástico reciclado.

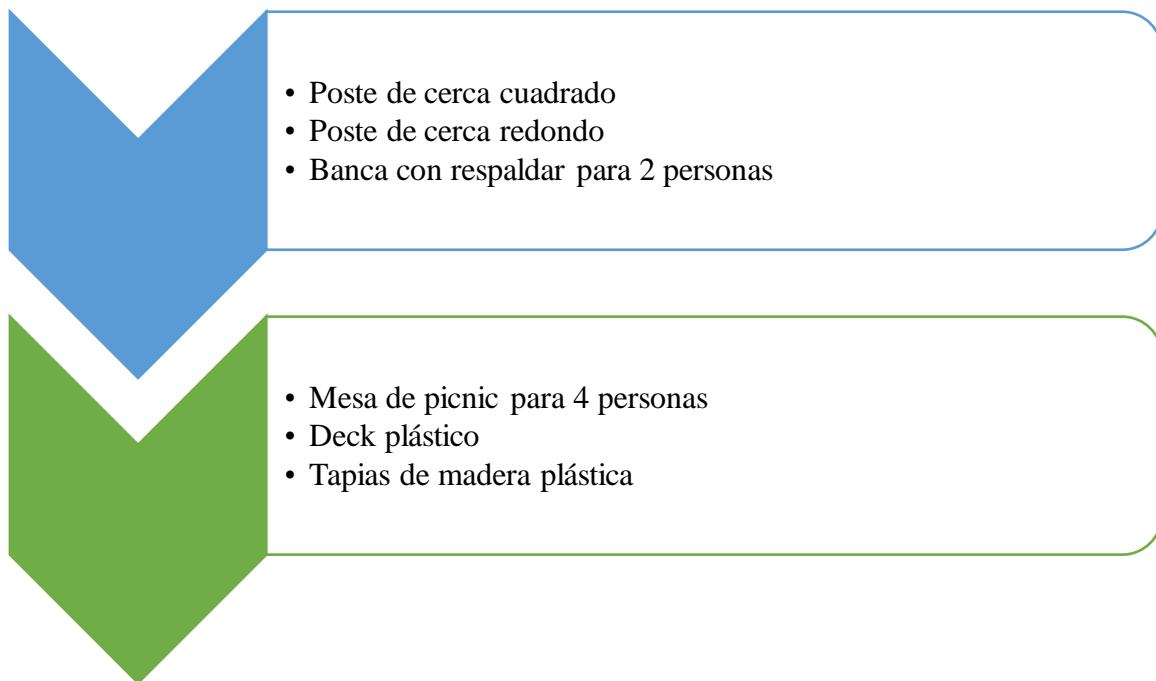
**Tabla 6.** *Espacio físico requerido para el proceso de producción*

Proceso	Equipo/Herramienta	Cantidad	N	K	Largo (m)	Ancho (m)	Ss	Sg	Se	Superficie m <sup>2</sup>	Superficie m <sup>2</sup> total
Recibo plástico	Montacargas	1,00	2,00	2,00	2,50	1,50	3,75	7,50	18,75	30,00	141,60
	Tarimas	18,00	2,00	2,00	1,20	1,00	1,20	2,40	6,00	111,60	
Lavado plástico	Estantes	3,00	2,00	2,00	1,96	0,64	1,25	2,51	6,27	22,58	128,94
	Caja plástica 40 galones	36,00	2,00	2,00	0,97	0,53	0,51	1,03	2,57	94,08	
	Lavatorios	4,00	1,00	2,00	0,86	1,02	0,88	0,88	2,63	12,28	
Extrusión	Triturador	1,00	1,00	2,00	2,12	1,87	3,96	3,96	11,89	19,82	211,82
	Alimentador	1,00	1,00	2,00	2,50	1,00	2,50	2,50	7,50	12,50	
	Aglutinador	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00	12,00	20,00	
	Mezclador	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00	12,00	20,00	
	Extrusor	1,00	2,00	2,00	7,00	1,50	10,50	21,00	52,50	84,00	
	Torre de enfriamiento	1,00	1,00	2,00	1,50	1,00	1,50	1,50	4,50	7,50	
	Tanque de enfriamiento	1,00	2,00	2,00	6,00	1,00	6,00	12,00	30,00	48,00	
Ensamble	Sierra circular mesa	1,00	2,00	2,00	1,70	1,00	1,70	3,40	8,50	13,60	27,95
	Mesa industrial	2,00	4,00	2,00	1,20	0,52	0,62	2,50	5,62	14,35	
Bodega	Tarimas	18,00	2,00	2,00	1,20	1,00	1,20	2,40	6,00	111,60	134,18
	Estantes	3,00	2,00	2,00	1,96	0,64	1,25	2,51	6,27	22,58	
<b>Superficie total requerida m<sup>2</sup></b>										<b>644,49</b>	

## 4.5 Distribución de planta de la empresa M&R PLAS

Para determinar la mejor distribución de los departamentos y establecer la secuencia del proceso de producción de productos óptima a base de plástico extruido, se usó el método “Planeación sistemática de la distribución en planta” (SLP, por sus siglas en inglés) que utiliza cuatro elementos básicos: la identificación de los tipos de productos, el flujo de producción de cada producto, la cantidad de producción de cada producto y el análisis de producto-cantidad (P-C).

### 4.5.1 Tipos de productos

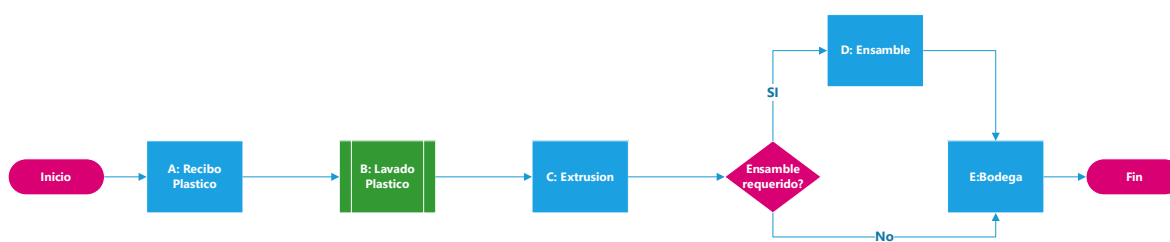


### 4.5.2 Flujo de producción (ruta)

Áreas	Descripción
A	Recibo plástico
B	Lavado plástico
C	Extrusión
D	Ensamble
E	Bodega

Tipo producto	Ruta
Poste de cerca cuadrado	A-B-C-E
Poste de cerca redondo	A-B-C-E
Banca con respaldar para 2 personas	A-B-C-D-E
Mesa de picnic para 4 personas	A-B-C-D-E
Deck plástico	A-B-C-D-E
Tapias de madera plástica	A-B-C-D-E

**Figura 12.** Diagrama de flujo de producción



### 4.5.3 Capacidad de producción (cantidad de unidades mensuales)

La producción de la empresa M&R PLAS fue establecida porcentualmente de acuerdo con cada producto, el consumo de kilogramos por unidad manufacturada y su facilidad de procesamiento. Según la empresa Eco Maderas Plásticas, para la manufactura de un poste de

cerca cuadrado o redondo procesado en un molde de dimensiones largo 210 cm, ancho 8 cm, alto 8 cm se requiere 10 kg de plástico extruido y una extrusora con las siguientes características: tornillo sin fin 100 mm, motor trifásico 30 hp, reductor (ratio de giro) 30, boquilla de alimentación y un consumo de energía 30 kW/h, y tiene un rendimiento de procesamiento de 150 kg de plástico por hora, lo cual equivale a 15 postes de cerca en las dimensiones mencionadas.

Para determinar el cálculo de capacidad mensual de unidades requeridas (producción) de acuerdo con la cantidad de kilogramos de plástico que se debe tratar en el cantón de Zarcero de 42,3 toneladas, en un periodo de un mes, la empresa M&R PLAS debe extruir 3.525 kg de plástico.

La cantidad mensual de kilogramos de plástico extruido se transforma en unidades (producto) y para facilitar el cálculo de las unidades de producto obtenidas a través de los 3.525 kg plástico se utilizó el volumen ( $\text{cm}^3$ ) de referencia que requiere un molde para obtener un poste de cerca cuadrado o redondo con las siguientes características: volumen molde poste cuadrado/redondo: ancho 8 cm x alto 8 cm x largo 210 =  $13.440 \text{ cm}^3$ .

