



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**“ORIGEN DE PROBLEMAS DE CALIDAD EN EL PRODUCTO  
TERMINADO DENTRO DE UN PROCESO DE RECICLAJE DE  
POLIPROPILENO DE POST CONSUMO”**

**SUSTENTADO POR  
JACKELINE REYES SÁNCHEZ**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN  
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**TEGUCIGALPA HONDURAS, C.A.**

**SEPTIEMBRE, 2023**

**DERECHOS DE AUTOR**

**JACKELINE REYES SÁNCHEZ**

**© Copyright 2023**

**Todos los derechos reservados**

## Índice

Resumen ejecutivo.....	9
Capítulo I. Planteamiento de la investigación.....	11
1.1 Introducción .....	11
1.2 Antecedentes del problema .....	12
1.3 Definición del problema .....	14
1.4 Objetivos del proyecto .....	15
1.5 Justificación .....	16
Capítulo II. Marco teórico .....	17
2.1 Análisis de la situación actual .....	17
2.1.1. Antecedentes de la empresa.....	17
2.1.1.1. Breve descripción histórica.....	17
2.1.1.2. Productos que ofrece.....	19
2.1.1.3. Información relevante sobre la empresa.....	20
2.2. Proceso actual .....	20
2.2.1. Descripción del proceso relacionado al problema de contenidos de metales en hojuelas de Polipropileno .....	20
2.3. Teoría que sustenta la investigación.....	21
2.3.1. Antecedentes de estudios previos.....	21
2.3.2. Hipótesis de la investigación .....	22
2.3.3. Operacionalización de las variables .....	23
2.4. Conceptualización .....	24
2.5. Instrumentos utilizados .....	27
Capítulo III. Metodología .....	28
3.1 Técnica de encuesta por medio del instrumento cuestionario .....	28

3.1.1 Tipo y nivel de investigación.....	28
3.1.2 Descripción del ámbito de la investigación.....	28
3.1.3 Población y muestra.....	28
3.1.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	29
3.1.5 Plan de recolección y procesamiento de datos .....	30
Capítulo IV. Resultados y análisis .....	31
4.1 Método de medición aplicado .....	31
4.1.1. Justificación.....	31
4.1.2. Aplicación .....	31
4.2. Resultados y análisis de los resultados .....	32
4.2 Propuesta de mejora.....	64
Descripción de las partes del sistema de flotación automático.....	66
Presupuesto para construcción de pila de flotación.....	67
4.3 Implementación de los cambios .....	68
4.3.1 Cronograma de aplicación .....	68
4.3.2 Detalle de cambios y responsables de su ejecución .....	68
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones .....	71
5.1 Conclusiones .....	71
5.2 Recomendaciones .....	72
Bibliografía .....	73
Anexos .....	77
Glosario.....	90

## Índice de tablas

Tabla 3.1 Planificación de actividades para aplicación de técnicas e instrumento de recolección de información.....	30
Tabla 4.1: Género de operarios.....	32
Tabla 4.2: Edad de operarios .....	33
Tabla 4.3: Grado escolar de operarios .....	34
Tabla 4.4: Antigüedad de los operarios en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.....	35
Tabla 4.5: Experiencia previa de los operarios en procesos de reciclaje .....	36
Tabla 4.6: Capacitación de operarios .....	37
Tabla 4.7: Frecuencia de procesos de capacitación.....	38
Tabla 4.8: Comparación de grado escolar y antigüedad .....	39
Tabla 4.9: Comparación de nivel educativo y capacitación de operarios .....	39
Tabla 4.10: Capacitación y conocimiento en identificación de metales en proceso de selección y clasificación .....	40
Tabla 4.11: Capacitación y conocimiento en identificación de piezas con metales en proceso de selección y clasificación.....	40
Tabla 4.12: Conocimiento en identificación de piezas con metales en proceso de selección y clasificación .....	41
Tabla 4.13: Conocimiento en identificación de piezas automotrices con metales en proceso de selección y clasificación.....	41
Tabla 4.14: Capacitación y frecuencia de limpieza en área de selección y clasificación .....	42
Tabla 4.15: Capacitación en identificación de piezas con metales área de molienda ...	42
Tabla 4.16: Capacitación en parámetros de metales en área de molienda .....	43
Tabla 4.17: Capacitación en manejo y cuidado de maquinaria área de molienda.....	43

Tabla 4.18: Capacitación de operarios en proceso de flotación .....	44
Tabla 4.19: Capacitación de operarios en proceso de limpieza en área de flotación ....	45
Tabla 4.20 Capacitación de operarios en manejo de proceso área de cernido .....	46
Tabla 4.21: Capacitación de operarios en manejo de proceso área de cernido .....	47
Tabla 4.22: Capacitación de operarios en proceso de limpieza de filtros área de cernido .....	47
Tabla 4.23: Capacitación de operarios en proceso de limpieza de filtros área de secado .....	48
Tabla 4.24: Capacitación de operarios en parámetros de empaque .....	48
.....	49
Tabla 4.25: Género de supervisores.....	50
Tabla 4.26: Edad de supervisores .....	51
Tabla 4.27: Grado escolar supervisores .....	52
Tabla 4.28: Antigüedad de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.....	53
Tabla 4.29: Experiencia de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.....	54
Tabla 4.30: Capacitación a supervisores.....	55
Tabla 4.31: Frecuencia de capacitación a supervisores .....	56
Tabla 4.32: Conocimiento de supervisores en procesos de selección y molienda .....	57
Tabla 4.33: Experiencia y conocimiento de supervisores en procesos de limpieza de área de selección y clasificación .....	57
Tabla 4.34: Experiencia de supervisores y causas de contaminación cruzada en el proceso .....	58
Tabla 4.35: Experiencia de supervisores y conocimiento en capacidad instalada .....	58
Tabla 4.36: Conocimiento de supervisores en procesos de molienda y flotación.....	59

Tabla 4.37: Conocimiento de supervisores en las funciones del proceso de flotación ..	59
Tabla 4.38: Conocimiento de supervisores en características de material de polipropileno con carga molecular .....	60
Tabla 4.39: Conocimiento de supervisores en características de material de polipropileno sin carga molecular .....	60
Tabla 4.40: Experiencia de supervisores y conocimiento en procesos de limpieza del área de flotación.....	61
Tabla 4.41: Experiencia de supervisores y conocimiento en proceso del área de cernido .....	61
Tabla 4.42: Experiencia de supervisores y conocimiento de proceso de limpieza de filtros en área de cernido. ....	62
Tabla 4.43: Pesaje de materiales encontrados en muestra del PP sin carga .....	63
Tabla 4.44: Presupuesto para diseño y elaboración de tina de flotación automática ....	67
Tabla 4.45: Cronograma de actividades para implementación de pila de flotación .....	70

## **Índice de gráficos**

Gráfico 4.1: Género de operarios .....	32
Gráfico 4.2: Edad de operarios .....	33
Gráfico 4.3: Grado escolar de operarios .....	34
Gráfico 4.4: Antigüedad de los operarios en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.....	35
Gráfico 4.5: Experiencia previa de los operarios en procesos de reciclaje .....	36
Gráfico 4.6: Capacitación de operarios .....	37
Gráfico 4.7 Frecuencia de procesos de capacitación.....	38
Gráfico 4.8: Capacitación de operarios en proceso de flotación .....	44
Gráfico 4.9: Capacitación de operarios en proceso de limpieza en área de flotación ...	46
Gráfico 4.10: Género de supervisores.....	50

Gráfico 4.11: Edad de supervisores .....	51
Gráfico 4.12: Grado escolar supervisores .....	52
Gráfico 4.13: Antigüedad de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.....	53
Gráfico 4.14: Experiencia de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.....	54
Gráfico 4.15: Capacitación a supervisores.....	55
Gráfico 4.16: Frecuencia de capacitación a supervisores .....	56

### **Índice de figuras**

Figura 4.1: Super saco de empaque con humedad y rotura .....	49
Figura 4.2 Muestra PP sin carga y universo 50grs.....	63
Figura 4.3: Pila de flotación con mecanismo de salidas automática de material útil y sedimentos.....	65

### **Índice de anexos**

Anexo 1: Cuestionario aplicado a operarios.....	77
Anexo 2: Cuestionario aplicado a supervisores .....	81
Anexo 3: Pesaje de materiales contaminantes en Polipropileno sin carga molecular ...	86
Anexo 4. Metales encontrados en los filtros (imanes) proceso de secado y empaque.	87
Anexo 5. Formato para observación sistematizada .....	88
Anexo 6: Detalle de aplicación de cuestionarios y tabulación de datos .....	89

## Resumen ejecutivo

La investigación que a continuación se presenta pretende plantear el problema de origen y causas de contaminación cruzada en un proceso de transformación o reciclaje de plástico de polipropileno en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. Empresa dedicada al reciclaje de polipropileno con 7 años activos en la industria local de Puebla, México.

La empresa objeto de estudio solo transforma en su proceso de producción el polipropileno post consumo, por lo tanto, se ha recopilado información específica de características, usos y origen del plástico de polipropileno a través de diversas fuentes literarias y desde sitios web de empresas de soluciones industriales. El objetivo de la conceptualización es entender el proceso, términos y los sistemas utilizados en el rubro de reciclaje y así aplicar el mejor análisis de la información.

La investigación persigue cuatro hipótesis para identificar el origen y causa de los problemas de contaminación cruzada en el proceso de reciclaje, primeramente se presenta los parámetros que el producto terminado debe cumplir para ser vendido a los clientes siendo los contenidos de metales ferrosos y no ferrosos el parámetro más importante, se identifica la etapa central del proceso donde se lleva a cabo la separación automatizada y limpieza de materiales siendo la etapa de flotación la parte del proceso que brindará las repuesta al origen de la contaminación. Se describen habilidades y capacidades que los Operarios de la empresa deben desarrollar para llevar a cabo las actividades que los puestos de interés para la investigación requieren y las necesidades que la empresa tiene en cuanto a la distribución y automatización en sus instalaciones y principalmente en la etapa central del proceso investigado.

Se describe como se llevó a cabo la recopilación de información directa a través de técnicas investigativas cuantitativas y cualitativas aplicadas a involucrados directos en el proceso de producción utilizando la técnica de encuesta y el instrumento de recolección de datos, el cuestionario. El objetivo del diseño del cuestionario fue descartar o reafirmar cada una de las 4 hipótesis planteadas del problema.

Los datos obtenidos con la investigación se describen por medio de tablas y gráficos con datos cualitativos y cuantitativos y de acuerdo con estos resultados se presenta una propuesta de mejora que la empresa puede llevar cabo de acuerdo con la capacidad de recursos tanto humano como financiero. Con la propuesta de fabricación de pila de flotación automatizada, se busca reducir el margen de error humano y eliminar la contaminación cruzada por metales y otros materiales que no cumplen los parámetros establecidos en la calidad del material terminado.

Con base en el análisis de los resultados de la investigación se concluyó que, la contaminación cruzada en el proceso de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V., tiene su causa en la falta de capacitación que tiene el recurso humano para llevar a cabo los procedimientos, actividades y uso de maquinaria en cada etapa del proceso de producción. Se confirmó la teoría que sustenta el origen de la contaminación cruzada con metales en la etapa de flotación por la falta de automatización en la maquinaria utilizada.

Se presentan las recomendaciones para que la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V., pueda solucionar la problemática de control de calidad en el material terminado poniendo en práctica las políticas de capacitación de la misma empresa y llevando a cabo una propuesta de mejora para la automatización de la etapa de flotación donde se origina el problema de contaminación por metales.

# Capítulo I. Planteamiento de la investigación

## 1.1 Introducción

Las empresas deben ser capaces de mantenerse competitivas en el mercado esto se logra si continuamente buscan y alcanzan la mejora en sus procesos y por ende en sus productos. Las empresas actualmente son más exigentes con respecto a los procesos de control de calidad que aplican a sus productos y las demandas en la calidad de los productos que compran. Alcanzar estándares de calidad altos es la herramienta que les permite a las empresas actuales, sin importar su tamaño, permanecer competitivas en un mercado cada vez más exigente. Los procesos administrativos están ligados a todas las áreas de una empresa, es necesario que un administrador tenga conocimientos en todas las áreas de la empresa para poder tomar decisiones más asertivas.

La empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V., ha aceptado la consultoría para identificar el origen de sus problemas en la calidad de sus productos a través de la observación de su proceso de producción y la investigación que se realizará como proyecto de graduación como preparación final en la carrera de Licenciatura en Administración de Empresas. Al llevar a cabo una investigación dentro de una empresa se debe tener claro el problema al cual se enfrenta en investigador y las preguntas a las que se deben dar respuesta para alcanzar los objetivos y apoyar en la solución a un problema planteado.

## 1.2 Antecedentes del problema

La mayoría de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) dedicadas al reciclaje no cuentan con la automatización de sus procesos, esto hace más difícil mantener el control óptimo de la calidad de sus productos, aunado a que el tipo de material que procesan es material que ha sido recolectado mayormente desde basureros donde ha sido contaminado con otros materiales orgánicos e inorgánicos, esto hace que su procesamiento sea más lento y que requiera mayores controles de calidad en el proceso de transformación para su reutilización. Las pequeñas y medianas empresas no cuentan con el capital de trabajo necesario para automatizar sus procesos. Uno de los principales desafíos a los cuales se enfrentan las pequeñas y medianas empresas de reciclaje es la necesidad y obligación de mejorar continuamente sus procesos operativos ya que, tanto sus procesos como sus productos deben gestionarse bajo la norma ISO 9001 para mantenerse competitivos en la industria.

Rob Franken gerente de producción de Kiwa, asegura en el sitio web de esta empresa de reciclaje que, el proceso de reciclaje de plásticos requiere maquinaria y equipo peligrosos donde la salud y seguridad del personal que la operan es prioridad. Como todo proceso productivo, con el tiempo se presenta lo que se denomina como “ceguera de taller”, por esta razón es importante atención constante y aplicar revisiones al proceso por parte de personal externo que sean capaces de detectar elementos que necesitan mejora. Muchas empresas utilizan consultores externos para obtener nuevas perspectivas sobre los problemas, sin embargo, debido a la falta de capital para inversión, la mayoría de las pequeñas y medianas empresas dedicadas al reciclaje de plástico no pueden aplicar mejoras y su permanencia en el mercado del reciclaje se torna incierta.

Tomando en cuenta las necesidades y desafíos de las empresas de reciclaje es importante que cuenten con procesos operativos eficientes y eficaces con controles internos que permitan ofrecer a sus clientes materiales que cumpla con las especificaciones que demandan los clientes.

La empresa Recicladora de México S.A. de C.V. Se desempeña bajo un sistema informal en las áreas operativas, aunque este sistema informal ha funcionado se requiere de una organización formal de los procesos y de las instalaciones. Durante los últimos 5 años la empresa ha realizado mejoras en su maquinaria y procedimientos, sin embargo, durante el año 2023, los estándares aceptados por sus clientes han sido más estrictos debido a que la demanda de estos productos ha disminuido considerablemente y otros factores económicos como la inflación y la robustez de la moneda mexicana. Estas exigencias por parte de los clientes han llevado a que la empresa haya tenido rechazos en su producto terminado por no cumplir con los parámetros de aceptación en su calidad principalmente por contenido de metales.

En cada rechazo de producto, la empresa Recicladora de México S.A de C.V. incurre en gastos no programados como ser, gastos de logística para acarrear nuevamente el material hasta sus instalaciones, pago de mano de obra extra para el reproceso de material, sobre costos en energía eléctrica, entre otros. Los directivos de la empresa en conjunto con el responsable de producción han ideado e implementado filtros automatizados en cada una de las áreas críticas para la separación de metales como ser imanes de alta intensidad, sin embargo, metales no ferrosos no pueden ser capturados por medio de imanes y se requiere de otros filtros y controles estrictos para lograr la calidad óptima en su producto terminado.

### 1.3 Definición del problema

La empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. Actualmente se dedica al reciclaje de desechos de plásticos de origen en juguetes y trastes de uso doméstico y otros artículos de origen industrial. Durante el año 2023, la empresa ha tenido un alto historial de reclamos y rechazos de producto terminado de parte de sus clientes. Los problemas de control de calidad en su producto terminado han generado pérdidas económicas a la empresa.

