



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC
EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA TRANSFORMACIÓN DE EMPAQUE PRIMARIO PARA
LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA**

Celeste María Godínez García

Asesorado por el M.A. Ing. Rudy Alberto Franco Cifuentes

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC
EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA TRANSFORMACIÓN DE EMPAQUE PRIMARIO PARA
LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR

CELESTE MARÍA GODÍNEZ GARCÍA

ASESORADO POR EL M.A. ING. RUDY ALBERTO FRANCO CIFUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA AMBIENTAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Walter Arnoldo Bardales Espinoza
EXAMINADORA	Inga. Márylyn Caribel Rojas Maldonado
EXAMINADORA	Licda. Ingrid Lorena Benitez Pacheco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC
EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA TRANSFORMACIÓN DE EMPAQUE PRIMARIO PARA
LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado Escuela de Ingeniería Química, con fecha 21 de octubre 2023.



Celeste María Godínez García



EEPFI-PP-1843-2023

Guatemala, 21 de octubre de 2023

Director
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Escuela De Ingenieria Quimica
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA TRANSFORMACIÓN DE EMPAQUE PRIMARIO PARA LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y tratamiento de residuos - Tecnologías para el tratamiento y gestión de residuos**, presentado por la estudiante **Celeste María Godínez García** carné número **201602794**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Rudy Alberto Franco Cifuentes
Ingeniero Electricista
Col. 14,872

Mtro. Rudy Alberto Franco Cifuentes
Asesor(a)

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría

Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIQ.1633.2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA TRANSFORMACIÓN DE EMPAQUE PRIMARIO PARA LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA**, presentado por el estudiante universitario **Celeste María Godínez García**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. Williams Guillermo Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, octubre de 2023



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.128.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA TRANSFORMACIÓN DE EMPAQUE PRIMARIO PARA LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA**, presentado por: **Celeste María Godínez García** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco
Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 28/02/2024 16:44:49
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, febrero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 128 CUI: 3003367990101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Mi mamá

Por ser mi apoyo constante en la realización de mis sueños, brindándome inspiración para crecer como persona. Especialmente el esfuerzo incansable que ha dedicado para contribuir a mi desarrollo, permitiéndome llegar a ser la persona que soy hoy en día.

Mi hermano

Por ser la persona más importante de mi vida, acompañarme, aconsejarme e impulsar mis sueños.

Romeo

Por ser ese soporte para nosotros y darnos tu amor incondicional

Mi familia

Por ser ese apoyo incondicional e impulsarme cada día a ser mejor persona.

Mis amigos

Por ser el acompañamiento durante toda la etapa profesional y superar cada reto juntos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad San Carlos
de Guatemala**

Especialmente a la facultad de ingeniería, por darme los conocimientos para desempeñarme en el campo profesional.

Mis amigos

Por su amistad y compañerismo.

Ingenieros

Por compartir sus experiencias, conocimiento y ser guía de mi carrera profesional.

Madrina

Por ser un ejemplo y guía.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	9
3.3.1. Pregunta central	9
3.3.2. Preguntas auxiliares	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Termoplásticos	17
7.1.1. Cloruro de polivinilo (PVC).....	17
7.1.1.1. Propiedades.....	18

7.2.	PVC en la industria.....	18
7.2.1.	Películas de formación	19
7.2.2.	Impacto de residuos plásticos	20
7.3.	Economía circular de los residuos plásticos.....	21
7.3.1.	Economía circular del PVC.....	22
7.4.	Jerarquía de residuos.....	23
7.4.1.	Reducción y reúso.....	24
7.4.2.	Reciclaje.....	25
7.4.3.	Recuperación energética.....	25
7.4.4.	Tratamiento y disposición.....	25
7.5.	Gestión de residuos de PVC	26
7.5.1.	Reciclaje mecánico	26
7.5.1.1.	Reciclaje post producción.....	27
7.5.2.	Reciclaje químico	27
7.5.2.1.	Dehidrocloruración	27
7.5.2.2.	Decloración	28
7.5.2.3.	Pirolisis	28
7.5.2.4.	Gasificación.....	29
7.5.3.	Incineración	29
7.5.3.1.	Coincineración.....	30
7.5.4.	Eliminación en vertedero	31
8.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	33
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
10.	METODOLOGÍA	39
10.1.	Tipo de estudio.....	39
10.2.	Variables	40