1 unidad = 10 kg de plástico

$1 \text{ cm}^3 = 10 \text{ kg} / 13.440 \text{ cm}^3 = 0,00074 \text{ kg/cm}^3$

$1 \text{ kg} = 13.440 \text{ cm}^3 / 10 \text{ kg} = 1.344 \text{ cm}^3 / \text{kg}$

A continuación, se muestra la capacidad de producción mensual por producto.

**Tabla 7.** Consumo de plástico (kg/EA) por unidad de producto diseñado

Producto	Unidades	Piezas por unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Volumen total (cm <sup>3</sup> )*	Consumo plástico (kg/EA)**
Poste de cerca cuadrado	1	1	210	8	8	13.440 cm <sup>3</sup>	10
Poste de cerca redondo	1	1	210	8	8	13.440 cm <sup>3</sup>	10
Banca con respaldar para 2 personas	1	11	100	10	3	33.000 cm <sup>3</sup>	24,5
Mesa de picnic para 4 personas	1	16	120	14	3	84.000 cm <sup>3</sup>	62,5
Deck plástico	1	10 (4 m <sup>2</sup> )	300	14	3	126.000 cm <sup>3</sup>	93,75
Tapias de madera plástica	1	10 (4 m <sup>2</sup> )	300	14	3	126.000 cm <sup>3</sup>	93,75
Total, consumo plástico por 6 unidades	6	49	1.240	68	28	395.880	295

\* El volumen total (cm<sup>3</sup>) se determinó multiplicando largo x ancho x alto.

\*\* La cantidad de consumo plástico se calculó tomando como referencia la capacidad de producción 150 kg/h equivalente a 15 postes (210 cm x 8 cm x 8 cm) producidos por la extrusora utilizada en la empresa Eco Maderas Plásticas. Por lo tanto, una pieza de plástico con un volumen de 13.440 cm<sup>3</sup> equivale a un poste con dimensiones 210 cm x 8 cm x 8 cm y consume 10 kg de plástico extruido. Por ejemplo, los kilogramos totales utilizados para una banca con respaldar para 2 personas de 33.000 cm<sup>3</sup> es de:  $33.000 \text{ cm}^3 / 13.440 \text{ cm}^3 \times 10 = 24,5 \text{ kg}$ .

**Tabla 8.** *Capacidad producción mensual según los diferentes productos*

Capacidad producción mensual por producto	Kg plástico mensual por producto*	Porcentaje desperdicio	Consumo plástico (kg/EA)	Cantidad de unidades**
Total, capacidad producción 20% mensual poste de cerca cuadrado (kg)	705	5%	10	67
Total, capacidad producción 20% mensual poste de cerca redondo (kg)	705	5%	10	67
Total, capacidad producción 15% mensual banca con respaldar para 2 personas (kg)	528,75	5%	24,5	20
Total, capacidad producción 11% mensual mesa de picnic 4 personas (kg)	387,75	5%	62,5	6
Total, capacidad producción 17% mensual deck plástico (kg)	562,5	5%	93,75	6
Total, capacidad producción 17% mensual tapia de madera plástica (kg)	562,5	5%	93,75	6
Total, capacidad de unidades mensuales	3.525	5%	295	172

\* Los kilogramos de plástico por producto se definieron multiplicando la cantidad de kilos de plástico que se debe extruir mensualmente 3.525 x % de producción (20% o 17 %, según la capacidad de producción de la empresa).

\*\* La cantidad de unidades se calculó dividiendo el kilogramo de plástico mensual por producto / consumo plástico (kg/EA) – 5% de desperdicio.

#### 4.5.4 Análisis de producto-cantidad (P-C)

Este análisis busca entender la ruta de los productos que se van a manufacturar con base en los desechos plásticos de los agroquímicos en la empresa M&R PLAS. Principalmente, el análisis describirá las áreas necesarias del proceso productivo, los pares de secuencia de ruta por producto, el flujo de ruta de los productos, la relación de secuencia de la ruta, el motivo

de proximidad de la ruta, el diagrama de relación de ruta de productos y el diagrama de relación de espacios.

Los pares de secuencia se definen como la ruta por donde va a pasar los productos que se van a manufacturar en las diferentes áreas del proceso de manufactura como se muestra en la tabla 9 y 10 a continuación:

**Tabla 9.** *Áreas de proceso manufactura*

Áreas	Descripción
A	Recibo plástico
B	Lavado plástico
C	Extrusión
D	Ensamble
E	Bodega

**Tabla 10.** *Pares de secuencia*

Producto	Tipo de producto	Ruta	Capacidad de producción mensual
1	Poste de cerca cuadrado	A-B-C-E	67
2	Poste de cerca redondo	A-B-C-E	67
3	Banca con respaldar para 2 personas	A-B-C-D-E	20
4	Mesa de picnic para 4 personas	A-B-C-D-E	6
5	Deck plástico	A-B-C-D-E	6
6	Tapias de madera plástica	A-B-C-D-E	6

Durante el análisis, cada producto debe detallar la capacidad de producción mensual que debe entregar cada par de secuencia y la ruta que tiene que seguir cada producto para ser manufacturado. Con esta información se obtendrá el detalle de flujo de la ruta de los

productos, el resumen de la secuencia de ruta por producto y su respectiva capacidad de producción, como se observa en la Tabla 11 a continuación:

**Tabla 11.** *Análisis P-C pares de secuencia de ruta por producto*

<b>Análisis P-C pares de secuencia de ruta por producto</b>											
Poste de cerca cuadrado	Cantidad de producción	Poste de cerca redondo	Cantidad de producción	Banca con respaldar para 2 personas	Cantidad de producción	Mesa de picnic 4 personas	Cantidad de producción	Deck plástico	Cantidad de producción	Tapias de madera plástica	Cantidad de producción
AB	67	AB	67	AB	20	AB	6	AB	6	AB	6
BC	67	BC	67	BC	20	BC	6	BC	6	BC	6
CE	67	CE	67	CD	20	CD	6	CD	6	CD	6
				DE	20	DE	6	DE	6	DE	6

El flujo de ruta de los productos se resume en la tabla de relación de flujo de ruta, donde se da la relación entre los pares de ruta de los productos y la intersección entre la secuencia del eje horizontal versus el eje vertical, que establece la capacidad de producción de cada par de la ruta de cada producto.

Por ejemplo, el par de ruta AB se requiere para manufacturar los seis tipos de productos que comercializará la empresa M&R PLAS. Por lo tanto, como se establece en la tabla de flujo de ruta, se debe asignar la capacidad de producción mensual de cada producto y luego, sumar para definir la capacidad total mensual que debe entregar ese par de secuencia de ruta para todos los productos. La asignación y la sumatoria se repite para cada par de secuencia de producto. Si el par no está definido para manufacturar productos, se debe asignar 0.

**Tabla 12.** *Tabla de flujo de ruta*

Tabla de flujo de ruta					
Secuencia	A	B	C	D	E
A	0	0	0	0	0
B	67 67 20 6 6 6 $\Sigma= 172$	0	0	0	0
C	0	67 67 20 6 6 6 $\Sigma= 172$	0	0	0
D	0	0	20 6 6 6 $\Sigma= 38$	0	0
E	0	0	67 67 $\Sigma= 134$	20 6 6 6 $\Sigma= 38$	0

Para desarrollar el diagrama de flujo de ruta se asignó un código de relación de ruta y proximidad de ruta mediante un intervalo, el cual se calculó de la siguiente forma:

<b>Par de secuencia</b>	$\Sigma$ <b>Producción</b>	<b>Relación de secuencia de ruta</b>	<b>Motivo de proximidad de ruta</b>
AB	172	A	1
BC	172	A	1
CE	134	E	1
CD	38	O	1
DE	38	O	1
AC	0	U	1
AD	0	U	1
AE	0	U	1
BA	0	U	1
BD	0	U	1
BE	0	U	1
CA	0	U	1
CB	0	U	1
DA	0	U	1
DB	0	U	1
DC	0	U	1
EA	0	U	1
EB	0	U	1
EC	0	U	1
ED	0	U	1

<b>Cálculo intervalo</b>	<b>Max-Min/5 = 172-0/5</b>	<b>Resultado</b>
Ninguna	0 - 172-0/5	0 - 34
Ordinaria necesaria	35 - 35+34	35 - 69
Importante necesaria	70 - 70+34	70 - 104
Especialmente necesaria	105 - 105+34	105 - 139
Altamente necesaria	140 - 140+34	140 - 174

**Tabla 13.** *Relación de secuencia de ruta*

<b>Relación de secuencia de ruta</b>		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Intervalo</b>
A	Altamente necesaria	140 - 174
E	Especialmente necesaria	105 - 139
I	Importante necesaria	70 - 104
O	Ordinaria necesaria	35 - 69
U	Ninguna	0 - 34