La empresa procesa aproximadamente 40 toneladas de material PP (Polipropileno) al mes. Este material es comprado a proveedores locales que se dedican al acopio de materiales de plástico. Su proceso principal consiste en seleccionar, triturar, lavar y secar el material (hojuelas) que posteriormente es vendido a empresas locales. El material llega a la empresa en presentación a granel hasta su almacén y es trasladado por medio de bandas de transporte hacia la maquina trituradora que convierte el plástico en hojuelas. El departamento de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. ha identificado presencia de materiales ferrosos y no ferrosos en su producto final y esta ha sido la principal causa del rechazo del producto, sin embargo, aún no ha podido establecer el origen de la contaminación de estos y otros materiales para aplicar controles específicos en su proceso.

Para dar solución al problema de control de calidad que tiene la empresa Recicladora de México S.A. de C.V. es necesario plantear las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los estándares que no cumple el material terminado de la empresa Recicladora?
2. ¿En qué parte del proceso operativo se originan los problemas de contaminación cruzada que afectan la calidad del producto terminado?
3. ¿Qué habilidades y capacidades deben tener los Operarios de la empresa para cumplir con la producción del producto bajo estándares establecidos?
4. ¿Qué necesidades de optimización y automatización tiene el proceso de producción actual de la recicladora?

## 1.4 Objetivos del proyecto

### **Objetivo General**

Identificar el origen y causas de los problemas de calidad en el producto terminado desde el proceso de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. a través de la observación al proceso operativo y la investigación en fuentes primarias y secundarias que permita a la empresa tomar las decisiones correctivas pertinentes.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros específicos de control de calidad que la empresa Recicladora Eco Life de México no cumple en su proceso actual.
- Identificar dentro de las etapas del proceso de producción, el origen y causas de la contaminación con diferentes materiales que afectan la calidad del producto terminado.
- Determinar las capacidades y habilidades que los Operarios requieren para llevar a cabo sus actividades de manera eficiente para alcanzar los parámetros de calidad en la producción.
- Determinar las necesidades de optimización o automatización en maquinaria y equipo para lograr procesos de producción más eficientes referente a la calidad del producto final.

## 1.5 Justificación

La investigación permitirá a la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. Identificar en su proceso de producción, el origen del problema en la calidad de su producto final. La empresa, podrá identificar las oportunidades de mejora en su proceso para volverse más competitiva en el mercado local. Permitirá que los directivos de esta tomen decisiones correctivas para mejorar sus procesos de la empresa aumentando su productividad y competitividad al corto y largo plazo y por ende mejorando la situación financiera.

La investigación servirá de base a otras pequeñas y medianas empresas que tengan problemas en el control de la calidad de su producto final para identificar el origen y tomar medidas correctivas en sus procesos tanto productivos como de abastecimiento. Además, se obtendrá mayor conocimiento de los procesos operativos y administrativos de una empresa dedicada al reciclaje de plásticos de Polipropileno específicamente.

Desde la perspectiva social y/o ambiental se debe considerar que, la empresa Recicladora Eco Life de México, al pertenecer al rubro del reciclaje, cuenta con un alto compromiso de responsabilidad social, los resultados de la investigación apoyarán a la empresa a continuar con sus operaciones a largo plazo y de esta manera se continuará retirando del entorno aproximadamente más de 540 toneladas de plástico al año, logrando un impacto positivo en el ambiente y beneficiando a la sociedad del municipio de San Luís Coyotzingo, Puebla.

## Capítulo II. Marco teórico

### 2.1 Análisis de la situación actual

La empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. actualmente tiene sus operaciones en el municipio de San Luis Coyotzingo en el Estado de Puebla. Su principal actividad económica es la transformación de plásticos de Polipropileno de origen doméstico e industrial en materias primas. La empresa pertenece a las pequeñas y medianas empresas de la región. Actualmente el giro del reciclaje de la región enfrenta grandes desafíos para mantenerse competitiva en la industria local. A pesar de ser una pequeña empresa con recursos limitados se ha desenvuelto con excelentes resultados manteniéndose competitivo solo en la industria local del Estado de Puebla. Sus clientes, quienes son grandes industrias dedicadas a la inyección de cajilla para empaque de frutas y verduras de exportación han limitado la utilización de materias primas de origen reciclado. La producción de cajilla ha tenido una baja demanda internacionalmente y con esto, las grandes empresas han puesto más restricciones en los parámetros de calidad aceptados en materias primas recicladas. Una de las principales causas de la baja demanda de materias primas en la industria de plástico es la disminución en los precios del petróleo a nivel mundial que hacen que los precios del plástico disminuyan considerablemente afectando los precios de venta local e internacional. Esta situación local e internacional obligada a la empresa recicladora de esta investigación a cambiar sus estrategias para mantenerse competitiva.

#### 2.1.1. Antecedentes de la empresa

##### 2.1.1.1. Breve descripción histórica

La empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V fue fundada en el año 2016 como un proyecto microempresarias entre 3 socios. La empresa se dedica a la compra y transformación de piezas y utensilios de plástico de origen doméstico e industrial, estos son triturados y lavados para ser vendidos como materia prima a empresas de la industria local que se dedican a la inyección de plástico que principalmente transforma este material en cajilla para empaque de frutas y verduras que son exportadas principalmente hacia EE.UU. La empresa se dedica a la transformación

del plástico de polipropileno ya que este material no es aprovechado por grandes empresas que se dedican a la transformación de otros plásticos como el PET (Polietileno de Tereftalato) para ser usado principalmente en la industria textil.

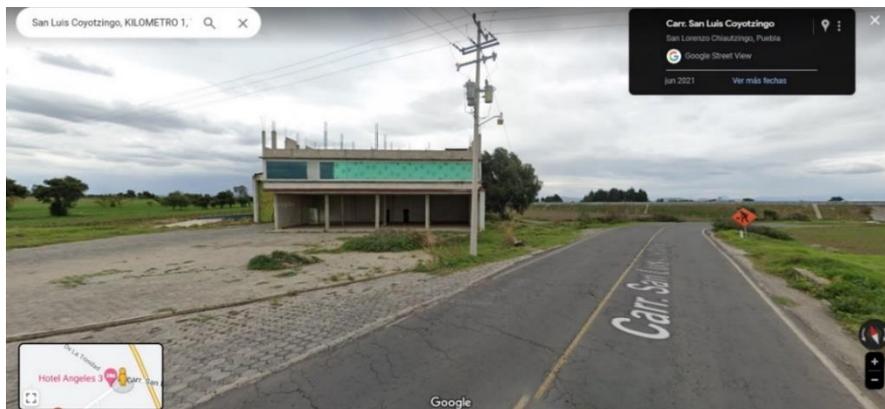
La empresa se encuentra ubicada en una zona rural del municipio de San Luis Coyotzingo en el Estado de Puebla. La empresa ha tenido un crecimiento en los últimos 5 años, logrando mantener una cartera de proveedores y clientes que confían en la calidad de sus productos y la ética profesional de sus directivos para hacer negocios durante 7 años en el mercado local.

**Figura 1:** Ubicación geográfica de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.



Fuente: Ubicación en Google Maps

**Figura 2:** Fachada de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.



Fuente: Ubicación en Google Maps.

### 2.1.1.2. Productos que ofrece

La empresa ofrece a sus clientes los siguientes materiales:

- Hojuelas de polipropileno de baja carga molecular mejor conocido en el mercado local como polipropileno duro sin carga.
- Hojuelas de polipropileno de alta carga molecular mejor conocido en el mercado local como polipropileno duro con carga.

**Figura 3:** Polipropileno sin carga molido lavado



Fuente: Elaboración propia con base en los procesos de Recicladora Eco Life de México

**Figura 4:** Polipropileno con carga molido lavado



Fuente: Elaboración propia con base en los procesos de Recicladora Eco Life de México

### 2.1.1.3. Información relevante sobre la empresa

La empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. cuenta con un proceso de producción que permite también comerciar otros productos como ser metales y otros plásticos que se separan del material original convirtiéndose en un proceso que aprovecha el 95% del material que entra a sus instalaciones.

## 2.2. Proceso actual

El proceso de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A de C.V. consta de dos líneas de producción donde se procesa de manera diferente dos tipos de materiales de acuerdo con su composición y densidad.

### 2.2.1. Descripción del proceso relacionado al problema de contenidos de metales en hojuelas de Polipropileno

El área de selección es donde inicia el proceso de transformación de plásticos, aquí se realiza la primera separación de metales del material que será procesado a lo largo del proceso de producción. La etapa de selección se realiza manualmente por esta razón la separación de metales no está garantizada al 100% y el material pasa hacia las otras áreas aún con contenidos de metales y otros contaminantes.

La etapa siguiente del proceso donde se realiza la segunda separación de metales es el área de molienda y flotación, en esta etapa se separan los metales que aún estén presentes en el material a través de la flotación del material ya molido. Por la diferencia en el peso molecular los metales se hunden y el material de polipropileno flota, esta es la etapa central del proceso. A partir de esta etapa, los metales no ferrosos que no hayan sido separados por flotación no podrán ser separados de las hojuelas de polipropileno. La separación de metales, en la pila de flotación depende de la velocidad de los empujadores y la cantidad de material que es flotado. La investigación se ha centrado en esta parte del proceso puesto que, el resto de proceso solo cuenta con imanes que atrapan los materiales ferrosos, pero los metales no ferrosos como ser los tornillos de acero inoxidable que se encuentran en piezas de juguetes que no hayan sido identificados en la etapa de selección ni tampoco precipitados en la pila de flotación no pueden ser separados en ninguna de las siguientes etapas del proceso.

### 2.3. Teoría que sustenta la investigación

SEMARNAT (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales) en su informe 220121 denominado “Panorama general de las tecnologías de reciclaje de México y el mundo” del 2020, plantea que la separación y clasificación manual de plásticos y otros materiales es muy utilizada por su alta eficiencia, pero esta también tiene sus limitaciones como ser el volumen de material al clasificar y el conocimiento técnico de la mano de obra. La separación por densidad se hace utilizando tanques con líquidos donde se aprovechan las diferentes densidades de los plásticos para separarlos.

En este informe presentado por SEMARNAT se presentan las dificultades técnicas para el reciclaje de residuos de plásticos como ser: Los bajos niveles de clasificación, contaminación por otros polímeros y aditivos, contaminación de residuos de plásticos con clasificación RP (Sustancias químicas que no son susceptibles de reciclaje), contaminación durante el proceso y obstáculos ambientales como la presencia de tierras y exceso de humedad en las piezas o recipientes de plástico que se procesan. El documento 220121 hace énfasis en la contaminación cruzada durante el proceso de reciclaje, siendo una causa de contaminación cruzada los fragmentos o residuos metálicos provenientes de maquinaria de procesado. Esta teoría es la misma que se está aplicando en la investigación de contaminación cruzada en el proceso de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. donde, además, se estudian otros factores de contaminación como ser los metales adheridos en las piezas que se procesan los que causan dificultades técnicas en los procesos subsiguientes al triturado, lavado y secado de plásticos como ser el proceso de extrusión

#### 2.3.1. Antecedentes de estudios previos

En el mercado del reciclaje es común enfrentarse a problemas de contaminación por materiales no ferrosos debido a que este tipo de materiales no se adhieren en un imán. La compañía de soluciones industriales Suminsa, en su sitio web, describe información acerca de equipo detector de metales, estos equipos identifican y señalan partículas de metales mediante el magnetismo y conductividad eléctrica que los metales son capaces de emitir. Los detectores de metales son equipos automatizados que

diferentes empresas proveedores ofrecen a la industria, la empresa Recicladora Eco Life de México S.A de México, al momento de esta investigación no cuenta con el capital para invertir en un detector de metal, por esta razón es indispensable que se pueda resolver el problema con la maquinaria y recursos existentes.

Pedro A. López Rodríguez, asegura que mediante la búsqueda de posibles causas del problema de no separación de contaminantes en el proceso aplicados por supervisores y el responsable del departamento de producción de la empresa recicladora, se identificó que en el producto final de ambas líneas no había una separación adecuada de materiales, es decir, a pesar de pasar por la etapa de flotación no había una precipitación adecuada de todos los metales siendo la causa principal de los rechazos. La implementación de filtros utilizando imanes redujo la presencia de metales en el producto final, sin embargo, el problema de metales no ha sido resuelto y los procesos actuales aún no alcanzan los estándares establecidos por el cliente.

### 2.3.2. Hipótesis de la investigación

- El principal parámetro de calidad que el proceso de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. no cumple es la separación de materiales no ferrosos.
- Los problemas de contaminación cruzada que afectan la calidad del producto se deben a que el tiempo en la etapa de flotación es muy corto y la velocidad del paso del material no está regulada.
- Los Operarios de la Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. deben contar con conocimientos específicos de parámetros del producto, uso y funcionalidad de maquinaria, así como conocimientos específicos en características físicas visibles en cada pieza desde la etapa inicial de selección y molienda.
- La empresa tiene necesidades de una mejor distribución de las maquinarias de las líneas 1 y 2 de producción y la automatización de la etapa de flotación de la línea 1 para evitar la contaminación cruzada, disminuir el error humano y evitar los cuellos de botella del proceso.

### 2.3.3. Operacionalización de las variables

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	FUENTES	INSTRUMENTOS
No cumple con la separación de metales no ferrosos en su proceso de producción.	Procesos y controles utilizados para la separación de metales.		Contenidos de partes por millón de metales en material de Polipropileno terminado.	¿Son los procesos adecuados para cumplir con los estándares de calidad?	Operario y supervisores.	Cuestionario de encuesta
Contaminación cruzada de metales se origina en la etapa de flotación.	Procedimiento automático y manual para precipitación de metales		Tiempo de flotación Velocidad de empujadores de material	¿El tiempo de flotación es suficiente para lograr la precipitación de los metales?	Operario y supervisores	Observación sistematizada Cuestionario de encuesta
Operarios deben contar con conocimientos en parámetros, uso y funcionalidad de maquinaria, así como conocimientos específicos en características físicas visibles en cada etapa del proceso	Procesos de inducción y capacitación		Grado de capacitación Nivel de experiencia	¿El operario sigue los procedimientos de acuerdo con el manual del puesto?	Operario	Cuestionario de encuesta
Distribución de las líneas 1 y 2 de producción y la automatización de maquinaria en la etapa principal.	Distribución de instalaciones Automatización de maquinaria	Equipo adecuado a operarios Mantenimiento de maquinaria	Cuellos de botella o retrasos entre una etapa a otra del proceso de producción. Baja productividad.	¿La maquinaria y la supervisión son eficientes?	Operario y supervisores	Observación sistematizada Cuestionario de encuesta

Fuente: Elaboración propia basada en recursos UNITEC universidad virtual, Operacionalización de variables.

## 2.4. Conceptualización

Según el sitio web Recicla más, el reciclaje de plásticos consiste en un proceso de transformación de materiales plásticos que ya han sido usados para aprovecharlos y convertirlos en otros productos que pueden ser utilizados nuevamente.

La industria del plástico ha clasificado 7 tipos de plásticos que pueden ser reciclados, PET (1), HDPE (2), PVC (3), LDPE (4), PP (5), PS (6) y PC (7). El plástico objeto de estudio es el Polipropileno con sus siglas PP (5) este es considerado el segundo tipo de plástico más usado en el mundo.

De acuerdo con el sitio web Servei Estació, el polipropileno se define como un polímero termoplástico que se obtiene por medio de la polimerización del propileno (refinación de petróleo) y es el segundo plástico más utilizado en todo el mundo. Un dato interesante es que los productos de polipropileno se pueden reciclar de 4 a 5 veces. El polipropileno se utiliza en productos como tejidos textiles, maquinaria de construcción, piezas de automóviles, aparatos eléctricos entre otros.

Se pueden encontrar dos tipos de polipropileno en el mercado de plástico; El polipropileno virgen y el polipropileno reciclado. El polipropileno reciclado tiene su origen en otras piezas que ya han sido utilizadas a este origen se le denomina post consumo por esta razón los procesos para la transformación y reciclaje de polipropileno post consumo deben cumplir con especificaciones y parámetros que aseguren que los procesos de transformación industriales siguientes se lleven a cabo sin problemas técnicos en sus procesos.