10.3.	Fases de estudio	41
10.3.1.	Fase 1: revisión bibliográfica.	41
10.3.2.	Fase 2: recopilación de datos y metodología propuesta.....	41
10.3.2.1.	Etapa 1: caracterización de residuos...	41
10.3.2.2.	Etapa 2: identificación de los procesos gestión de reúso y disposición final	43
10.3.2.3.	Etapa 3: costos de procesos de reúso y disposición final	43
10.3.3.	Fase 3: análisis de resultados	44
10.3.4.	Elaboración de propuestas de implementación.	44
10.3.5.	Fase 5: elaboración del seguimiento de la propuesta para la mejora.	44
10.4.	Análisis y preparación de la información	45
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	47
12.	CRONOGRAMA.....	49
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	51
	REFERENCIAS	53
	DOCUMENTOS DEL ASESOR	57
	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Pirámide de jerarquía de residuos	24
Figura 2.	Currículo de asesor	57
Figura 3.	Constancia de colegiado activo de asesor.....	61
Figura 4.	Título de maestría en artes de asesor	62
Figura 5.	Título de licenciatura de asesor	64

TABLAS

Tabla 1.	Cantidad estimada de residuos generados por la incineración de 1 kg de residuos de PVC.....	30
Tabla 2.	VARIABLES EN ESTUDIO.....	40
Tabla 3.	Caracterización de residuos termoplásticos con componentes de PVC.....	43
Tabla 4.	Datos de los tipos de reuso y disposición final de residuos termoplásticos.....	43
Tabla 5.	Datos de los resultados de los costos de reuso y disposición final.....	44
Tabla 6.	Cronograma de actividades.....	49
Tabla 7.	Recursos necesarios para la investigación.....	52

1. INTRODUCCIÓN

La inadecuada gestión de los residuos sólidos termoplásticos no impresos, especialmente aquellos que contienen componentes de PVC, plantea un grave problema ambiental. Estos desechos pueden acarrear consecuencias perjudiciales para el entorno y la salud pública, incluida la contaminación del suelo y el agua, así como la liberación de sustancias tóxicas. Con el propósito de afrontar este desafío, se presenta un plan integral de aprovechamiento de estos residuos, diseñado específicamente para una empresa dedicada a la transformación de empaques primarios destinados a la industria farmacéutica y alimentaria. La implementación de este plan de aprovechamiento busca no solo reducir la acumulación de residuos plásticos, sino también generar beneficios significativos. La investigación propuesta desempeña un papel fundamental al abordar un problema crítico y en constante crecimiento en Guatemala.

Su capacidad para ofrecer soluciones concretas y prácticas es esencial, ya que actualmente no existen métodos efectivos para gestionar adecuadamente los residuos termoplásticos de PVC en el país. Esta investigación se convierte en un componente crucial para abordar este desafío apremiante y tiene el potencial de sentar las bases para una gestión de residuos más efectiva y sostenible en Guatemala. Se espera que la investigación proporcione una caracterización detallada de los residuos no impresos con componentes de PVC generados por la empresa, así como una revisión de los diferentes procesos de reúso y disposición final de los residuos de PVC en el contexto guatemalteco. Además, se enfocará en la capacitación para la correcta gestión de estos residuos, promoviendo prácticas sostenibles y responsables.

Para alcanzar estos objetivos, se utilizará un método que involucra la caracterización de los residuos reportados en el sistema, la recopilación de fichas técnicas de proveedores y la obtención de cotizaciones de empresas que podrían disponer estos materiales. La factibilidad de llevar a cabo este plan se respalda con recursos propios y la certeza de que es una iniciativa viable y necesaria para abordar un problema ambiental creciente en Guatemala.