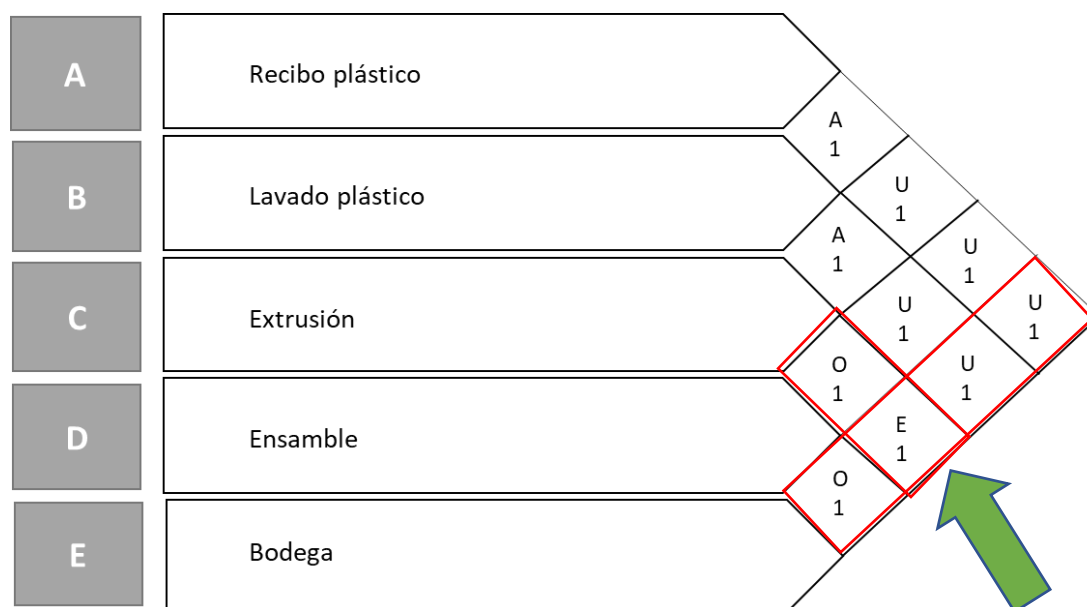
**Tabla 14.** *Motivo de proximidad de ruta*

<b>Motivo de proximidad de ruta</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
1	Flujo de Materiales
2	Fácil supervisión
3	Uso de mismo personal
4	Uso de mismas instalaciones
5	Emisiones, contaminación y polvos

El diagrama de ruta es una representación visual de la secuencia de pares de los productos y su relación de acuerdo con la relación de ruta y motivo de proximidad de la ruta, con el fin de establecer el diagrama de relación de espacio para distribuir los departamentos de la empresa en cuanto a la cantidad de metros cuadrados requeridos.

La intersección en el diagrama de ruta entre cada par, como por ejemplo entre C-E, se define a continuación:





**Figura 13.** Diagrama de ruta entre cada par

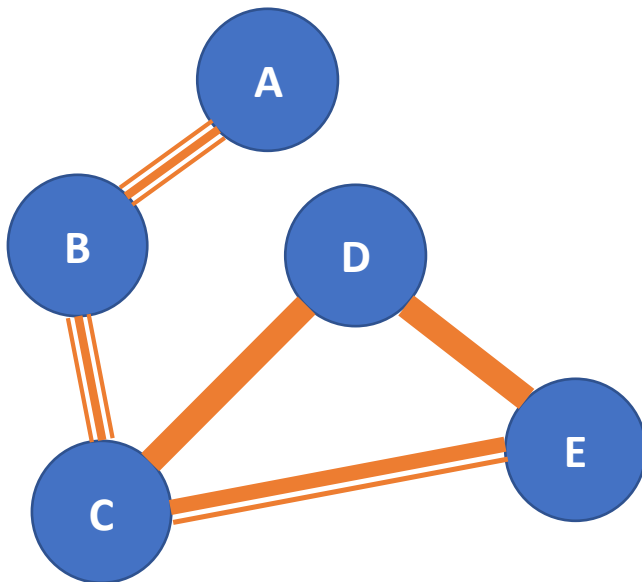


**Nota 10.** La asignación de E1 se estableció mediante el código de relación de ruta y el motivo de proximidad de acuerdo con la capacidad de producción mensual de cada par de secuencia de ruta de los productos.

Los insumos del diagrama de relación de ruta se utilizaron para definir el diagrama de relación de espacios, con el fin de crear la distribución de planta de acuerdo con la ruta de productos, capacidad de producción y motivo de proximidad de ruta. El diagrama de relación de espacios se determinó mediante la asignación de un código de líneas, como se muestra a continuación:

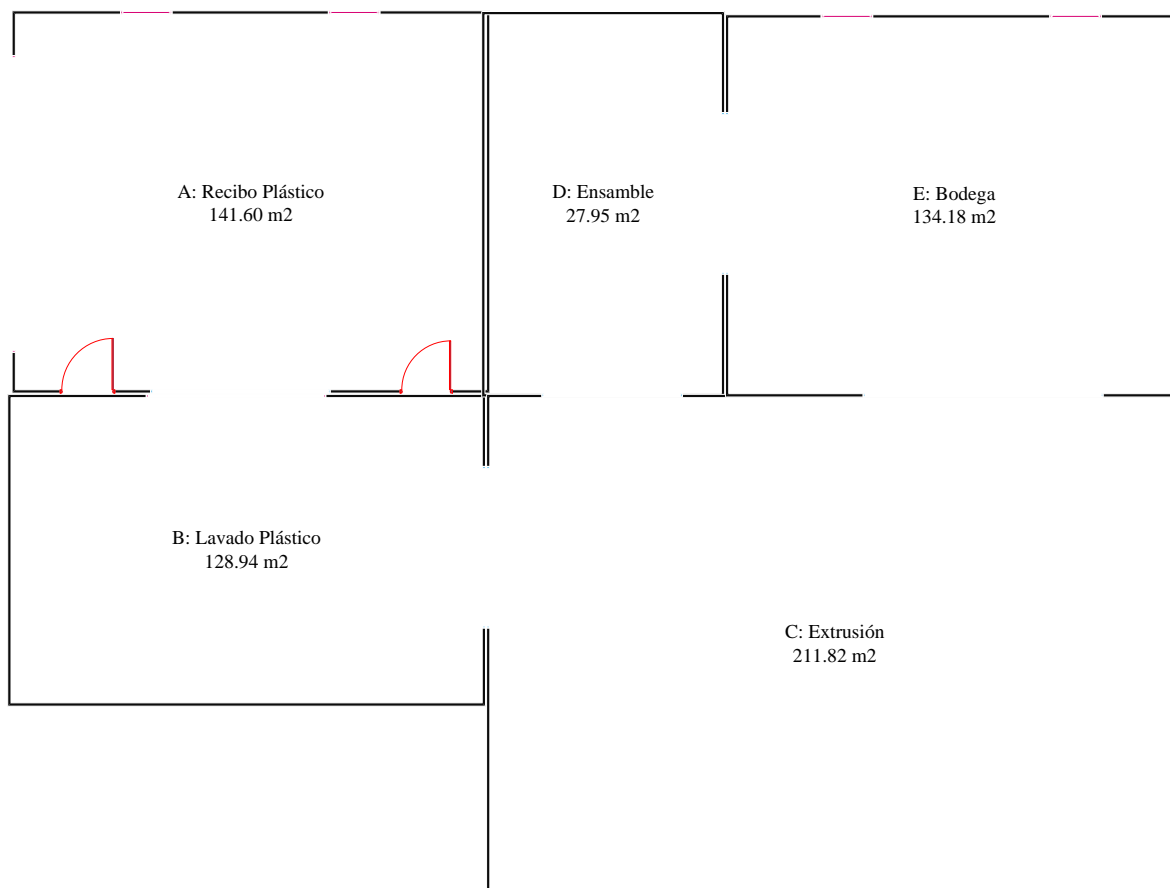
**Tabla 15.** *Motivo de proximidad de espacio*

Motivo de proximidad de espacio		
Código	Descripción	Tipo de línea
A	Altamente necesaria	
E	Especialmente necesaria	
I	Importante necesaria	
O	Ordinaria necesaria	
U	Ninguna	

**Figura 14.** *Diagrama de relación de espacios*

De acuerdo con el diagrama de relación de espacio, el diseño de la planta se visualiza en la Figura 15 a continuación:

**Figura 15.** *Propuesta de diseño de planta*



Para transformar el plástico desechado por los agroquímicos en el cantón de Zarcero se requiere un espacio total de 644,49 m<sup>2</sup>.