Los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. solo están dirigidos a la selección, triturado y lavado. Los procesos de sus clientes son procesos de extruido, inyección y producción de nuevos productos o piezas de plástico de Polipropileno. En un proceso de transformación de plástico en materia prima se hace el triturado de plástico para convertir las piezas de polipropileno post consumo en material homogéneo limpio. Las piezas que llegan a las empresas dedicadas a estos procesos son piezas con mucho volumen y con poco peso, por esta razón, para tener mejor manejo de este material y poder utilizarlo en un proceso de inyección se hace

necesario volverlo de un tamaño homogéneo, es decir, convertirlo en hojuelas por medio del triturado. Pedro A. López Rodríguez, explica que para llevar a cabo este proceso es importante que el material de polipropileno post consumo esté separado de otros plásticos y otros materiales que no son compatibles con el proceso, esta separación se logra separando y clasificando inicialmente de manera manual los tipos de plástico y posteriormente separando por diferencia de densidad en el agua donde el polipropileno flota y otros materiales se hunden.

Es importante determinar que la densidad en el plástico es la característica mejor aprovechada para lograr una separación óptima de materiales útiles con materiales que no son compatibles haciendo uso de la flotación de estos en agua donde el material útil flota y otros que no son útiles como los metales, piedras y suciedades se precipitan.

Para entender mejor la importancia de mantener parámetros de contenidos de metales, piedras y otros en el material terminado que la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. vende a sus clientes, se debe conocer cómo funciona el proceso de producción de estos, es importante saber en qué consiste la inyección del plástico de Polipropileno.

¿En qué consiste un proceso de inyección de plástico?

David R. Muñoz en el sitio Web de la empresa Tecnología del plástico, explica que, el proceso de inyección de plástico consiste en utilizar maquinas inyectoras que utilizan combinación de calor y presión para fundir y moldear plástico en formas complejas y detalladas. Los productos que se obtienen de la inyección de plástico pueden ser canastas, cubetas, palanganas, organizadores, artículos de baño, para cocina, etc.

Para obtener estos artículos con calidad en su composición y diseño es necesario que el producto terminado procedente del proceso de triturado y lavado cumpla con parámetros específicos de contenidos de otros materiales diferentes al plástico de polipropileno tales como metales, piedras y otros plásticos con diferente punto de fusión. Estos parámetros tienen como objetivo de que, al realizar el proceso de inyección se

puedan producir productos con calidad óptima. Las impurezas que el material pueda tener tienen efectos negativos en el proceso de fusión en la máquina inyectora.

Mettler Toledo en su sitio web define al punto de fusión como la temperatura a la que la fase sólida cambia a fase líquida. Cuando se realiza la fusión del plástico es posible su manipulación y su posterior transformación en pieza o producto final, el proceso de fusión es exitoso si la materia prima utilizada (polipropileno en hojuelas lavado) cumple con los parámetros establecidos.

Cuando el material de polipropileno triturado y lavado tiene contenidos de metales y otros materiales no compatibles, se produce un descenso del punto de fusión del plástico que se derrite o se extruye dentro de la máquina inyectora. El descenso en el punto de fusión provoca que el proceso de inyección de una nueva pieza, producto o utensilio tenga defectos en su calidad final. también puede provocar daños en la maquina inyectora tales como: Obstrucción de boquillas y reducción de la presión de la maquina inyectora y con esto se producen cuellos de botella en el proceso que conllevan a pérdidas económicas.

Las empresas evitan en sus procesos los cuellos de botella puesto que estos limitan los procesos de producción y aumentan sus costos, los cuellos de botella son centros de trabajo que tienen menor capacidad que el centro de trabajo anterior y siguiente. Las empresas deben ser capaces de analizar sus procesos para identificar errores que dificultan el uso óptimo de sus recursos. El constante análisis permite a las empresas realizar reingenierías que le permitan mantenerse competitivas con procesos eficientes y eficaces.

Pedro A. López Rodríguez asegura que un proceso de selección y transformación de plásticos requiere de mano de obra experimentada al inicio del proceso en el área de selección y clasificación, puesto que es donde se puede manipular mejor la materia prima pieza por pieza, sin embargo, al depender de la habilidad humana, existe el margen de error que está contemplado dentro de los parámetros que los clientes exigen en materiales de origen post consumo.

El recurso humano que la empresa Recicladora Eco Life de México recluta y contrata de acuerdo al perfil de los puestos operativos requiere de un alto porcentaje de capacidades para aprender a identificar los diferentes tipos de materiales en sus diferentes presentaciones de acuerdo a sus características físicas visibles, las habilidades que el personal adquiere están sujetas a la experiencia y antigüedad en los diferentes puestos de trabajo, los Operarios del departamento de producción deben adquirir habilidades para llevar a cabo cualquier actividad del proceso.

## 2.5. Instrumentos utilizados

Para esta investigación se utilizará la técnica de encuesta con el instrumento de cuestionario, al ser un instrumento muy sencillo y práctico, el cuestionario es el instrumento que permitirá obtener información específica referente a las variables planteadas.

Se aplicará la observación sistematizada en la etapa del proceso que presenta los puntos críticos a observar que es la etapa central del proceso llamado flotación, esta observación se realizará con el objetivo de registrar el comportamiento de los Operarios que llevan a cabo las actividades y el funcionamiento de la maquinaria de acuerdo con lo establecido en los manuales de uso.

## Capítulo III. Metodología

### 3.1 Técnica de encuesta por medio del instrumento cuestionario

#### 3.1.1 Tipo y nivel de investigación

El estudio es de tipo transversal porque se toma la información en un solo periodo de tiempo, además, es no experimental ya que no se hace ningún experimento, se observa una situación tal cual se estaba dando dentro de un proceso de manufactura de plásticos.

La investigación tiene un nivel explicativo ya que se conoce el tema o problema de investigación que son los constantes rechazos en la calidad del producto final de la empresa y se conocen las características del problema como ser los contenidos de metales en el material terminado. La investigación tiene como objetivo identificar el origen de los problemas de control de calidad, es decir se pretende explicar las causas u origen de los rechazos.

El enfoque de la investigación es un enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo; Cuantitativo porque se contabilizará información obtenida de fuentes primarias con la utilización de cuestionario procesando cifras que ayudarán a analizar el problema y buscar la solución. Enfoque cualitativo porque se utilizará la opinión de expertos y la observación para analizar e interpretar información de datos no probabilísticos.

#### 3.1.2 Descripción del ámbito de la investigación

La población objeto de estudio será el departamento de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. abarcando las áreas de almacenes, selección y molienda, separación y secado y carga. En estas áreas se llevan a cabo los procesos para obtener el producto final que está teniendo el problema de los rechazos de los clientes.

#### 3.1.3 Población y muestra

Se trabajará con la población total, es decir, el número total de Operarios que son 12; 10 operarios y 2 supervisores. No hay muestra.

### 3.1.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnica: Encuesta y observación sistematizada.

Instrumento: Cuestionario

#### **Fuentes primarias**

*Técnica de encuesta por medio del instrumento cuestionario*, es necesario utilizar dos cuestionarios; Uno diseñado para Operarios y otro diseñado para los supervisores.

Cuestionario a Operarios con preguntas cerradas: Se aplicarán preguntas cerradas debido a que la información que se desea recolectar del Operario acerca del desarrollo de las actividades de acuerdo con la descripción de puesto, con el objetivo de identificar por medio del cuestionario si el Operario ha aplicado los procedimientos como lo dice el manual y las políticas del departamento, es decir con preguntas delimitadas.

Encuesta por medio de cuestionario aplicado a supervisores: Se aplicará cuestionario con preguntas abiertas y cerradas para obtener información amplia acerca del problema y sus posibles causas desde el punto de vista de la supervisión de los procesos.

*Técnicas de entrevista y observación sistematizada*: Se aplicará entrevistas al encargado del área de producción y se realizarán observaciones sistematizadas al proceso de producción para identificar áreas de interés para la investigación.

#### **Fuentes secundarias**

Se analizará información de trabajos de otras fuentes y autores como ser tesis que han sido desarrolladas en el rubro del reciclaje. Esta información servirá de sustento para las hipótesis planteadas.



## Capítulo IV. Resultados y análisis

### 4.1 Método de medición aplicado

Se obtuvo información directa utilizando la técnica de encuesta a través del instrumento de cuestionario con preguntas de selección múltiple, obteniendo resultados de estadísticos descriptivos de frecuencia relativa porcentual y cruce de variables relacionadas a las 4 hipótesis propuestas utilizando la herramienta IBM SPSS.

Para conocer los niveles cuantitativos de contaminación por metales en el material terminado, se recolectó una muestra aleatoria de polipropileno triturado y lavado, el objetivo es determinar por medio de los procedimientos de análisis de laboratorio de la misma empresa, los contenidos de PPM (Partes por millón) de metales y otros materiales no compatibles y comprobar la presencia de estos en el producto terminado.

Se aplicó observación sistematizada a todas las etapas del proceso de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A de C.V., se tomaron evidencias fotográficas y entrevista a responsable de operaciones.

Revisión bibliográfica en libros, investigaciones de otros autores y sitios web para obtener conocimientos básicos de reciclaje, específicamente el plástico de Polipropileno y los procesos de recolección y transformación de pequeñas y medianas empresas.

#### 4.1.1. Justificación

Se utilizó la encuesta como técnica de recolección de datos y el cuestionario como instrumento por ser una investigación aplicada que busca específicamente las causas comprobando o descartando las hipótesis establecidas. El cuestionario brindó practicidad y sencillez en la aplicación a todos los operarios de la empresa, este instrumento también permitió al investigador la facilidad en la tabulación de los datos.

#### 4.1.2. Aplicación

Los cuestionarios se aplicaron en físico el martes 29 de agosto del 2023 en las instalaciones de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. se aplicaron 9 cuestionarios a 9 Operarios y 2 cuestionarios a supervisores. Los cuestionarios a operarios fueron aplicados en intervalos de tres Operarios cada media hora. Los

cuestionarios a supervisores fueron aplicados en intervalos de 1 supervisor cada media hora.

#### 4.2. Resultados y análisis de los resultados

### Resultados de la aplicación de cuestionario a operarios

#### Datos demográficos operarios

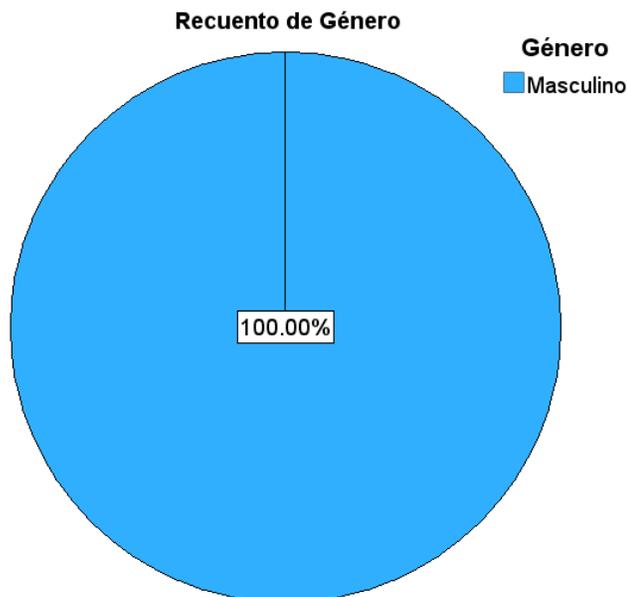
**Tabla 4.1:** Género de operarios

Género					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Masculino	9	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 1.1 muestra que todos los operarios son del género masculino. La actividad propia del departamento de producción de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. aparentemente solo la desarrollan hombres, no cuentan con ninguna mujer en las operaciones de producción. Esto se debe a que el tipo de actividades que se desarrollan requieren de fuerza mayor a la que puede tener una mujer para llevar a cabo el manejo manual de maquinaria y equipo pesado y relativamente peligroso.

**Gráfico 4.1:** Género de operarios



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

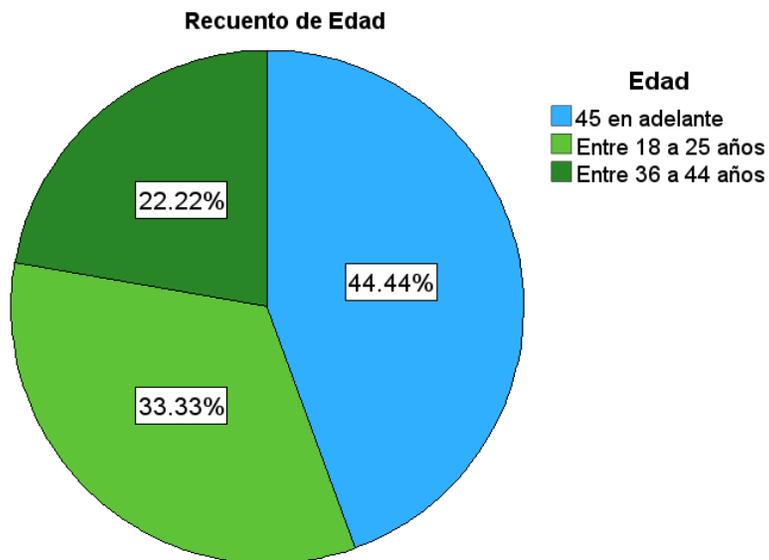
**Tabla 4.2:** Edad de operarios

Edad					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	45 en adelante	4	44.4	44.4	44.4
	Entre 18 a 25 años	3	33.3	33.3	77.8
	Entre 36 a 44 años	2	22.2	22.2	100.0
	Total	9	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información de la tabla 4.2, los operarios encuestados están en tres rangos de edad, siendo el rango de 45 años en adelante el mayoritario con 4 operarios, seguido de 3 operarios 18 a 25 años y por último el rango de edad entre 36 a 44 años. La empresa tiene entre sus filas operarios de edad adulta para realizar las labores de selección y empaque, estas áreas no requieren de uso rudo de fuerza. De acuerdo con las políticas de la empresa el objetivo de contratar operarios mayormente en edad adulta (45 en adelante) es reducir la rotación del recurso humano. También se debe considerar que las personas en estas edades son más responsables con el cumplimiento de este tipo de trabajo porque cuentan con menores oportunidades de empleo en el mercado laboral de la población de San Luis Coyotzingo, Puebla.

**Gráfico 4.2:** Edad de operarios



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

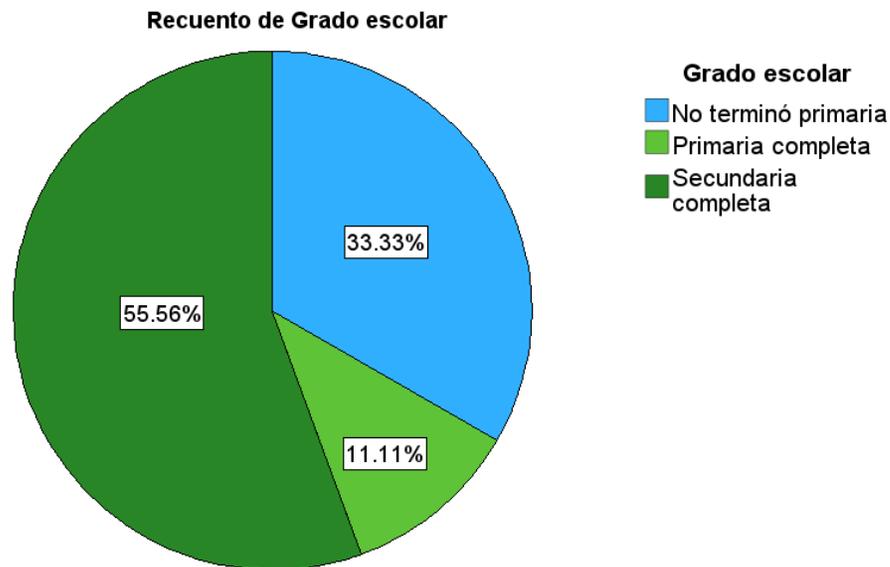
**Tabla 4.3:** Grado escolar de operarios

Grado escolar					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No terminó primaria	3	33.3	33.3	33.3
	Primaria completa	1	11.1	11.1	44.4
	Secundaria completa	5	55.6	55.6	100.0
	Total	9	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información de la tabla 4.3, solo 5 operarios terminaron la secundaria, 1 tiene primaria completa y 3 no terminaron la primaria, se comprueba que los operarios han adquirido los conocimientos en los procesos a través de la práctica y la experiencia. Pedro A. López Rodríguez, Responsable de los procesos operativos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. Asegura que, las áreas del proceso donde las personas con baja escolaridad se desempeñan (selección y empaque) no requiere alto conocimiento técnico, pero si requieren de mucha capacitación.