El índice propuesto de la presente investigación consta de tres capítulos. En el primer capítulo se revisará la documentación bibliográfica del marco teórico, en donde se mencionan temas como: termoplásticos, impactos de los residuos plásticos, economía circular de los residuos plásticos, gestión de residuos PVC, entre otros. En el segundo capítulo se efectuará la caracterización, investigación de procesos de reúso y disposición final existentes en Guatemala. En el tercer y último capítulo se hará un plan de aprovechamiento con un análisis de los costos-beneficios de los diferentes procesos de disposición y una propuesta de capacitación.

2. ANTECEDENTES

Kaiser, Schmid y Schlummer (2017) en el artículo *Recycling of Polymer-Based Multilayer Packaging: A Review* realizado en *Technical University of Munich* y *Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging, Alemania*, aborda la problemática de la disposición final de los empaques laminados utilizados en la industria alimenticia debido a la necesidad de aumentar la protección de contaminantes y la durabilidad de los productos. Como alternativa a la incineración o disposición en vertederos se evalúa la factibilidad del reciclaje mediante la separación de los diferentes componentes, ya sea deslaminación física, química o mecánica; o la disolución – precipitación.

La viabilidad depende de varios factores, como la composición del material, la disponibilidad de productos químicos y los requisitos de costo y energía del proceso. La deslaminación mecánica suele ser menos costosa, pero puede no ser adecuada para todos los tipos de materiales de empaque laminados. La delaminación física y química requiere una minuciosa selección de solventes o productos químicos y puede ser complicada la implementación a escala industrial. La disolución – precipitación al ser un método experimental presenta el desafío de encontrar un solvente adecuado que pueda disolver el material de empaque laminado sin dañar sus componentes y el aporte de energía requerido. Este método será considerado una alternativa a la incineración o la producción de materiales reciclados de baja calidad (Kaiser, Schmid y Schlummer, 2018).

En la investigación doctoral *Formación de contaminantes y estudio cinético en la pirólisis y combustión de plásticos (PE, PVC y PCP) en la Universidad de Alicante, España*, se analiza por medio de técnicas termogravimétrica el tratamiento térmico de los plásticos y su aprovechamiento energético debido a su alto poder calorífico. La descomposición térmica del PVC puede generar cambios estructurales que resultan en la formación de gases tóxicos y corrosivos. Durante la combustión del PVC, se pueden liberar gases tóxicos como cloruro de hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles. En la primera etapa del hidrólisis se genera ácido clorhídrico y compuestos aromáticos, en la segunda etapa se obtienen compuestos aromáticos como benceno, tolueno, xilenos y policíclicos. Como medida de mitigación ante las emisiones a la atmósfera de la formación de gases se plantea la neutralización del HCl mediante sorbetes basados en calcio en la zona de depuración de gases postcombustión, y de esta forma viabilizar el aprovechamiento del PVC mediante tratamiento térmico (Aracil, 2008).

Ragaert, Delva y Van (2017) en el artículo *Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste realizado en Ghent University, Belgica*, establece alternativas para el ciclo de los polímeros diferente a la disposición en vertederos o incineración. El reciclaje mecánico implica clasificar y reprocesar mediante la trituración y el lavado del material plástico, seguido de la fundición y moldeo. El reciclaje químico que incluye procesos como pirólisis, la gasificación y la hidrólisis, es una técnica de descomposición en componentes básicos, como monómeros u otros productos químicos básicos.

Mediante el reciclaje químico se tiene la ventaja de que se evita la contaminación y la mezcla de diferentes tipos de plásticos, la principal limitante es que es un proceso más costoso y requiere tecnologías más avanzadas que el reciclaje mecánico. Sin embargo, el reciclaje químico puede ser una forma efectiva de cerrar el ciclo en los polímeros y reducir el impacto ambiental de los residuos plásticos (Ragaert, Delva y Van, 2017).