#### **4.6 Capacidad de producción y consumo de energía**

La capacidad de producción es esencial para cualquier fabricante, ya que permite entender el tiempo de ciclo, para ser más preciso en la entrega de producto y, a su vez, obtener el flujo de caja apropiado para mantener a flote un proceso productivo. Para entender la capacidad de producción son necesarios dos parámetros importantes:

1. Tiempo de producción
2. Capacidad de la máquina por hora

A continuación, en la Tabla 4 se muestra la capacidad de las máquinas y el consumo de energía del proceso de extrusión de la empresa M&R PLAS propuesto para procesar 42,3 toneladas de plástico desechado en Zarcero en turnos de producción de 8 horas.

**Tabla 16.** *Capacidad de las máquinas por hora*

Equipo	Kg/h plástico	Consumo de energía KW/h
Triturador	120	23,0
Alimentador	1.000	3,75
Aglutinador	120	30,0
Mezclador	1.000	3,75
Extrusor	150	30,0
Torre de enfriamiento	150	3,75

## **CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN O SOLUCIONES**

### 5.1 Simulación del proceso

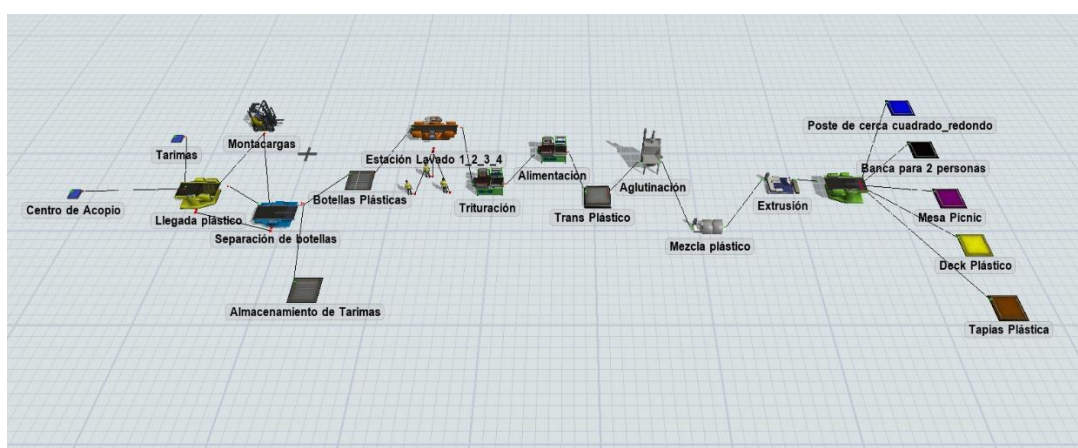
Para poder procesar los desechos plásticos de los agroquímicos generados en el cantón de Zarceró, la empresa M&R PLAS debe crear un proceso productivo que sea capaz de extraer 42,3 t de plástico en un año. Para comprender si el proceso de producción propuesto va a ser eficiente se correrá una simulación en el software Flexsim, con el objetivo de entender el rendimiento del proceso con respecto a la capacidad de procesamiento de plástico. Para la simulación se consideraron los siguientes parámetros, como se muestra en la Tabla 17:

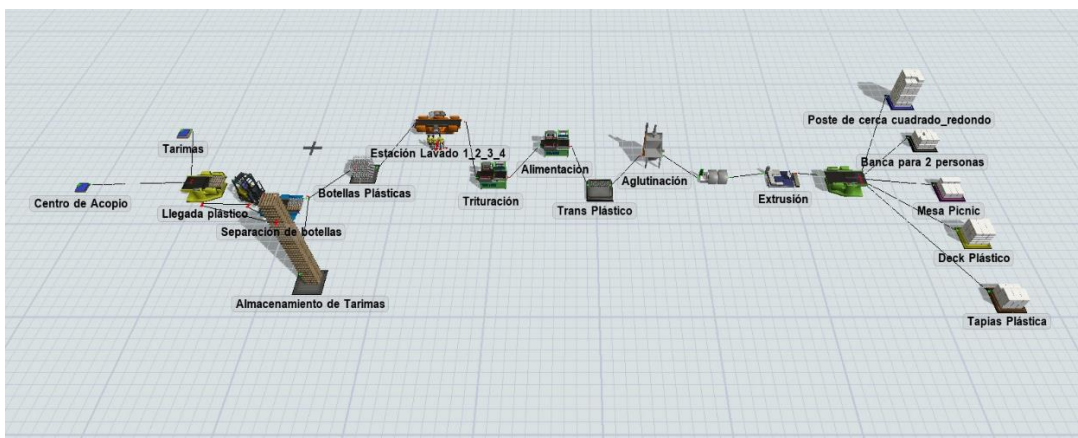
**Tabla 17.** *Parámetro para la simulación*

Descripción	Parámetro
Consumo mensual plástico	42,3 t 100 kg/1 t = 42.300 kg/12 meses = 3.525 kg/mes
Llegada entrega plástico	2 veces por semana 251 kg por entrega (equivalente a 251 kg/0,070 kg = ~ 7.171 x 2 = 14.342 botellas de 1 litro) Una botella 1 L = 0,070. kg
Intervalo de entrega plástico 502 kg	Martes y viernes (11 a.m.) – aproximadamente entrega cada 1.440 minutos (7 entregas por mes)
Tiempo de descarga (almacenamiento) plástico	10 tarimas de 50,2 kg por entrega (5 minutos) equivalente a 50,2 kg/0,070 kg = ~ 717 botellas de 1 litro por tarima
Tiempo de lavado por envase (triple lavado) – 4 estaciones de trabajo (1 operador por estación)	1,6 minutos (se lava 2 envases a la vez por estación) – tarima de ~ 714 envases se procesan en ~ 142,8 minutos tiempo de lavado total. Cada estación de lavado tiene un tiempo de ciclo = 1,6 min/4 estaciones = 0,40 min/estación.
Tiempo de trituración de plástico	120 kg/0,070 kg por hora = 1.714 envases/h

Tiempo de alimentación de plástico	1.000 kg/0,070 kg por hora =14.285 envases /h
Tiempo de aglutinador de plástico	120 kg/0,070 kg por hora = 1.714 envases/h
Tiempo de mezcla de plástico	1.000 kg/0,070 kg por hora = 14.285 envases
Tiempo de extrusión de plástico	150 kg/0,070 kg por hora = 2.142 envases/h
Tiempo de enfriamiento de plástico	1.000 kg/0,070 kg por hora = 14.285 envases/h
Total capacidad producción 20% mensual poste de cerca cuadrado (kg)	705 kg plástico mensual (67 unidades por mes)
Total capacidad producción 20% mensual poste de cerca redondo (kg)	705 kg plástico mensual (67 unidades por mes)
Total capacidad producción 15% mensual banca con respaldar para 2 personas (kg)	528,5 kg plástico mensual (20 unidades por mes)
Total capacidad producción 11% mensual mesa de picnic para 4 personas (kg)	387,75 kg plástico mensual (6 unidades por mes)
Total capacidad producción 17% mensual deck plástico (kg)	562,5 kg plástico mensual (6 unidades por mes)
Total capacidad producción 17% mensual tapia de madera plástica (kg)	562,5 kg plástico mensual (6 unidades por mes)