**Gráfico 4.3:** Grado escolar de operarios



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

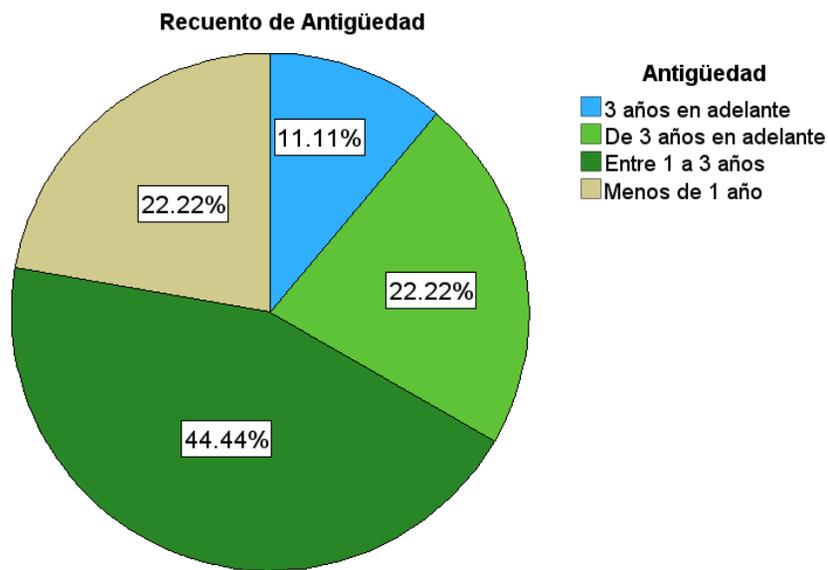
**Tabla 4.4:** Antigüedad de los operarios en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

Antigüedad					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De 3 años en adelante	3	33.3	33.3	33.3
	Entre 1 a 3 años	4	44.4	44.4	77.8
	Menos de 1 año	2	22.2	22.2	100.0
	Total	9	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La información de la tabla 4.4 indica que, de los 9 operarios, 3 de ellos han trabajado para la empresa de 3 años en adelante, cuatro cuentan con más de un año y 2 han estado por menos de un año en los procesos. De acuerdo con las observaciones sistematizadas realizadas en cada etapa del proceso de producción, los operarios de menor tiempo desempeñan solo actividades en la etapa de selección y molienda hasta obtener experiencia para realizar actividades en el área de flotación y cernido, pero al ser operarios recientes y sin mucha experiencia, esto puede influir en la problemática de calidad en el departamento de producción.

**Gráfico 4.4:** Antigüedad de los operarios en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

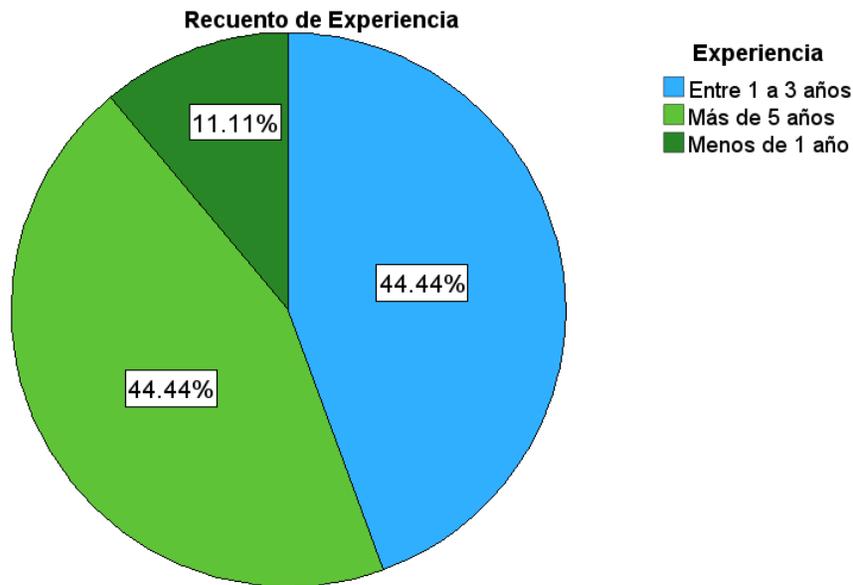
**Tabla 4.5:** Experiencia previa de los operarios en procesos de reciclaje

Experiencia en el rubro del reciclaje					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Entre 1 a 3 años	4	44.4	44.4	44.4
	Más de 5 años	4	44.4	44.4	88.9
	Menos de 1 año	1	11.1	11.1	100.0
	Total	9	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.5, muestra que, 4 operadores a pesar de contar con poco tiempo trabajando en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V., ya contaban con experiencia previa en los procesos de transformación de polipropileno que desarrollaron trabajando para otras empresas recicladoras de la región. Esto puede constituir una ventaja para la empresa, sin embargo 1 operario de los actuales cuenta solo con la experiencia que ha adquirido en la empresa.

**Gráfico 4.5:** Experiencia previa de los operarios en procesos de reciclaje



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

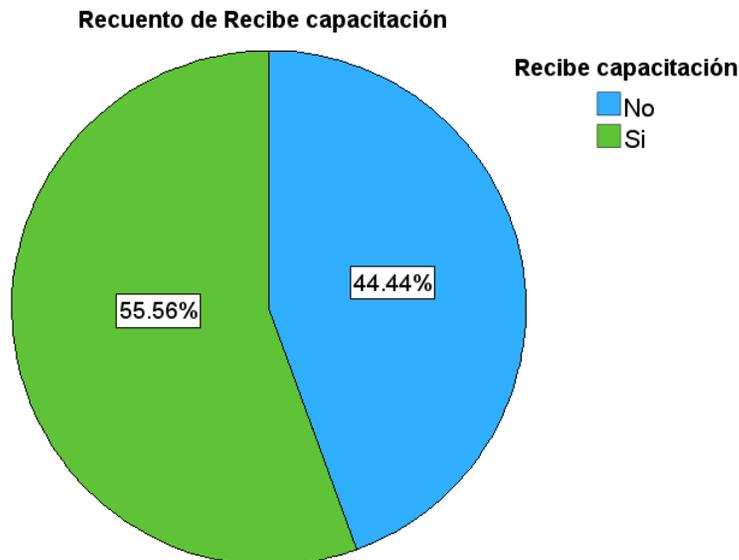
**Tabla 4.6:** Capacitación de operarios

Recibe capacitación					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	4	44.4	44.4	44.4
	Si	5	55.5	55.5	100.0
	Total	9	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.6 muestra que, solo 5 operadores (55.5%) reciben capacitación, mientras que 4 operarios (44.4%) no reciben capacitación, esto es un indicador de que los operarios no cuenta con los conocimientos adecuados en parámetros, usos y funcionalidad de la maquinaria y las actividades que se desarrollan en cada etapa del proceso.

**Gráfico 4.6:** Capacitación de operarios



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

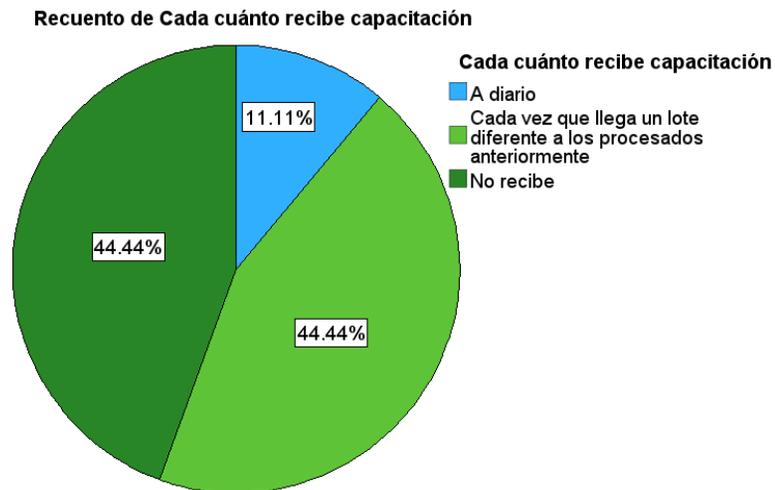
**Tabla 4.7:** Frecuencia de procesos de capacitación

Cada cuánto recibe capacitación					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No recibe capacitación	4	44.4	44.4	44.4
	A diario	1	11.1	11.1	55.6
	Cada vez que llega un lote diferente a los procesados anteriormente	4	44.4	44.4	100.0
	Total	9	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con los manuales del proceso de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V., las actividades de capacitación a operarios deben hacerse a diario y en el momento que se presenta un lote con piezas diferentes a los ya procesados anteriormente. De acuerdo con la información representada en la tabla 4.7, se cumple esta política para los operarios que reciben la capacitación, sin embargo, la empresa no aplica capacitación a 4 operarios, significa que no cumple con los procesos de inducción y capacitación adecuados con todos los operarios. De acuerdo con la información recopilada por el investigador, las actividades de capacitación no se han llevado a cabo en las áreas de molienda, flotación y empaque debido a la premura de cumplir con la producción diaria, esto dificulta que los supervisores hagan uso óptimo del tiempo para cumplir con el proceso diario de capacitación.

**Gráfico 4.7** Frecuencia de procesos de capacitación



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

## Análisis de cruce de variables de cuestionario a operarios

**Tabla 4.8:** Comparación de grado escolar y antigüedad

<b>Tabla cruzada Grado escolar*Antigüedad</b>						
Antigüedad						Total
Recuento		3 años en adelante	De 3 años en adelante	Entre 1 a 3 años	Menos de 1 año	
Grado escolar	No terminó primaria	1	2	0	0	3
	Primaria completa	0	0	1	0	1
	Secundaria completa	0	0	3	2	5
<b>Total</b>		1	2	4	2	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.8 muestra que, al comparar el grado de escolaridad de los operarios y la antigüedad en la empresa se obtiene que 3 de los operarios (33.33 %) no terminaron la primaria y cuentan con más de tres años de antigüedad en la empresa. Un operario (11.11%) cuenta con primaria completa con menos de 3 años de antigüedad en la empresa y 5 de los operarios cuentan con secundaria completa con menos de tres años de experiencia. Estos resultados explican que a menor escolaridad, los operarios, perduran por más tiempo laborando para la empresa.

**Tabla 4.9:** Comparación de nivel educativo y capacitación de operarios

<b>Tabla cruzada Grado escolar*Recibe capacitación</b>				
Recibe capacitación				Total
Recuento		No	Si	
Grado escolar	No terminó primaria	2	1	3
	Primaria completa	0	1	1
	Secundaria completa	2	3	5
<b>Total</b>		4	5	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.9 muestra que, 4 operarios (44.44%) no reciben capacitación acerca de los procesos y sus actividades diarias, 5 operarios (55.55%) reciben capacitación. La empresa no está cumpliendo con sus políticas de capacitación a todos los operarios esto es un indicador que no se están llevando a cabo procesos y controles adecuados provocando la problemática de rechazos por materiales contaminados.

**Tabla 4.10:** Capacitación y conocimiento en identificación de metales en proceso de selección y clasificación

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*Material que separa en selección- Metales</b>				
Recuento		Material que separa en selección- Metales		Total
		Piezas con metales		
Recibe capacitación	No	4		4
	Si	5		5
Total		9		9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información presentada en la tabla 4.10, todos los operadores encuestados, reciban o no capacitación, realizan la separación de metales y piezas con metales desde el proceso de selección y clasificación. Los operarios tienen conocimiento que uno de los más importantes parámetros que debe cumplir el material es estar libre de metales.

**Tabla 4.11:** Capacitación y conocimiento en identificación de piezas con metales en proceso de selección y clasificación

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*Piezas que contienen metales- Juguetes</b>				
Recuento		Piezas que contienen metales- Juguetes		Total
		Juguetes		
Recibe capacitación	No	4		4
	Si	5		5
Total		9		9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la tabla 4.11, el número total de operadores encuestados separa las piezas de juguetes que llegan dentro de los lotes ya que estos contienen piezas de metales. De acuerdo con el manual de puesto este tipo de pieza es la que contiene más piezas de metales como tornillos de acero inoxidable.

**Tabla 4.12:** Conocimiento en identificación de piezas con metales en proceso de selección y clasificación

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*Piezas que contienen metales- Cubetas</b>				
Recuento		Piezas que contienen metales- Cubetas		Total
		Cubetas	No sabe	
Recibe capacitación	No	4	0	4
	Si	4	1	5
Total		8	1	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.12 muestra que, 8 de los nueve operarios encuestados tiene conocimiento que las cubetas o baldes con agarradera metálica deben separarse del material útil, sin embargo un operario no sabe que esta pieza debe separarse a pesar de recibir capacitación, la capacitación recibida puede no ser la adecuada.

**Tabla 4.13:** Conocimiento en identificación de piezas automotrices con metales en proceso de selección y clasificación

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*Piezas que contienen metales- Piezas de carro</b>				
Recuento		Piezas que contienen metales- Piezas de carro		Total
		No retira piezas de carro	Retira piezas de carro	
Recibe capacitación	No	0	4	4
	Si	1	4	5
Total		1	8	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.13 se observa que, 8 de 9 encuestados tienen conocimiento que las piezas de origen automotriz deben separarse del material útil en el proceso, mientras que 1 operario no las está retirando a pesar de recibir capacitación al respecto, es probable que la capacitación no esté siendo aplicada correctamente. De acuerdo con la investigación realizada muchos operadores nuevos reciben inducción de otros operadores con experiencia cuando el supervisor no está presente. En la descripción de puesto, se indica que esta pieza es de material de polipropileno con alta carga molecular y tiene un comportamiento parecido a los metales en los procesos subsiguientes por lo tanto es importante separarla en el proceso de selección y clasificación.

**Tabla 4.14:** Capacitación y frecuencia de limpieza en área de selección y clasificación

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*Limpieza del área de selección- Al final de seleccionar todo un lote</b>				
Recuento		Limpieza del área de selección- Al final de seleccionar todo un lote		Total
		Al final de seleccionar todo el lote	No limpia al seleccionar un lote	
Recibe capacitación	No	4	0	4
	Si	2	3	5
Total		6	3	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.14 se observa que, solo 6 de los 9 encuestados aplican limpieza en el área de selección y clasificación cada vez que se termina de seleccionar un lote de material, de estos 6 operadores solo 2 lo han aprendido a través de la capacitación recibida. De acuerdo con el manual de puesto se establece que al final de seleccionar y clasificar un lote se debe hacer limpieza en el área con el objetivo de evitar contaminación cruzada entre los lotes y realizar la medición de merma resultante.

**Tabla 4.15:** Capacitación en identificación de piezas con metales área de molienda

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*Material que retira en banda de selección- Cualquier pieza con metales</b>				
Recuento		Material que retira en banda de selección- Cualquier pieza con metales		Total
		Cualquier pieza con metales	Piezas con metales	
Recibe capacitación	No	4	0	4
	Si	1	4	5
Total		5	4	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.15 se observa que, los 9 operadores encuestados tienen conocimiento de que debe retirar piezas con metales de la banda de selección antes de que el material sea triturado por el molino, de estos 9 operadores solo 5 reciben capacitación directa al respecto. Esto significa que los metales que están llegando a la etapa de flotación no se retiran por falta de conocimiento de 4 de sus operadores.

**Tabla 4.16:** Capacitación en parámetros de metales en área de molienda

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*¿Por qué no debe pasar metales hacia el molino- Contamina el material</b>			
Recuento		¿Por qué no debe pasar metales hacia el molino- Contamina el material	Total
		Contamina el material	
Recibe capacitación	No	4	4
	Si	5	5
Total		9	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.16 indica que, los operadores de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. tienen conocimiento que los metales afectan la calidad del material, hayan recibido o no capacitación al respecto. De acuerdo con la investigación realizada, los que no reciben capacitación lo saben porque lo han escuchado de otros operadores con mayor experiencia en el proceso de producción, sin embargo, en las actividades de capacitación poco se les informa acerca de las consecuencias de los metales en el material.