Sadat-Shojai & Bakhshandeh (2010) en el artículo *Recycling of PVC wastes, realizado en Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran*, plantea la necesidad de manejo de los residuos de PVC debido a su auge en la industria derivado de sus propiedades, el alto rendimiento que posee y su bajo costo. La recuperación energética del polímero mediante la incineración presenta el inconveniente por la alta cantidad de cloro lo que conlleva a la formación de ácido clorhídrico, así como, dioxinas y furanos, nuevas tecnologías podrían apuntar al aprovechamiento seguro del PVC ya que tiene un valor calorífico alto en condiciones ideales.

El reciclaje mecánico involucra la separación, molienda y uso de material en el equipo de conversión. El reciclaje químico del PVC implica volver a convertir el plástico en productos químicos para su reutilización en la polimerización u otros procesos químicos. El reciclaje mecánico puede ser utilizado cuando se tiene material homogéneo pero el reproceso de este lleva a la reducción de sus propiedades, principalmente mecánicas. El éxito del reciclaje químico depende de la capacidad de separar el PVC de otros polímeros incompatibles en un flujo de residuos típico. Un reciclaje exitoso y económico requiere mejorar los métodos de separación de PVC para producir un reciclado que tenga características aceptables (Sadat-Shojai & Bakhshandeh, 2010).

En la investigación titulada: *Las estrategias de manejo de los plásticos de empresas de gran consumo y distribución en la Universidad Pontificia Comillas ICADE, Madrid*, se realizó un análisis de las medidas implementadas por empresas de gran magnitud para el manejo de los plásticos. Como disposición menciona la economía circular para la reuso, reciclaje y disminución de los residuos y cómo por medio de esta es posible reducir el consumo de materia prima. “A nivel internacional se tienen compromisos para el uso mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización, objetivo, Garantizar modalidades de consumo y producción responsable” (Ubach, 2020, p. 10). En donde países y empresas han adoptado políticas para la reducción y gestión del plástico, pero esto no es suficiente ya que es necesario un cambio en la modalidad de consumo y adoptar medidas mayores para lograr un futuro sostenible.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

Una empresa dedicada a la transformación de empaque primario de fármacos y alimentos no cuenta con una gestión adecuada para el reúso y la disposición final de los residuos de las películas de formación no impresos generados en el proceso de producción. Actualmente, el PVC es el material de formación más utilizado debido a su propiedad higroscópica. Sin embargo, los termoplásticos que contienen PVC se desechan como residuos comunes y se envían a los vertederos municipales, lo cual causa contaminación atmosférica, hídrica y del suelo.

La causa inicial de este problema radica en la falta de identificación de los recursos recuperables. Al caracterizar los residuos en términos de contenido y cantidad, es posible diseñar estrategias eficientes para su recuperación y aprovechamiento. Los sistemas de la empresa permiten llevar una trazabilidad e identificar los residuos generados en cuanto a su tipo, especificaciones del material y peso en kilogramos.

Debido a la necesidad de crear barreras de protección contra contaminantes físicos, químicos y microbiológicos, se han implementado tecnologías en los materiales para brindar una mayor protección a los productos. Como parte de la innovación propuesta se utiliza el PVC en las películas de formación, la empresa ofrece materiales monolaminados y mezclas de dos o tres componentes que funcionan como barrera para la transferencia de vapor de agua y luz hacia el medicamento.

3.2. Descripción del problema

La disposición final de estos materiales se vuelve compleja y el reciclaje se ve limitado debido a los altos costos de tratamiento, la complejidad del material y a la falta de recursos para la separación de los componentes.

El método más común de disposición final de materiales, aparte de los vertederos, es la incineración. Sin embargo, esto conlleva un alto costo para la empresa y no se obtiene ningún beneficio de este proceso. Como alternativa, se plantea la co-incineración, que consiste en utilizar los materiales como fuente de energía, siendo una práctica de economía circular cada vez más utilizada en Guatemala. Sin embargo, las alternativas mencionadas anteriormente requieren combustión, y las empresas contratadas para este servicio no aceptan o solo aceptan en pequeñas cantidades los materiales laminados con contenido de PVC debido a las altas emisiones de gas cloro que generan. Según la Comisión de las Comunidades Europeas (2000), "los residuos de PVC, al ser incinerados, generan ácido clorhídrico (HCl) en el gas de combustión, que debe ser neutralizado a menos que se utilice una tecnología especial que recupere y reutilice el HCl" (p. 28).