**Figura 16.** *Flujo de proceso Flexsim*

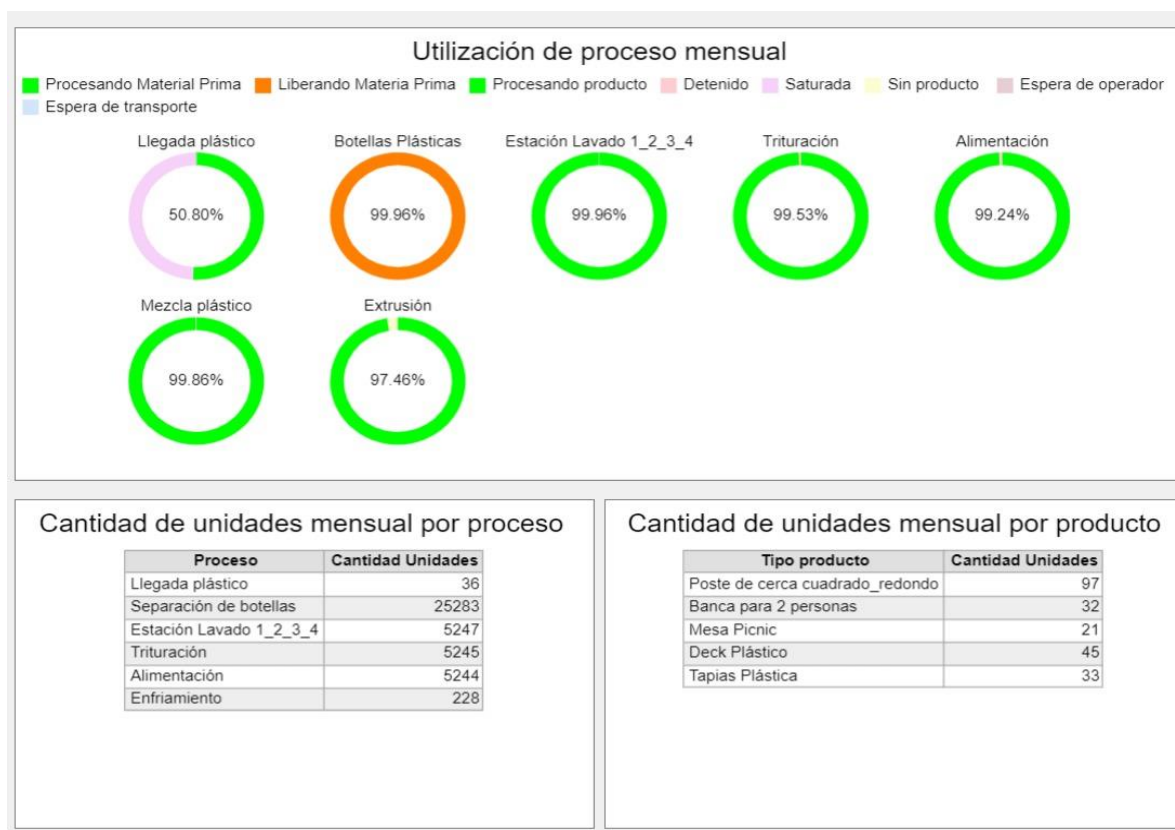




**Nota 11.** La figura representa el flujo de proceso en el software Flexsim.

Como resultado de la simulación, se logró demostrar que el proceso de manufactura propuesto es capaz de procesar el plástico desechado por el uso de agroquímico en el cantón de Zarceros.

Con base en los resultados del proceso de manufactura simulado, se determinó que el proceso de manufactura propuesto opera a un rendimiento de alrededor 92,69%, lo cual es óptimo para alcanzar la capacidad de procesamiento de 3.525 kg de plástico mensual que se quiere transformar en productos alternativos. La capacidad de producción mensual propuesta para que el proceso sea rentable se logró demostrar, como se evidencia en la Figura 17.

**Figura 17. Resultado de simulación**

**Nota 12.** La figura representa los resultados de la simulación del proceso para el tratamiento de los desechos de envases plásticos de los agroquímicos.

Para aprovechar en el futuro el rendimiento del proceso total, la empresa M&R PLAS debe buscar nuevas fuentes de material prima, porque la cantidad de desecho plástico del cantón de Zarcero permite la manufactura de 172 unidades mensuales distribuidas en seis diferentes productos, lo cual significa que el proceso de manufactura propuesto tendría una utilización de 67,44% y una oportunidad de incrementar el rendimiento en 25,25%, debido a que el total de unidades con una capacidad de 92,69% de acuerdo con el proceso simulado propuesto es de 228 unidades, como se muestra en la Figura 16.

## 5.2 Análisis financiero

Para evaluar la rentabilidad del proceso de tratamiento de los desechos plásticos de los agroquímicos se calculará VAN, TIR y ROI, considerando las ganancias estimadas del

proceso de tratamiento del plástico de los agroquímicos en término de 5 años. Los flujos de ganancias estimados considerarán una capacidad de producción mensual de 172 unidades manufacturadas distribuidas en seis diferentes productos alternativos. Para realizar los cálculos de los indicadores se utilizó la información de las Figuras 18 y 19.

**Figura 18. Datos para cálculos de VAN, TIR y ROI**

Inversión Inicial				
Terreno m2	644.49	€	12,531,463.56	
Préstamo construcción	1	€	30,000,000.00	
Permisos construcción 15%	1	€	4,500,000.00	
Tarimas	36	€	329,490.72	
Cajas plásticas 40 galones	36	€	470,511.72	
Lavatorios	4	€	439,759.32	
Mesa industrial	2	€	198,729.54	
Sierra circular mesa	1	€	534,478.70	
Estantes	6	€	699,187.92	
Montacargas	1	€	4,600,000.00	
Computadora Portátil	2	€	699,800.00	
Celular	2	€	189,800.00	
Extrusora	1	€	19,163,780.00	
Molino (Triturador)	1	€	8,287,040.00	
Tanque de enfriamiento	1	€	1,605,614.00	
Torre de enfriamiento	1	€	1,864,584.00	
Moldes	15	€	1,683,305.00	
Aglutinador	1	€	8,287,040.00	
Mezclador	1	€	3,107,640.00	
Alimentador	1	€	1,450,232.00	
Instalación de equipos de extrusión/Entrenamiento (2 semanas)	2	€	1,760,996.00	
<b>Inversión Inicial Total</b>			<b>€165,990,065.47</b>	
Costos Anuales				
Descripción	Cantidad	Costo Mensual	Costo Anual	
Operadores Mensual (4 operadores)	4	€ 1,530,067.20	€ 18,360,806.40	
Deducciones CCSS (planilla) Mensual (4 operadores)	5	€ 578,302.00	€ 6,939,624.00	
Alquiler de Transporte Mensual (Entrega material y despacho producto)	2	€ 440,000.00	€ 5,280,000.00	
Estimado consumo de agua No potable m3 Mensual	37.8	€ 75,600.00	€ 907,200.00	
Estimado consumo de luz kW/h Mensual	94.25	€ 1,589,601.65	€ 19,075,219.80	
Estimado Agua Potable m3 Mensual	25	€ 41,235.00	€ 494,820.00	
Suministros (Empaque) Mensual	17	€ 78,182.83	€ 938,193.96	
Internet 300 Megs Mensual	1	€ 28,600.00	€ 343,200.00	
Línea teléfono (móvil) Mensual	2	€ 40,608.00	€ 487,296.00	
Supervisor producción Mensual	1	€ 638,299.51	€ 7,659,594.12	
Aguinaldos Annual Mensual	4	€ 180,697.23	€ 2,168,366.71	
Mantenimiento trimestral	4	€ 77,691.00	€ 932,292.00	
<b>Costo Total Anual</b>		<b>€ 5,221,193.42</b>	<b>€ 63,586,612.99</b>	
Ganancias Mensuales				
Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Ganancia Total Mensual	Ganancia Total Annual
Total capacidad producción 20 % mensual poste cerca cuadrado	67	€ 21,380.70	€ 1,432,506.90	€ 17,190,082.80
Total capacidad producción 20 % mensual poste cerca redondo	67	€ 21,380.70	€ 1,432,506.90	€ 17,190,082.80
Total capacidad producción 15 % mensual banca con respaldar para 2 personas	20	€ 128,284.20	€ 2,565,684.00	€ 30,788,208.00
Total capacidad producción 11 % mensual mesa picnic 4 personas	6	€ 171,045.60	€ 1,026,273.60	€ 12,315,283.20
Total capacidad producción 17 % mensual deck plástico (4 m2)	6	€ 212,085.14	€ 1,272,510.85	€ 15,270,130.15
Total capacidad producción 17 % mensual tapias de madera plástica (4 m2)	6	€ 212,085.14	€ 1,272,510.85	€ 15,270,130.15
<b>Ganancia Total mas costos operativos</b>			<b>€ 9,001,993.09</b>	<b>€ 108,023,917.10</b>
<b>Ganancia Total menos costos operativos</b>			<b>€ 3,780,799.68</b>	<b>€ 44,437,304.11</b>
<b>Notas:</b>				
Costo 1 dólar Argentino es igual 0.5890 colones.				
El precio de venta de los producto se definió de acuerdo a los precios establecidos por la empresa <b>4e Madera Plástica</b> situada en Argentina.				
Tipo cambio dólar BCCR 517.94 colones				
Cálculo costo agua lavado de envases y proceso de extrusión mensual. Lavado: 0.1 L x 3 veces x 50000 envases / 1000L = 15000 Extrusión: 5700 L x 4 semanas = 22800 L				
Conversión litros agua a m3 : 1 L = 0.001 m3, consumo agua mensual 15000L+22800L*0.1m3/L = 37.4 m3				
Costo kW/h 120.47 colones				
Cálculo costo electricidad				
Triturador €3.00				
Alimentador €0.75				
Aglutinador €0.00				
Mezclador €0.75				
Extrusor €0.00				
Torre de enfriamiento €0.75				
Total: 94.25 kw/h *35 h * 4 semanas = 13195 kw/mes				
Costo m3 agua no potable 2000 colones				
Costo m2 tierra en Zarceros es de 19444 colones				