**Tabla 4.17:** Capacitación en manejo y cuidado de maquinaria área de molienda

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación*¿Por qué no debe pasar metales hacia el molino- Daña el molino</b>			
Recuento		¿Por qué no debe pasar metales hacia el molino- Daña el molino	Total
		Daña el molino	
Recibe capacitación	No	4	4
	Si	5	5
Total		9	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En las tablas 4.17 se observa que los 9 operarios encuestados tienen conocimiento que los metales afectan el funcionamiento de la maquinaria, hayan recibido o no capacitación al respecto. De acuerdo con la investigación realizada los operarios han aprendido que el metal daña las maquinas, a través de la experiencia, cuando las maquinas se han averiado por causa de los metales que han pasado por los filtros específicamente en los molinos de triturado.

**Tabla 4.18:** Capacitación de operarios en proceso de flotación

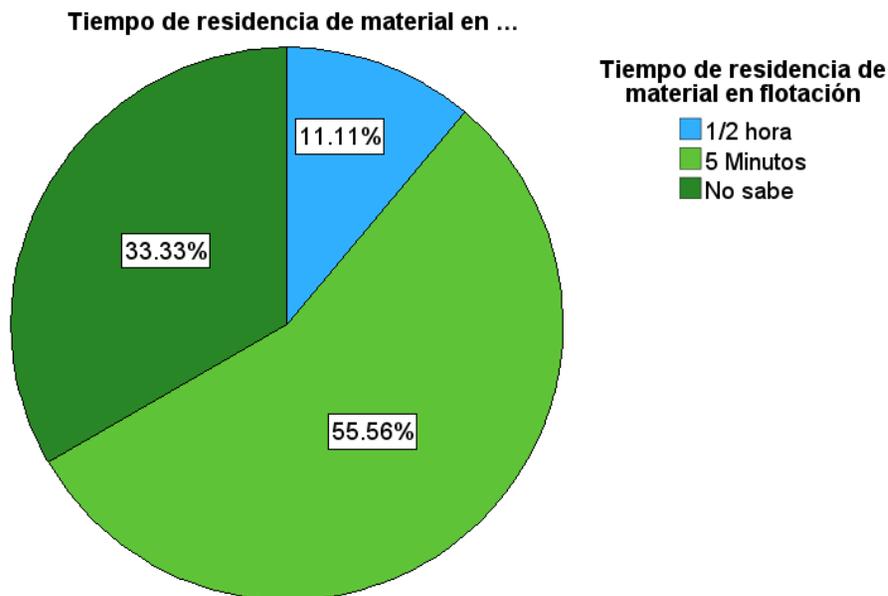
Tabla cruzada Recibe capacitación*Tiempo de residencia de material en flotación					
Recuento		Tiempo de residencia de material en flotación			Total
		1/2 hora	5 Minutos	No sabe	
Recibe capacitación	No	1	2	1	4
	Si	0	3	2	5
Total		1	5	3	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.18 indica que, 5 operarios dejan el material en la pila de flotación durante 5 minutos para que el material con alto peso molecular como metales, piedras y otros puedan precipitarse, sin embargo, 3 de los encuestados no sabe acerca del tiempo de residencia del material en la pila de flotación.

Uno de los 9 operarios encuestados deja el material por media hora en la pila de flotación, el manual de puesto indica que debe dejarse por 5 minutos. Se observa que los cuellos de botella o retrasos en la etapa de flotación son creados por el tiempo de residencia que los operarios manejan los cuales no están siendo controlados automáticamente esto impide que haya un proceso correcto de precipitación y flotación y que el material salga contaminado con metales ferrosos y no ferrosos hacia el área de secado empaque.

**Gráfico 4.8:** Capacitación de operarios en proceso de flotación



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con el gráfico 4.8, solo el 55% de los operarios saben y manejan tiempos de residencia del material por 5 minutos, pero el tiempo sigue siendo relativo para cada operario ya no cuentan con un instrumento de medición del tiempo. El 33.33% no sabe cuánto tiempo debe permanecer el material en la pila de flotación y el 11.11% está dejando el material por media hora, esto significa que, en esta etapa se crean cuellos de botella al dejar el material por 25 minutos más de lo establecido.

Al realizar la observación sistematizada en la etapa de flotación se detectó que, la velocidad de los empujadores de la pila de flotación no permite la separación de materiales incompatibles ya que estos al haber turbulencia se mantienen flotando al igual que las hojuelas de polipropileno.

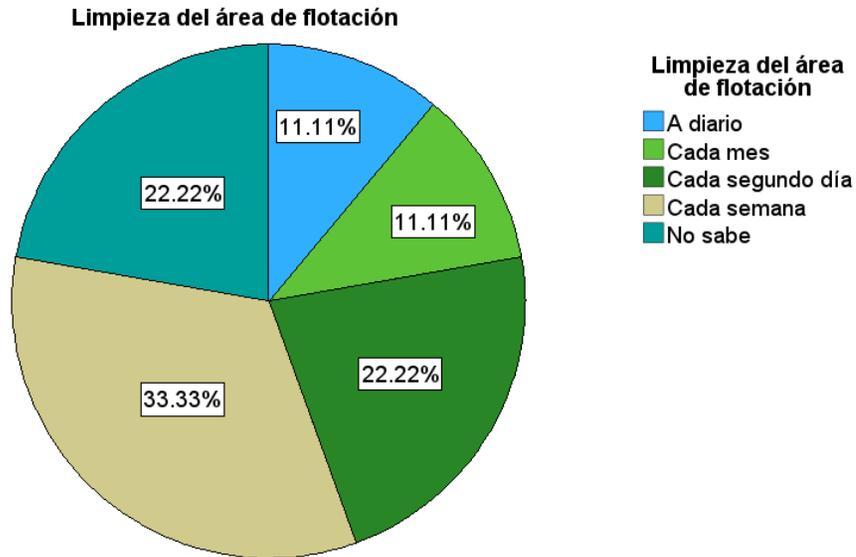
**Tabla 4.19:** Capacitación de operarios en proceso de limpieza en área de flotación

Tabla cruzada Recibe capacitación* Limpieza del área de flotación							
Recuento		Limpieza del área de flotación					Total
		A diario	Cada mes	Cada segundo día	Cada semana	No sabe	
Recibe capacitación	No	1	0	0	3	0	4
	Si	0	1	2	0	2	5
Total		1	1	2	3	2	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.19 muestra que, 2 de los 9 operadores encuestados hacen limpieza en la pila de flotación cada dos días, 1 cada mes, 1 a diario y 3 cada fin de semana, 2 de ellos no saben cada cuánto tiempo se debe realizar limpieza en esta etapa. De acuerdo con el manual de puesto la pila de flotación debe limpiarse cada 2 días para retirar todo el material precipitado y evitar que este se mezcle con el material que flota al haber turbulencia en el agua. Los operarios no siguen procedimientos de acuerdo con el manual de puesto y no se aplican controles de supervisión.

**Gráfico 4.9:** Capacitación de operarios en proceso de limpieza en área de flotación



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

El gráfico 4.9 indica que, solo el 22.22% han hecho los procedimientos de limpieza cada segundo día y un 11.11% a diario. Un 22.22% de los operarios no sabe cuál es la frecuencia de limpieza de esta etapa. De acuerdo con la información obtenida de los supervisores, cada semana se hace limpieza general de esta etapa. En el manual de procesos de la empresa, se indica que, la limpieza de la pila de flotación se debe realizar cada segundo día y si es necesario a diario.

**Tabla 4.20 Capacitación de operarios en manejo de proceso área de cernido**

Recuento		Materiales que se retiran manualmente en la tómbola de cernido- Pelusas		Total
		No retira pelusas	Pelusas	
Recibe capacitación	No	0	4	4
	Si	1	4	5
Total		1	8	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.20 muestra que, 8 operarios retiran pelusas aunque no hayan recibido capacitación, sin embargo, un operario no retira este material porque no ha recibido capacitación al respecto. Las pelusas constituyen un material que no debe estar presente en el producto terminado ya que afecta procesos de punto de fusión.

**Tabla 4.21:** Capacitación de operarios en manejo de proceso área de cernido

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación* Materiales que se retiran manualmente en la tómbola de cernido- Metales de los imanes</b>				
Recuento		Materiales que se retiran manualmente en la tómbola de cernido- Metales de los imanes		Total
		Retira Metales de los imanes	No retira metales de los imanes	
Recibe capacitación	No	3	1	4
	Si	3	2	5
Total		6	3	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.21 muestra que, 6 operarios retiran los metales que se adhieren a los imanes, de estos 6 operarios solo 3 han recibido capacitación al respecto. Tres operarios no retiran los metales adheridos a los imanes, esto constituye una causa de contaminación del material.

**Tabla 4.22:** Capacitación de operarios en proceso de limpieza de filtros área de cernido

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación* ¿Cada cuánto limpia los imanes en la entrada del tornillo?</b>						
Recuento		¿Cada cuánto limpia los imanes en la entrada del tornillo?				Total
		Al inicio de cernir un lote	Cuando se llena el super saco	Cuando supervisor lo indica	No limpia al inicio cernir	
Recibe capacitación	No	3	0	0	1	4
	Si	2	1	1	1	5
Total		5	1	1	2	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.22 indica que, 5 operarios limpian los imanes al inicio de procesar o cernir un lote, 1 operario lo hace cada vez que se llena un super saco, 1 lo hace cuando el supervisor lo indica y 2 operarios no limpian los filtros del área de cernido. El manual

de puesto indica que la limpieza debe hacerse cada vez que se llena el super saco y se hace el cambio a uno vacío.

**Tabla 4.23:** Capacitación de operarios en proceso de limpieza de filtros área de secado

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación* Limpieza imanes área de secado</b>							
Recuento		Limpieza imanes área de secado					Total
		Al inicio del turno	Cuando usa línea	Lo hace supervisor	No sabe	Se llena de metales	
Recibe capacitación	No	0	0	1	2	1	4
	Si	1	2	0	0	2	5
Total		1	2	1	2	3	9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.23 indica que, de los 9 operarios que manejan las máquinas de la etapa de secado, 4 no reciben capacitación. De los operarios que reciben capacitación 1 hace limpieza de imanes al inicio del turno, 2 cuando usan la línea de secado y 2 cuando los filtros se llenan de metales. De los operarios que no reciben capacitación 1 lo hace cuando el supervisor le indica, 1 cuando los filtros se llenan de metales y 2 no saben. Esto indica que no se están llevando a cabo procedimientos estandarizados.

De acuerdo con el manual de puesto se deben limpiar cada vez que se llenan, puesto que, al llenarse impiden que haya más adhesión de metales.

**Tabla 4.24:** Capacitación de operarios en parámetros de empaque

<b>Tabla cruzada Recibe capacitación* El producto terminado se empaqueta en las siguientes condiciones</b>				
Recuento		El producto terminado se empaqueta en las siguientes condiciones		Total
		Saco limpio, seco, libre de cualquier material y sobre tarima		
Recibe capacitación	No	4		4
	Si	5		5
Total		9		9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.24 indica que, los 9 operarios tienen el conocimiento que el material debe ser empacado en un super saco limpio, y este debe estar sobre tarima, sin

embargo, de acuerdo con la observación realizada algunos super sacos donde se ha empacado material tienen agujeros y manchas de humedad.

**Figura 4.1:** Super saco de empaque con humedad y rotura



Fuente: Elaboración propia con base en los procesos de empaque de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

## Resultados de la aplicación de cuestionario a supervisores

### Datos demográficos supervisores

**Tabla 4.25:** Género de supervisores

Género					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Masculino	2	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.25 indica que, la población completa de supervisores encuestados es de género masculino, se comprueba que el proceso de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. es un proceso que requiere las habilidades y capacidades no aptas para el género femenino.

**Gráfico 4.10:** Género de supervisores



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

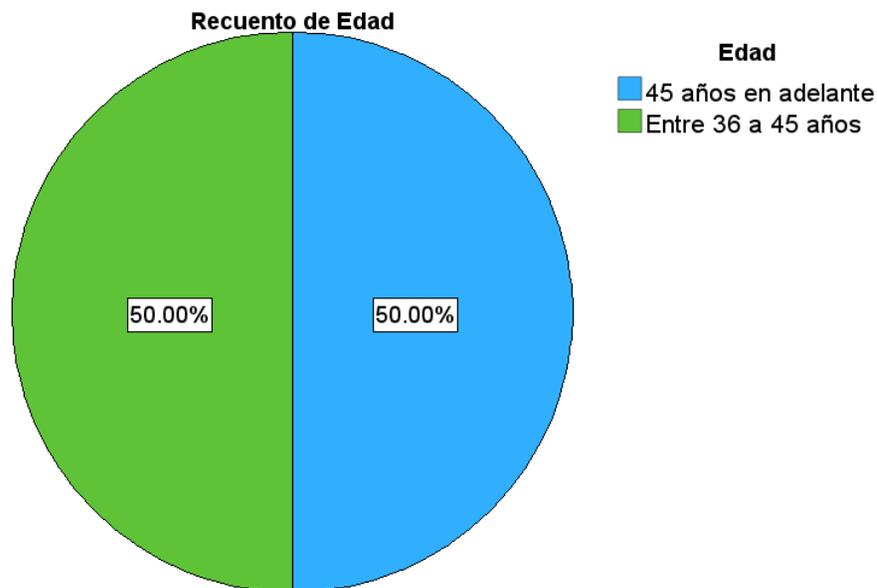
**Tabla 4.26:** Edad de supervisores

Edad					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	45 años en adelante	1	50.0	50.0	50.0
	Entre 36 a 45 años	1	50.0	50.0	100.0
	Total	2	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La variable de edad en la tabla 4.26 indica que, uno de los supervisores es mayor de 45 años y el segundo cuenta con un rango de edad de entre 36 a 45 años.

**Gráfico 4.11:** Edad de supervisores



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

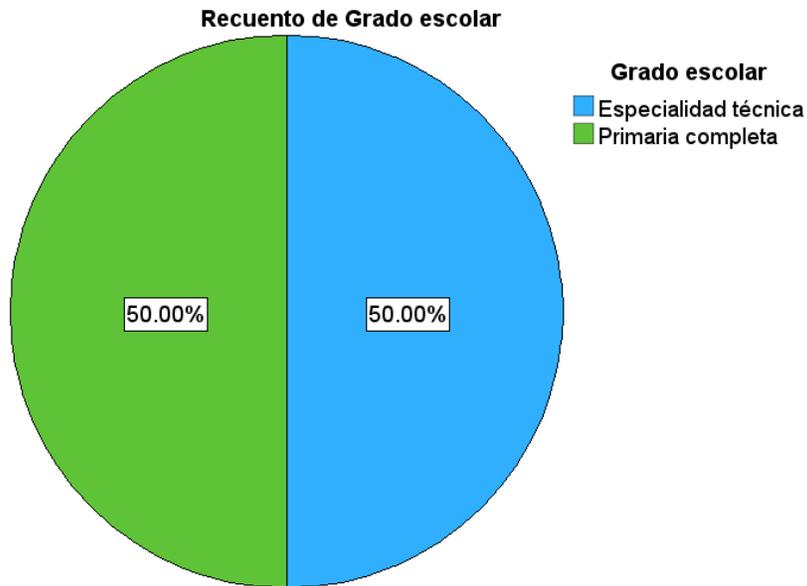
**Tabla 4.27:** Grado escolar supervisores

Grado escolar					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Especialidad técnica	1	50.0	50.0	50.0
	Primaria completa	1	50.0	50.0	100.0
	Total	2	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

El grado escolar de los supervisores indica que uno de ellos solo cuenta con primaria completa mientras que el segundo cuenta con una especialidad técnica.

**Gráfico 4.12:** Grado escolar supervisores



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

**Tabla 4.28:** Antigüedad de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

Antigüedad					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	3 años en adelante	2	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.28 indica que, los supervisores encuestados cuentan con más de 3 años de antigüedad en la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. Este tiempo de antigüedad, de acuerdo con la información obtenida del Ingeniero responsable de operaciones Pedro A. López Rodríguez, es la mínima para tener oportunidad de ascenso a supervisor de área.