El personal encargado del manejo de los materiales termoplásticos no cuenta con los conocimientos adecuados sobre cómo aprovechar dichos materiales a través del reúso y la correcta disposición final. Esta falta de capacitación provoca poca conciencia sobre los impactos ambientales, limitada capacidad para implementar prácticas sostenibles y dificultades para cumplir con las regulaciones ambientales.

Dado que existen limitaciones para el reúso o tecnologías para dar una disposición final adecuada a los materiales termoplásticos, y sumado al desconocimiento de la normativa nacional vigente y a las implicaciones ambientales generadas, no se le ha dado la importancia necesaria a la gestión de estos residuos. Sin embargo, actualmente en Guatemala se están intensificando las restricciones en cuanto a los residuos sólidos, lo que hace imperativo encontrar una solución a esta problemática.

3.3. Formulación del problema

En base a la problemática se presentan las siguientes preguntas de investigación.

3.3.1. Pregunta central

¿Cuál sería la gestión adecuada para el reúso y la disposición final de los residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC en una empresa especializada en la transformación de empaques primarios para la industria farmacéutica y alimentaria?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuál será la cantidad y las características de residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC que son generados para el empaque primario de la industria farmacéutica y alimentaria?
- ¿Cuál serán los procesos de disposición final de los residuos de materiales monolaminados y polilaminados utilizados como películas de formación en el empaque primario?

- ¿Cuál es el costo – beneficio asociado a las posibles formas de disposición final reuso de los residuos termoplásticos no impresos?
- ¿Qué tipo de capacitación necesitaran los colaboradores para la correcta disposición final de los residuos termoplásticos?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de gestión y tratamiento de residuos sub-línea diseño y análisis de nuevas tecnologías para la disposición final o reúso de los residuos del área ambiental de la Maestría en Energía y Ambiente.

Los aportes generados se identifican en términos ambientales, económicos y sociales. En primer lugar, contribuye a la reducción de residuos destinados a vertederos, evitando su acumulación y disminuyendo su impacto negativo. Además, al reusar y aprovechar estos residuos, se reduce la necesidad de producir nuevos materiales plásticos, lo que implica un ahorro significativo de recursos naturales como petróleo y agua. Asimismo, esta investigación conlleva una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que se evita la fabricación de plásticos a partir de materias primas fósiles. Por otro lado, promueve una economía circular al cerrar el ciclo de vida de los materiales termoplásticos, maximizando su valor y evitando su disposición final. Por último, fortalece la conciencia ambiental y el compromiso social en la empresa, generando un cambio de mentalidad hacia prácticas más sostenibles y responsables con el ambiente.

Este proyecto generará una serie de productos de alta relevancia, se realizará una identificación de las características y cantidad de residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC generados. Esta caracterización será crucial para diseñar estrategias efectivas de manejo y aprovechamiento de estos materiales. Además, se llevará a cabo un análisis detallado de los procesos de disposición final existentes en Guatemala,

evaluando tanto sus costos como beneficios. Por último, se desarrollará una propuesta de capacitación dirigida al personal involucrado, garantizando así una correcta implementación de las estrategias propuestas y fomentando una cultura empresarial enfocada en la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Esta investigación beneficia principalmente a la empresa dedicada a la transformación de empaque primario, ya que le permite mejorar su desempeño ambiental, reducir costos operativos, mejorar su imagen y reputación empresarial, y cumplimiento de regulaciones ambientales. Adicionalmente, aporta a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y la preservación de los recursos. Estos beneficios contribuyen a una gestión más sostenible y responsable, generando un impacto positivo en el medio ambiente, la economía sociedad y el planeta.

La investigación es de gran pertinencia y relevancia en el ámbito profesional debido a la actual y urgente problemática relacionada con la necesidad de contar con un empaque primario para fármacos y alimentos que sea resistente a contaminantes y posea propiedades higroscópicas. Estas características dificultan la disposición final y el reúso de dichos materiales. Además, la investigación busca abordar este tema desde una perspectiva integral que incluye aspectos técnicos, económicos y sociales.