**Nota 13.** La figura representa la estimación de costos y ganancias de la empresa M&R PLAS.

**Figura 19.** Análisis de VAN, TIR y ROI

Información de la inversión			
<b>Inversión Inicial (I<sub>0</sub>)</b>	₡ 165,990,065.47		
<b>Tasa Descuento Anual</b>	8.28%		
<b>Periodo</b>	5 años		
<b>Aumento Ganancia Anual</b>	1.0%		
<b>Proyección Ganancia Anual</b>	₡ 44,437,304.11		
<b>Año (t)</b>	<b>Flujo Efectivo</b>	<b>VAN</b>	<b>Acumulado</b>
<b>0</b>	-₡165,990,065.47	-₡165,990,065.47	
<b>1</b>	₡ 44,437,304.11	₡ 41,039,253.89	₡ 44,437,304.11
<b>2</b>	₡ 44,881,677.15	₡ 38,280,057.65	₡ 89,318,981.26
<b>3</b>	₡ 45,330,493.92	₡ 35,706,370.73	₡ 134,649,475.18
<b>4</b>	₡ 45,783,798.86	₡ 33,305,720.76	₡ 180,433,274.04
<b>5</b>	₡ 46,241,636.85	₡ 31,066,473.93	₡ 226,674,910.89
<b>VAN</b>	₡ 13,407,811.48		
<b>TIR</b>	11%		
<b>Tiempo (años) recuperación Inver.</b>	4		
<b>ROI</b>	₡ 60,684,845.41	37%	

**Nota 14.** La figura representa la viabilidad de inversión de la empresa M&R PLAS.

Basado en los resultados de los indicadores de VAN, TIR y ROI, crear el proceso para el tratamiento de los desechos plásticos de los agroquímicos en el cantón de Zarceró es rentable y proyecta beneficios sustanciales si el plástico es transformado en productos alternativos, como lo propone la empresa M&R PLAS.

El Valor Absoluto Neto (VAN) mostró un valor  $> 0$ , que indica que la creación de este proceso de manufactura dará rendimientos económicos positivos. Adicionalmente, la tasa interna de retorno de la inversión tuvo un valor de 37%, la cual es satisfactoria, porque la tasa de descuento anual se definió en 8,28% con base en la peor inflación que se ha alcanzado en Costa Rica hasta el año 2024.

Al ser la tasa de inflación más alta de la historia del país, permite adjudicar un incremento de los costos operativos del proceso de manufactura de alrededor de 6,28% que será

contemplado indirectamente en la tasa de descuento anual definida para el estudio financiero, debido a que la inflación anual del país es de aproximadamente 2%.

El proceso de manufactura propuesto mediante la simulación del proceso en Flexsim ha demostrado que es capaz de procesar 3.525 kg de plástico y –a su vez– en un periodo de un mes, este plástico puede ser transformado en 172 unidades distribuidas en seis productos diferentes.

En un periodo de 5 años, con una inversión inicial de ¢165.990.065,47, la empresa M&R PLAS logrará obtener una ganancia de ¢60.684.845,41, la cual representa 37% de recuperación de la inversión inicial que será alcanzada en el cuarto año del periodo.

## **CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

1. El cantón de Zarcero cuenta con seis agroservicios (Almacén AV, Cámara de Productores de Caña del Pacífico (C.P.C.P), Colono Agropecuario, Coopebrisas R.L., Suelo Sano S.A. y Zarcero Agrícola S.A.) que distribuyen la mayor cantidad de agroquímicos en presentaciones de 0,1 L a 20 L.
2. Los seis agroservicios de Zarcero en un año despachan alrededor de 165.989 envases de agroquímicos, que representan 42,3 t de plástico reciclable.
3. La empresa M&R PLAS debe buscar más fuentes de materia primara para incrementar la capacidad del proceso real propuesto de 67,44% hasta 92,69% según los resultados del proceso de manufactura simulado.
4. El retorno de la inversión de la empresa M&R PLAS se daría en un periodo de 4 años a una tasa de 37%.
5. Se logró demostrar la capacidad de producción mensual propuesta de 172 unidades en seis diferentes productos por la empresa M&R PLAS mediante la simulación del proceso de manufactura, el cual alcanzó un rendimiento de 92,69% y un total de 228 unidades distribuidas en los seis productos que comercializará la empresa.
6. Por medio del estudio financiero se determinó que el VAN obtuvo un valor mayor a 0, lo cual indica que la inversión es rentable. Además, la TIR alcanzó un valor de 37%, que está por encima de la tasa de descuento anual de 8,28% que se definió considerando la peor inflación que ha tenido Costa Rica hasta el año 2024.

## 6.2 Recomendaciones

1. La empresa M&R PLAS debería aumentar la capacidad de proceso en general, ya que solamente para procesar el plástico de los agroquímicos del cantón de Zarcerro necesitaría un rendimiento real del proceso de 67,44%, lo cual significa que la empresa debería buscar otros tipos de plásticos, como envases de refrescos, envases de almacenamiento de la industria alimentaria, plástico de juguetes y aparatos electrónicos.
2. El proceso de manufactura para la transformación del plástico durante la simulación demostró que operando a una capacidad de 92,69% se logra alcanzar la capacidad de producción de 228 unidades mensuales distribuidas en seis diferentes tipos de productos. Con base en este resultado, la empresa M&R PLAS debería buscar procesar otros tipos de desechos plásticos que no sean provenientes de los agroquímicos fuera de Zarcerro, ya que la cantidad de desechos plásticos en el cantón permite manufacturar alrededor de 172 unidades mensuales.
3. M&R PLAS debería buscar alianzas estratégicas con municipalidades y cámaras de agricultores de la zona de Grecia, Naranjo, Palmares, San Ramón y Ciudad Quesada para obtener más entradas de materia prima (desechos plásticos) para el proceso de transformación de desechos plásticos.
4. M&R PLAS debería diversificar la línea de productos a partes de automóviles, pérgolas, parques infantiles, recipientes para plantas, juguetes, estantería y basureros entre otros.
5. La empresa debería implementar el uso de sistemas de control de producción (softwares), certificaciones ISO y salud ocupacional para mejorar la eficiencia de los procesos y la seguridad de los trabajadores.

## **CAPÍTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 4e. (s.f.). *Tienda de Productos. 4e Madera Plástica*. Recuperado de <https://4emaderaplastica.com/#!/producto/1/?opcion=a1v9>
- Ariza, O. & Díaz, D. (2021). *Plan de gestión para el manejo de envases y empaques de agroquímicos, caso piloto finca Santa María ubicada en la vereda Limoncito, Pacho - Cundinamarca*. Recuperado de <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/6704>
- Autycom. (29 de abril de 2020). *Simulador de procesos: qué es y cuáles son sus ventajas*. Recuperado de <https://www.autycom.com/simulador-de-procesos-que-es-y-cuales-son-sus-ventajas/>
- Banco Mundial. (2023). *La Agricultura y los Alimentos*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#>
- Barandica, E. C. (1° de marzo de 2023). *National Open and Distance University UNAD*. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/55114/ecvillamilb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bin, S. (16 de mayo de 2022). *Redacción Periodismo Humano*. Recuperado de <https://www.redaccion.com.ar/como-se-trabaja-para-recuperar-los-20-millones-de-envases-plasticos-de-productos-quimicos-que-se-tiran-en-el-campo-cada-ano/>
- Brenes, L. (2020). *Manual de uso de biobeds: dirigido a agricultores de la zona norte*. Recuperado de [https://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2023/05/Manual-de-uso-de-BIOBEDS-2020\\_compressed.pdf](https://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2023/05/Manual-de-uso-de-BIOBEDS-2020_compressed.pdf)
- Cámara, M. (2021). *Los plásticos agrícolas: residuos o materias primas*. Recuperado de <https://murciaplaza.com/los-plasticos-agricolas-residuos-o-materias-primas>

Castellanos, P. (2023). *Rotomoldeo de plástico: versatilidad en una sola técnica*. Recuperado de <https://www.plastico.com/es/noticias/rotomoldeo-economia-y-versatilidad-en-una-sola-tecnica>

Castro, P. (2023). *Cantidad de agricultores registrados en el cantón de Zarceero*. MAG.