**Gráfico 4.13:** Antigüedad de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

**Tabla 4.29:** Experiencia de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

Experiencia					
Estadísticos		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Más de 5 años	2	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.29 muestra que, los supervisores, cuentan con más de 5 años de experiencia en los procesos de transformación de plástico.

**Gráfico 4.14:** Experiencia de supervisores en los procesos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

**Tabla 4.30:** Capacitación a supervisores

Recibe capacitación					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No	2	100.0	100.0	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información recolectada en la tabla 4.30, los supervisores de la empresa no reciben capacitación acerca de los procesos que se llevan a cabo en la empresa, esto es un indicador que la falta de supervisión y control es una de las principales causas de los problemas en la calidad del material.

**Gráfico 4.15:** Capacitación a supervisores



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

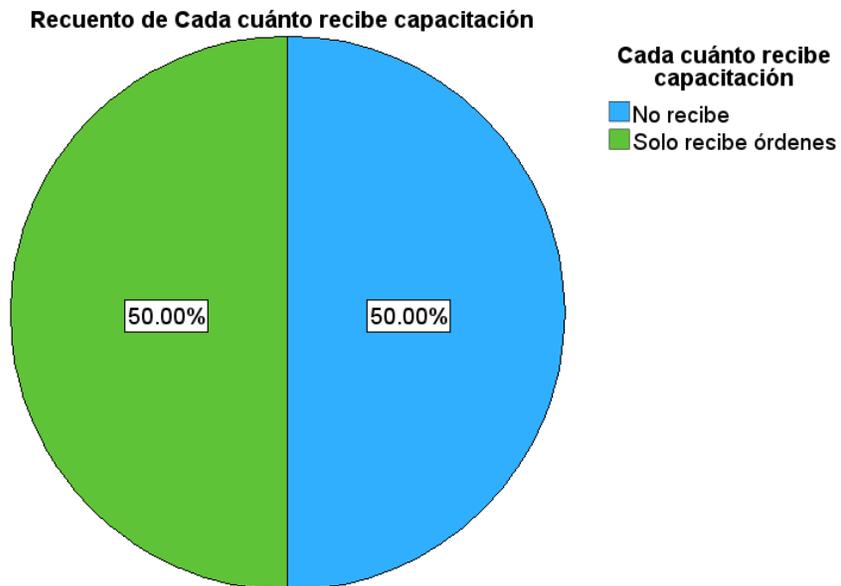
**Tabla 4.31:** Frecuencia de capacitación a supervisores

Cada cuánto recibe capacitación					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No recibe	1	50.0	50.0	50.0
	Solo recibe órdenes	1	50.0	50.0	100.0
	Total	2	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información recopilada en la tabla 4.31, los supervisores de la empresa no reciben capacitación y uno de ellos explica que solo recibe órdenes.

**Gráfico 4.16:** Frecuencia de capacitación a supervisores



Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

## Análisis de cruce de variables de cuestionario a supervisores

**Tabla 4.32:** Conocimiento de supervisores en procesos de selección y molienda

<b>Tabla cruzada Material que separa en selección*Material que no debe pasar a la etapa de molienda</b>				
Recuento		Material que no debe pasar a la etapa de molienda		Total
		Metales, piedras, cables con metales		
Material que separa en selección	Piezas con metales, envases de alimentos.	1		1
	Piezas con metales, piezas de material duro, envases de alimentos.	1		1
Total		2		2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información de la tabla 4.32, los supervisores encuestados tienen el conocimiento de que los metales deben ser separados inicialmente desde la etapa de selección y clasificación, estos materiales no deben pasar hacia la etapa de molienda ya que separarlos aquí es más difícil para el operario debido a que el material pasa a gran velocidad en la banda que alimenta al molino.

**Tabla 4.33:** Experiencia y conocimiento de supervisores en procesos de limpieza de área de selección y clasificación

<b>Tabla cruzada Experiencia*Limpieza del área de selección</b>				
Recuento		Limpieza del área de selección		Total
		A diario	Al final de seleccionar todo un lote de producción y a diario	
Experiencia	Más de 5 años	1	1	2
Total		1	1	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.33 muestra que, los supervisores realizan la limpieza en la etapa de selección al final de seleccionar todo un lote para hacer las mediciones respectivas, también aseguran hacer limpieza a diario.

**Tabla 4.34:** Experiencia de supervisores y causas de contaminación cruzada en el proceso

<b>Tabla cruzada Experiencia*La contaminación cruzada en el proceso puede suceder por:</b>			
Recuento		La contaminación cruzada en el proceso puede suceder por:	
		Error humano en el proceso de selección, contaminación cruzada por falta de limpieza en las áreas, falta de limpieza en imanes de todas las etapas.	
Experiencia	Más de 5 años	2	2
Total		2	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

Al comparar los conocimientos adquiridos a través de la experiencia de los supervisores y las causas conocidas de contaminación cruzada en el proceso, en la tabla 4.34 se determina que, al llevar a cabo los procesos de manera manual, existe un margen alto de error humano, la falta de limpieza en las líneas es una de las principales razones por las cuales el material útil es contaminado con otros. La limpieza en los filtros es importante para que estos cumplan con su función de atrapar metales y otros materiales no compatibles.

**Tabla 4.35:** Experiencia de supervisores y conocimiento en capacidad instalada

<b>Tabla cruzada Experiencia*¿Cuántos kilos por hora deben pasar a través del molino?</b>			
Recuento		¿Cuántos kilos por hora deben pasar a través del molino?	
		300 kilos por hora	
Experiencia	Más de 5 años	2	2
Total		2	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la tabla 4.35, los supervisores encuestados saben por la experiencia que tienen en los procesos que la capacidad máxima del molino que tritura el material del PP es de 300 kilos por hora. De acuerdo con la observación realizada en la etapa de molienda, si el molino es alimentado con más de 300 kilos por hora se presentan paros por atascamiento en este, también se observó que el flujo del material es interrumpido por los paros en la banda de selección al momento que el operario retira tapas de atomizador y otros materiales. Significa que en el área de molienda también de

producen retrasos en el proceso causados por deficiencias en el proceso de selección y clasificación.

**Tabla 4.36:** Conocimiento de supervisores en procesos de molienda y flotación

<b>Tabla cruzada ¿Cuántos kilos por hora deben pasar a través del molino? *Tiempo de residencia de material en flotación</b>			
Recuento		Tiempo de residencia de material en flotación	Total
		5 Minutos	
¿Cuántos kilos por hora deben pasar a través del molino?	300 kilos por hora	2	2
Total		2	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

Al comparar la cantidad de kilos que deben pasar a través del molino y el tiempo de residencia del material en la pila de flotación, se determina que los supervisores si conocen el tiempo mínimo de flotación del material que se requiere de acuerdo con el manual de proceso. De acuerdo con la información obtenida de los supervisores, si la cantidad de kilos por hora se incrementa a más de 300 kilos por hora el tiempo de residencia del material en la tina de flotación debe ser mayor.

**Tabla 4.37:** Conocimiento de supervisores en las funciones del proceso de flotación

<b>Tabla cruzada ¿Cuál es la función de la pila de flotación? *Tiempo de residencia de material en flotación</b>			
Recuento		Tiempo de residencia de material en flotación	Total
		5 Minutos	
¿Cuál es la función de la pila de flotación?	separar materiales por su peso molecular	1	1
	Separar materiales por su peso molecular, limpiar el material de suciedades	1	1
Total		2	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.37 se comparan los conocimientos que los supervisores tienen acerca del comportamiento del material de acuerdo con las características moleculares

de este y la importancia del tiempo de residencia en la pila de flotación, la información cruzada permite determinar que los supervisores saben que la función de la pila de flotación es separar los materiales incompatibles por medio de la precipitación, además, la pila de flotación tiene la función de realizar la limpieza del material.

**Tabla 4.38:** Conocimiento de supervisores en características de material de polipropileno con carga molecular

<b>Tabla cruzada ¿Cuál es la función de la pila de flotación? *¿Qué sucede con el PP CON carga cuando es descargado a la pila de flotación?</b>			
Recuento		¿Qué sucede con el PP CON carga cuando es descargado a la pila de flotación?	Total
		Se hunde	
¿Cuál es la función de la pila de flotación?	separar materiales por su peso molecular	1	1
	Separar materiales por su peso molecular, limpiar el material de suciedades	1	1
Total		2	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.38 se observa que los supervisores cuentan con el conocimiento del comportamiento del material con carga al momento de pasar por la pila de flotación. El material de polipropileno con carga tiene características moleculares que hacen que este se hunda en la pila de flotación.

**Tabla 4.39:** Conocimiento de supervisores en características de material de polipropileno sin carga molecular

<b>Tabla cruzada ¿Cuál es la función de la pila de flotación? *¿Qué sucede con el PP SIN carga cuando es descargado a la pila de flotación?</b>			
Recuento		¿Qué sucede con el PP SIN carga cuando es descargado a la pila de flotación?	Total
		Flota	
¿Cuál es la función de la pila de flotación?	separar materiales por su peso molecular	1	1
	Separar materiales por su peso molecular, limpiar el material de suciedades	1	1
Total		2	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información de la tabla 4.39, el material de polipropileno sin carga tiene características moleculares que hacen que este flote en la pila de flotación. De acuerdo con las observaciones realizadas en los filtros de imanes, algunas partículas de metales pasan a través del molino ya que están adheridas a las piezas de plástico, estos metales no alcanzan a realizar la precipitación porque se quedan adheridos a hojuelas de plástico que los hace flotar junto con el material útil.

**Tabla 4.40:** Experiencia de supervisores y conocimiento en procesos de limpieza del área de flotación

<b>Tabla cruzada Experiencia* Limpieza del área de flotación</b>				
Recuento		Limpieza del área de flotación		Total
		A diario	Dos veces por semana	
Experiencia	Más de 5 años	1	1	2
Total		1	1	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.40 se observa que, los supervisores, de acuerdo con la experiencia en el proceso, saben que la limpieza en la pila de flotación se hace dos veces por semana. Algunos lotes que llegan con contenidos altos de suciedad obligan a realizar la limpieza de la pila de flotación a diario y así vaciar los materiales precipitados. De acuerdo con la observación realizada en la pila de flotación, la fuerza de los empujadores hace que el material precipitado regrese a la superficie y al momento de retirar el material que flota este lleva partículas con carga molecular.

**Tabla 4.41:** Experiencia de supervisores y conocimiento en proceso del área de cernido

<b>Tabla cruzada Experiencia* Materiales que se retiran manualmente en la tómbola de cernido</b>				
Recuento		Materiales que se retiran manualmente en la tómbola de cernido		Total
		Finos y polvos	Metales de los imanes	
Experiencia	Más de 5 años	1	1	2
Total		1	1	2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

De acuerdo con la información recopilada en la tabla 4.41, los supervisores saben que, la tómbola de cernido tiene la función de separar finos, polvos y metales a diferencia de los operarios quienes no manejan toda esta información.

**Tabla 4.42:** Experiencia de supervisores y conocimiento de proceso de limpieza de filtros en área de cernido.

<b>Tabla cruzada Experiencia*¿Cada cuánto limpia los imanes en la entrada del tornillo?</b>				
Recuento		¿Cada cuánto limpia los imanes en la entrada del tornillo?		Total
		Al inicio de cernir un lote, lo hace el operario o el supervisor		
Experiencia	Más de 5 años	2		2
Total		2		2

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a supervisores de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

En la tabla 4.42 se observa que, de acuerdo con los supervisores la limpieza de los imanes en la maquinaria de cernido la lleva cabo el operario o el supervisor al inicio de cernir un lote. Se determina que en esta área no está claro quién y cuando debe realizar esta actividad. De acuerdo con el manual se hace cada vez que un super saco se llena, pero no especifica quien es el responsable de esta actividad.

### **Resultados obtenidos por medio de observación sistematizada**

**Área de selección y clasificación:** Se lleva a cabo una separación adecuada de materiales para la medición del rendimiento y merma. Algunas piezas de metales son difíciles de identificar dentro de la pieza de plástico. La velocidad de la banda transportadora debe ser constante, el operador debe ser rápido en la selección, dada esta condición se da el riesgo de error.

**Área de molienda:** El operario detiene la banda transportadora para retirar piezas con metales lo que retrasa la producción. Existen piezas de metales que pueden pasar hacia el molino y dañar las cuchillas de esta máquina, se producen retrasos y costos por daño de cuchillas.

**Área de flotación:** La velocidad actual de los empujadores de la pila de flotación es muy rápida (60 revoluciones por minuto) lo que provoca turbulencia en el agua, la

turbulencia impide que el material pesado se precipite y surge contaminación cruzada con el material que flota, sobre todo si los sedimentos no se han evacuado.

Sin la función de los empujadores el material se aglomera en la salida del molino y no se produce la función de precipitación de metales, piedras, etc.

Área de secado y empaque: El operador no cuenta con material de empaque adecuado, algunos super sacos que utiliza están húmedos y con agujeros.

Área de cernido: El operador no cuenta con material de empaque adecuado, algunos super sacos que utiliza están húmedos y con agujeros. Es necesario establecer un sistema de limpieza de imanes frecuente.

### Análisis cuantitativo de presencia de metales en material terminado

**Figura 4.2 Muestra PP sin carga y universo 50grs**



Fuente: Elaboración propia basado en los procesos de análisis de laboratorio de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

**Tabla 4.43:** Pesaje de materiales encontrados en muestra del PP sin carga

Material encontrado	Gramos	PPM	PARÁMETRO
Etiqueta	0.010	$(0.010/50.015) * 1000000 = 199.94$	Hasta 250 PP
Metal	0.280	$(0.280/50.015) * 1000000 = 5598.32$	Sin permisión
Pelusa	0.0009	$(0.0009/50.015) * 1000000 = 17.99$	Hasta 250 PPM
Universo total	50.015		

Fuente: Elaboración propia con base en los procesos de análisis de laboratorio de Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

La tabla 4.43 muestra el análisis de laboratorio que se aplicó para determinar presencia de metales de manera cuantitativa en PPM (partes por millón) a una muestra de hojuelas de Polipropileno sin carga. El metal es el material de mayor presencia con 5600 PPM. De acuerdo con los parámetros permitidos por el cliente el metal debe tener una permisión de cero, PPM=0.

Se comprueba de manera cuantitativa que los procedimientos actuales de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. no cumplen con la separación de metales ferrosos y no ferrosos.

## 4.2 Propuesta de mejora

### **Automatización de la etapa de flotación**

La etapa de flotación es la etapa central de todo el proceso de transformación de piezas de polipropileno en hojuelas lavadas, es importante que la empresa automatice esta etapa de tal manera que se lleve a cabo la separación automática de materiales precipitados y materiales flotantes por medio de un sistema de salida automática de material útil y precipitados. La empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V., tiene la necesidad de invertir en la automatización de la maquinaria y equipo, de esta manera los procedimientos pueden llevarse a cabo con un margen de error menor al existente.

#### ***Objetivo de la propuesta***

Reducción del margen de error humano en la etapa central del proceso de producción y lograr los parámetros de calidad establecidos por el cliente. La propuesta consiste en lograr la separación automática de materiales por su peso molecular, realizar descarga automática de material útil hacia la centrifuga y llevar a cabo la limpieza automática de la pila.

**Figura 4.3:** Pila de flotación con mecanismo de salidas automática de material útil y sedimentos



Fuente: Sitio web, Alibaba.com. Basado en modelo de maquinaria utilizada mundialmente en los procesos de flotación de reciclaje de PET. No está patentada.

#### Orígenes del modelo de pila de flotación

De acuerdo con la historia del reciclaje, la pila de flotación es un sistema mundialmente utilizado derivado de la evolución de los procesos de reciclaje de PET, ningún concepto de maquinaria utilizada para procesos de reciclaje está patentado ya que estos modelos han sido desarrollados en base a la experiencia empírica (prueba y error) de las empresas u organizaciones dedicadas al reciclaje de plásticos.

Los procesos de reciclaje de polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE) derivan de los procesos de reciclaje de PET, se debe a que durante los procesos para limpieza de material de PET los ingenieros se dieron cuenta de la sencillez de separar los plásticos de baja densidad por medio del proceso de flotación ya que el material de baja densidad como tapas, etiquetas, etc., flotaban, mientras que, materiales de alto peso molecular como ser el PET, piedras, metales y otros se hundían. A medida los procesos avanzaron se desarrollaron sistemas con maquinaria específica para el reciclaje de plásticos de baja densidad como ser el PP Y HDPE. La masificación de fabricación de maquinaria se le atribuye a China como mayor productor a escala en el mundo.

## Descripción de las partes del sistema de flotación automático

1. Tornillo de descarga de sedimentos.
2. Válvula de salida.
3. Empujadores con velocidad regulada.
4. Mini tornillo de descarga automática de material útil (hojuelas del PP) hacia el área de centrifugado.

## Funcionalidad del sistema propuesto

1. Tornillo de descarga: Este tornillo está ubicado en el fondo de la pila de flotación, su función es transportar los sedimentos hasta la sección de almacenamiento de sedimentos ubicada antes de la válvula de salida.
2. Motor de tornillo de descarga: Hacer girar el tornillo de descarga para que por medio de las estrías transporte sedimentos hacia la descarga 30 RPM (revoluciones por minuto).
3. Válvula de salida: La válvula de salida está ubicada en la parte inferior de la pila al final del tornillo transportador, la válvula de salida permite la descarga de sedimentos en la tubería de evacuación hacia las pilas de tratamiento de sedimentos.
4. Empujadores: 3 empujadores automáticos tienen la función de empujar el material mientras realiza la función de limpieza y separación de materiales por medio de la agitación de estos. Los empujadores llevan el material hasta la mini pileta de salida de hojuelas flotantes.
5. Motor de empujadores: Hacer girar cada uno de los empujadores (1 empuje cada 1 segundo) 15 RPM (Revoluciones por minuto) hacia el área de descarga automática de flotantes.
6. Mini pileta de salida: En esta área son descargadas las hojuelas de polipropileno donde el mini tornillo de descarga transporta las hojuelas del polipropileno hacia el super saco del área de centrifugado.
7. Mini tornillo de descarga: se encarga de transportar las hojuelas del PP hacia el área de centrifugado sin necesidad que el operario realice esta labor manualmente.
8. Motor de mini tornillo: Hacer girar el mini tornillo de descarga a una velocidad de 60 RPM (revoluciones por minuto).

Presupuesto para construcción de pila de flotación

**Tabla 4.44:** Presupuesto para diseño y elaboración de tina de flotación automática

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Precio</b>	<b>Totales</b>
Ángulos 2" x 1/4 x 6 mts	72	Mt	\$ 995.00	\$ 71,640.00
Placa de acero inoxidable 6 pliegos 1/8" (1.22mx2.44m)	12	pieza	\$ 2,580.33	\$ 30,963.96
Tubo de 4" cédula 40	6	Mt	\$ 3,321.00	\$ 19,926.00
1 Caja de electrodo 60/11	1	Caja	\$ 203.17	\$ 203.17
Disco de corte 7 "	20	Unidad	\$ 14.00	\$ 280.00
Disco de desbaste 7"	5	Unidad	\$ 7.95	\$ 39.75
Motor de tornillo de descarga sedimentos 3 hp	1	Unidad	\$ 7,613.11	\$ 7,613.11
Motor de empujadores de 1 hp	1	Unidad	\$ 4,549.88	\$ 4,549.88
Motor de mini tornillo de ½ hp	1	Unidad	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
Panel de control armado y completo	1	Unidad	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
Rollo de cable eléctrico calibre 12	1	Rollo	\$ 1,400.00	\$ 1,400.00
Rollo de manguera flexible ½"	1	Rollo	\$ 345.00	\$ 345.00
Otros materiales eléctricos	1	Estimado	\$ 500.00	\$ 500.00
Láminas de cartón liso 90x 120 cm 1/16"	50	Pieza	\$ 37.00	\$ 1,850.00
Materiales misceláneos	1	Estimado	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Catarina paso 60 (entre 20 a 30 dientes)	2	Pieza	\$ 298.00	\$ 596.00
Catarina paso 40 ((entre 20 a 30 dientes)	8	Pieza	\$ 169.00	\$ 1,352.00
Cadena paso 60	3.05	Caja de 3 metros	\$ 163.93	\$ 500.00
Cadena paso 40	2	Caja de 3 metros	\$ 72.13	\$ 144.26
Chumaceras de pared de 2"	2	Pieza	\$ 400.00	\$ 800.00
Chumaceras de piso de 5/8"	8	Pieza	\$ 95.00	\$ 760.00
	<b>TOTAL</b>			<b>\$ 160,463.13</b>

Fuente: Elaboración propia basada en cotización en ferreterías locales y sitios web Alibaba.com, Mercadolibre.com.mx

### 4.3 Implementación de los cambios

La implementación de cambios no afectará las actividades actuales de producción de la empresa, la pila de precipitación y flotación con descargas automáticas se puede construir en paralelo al proceso y conectarse hasta el momento que se hayan corrido las pruebas mecánicas, eléctricas y técnicas.

#### 4.3.1 Cronograma de aplicación

El cronograma de aplicación de la propuesta se describe en la Tabla 4.45 (P.71)

#### 4.3.2 Detalle de cambios y responsables de su ejecución

El cronograma de la propuesta se presenta en un programa de actividades durante 3 meses.

Debido a los recursos limitados con los que cuenta la empresa Recicladora Eco Life de México S.A de C.V., las actividades de compras están distribuidas durante 3 meses, de esta manera el presupuesto presentado se divide en tres partes: El primer desembolso se realiza durante el primer mes (octubre) del proyecto con la compra de los materiales para formar la base de la pila. Durante el segundo mes (noviembre) se realiza el desembolso para continuar con las actividades correspondientes a la fabricación de piezas mecánicas de la pila de flotación y durante el último mes (diciembre) se realiza el desembolso para la instalación eléctrica de la pila de flotación.

- Las actividades están distribuidas en tres departamentos: Departamento de compras, Departamento de mantenimiento bajo la supervisión del responsable de operaciones.
- El diseño de la pila de flotación estará a cargo del Ing. Pedro A. López Rodríguez, aprovechando la experiencia y conocimiento en procesos industriales.
- El departamento de compras bajo la responsabilidad de Ángel López Rojas realizará la compra de materiales bajo la autorización del departamento de finanzas y la coordinación con el departamento de mantenimiento (René Martínez). No podrá continuar con la compra de los siguientes materiales programados si la primera etapa de fabricación del mes uno no está completada por el departamento de mantenimiento y así sucesivamente.

- El departamento de mantenimiento bajo la responsabilidad del mecánico en jefe René Martínez realizará las actividades de fabricación y las piezas de acuerdo con la programación semanal establecida.
- La instalación eléctrica se llevará a cabo por el Ing. Alejandro Hernández. Las instalaciones eléctricas se llevarán a cabo durante el último mes de la programación.
- Las pruebas serán realizadas por el departamento de mantenimiento bajo la supervisión del Ingeniero encargado de operaciones, Pedro A. López Rodríguez.

**Tabla 4.45:** Cronograma de actividades para implementación de pila de flotación

Cronograma de implementación de etapa de flotación automática														
ACTIVIDADES	Responsable	Fecha	02 al 07 Oct	09 al 14 Oct	16 al 21 Oct	23 al 28 Oct	06 al 11 Nov	13 al 18 Nov	20 al 25 Nov	27 Nov al 02 Dic	04 al 09 Dic	11 al 16 Dic	18 al 23 Dic	25 al 30 Dic
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Láminas de cartón 90x120 cm	Ángel López		■											
Compra de placa de acero inoxidable	Ángel López			■	■	■	■							
Compra de ángulo	Ángel López			■	■	■	■							
Compra de tubo de acero inoxidable 4 "	Ángel López						■	■	■	■				
Compra de materiales de corte y desbaste	Ángel López			■	■	■	■							
Compra de materiales de soldadura	Ángel López			■	■	■	■							
Compra de materiales eléctricos	Ángel López										■	■	■	■
Compra de motores, catarinas, cadenas, y chumaceras	Ángel López										■	■	■	■
Diseño y elaboración de plantillas de cartón	Ing. Pedro López y René Martínez			■	■	■	■							
Corte de ángulos	René Martínez y ayudante de mecánico			■	■	■	■							
Corte de láminas metálicas	René Martínez y ayudante de mecánico			■	■	■	■							
Soldadura de ensayo de piezas ángulos y piezas metálicas	René Martínez y ayudante de mecánico					■	■							
Soldadura de remate	René Martínez y ayudante de mecánico					■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fabricación de tornillos sin fin	René Martínez y ayudante de mecánico								■	■	■	■	■	■
Instalación de tornillos	Ing. Pedro López y René Martínez										■	■	■	■
Fabricación de empujadores	René Martínez y ayudante de mecánico										■	■	■	■
Instalación de empujadores	Ing. Pedro López y René Martínez										■	■	■	■
Instalación de motores	Ing. Pedro López y René Martínez										■	■	■	■
Instalación eléctrica	Ing. Alejandro Hernández										■	■	■	■
Correr pruebas sin carga	Ing. Pedro López											■	■	■
Puesta en marcha	Ing. Pedro López											■	■	■
Periodo de evaluación de desempeño	Supervisores de producción e Ing. Pedro López											■	■	■

Fuente: Elaboración propia basado en propuesta de mejora, organigrama y descripción de puestos de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

## Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

➤ El proceso actual de la empresa Recicladora Eco Life de México no cumple con los parámetros establecidos en la calidad del producto terminado, esto se debe a que uno de los principales materiales incompatibles con las hojuelas de polipropileno, los metales ferrosos y no ferrosos, no están siendo separados en las etapas principales de selección y flotación.

➤ La contaminación cruzada con metales se origina principalmente en la etapa de flotación, esta es la etapa principal del proceso de la empresa. Debido a que no está automatizada, no cumple con el objetivo de separar materiales por diferencia en la densidad. Las causas principales de la no separación de metales son: Tiempo de residencia insuficiente del material, ausencia de supervisión en el proceso y en el control en la frecuencia de la limpieza.

➤ Los operarios de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. tienen experiencia en los procesos de reciclaje, conocen los materiales por sus características físicas visibles, sin embargo, no cuentan con los conocimientos en parámetros, conocimientos técnicos en uso y funcionalidad de la maquinaria y equipo, por esta razón los procedimientos no son llevados a cabo de acuerdo con el manual de procesos y no se cumple con los parámetros de calidad establecidos por los clientes.

➤ La distribución de las líneas de producción es adecuada, las etapas están separadas para evitar la contaminación cruzada y lograr un mejor control en el conteo de mermas lote por lote, sin embargo, no hay automatización en la etapa central del proceso, la etapa de flotación, esto aumenta el error humano al depender del criterio de cada operario. Además, en la etapa final de empaque de producto terminado, la contaminación cruzada se presenta por utilizar super sacos con agujeros, humedad y suciedades incrementando la problemática de control de calidad.

## 5.2 Recomendaciones

➤ Automatizar la maquinaria y equipo utilizado en el proceso actual de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. La automatización de su maquinaria permitirá la separación de metales ferrosos y no ferrosos de las hojuelas de polipropileno cumpliendo con los parámetros de calidad y disminuyendo los costos.

➤ Implementar la automatización en la etapa central del proceso, la etapa de flotación, aplicando cambios sencillos como ser la regulación de la velocidad de los empujadores a 1 empuje por cada 1 segundo, con esta velocidad se disminuirá la turbulencia en el agua y evitará la mezcla entre flotantes y sedimentos, además se debe implementar un control automático para regular el tiempo de residencia de las hojuelas de polipropileno antes de pasar a la centrifuga y área de secado y empaque.

➤ Cumplir con las políticas de capacitación y medición de desempeño establecidas por la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V. Una de las principales causas de que los operarios y supervisores no lleven a cabo los procedimientos tal como lo indica el manual de procesos es la ausencia de capacitación acerca de parámetros que se deben cumplir en el proceso y el funcionamiento de la maquinaria, es importante que la empresa capacite y mida el desempeño de su recurso humano siendo este uno de los principales pilares de su proceso de producción. La capacitación al personal desde operarios a supervisores permitirá procedimientos estandarizados, reducción del margen de error humano, aumento de productividad y lograr la competitividad con la calidad de sus productos.

➤ Llevar a cabo proyectos de automatización etapa por etapa del proceso. Debido a la limitación de los recursos financieros, una de las soluciones factibles para la empresa es llevar a cabo proyectos de automatización tal como se presenta en la propuesta de mejora, de esta manera la empresa no necesita realizar inversiones en una sola exhibición, la automatización de su proceso se programa a largo plazo con desembolsos programados parcialmente.

## Bibliografía

- Alibaba.com. (s.f.). Obtenido de Industrial Machinery: [https://www.alibaba.com/Industrial-Machinery\\_p43?spm=a2700.product\\_home\\_newuser.header.42.2ce267afFsuqc](https://www.alibaba.com/Industrial-Machinery_p43?spm=a2700.product_home_newuser.header.42.2ce267afFsuqc)  
N
- Aristegui maquinaria. (2017). Obtenido de Método de extrusión su proceso y aplicación: <https://www.aristegui.info/metodo-de-extrusion-su-proceso-y-aplicacion/>
- Cuaya, M. (17 de 05 de 2021). *El Sol de Puebla*. Obtenido de Basura, el oro de la nueva era; Industria del reciclaje gana fuerza en Puebla: <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/basura-el-oro-de-la-nueva-era-industria-del-reciclaje-gana-fuerza-en-puebla-6724720.html>
- Franken, R. (15 de Julio de 2019). *Kiwa*. Obtenido de Los 5 principales desafíos para las empresas de reciclaje: <https://www.kiwa.com/lat/es/medios-de-comunicacion/noticias/los-5-principales-desafios-para-las-empresas-de-reciclaje/>
- Globa Plast. (2020). Obtenido de El polipropileno y el plástico reciclado: <https://globoplast.com.mx/polipropileno-y-plastico-reciclado/>
- GreenFacts. (2023). Obtenido de Densidad: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/densidad.htm#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,los%20l%C3%ADquidos%20y%20los%20gases>
- IBP Uniuso. (18 de 11 de 2022). Obtenido de ¿El polipropileno es reciclable? Todos los detalles: <https://www.uniuso.com/blog/polipropileno-reciclable>
- Jay Heizer, B. R. (2009). Principios de la Administración de operaciones 7ma. En B. R. Jay Heizer, *Capítulo 17 Mantenimiento y confiabilidad* (págs. 667-679). México: Pearson Educación.

López Rodríguez, P. A. (07 de 2023). Procesos operativos de la empresa Eco Life de México S.A. de C.V. (J. R. Sánchez, Entrevistador)

López, P. (12 de 05 de 2020). Entrevista a Pedro A. López Rodríguez. *Manual de descripción de puestos*. (J. Reyes, Entrevistador) Puebla, México: Recicladora Ecolife de México S.A. de C.V.

Marpa Vacuum. (09 de 02 de 2023). Obtenido de Reciclado de plástico: una mirada de cerca a su evolución y su proceso: <https://marpavacuum.com/reciclado-plastico-evolucion-proceso/>

MercadoLibre.com.mx. (s.f.). Obtenido de Industrias y oficinas: <https://www.mercadolibre.com.mx/c/industrias-y-oficinas#menu=categories>

Mettler Toledo. (2023). *¿Qué es punto de fusión?* Obtenido de Efecto de impurezas en punto de fusión: Descenso del punto de fusión: [https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Application\\_Browse\\_Laboratory\\_Analytics/Thermal\\_Values/melting-point-determination.html](https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Thermal_Values/melting-point-determination.html)

Muñoz, D. R. (13 de 03 de 2023). Obtenido de ¿Qué son y cómo funcionan las inyectoras de plástico?: <https://www.plastico.com/es/noticias/que-son-y-como-funcionan-las-inyectoras-de-plastico>

Nature, W. W. (17 de 05 de 2019). *Panda.org*. Obtenido de Reciclaje: breve historia de un eterno retorno: [https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?347192/Reciclaje-breve-historia-de-un-eterno-retorno#:~:text=Se%20cree%20que%20el%20reciclaje,el%20gampi%20y%20el%20c%C3%A1%20B1amo](https://wwf.panda.org/wwf_news/?347192/Reciclaje-breve-historia-de-un-eterno-retorno#:~:text=Se%20cree%20que%20el%20reciclaje,el%20gampi%20y%20el%20c%C3%A1%20B1amo).