Cigoña, J. R. (23 de noviembre de 2021). *Tasa interna de retorno (TIR): ¿Qué es y cómo se calcula?* Recuperado de <https://www.sage.com/es-es/blog/tasa-interna-de-retorno-tir-que-es-y-como-se-calcula/>

ECODES. (2020). *Cooperación para el Desarrollo*. Recuperado de <https://ecodes.org/hacemos/cooperacion-para-el-desarrollo>

Espinoza, M. & Marisol Soto, M. G. (2023). *Análisis de la gestión de envases vacíos del cantón de Zarceero*. Costa, Rica: Universidad Nacional (UNA).

Estaún, M. (15 de noviembre de 2022). *Qué es y cómo se calcula el ROI o Retorno de Inversión*. Recuperado de <https://www.iebschool.com/blog/que-es-como-calcula-roi-marketing-estrategico/>

Fabres, F. (9 de agosto de 2022). *El uso de plásticos en el agro se reinventa a nivel planetario*. Recuperado de <https://www.redagricola.com/cl/el-uso-de-plasticos-en-el-agro-se-reinventa-a-nivel-planetario/>

Fadep envases. (2023). *Envases para agroquímicos*. Recuperado de <https://www.fadepsa.com.ar/blog/envases-para-agroquimicos>

Fantino, J. (13 de junio de 2022). *Estadística descriptiva e inferencial: ¡Decide con estos métodos como aliados!* Recuperado de <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/estadistica-descriptiva-e-inferencial/>

Galindo *et al.* (2021). *Propuesta para promover la formación medioambiental enfocada al manejo adecuado de residuos plásticos PET a niños de educación primaria en Bogotá, por medio del trabajo docente desde el Diseño Digital y Multimedia.* Recuperado de [https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/5407/Galindo\\_%20Melo\\_Perez\\_PETico%20y%20el%20mundo%20de%20pl%C3%A1stico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/5407/Galindo_%20Melo_Perez_PETico%20y%20el%20mundo%20de%20pl%C3%A1stico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Harley, W. (2022). *Elaboración de un Plan de Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola en la Hacienda La Rivera de Ecuador.* Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/WONG%20SISALEMA%20HARLEY%20SHUN%20LI.pdf>

Jiménez, D. d. (18 de setiembre de 2020). *Acta Sesión Ordinaria dieciséis dos mil veinte periodo 2020-2024.* Recuperado de <http://www.zarcero.go.cr/files/folder/610a2b1f-3113-4979-9988-a01366e3832a.pdf>

López, J. & Pomaquero, J. (2020). *Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba.* Recuperado de <https://www.polodelconocimiento.com/>

Marpa Vacuum. (24 de diciembre de 2022). *Tratamiento de plásticos: ¿cuáles son los más importantes y en qué consisten?* Recuperado de <https://marpavacuum.com/tratamiento-plasticos/>

Másters, T. y. (6 de junio de 2023). *¿Qué son las técnicas de investigación? Tipos y ejemplos.* Recuperado de <https://tesisymasters.com.co/tecnicas-de-investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20e%20instrumentos%20de,y%20presentar%20la%20informaci%C3%B3n%20encontrada>

Millán, M. L. (29 de octubre de 2020). *¿Qué es el VAN y cómo se calcula?* Recuperado de <https://blogs.imf-formacion.com/blog/mba/que-es-van-calcula/>

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2023). *Costa Rica y Francia se unen para repensar el consumo y producción de plásticos.* Recuperado de <http://www.digeca.go.cr/noticias/costa-rica-y-francia-se-unen-para-repensar-el-consumo-y-produccion-de-plasticos>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS). (20 de diciembre de 2023). *Lista de salarios mínimos del sector privado.* Recuperado de <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>

Moreno Flórez, A. (17 de mayo de 2023). *El reciclaje de envases de insumos Agrícolas: un desafío colaborativo.* Recuperado de <https://www.corresponsables.com/Opinion/Grupo-Empresarial-Sys-El-Reciclaje-de-envases-de-Insumos-Agricolas-un-desafio-colaborativo>

Muñoz, D. (2023). *Moldeo por soplado.* Recuperado de <https://www.plastico.com/es/noticias/moldeo-por-soplado-todo-lo-que-necesita-saber>

Noticias del Parlamento Europeo. (2023). *Reciclaje y residuos de plástico en la UE: hechos y cifras*. Recuperado de

<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181212STO21610/reciclaje-y-residuos-de-plastico-en-la-ue-hechos-y-cifras>

- Pomareda, F. (2022). *Costa Rica usa hasta 8 veces más plaguicidas que los demás países OCDE de América*. Recuperado de <https://semanariouniversidad.com/pais/pnud-costa-rica-usa-hasta-8-veces-mas-plaguicidas-que-los-demas-paises-ocde-de-america/#:~:text=En%20Costa%20Rica%20se%20usan,prohibidos%20en%20la%20Uni%C3%B3n%20Europea>.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2022). *Impacto de plaguicidas*. Recuperado de <https://impactoplaguicidas.cr/>
- PROTOLABS. (s.f.). *Moldeo por inyección de Plásticos*. Recuperado de <https://www.protolabs.com/es-es/servicios/moldeo-por-inyeccion/moldeo-por-inyeccion-de-plasticos/>
- Pursell, S. (5 de septiembre de 2022). *¿Qué es el ROI y cómo se calcula? (fórmula y ejemplos)*. Recuperado de <https://blog.hubspot.es/marketing/que-es-roi>
- QuestionPro. (6 de junio de 2023). *Tamaño de muestra*. Recuperado de [https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html#que es tama%C3%B1o de muestra](https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html#que%20es%20tama%C3%B1o%20de%20muestra)
- Ramírez, P. (26 de septiembre de 2022). *Van y TIR: Concepto, diferencias y cómo calcularlos*. Recuperado de <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>
- Ramos, W. (2021). *Gestión integral de desechos plásticos en los cultivos de ciclo corto en la Parroquia Pimocha del Cantón Babahoyo*. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9387/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000158.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Salinas, J. M. [Dr. Salinas] (19 de noviembre de 2020). *Método Guerchet (Cálculo de espacio para una Distribución de Planta)* [Video]. YouTube. Recuperado de [https://youtu.be/ihvbHufiZX4?si=xlgfD0EN\\_fVCmvqFhttps://youtu.be/ihvbHufiZX4?si=xlgfD0EN\\_fVCmvqF](https://youtu.be/ihvbHufiZX4?si=xlgfD0EN_fVCmvqFhttps://youtu.be/ihvbHufiZX4?si=xlgfD0EN_fVCmvqF)
- Sepe, M. (1° de setiembre de 2020). *Fundamentos del polietileno: el peso molecular y la densidad*. Plastic Technology México. Recuperado de <https://www.pt-mexico.com/columnas/parte-2-los-fundamentos-del-polietileno>
- Silva, Z. (2020). *Estudio del manejo de residuos plásticos en Colombia*. Recuperado de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/952/Residuos%20plasticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Statista Research Department. (22 de mayo de 2024). *Evolución anual de la tasa de inflación en Costa Rica desde 2015 hasta 2029*. Recuperado de <https://es.statista.com/estadisticas/1190003/tasa-de-inflacion-costa-rica/#:~:text=Por%20lo%20general%2C%20la%20tasa,una%20cifra%20menos%20al%201%25>
- SUNRISE. (s. f.). *Productos Ecológicos*. Recuperado de <https://www.sunrisesostenible.com/productos>
- SUNRISE. (s. f.). *Soluciones Eco-Amigables* [sitio web]. Recuperado de <https://www.sunrisesostenible.com/>
- Turovski, M. (2023, 4 octubre). *¿Qué es la capacidad de producción y cómo calcularla?* MRPeasy. Blog para fabricantes y distribuidores. Recuperado de <https://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/es/capacidad-de-produccion/>
- Ulate, I. & Vargas, E. (2016). *Metodología para elaborar una tesis*. Recuperado de <https://ebooks.uned.ac.cr/pdfreader/metodologa-para-elaborar-una-tesis50072875>

- Vásconez, J. (2022). *Desarrollo de aplicación web para gestionar el reciclaje de plásticos de envases de agroquímicos en las fincas de Machachi*. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22683/1/CD%2012166.pdf>
- Velázquez, A. (12 de junio de 2023). *¿Qué es la investigación correlacional?* Recuperado de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-correlacional/>
- VLD Engineering. (30 de junio de 2020). *¿Qué entendemos por simulación de procesos industriales?* Recuperado de <https://www.vld-eng.com/blog/simulacion-procesos-industriales/>