PCM. (2022). Obtenido de Diferencia entre plástico virgen y pellet reciclado:  
<https://www.pcm.com.mx/learning-center/diferencias-entre-el-plastico-virgen-y-pellet-reciclado>

R. Sampieri, C. F. (2014). Concepción o elección del diseño de investigación Capitulo 7.  
En R. Sampieri, *Metodología de la Investigación 6ta Edición* (pág. 160). México  
D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Reciclajes López. (2021). Obtenido de Diferencia entre materiales ferrosos y no ferrosos:  
<https://reciclajeslopez.com/diferencias-entre-metales-ferrosos-y-no-ferrosos/>

Reciclámás. (15 de Junio de 2020). Obtenido de El Proceso De Reciclaje De Los  
Plásticos: <https://reciclamas.eu/blog/el-proceso-de-reciclaje-de-los-plasticos/>

Recytrans. (15 de 05 de 2015). *Soluciones globales para el reciclaje*. Obtenido de  
TRITURACIÓN DE PLÁSTICO: <https://www.recytrans.com/blog/trituracion-de-plastico/>

SEMARNAT(Secretaría de medio ambiente y recursos naturales). (2020). *Panorama  
general de las tecnologías del reciclaje de plásticos en México y en el mundo*.  
SEMARNAT. Obtenido de  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/608513/89\\_2020\\_Documento\\_  
Plastico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/608513/89_2020_Documento_Plastico.pdf)

Suminsa. (2023). *Inspection Systems*. Obtenido de Detector de Metal:  
<https://suminsaindustria.com/detector-de-metal/>

Unitec Universidad Virtual. (2023). *Recursos Proyecto de Graduación*. Obtenido de  
Articulate 7.1: Resultados y hallazgos, Polimedia 7: Análisis de datos, Camtasia

7.1: Explotación de datos:

[https://unitechonduras.instructure.com/courses/18493/modules#module\\_211170](https://unitechonduras.instructure.com/courses/18493/modules#module_211170)

## Anexos

### Anexo 1: Cuestionario aplicado a operarios

#### CUESTIONARIO OPERARIOS

Indicaciones: Marque con una X la respuesta o las respuestas correctas

#### ÁREA DE SELECCIÓN

1. ¿Qué tipo de material separa en el área de selección?
  - Piezas con metales
  - Piezas de material duro
  - Envases de alimentos (Polipropileno)
2. ¿Qué tipo de piezas que se seleccionan contienen metales?
  - Juguetes
  - Cubetas
  - Piezas de carro
3. ¿Cuáles de las siguientes piezas son material del PP?
  - Envases de alimentos (yogurt)
  - Trastes de uso doméstico
  - Envases de productos de limpieza
  - Envases de productos de uso automotriz
  - Envases de agua purificada
  - Envases de Coca Cola
4. Usted limpia el área de selección:
  - Al final de cada turno
  - Al final de seleccionar todo el lote de producción
  - Al final de la semana
  - A diario

### **ÁREA DE MOLIENDA**

5. ¿Qué tipo de pieza retira de la banda transportadora hacia el molino?
- Tapas con atomizador
  - Otros materiales de diferente tipo de polipropileno
  - Cualquier pieza con metales
  - No retira nada
6. ¿Por qué no deben pasar metales hacia el molino?
- Contamina el material
  - Daña el molino
  - No pasa nada en el proceso

### **ÁREA DE FLOTACIÓN**

7. Cada cuánto tiempo retira material de la tina de flotación hacia la centrifuga?
- 3 pascones cada 5 minutos
  - 3 pascones cada media hora
  - 3 pascones cada hora minutos
8. La pila de flotación se limpia:
- Cada segundo día
  - Cada mes
  - A diario

### **PROCESO DE CERNIDO**

9. ¿Qué tipo de materiales se retiran manualmente en la tómbola de cernido?
- Pelusas
  - Metales de los imanes
  - Nada

10. Cada cuanto tiempo limpia los imanes de la entrada del tornillo?

- Al inicio de cernir un lote
- No se limpian
- Se limpian cuando el supervisor lo indica

### **ÁREA DE SECADO**

11. ¿Cada cuánto tiempo limpia los imanes del área de secado?

- Al inicio de turno
- Cada vez que se llenan de metales
- Cada vez que se usa la línea de secado

12. El producto terminado debe empacarse en un super saco o jumbo que cumpla con lo siguiente:

- Saco limpio, seco, libre de cualquier material y sobre tarima
- Saco húmedo con agujeros
- En cualquier saco que encuentre

### **DATOS DEMOGRÁFICOS**

13. Seleccione su genero

- Masculino
- Femenino

14. Seleccione su rango de edad

- Entre 18 a 25 años
- Entre 26 a 35 años
- Entre 36 a 45 años
- De 45 años en adelante

15. Seleccione su grado escolar

- Primaria completa
- Secundaria completa
- Bachiller completo
- Especialidad técnica
- Otro

16. Seleccione su rango de antigüedad en la empresa

- Menos de un año
- Entre 1 a 3 años
- De 3 años en adelante

17. Seleccione el rango de experiencia en el giro de reciclaje

- Menos de un año
- Entre 1 a 3 años
- Entre 3 a 5 años
- Más de 5 años

18. ¿Usted recibe capacitación acerca de los procesos de cómo realizar su trabajo?

- Si
- No

19. Si recibe capacitación, ¿Cada cuánto tiempo recibe esa capacitación?

- A diario
- Cada vez que llega un lote diferente a los procesados anteriormente
- Cada mes

¡MUCHAS GRACIAS POR SU AMABLE COLABORACIÓN!

## **Anexo 2: Cuestionario aplicado a supervisores**

### **CUESTIONARIO SUPERVISORES**

Indicaciones: Marque con una X la respuesta o las respuestas correctas

#### **ÁREA DE SELECCIÓN**

20. ¿Qué tipo de material se debe separar en el área de selección?

- Piezas con metales
- Piezas de material duro
- Envases de alimentos (Polipropileno)

21. ¿Qué tipo de piezas que se seleccionan contienen metales?

- Juguetes
- Cubetas
- Piezas de carro

22. El área de selección se debe limpiar:

- Al final de cada turno
- Al final de seleccionar todo un lote de producción
- Al final de la semana
- A diario

23. Que tipos de materiales causan contaminación al material y no deben pasar a molienda:

- Metales
- Piedras
- Cables con metales

#### **ÁREA DE MOLIENDA**

24. ¿Qué tipo de pieza debe retirar el operario de la banda transportadora hacia el molino?

- Tapas con atomizador

- Otros materiales de diferente tipo de polipropileno
- Cualquier pieza con metales
- No se retira nada

25. ¿Por qué no deben pasar metales hacia el molino?

- Contamina el material
- Daña el molino
- No pasa nada en el proceso

26. La contaminación cruzada en el proceso puede suceder por:

- Error humano en el proceso de selección
- Contaminación cruzada por falta de limpieza en las áreas
- Falta de limpieza en imanes de todas las etapas

27. Cuántos kilos por hora deben pasar a través del molino:

- 300 kilos por hora
- 500 kilos por hora
- 1 tonelada por hora
- 100 kilos por hora

### **ÁREA DE FLOTACIÓN**

28. Cada cuánto tiempo aproximado debe permanecer el material de la tina de flotación antes de pasar a la centrifuga?

- 5 minutos
- Media hora
- 1 hora

29. ¿Cuál es la función de la tina de flotación?

- Separar materiales por su peso molecular (precipitación y suspensión)
- Limpiar el material de suciedades

Separar etiquetas

30. ¿Qué sucede con el material del PP CON CARGA cuando es descargado a la pila de flotación?

R/ \_\_\_\_\_

31. ¿Qué sucede con el material del PP SIN CARGA cuando es descargado a la pila de flotación?

R/ \_\_\_\_\_

32. La pila de flotación se debe limpiar:

Cada segundo día

Cada mes

A diario

Otro \_\_\_\_\_

### **PROCESO DE CERNIDO**

33. ¿Qué tipo de materiales se deben retirar manualmente en la tómbola de cernido?

Pelusas

Metales de los imanes

Nada

Otra \_\_\_\_\_

34. ¿Cada cuánto tiempo limpia los imanes de la entrada del tornillo?

Al inicio de cernir un lote y solo lo hace el supervisor

Al inicio de cernir un lote y lo hace el operario por órdenes del supervisor

No se limpian

35. ¿Qué tipo de metales son atrapados en los filtros por imanes?

Metales ferrosos

Metales no ferrosos

Piedras

## **ÁREA DE SECADO**

36. ¿Cada cuánto tiempo se deben limpiar los imanes del área de secado?

- Al inicio de turno
- Cada vez que se llenan de metales
- Cada vez que se usa la línea de secado

37. Qué tipo de materiales deben separarse en el proceso de secado

- Etiquetas
- Finos y polvos
- Humedad
- Metales

38. El producto terminado debe empacarse en un super saco o jumbo que cumpla con lo siguiente:

- Saco limpio, seco, libre de cualquier material y sobre tarima
- Saco húmedo con agujeros
- En cualquier saco que encuentre

39. El material terminado debe almacenarse bajo las siguientes condiciones

- Área limpia libre de humedad
- Saco sobre tarima
- Saco tapado
- Ninguna de las anteriores
- Todas las anteriores

## **DATOS DEMOGRÁFICOS**

40. Seleccione su género

- Masculino
- Femenino

41. Seleccione su rango de edad

- Entre 18 a 25 años
- Entre 26 a 35 años
- Entre 36 a 45 años
- De 45 años en adelante

42. Seleccione su grado escolar

- Primaria completa
- Secundaria completa
- Bachiller completo
- Especialidad técnica
- Otro \_\_\_\_\_

43. Seleccione su rango de antigüedad en la empresa

- Menos de un año
- Entre 1 a 3 años
- De 3 años en adelante

44. Seleccione el rango de experiencia en el giro de reciclaje

- Menos de un año
- Entre 1 a 3 años
- Entre 3 a 5 años
- Más de 5 años

45. ¿Usted recibe capacitación acerca de cómo realizar su trabajo de supervisión en cada área?

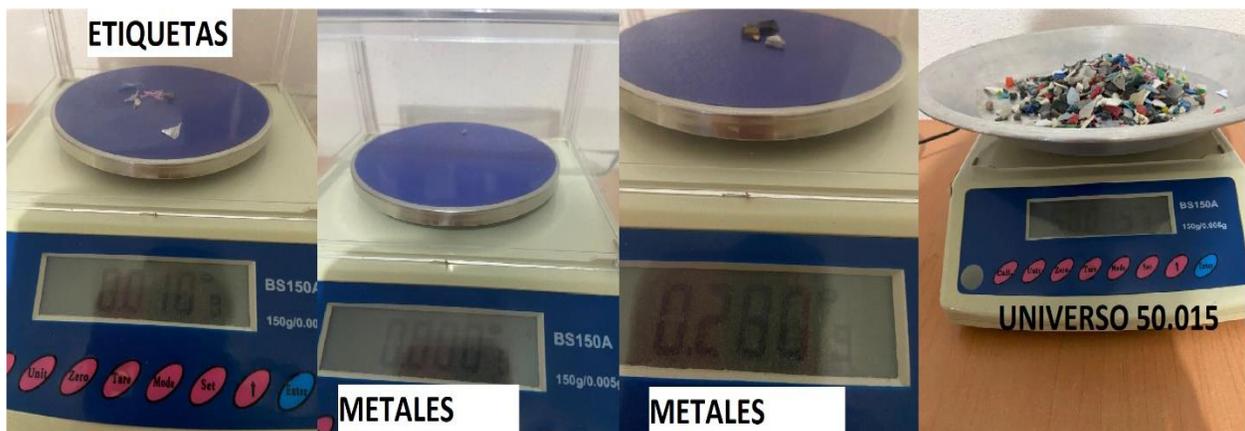
- Si
- No

46. Si recibe capacitación, ¿Cada cuánto tiempo recibe esa capacitación?

- A diario
- Cada vez que llega un lote diferente a los procesados anteriormente
- Cada mes

¡MUCHAS GRACIAS POR SU AMABLE COLABORACIÓN!

### Anexo 3: Pesaje de materiales contaminantes en Polipropileno sin carga molecular



**Anexo 4. Metales encontrados en los filtros (imanes) proceso de secado y empaque.**



## Anexo 5. Formato para observación sistematizada

PLAN DE OBSERVACIONES ESPECIFICAS EN CADA ETAPA DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN  
Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.

DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN	FECHA	ASPECTOS DE EVALUACIÓN DE ACUERDO CON EL MANUAL		
		SE CUMPLE	NO SE CUMPLE	OBSERVACIONES
<b>ÁREA DE SELECCIÓN Y MOLIENDA</b>				
El material se separa en super jumbos de acuerdo con el tipo				
La merma o material no útil pasa hacia el super saco de salida de la banda de selección				
<b>ÁREA DE MOLIENDA</b>				
El operario separa materiales incompatibles por tipo que hayan quedado				
La velocidad en la banda transportadora es constante (sin paros)				
<b>ÁREA DE FLOTACIÓN</b>				
La velocidad de los empujadores no provoca turbulencia en el agua				
Todo el material flotante tiene contacto con el agua				
Separación automática de flotantes y pesados (No hay turbulencia en el agua)				
Limpieza y organización de herramientas de trabajo (colador manual, escobas, etc.)				
Cambio de agua de la pila de flotación (cada 48 horas)				
<b>ÁREA DE SECADO Y EMPAQUE</b>				
Temperatura del aire (termómetro 110 grados centígrados)				
Limpieza de filtros (imanes) en entrada				
Limpieza de filtros (imanes) en salida				
Super saco de empaque limpio				
Super saco de empaque sin agujeros				
Super saco sobre tarima y sellado				
<b>ÁREA DE CERNIDO PP CON CARGA</b>				
Limpieza de filtros (imanes) en la entrada del tornillo (cada cambio de super saco)				
Limpieza de filtros (imanes) en la salida del tornillo (cada cambio de super saco)				
Limpieza de la tómbola de cernido (cada cambio de super saco)				
Super saco de empaque limpio				
Super saco de empaque sin agujeros				
Super saco sobre tarima y sellado				

## Anexo 6: Detalle de aplicación de cuestionarios y tabulación de datos

### Aplicación de cuestionarios y análisis de información

No.	Fecha	Tarea	Encuestador	Método de contacto	Cantidad	Lugar de aplicación
1	29 Agosto	Aplicación de encuesta (cuestionario a operarios y cuestionario a supervisores)	Jackeline Reyes con apoyo del supervisor de turno	Presencial directamente con cada encuestado	11 Encuestas	Instalaciones de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.
2	31 Agosto	Tabulación de datos	Jackeline Reyes		11 cuestionarios con un total de 46 preguntas.	Instalaciones de la empresa Recicladora Eco Life de México S.A. de C.V.
3	1,2 y 3 Septiembre	Análisis de datos	Jackeline Reyes			Lugar de trabajo

## Glosario

**Clasificación RP:** Residuos de plásticos que no son susceptibles al reciclaje y deben ser manejados de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2023.

**Extrusión:** La extrusión de plástico es un proceso que antecede al moldeo por inyección, este proceso de extrusión se realiza por medio de la fundición o derretimiento de plástico y forzamiento a través de una herramienta de conformación hacia el cabezal inyector.

**HDPE:** Polietileno de baja densidad se identifica con el número (2)

**LDPE:** Polietileno de baja densidad se identifica con el número (4)

**NOM-052-SEMARNAT-2023:** Norma que establece las características, procedimiento de identificación, clasificación y listado de los residuos peligrosos para su manejo en México.

**OTHER:** Otros plásticos como ser policarbonatos, se identifica con el número (7)

**PET:** Polietileno de tereftalato, es el primer tipo de plástico más utilizado y se identifica con el número 1.

**PP:** Polipropileno, es el segundo plástico más utilizado y se identifica con el número 5.

**PS:** Poliestireno, se identifica con el número (6)

**PVC:** Policloruro de vinilo se identifica con el número (3)

**Reciclaje post consumo o secundario:** Se refiere a los procesos en los cuales se aprovecha los residuos de productos o piezas de plástico después de que estos han terminado su vida útil para transformarlos en nuevos productos o piezas.