## **CAPÍTULO VIII ANEXOS**

Anexo 1. Taxonomía de Bloom

← Procesos cognitivos de orden inferior		→ Procesos cognitivos de orden superior →			
RECORDAR	COMPRENDER	APLICAR	ANALIZAR	EVALUAR	CREAR
Recordar hechos/datos sin necesidad de entender. Se muestra material aprendido previamente mediante el recuerdo de términos, conceptos básicos y respuestas.	Mostrar entendimiento a la hora de encontrar información del texto. Se demuestra comprensión básica de hechos e ideas.	Usar en una nueva situación. Resolver problemas mediante la aplicación de conocimiento, hechos o técnicas previamente adquiridos en una manera diferente.	Examinar en detalle. Examinar y descomponer la información en partes identificando los motivos o causas; realizar inferencias y encontrar evidencias que apoyen las generalizaciones.	Justificar. Presentar y defender opiniones realizando juicios sobre la información, la validez de ideas o la calidad de un trabajo basándose en una serie de criterios.	Cambiar o crear algo nuevo. Recopilar información de una manera diferente combinando sus elementos en un nuevo modelo o proponer soluciones alternativas.
<b>PALABRAS CLAVE:</b>	<b>PALABRAS CLAVE:</b>	<b>PALABRAS CLAVE:</b>	<b>PALABRAS CLAVE:</b>	<b>PALABRAS CLAVE:</b>	<b>PALABRAS CLAVE:</b>
Elegir observar mostrar Copiar omitir deletrear Definir rastrear afirmar Decir cuándo duplicar Citar repetir qué Leer relacionar nombrar Quién listar repetir Recitar escribir localizar Cómo dónde Memorizar Por qué reconocer	Preguntar esquematizar Generalizar predecir Clasificar dar ejemplos Comparar relacionar Contrastar ilustrar Parafrasear demostrar Informar discutir Inferir revisar resumir Interpretar mostrar Explicar resumir Expresar observar Traducir	Actuar emplear practicar Identificar seleccionar agrupar Calcular elegir resumir Entrevistar planear desarrollar Enseñar transferir interpretar Usar demostrar categorizar Conectar dramatizar construir Inferir manipular resolver Simular seleccionar unir Hacer uso organizar	Examinar priorizar encontrar Centrarse agrupar asumir Razonar destacar causa-efecto Inferencia separar aislar Comparar distinguir reorganizar Dividir motivar diferenciar Buscar similitudes descomponer Inspeccionar Investigar Simplificar categorizar Preguntar ordenar Elegir poner a prueba Establecer observar Encuestar	Medir opinar argumentar Evaluar premiar testar Decidir debatir convencer Apoyar explicar seleccionar Defender comparar deducir Justificar percibir recomendar Crítico probar estimar Juzgar influir persuadir Valorar demostrar	Adaptar estimar planear Añadir experimentar testar Construir extender sustituir Cambiar formular reescribir Combinar hipotetizar suponer Componer innovar teorizar Compilar mejorar pensar Componer maximizar simplificar Crear minimizar proponer Descubrir modelar visualizar Diseñar modificar Desarrollar originar Elaborar transformar
<b>ACCIONES</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>RESULTADO</b>
Describir Definición Encontrar Hechos Identificar Etiquetado Listar Listado Localizar Cuestionario Nombrar Reproducción Reconocer Test Recuperar Cuaderno Fotocopia	Clasificar Colección Comparar Ejemplos Ejemplificar Explicación Explicar Etiquetado Inferir Listado Interpretar Esquema Parafrasear Cuestionario Resumir Resumen Muestra y cuenta	Desempeñar Demostración Ejecutar Diario Implementar Ilustraciones Usar Entrevista Emplear Interpretación Realizar Simulación Presentación Dibujo	Atribuir Reseña Deconstruir Gráfica Integrar Lista de control Organizar Base de datos Esquematizar Gráfico Estructurar Informe Encuesta Hoja de cálculo	Atribuir reseña Comprobar gráfica Deconstruir base de datos Integrar informe Organizar hoja de cálculo Esquematizar encuesta Estructurar	Construir anuncio Diseñar película Trazar juego Idear dibujar Planificar plan Producir proyecto Hacer canción Historia Producto audiovisual
<b>PREGUNTAS</b>	<b>PREGUNTAS</b>	<b>PREGUNTAS</b>	<b>PREGUNTAS</b>	<b>PREGUNTAS</b>	<b>PREGUNTAS</b>
¿Puedes enumerar...? ¿Puedes recordar...? ¿Puedes seleccionar...? ¿Cómo ocurrió...? ¿Cómo es...? ¿Cómo describirías...? ¿Podrías explicar...? ¿Cómo mostrarías...? ¿Qué es...? ¿Cuál...? ¿Quién fue...? ¿Quiénes fueron los principales...? ¿Por qué...?	¿Puedes explicar que está ocurriendo...? ¿Cómo clasificarías...? ¿Cómo compararías/contrastarías...? ¿Cómo podrías parafrasear el significado de...? ¿Cómo resumirías...? ¿Qué puedes decir sobre...? ¿Cuál es la mejor respuesta...? ¿Qué afirmaciones apoyan...? ¿Podrías afirmar o interpretar en tus propias palabras...?	¿Cómo usarías...? ¿Qué ejemplos sobre...puedes encontrar? ¿Cómo organizarías... para presentar...? ¿Cómo aplicarías lo que has aprendido para desarrollar...? ¿Qué enfoque usarías para...? ¿Qué aspectos seleccionarías para mostrar...? ¿Qué preguntas harías en una entrevista a...?	¿Cuáles son las partes o rasgos de...? ¿En qué aspectos está...? ¿Relacionado/a con...? ¿Por qué opinas que...? ¿Qué motivo hay para...? ¿Qué ideas justifican...? ¿Qué conclusiones extraes de...? ¿Qué evidencias de... encuentras? ¿Puedes distinguir entre...? ¿Cuál es la relación entre...? ¿Cuál es la función de...?	¿Estás de acuerdo con...? ¿Cuál es tu opinión sobre...? ¿Cómo comprobarías...? ¿Sería mejor si...? ¿Por qué ese personaje...? ¿Cómo valorarías...? ¿Cómo determinarías...? ¿Cómo priorizarías...? ¿Qué información podrías para apoyar tu punto de vista? ¿Cómo justificarías...? ¿Qué datos te llevaron a esa conclusión? ¿Qué seleccionarías para...? ¿Qué elección hubieras tomado si...?	¿Qué cambios harías para...? ¿Cómo mejorarías...? ¿Qué pasaría si...? ¿Podrías proponer una alternativa? ¿Puedes elaborar...basándote en...? ¿De qué forma evaluarías...? ¿Podrías formular una teoría alternativa? ¿Qué harías para maximizar/minimizar...? ¿Cómo pondrías a prueba...? ¿Podrías construir un modelo que cambie...? ¿Se te ocurre un modo original para...? ¿Cómo cambiarías el guión/plan? ¿Cómo adaptarías... para...?

**Nota 15.** La taxonomía de Bloom es utilizada para diseñar una jerarquía en los objetivos del proyecto.

**Anexo 2.** Carta de empresa firmada

23 de agosto, 2023

Luis Ricardo Sánchez Zúñiga  
Director de carrera. Ingeniería en Procesos y Calidad  
Universidad Técnica Nacional

Asunto: Veracidad del proyecto y su nivel de confidencialidad.

Reciba un cordial saludo y éxitos en sus labores, la presente es para indicar que el proyecto final de graduación de los estudiantes **“Randall Mena Duarte”** y **“Marilyn Rojas Rodríguez”** con el nombre de **“DESARROLLO DE UN PROCESO EN LA EMPRESA M&R PLAS, PARA EL TRATAMIENTO DE ENVASES PLÁSTICOS DE AGROQUÍMICOS GENERADOS POR EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL CANTÓN DE ZARCERO, CON EL FIN DE GENERAR INGRESOS Y A SU VEZ DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL”** es un proyecto en ejecución o bien en planeación por parte de dichos estudiantes en la empresa **“M&R Plas”**

Así también, comunicar que dicho proyecto **“no es”** de carácter confidencial por lo que solicitamos la **“si”** publicación del documento en su respectivo repositorio universitario con datos **“reales”**

De antemano muchas gracias por su atención y colaboración.

Saludos cordiales,

Atte

Nombre: Randall Mena  
Puesto. Deparatemento. Representate de operaciones  
Nombre de empresa: M&R Plas  
Teléfono: 88393178



23-Ago-2023