Asimismo, está alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y contribuye a los compromisos internacionales ratificados por Guatemala. desarrollo de propuestas que respondan ante la problemática de la emisión de GEI, trae consigo innumerables beneficios, principalmente medio ambientales debido a que hoy en día es tema prioritario, ya que se está ante una degradación tal que en poco tiempo pueda ser irreversible, tanto para biósfera, el océano y por supuesto la humanidad.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar una propuesta de gestión adecuada para el reúso y la disposición final de los residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC en una empresa especializada en la transformación de empaques primarios para la industria farmacéutica y alimentaria

5.2. Específicos

1. Desarrollar la cantidad y las características de los residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC que son generados para el empaque primario de la industria farmacéutica y alimentaria.
2. Establecer los procesos de disposición final de los residuos de materiales monolaminados y polilaminados utilizados como películas de formación en el empaque primario.
3. Determinar el costo – beneficio asociado a las posibles formas de disposición final y reúso de los residuos termoplásticos no impresos.
4. Proponer capacitación de los colaboradores para la correcta disposición final de los residuos termoplásticos

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Esta investigación se propone cubrir la problemática central que enfrenta una empresa dedicada a la transformación de empaque primario para la industria farmacéutica y alimentaria. Esta empresa se encuentra ante el desafío de gestionar de manera efectiva los residuos sólidos termoplásticos no impresos con componentes de PVC que genera en su proceso de producción. La acumulación y disposición inadecuada de estos residuos no solo plantea un problema ambiental, sino que también tiene implicaciones económicas y sociales significativas para la empresa. La necesidad crítica que esta investigación busca satisfacer es la implementación de un plan de aprovechamiento y gestión adecuada de estos residuos, que no solo reduzca su impacto ambiental negativo, sino que también genere beneficios económicos y contribuya a la sostenibilidad de la empresa.

Las causas fundamentales de este problema se encuentran en la falta de estrategias efectivas para el manejo de los residuos termoplásticos y la ausencia de capacitación adecuada para el personal involucrado en su gestión. Estos residuos son difíciles de desechar de manera responsable debido a sus características particulares, lo que incluye la resistencia a contaminantes y propiedades higroscópicas. La falta de soluciones para este problema ha llevado a la acumulación no controlada de estos residuos y, como consecuencia, disponerlos en el vertedero municipal de esta manera incumplir las regulaciones ambientales. La investigación abordará estas causas mediante la identificación de estrategias efectivas de manejo y el diseño de un programa de capacitación integral para el personal.

Las consecuencias de la problemática de la acumulación y gestión inadecuada de los residuos termoplásticos afectan tanto a nivel ambiental como económico y social. Ambientalmente, se ha observado un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la producción de nuevos materiales plásticos en lugar de aprovechar los residuos existentes. Además, la acumulación de estos residuos en vertederos plantea riesgos ambientales a largo plazo. Económicamente, debido a las posibles multas por incumplimiento de regulaciones. Socialmente, la falta de un enfoque sostenible y responsable puede afectar la reputación de la empresa y su relación con la comunidad circundante. La investigación se enfocará en disminuir estas consecuencias al proponer estrategias de aprovechamiento y capacitación que reducirán las emisiones, los costos y mejorarán la responsabilidad social de la empresa.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Termoplásticos

Según Beltrán (2011) Los termoplásticos son polímeros que se pueden fundir y moldear a altas temperaturas. Son solubles en disolventes orgánicos y son reciclables. Los termoplásticos más comunes son:

- Polietileno (PE)
- Poliestireno (PS)
- Polipropileno (PP)
- Cloruro de polivinilo (PVC)

Los termoplásticos tienen buenas propiedades mecánicas, son fáciles de procesar y son relativamente económicos. Sin embargo, no son adecuados para aplicaciones a altas temperaturas (Beltrán, 2011).

7.1.1. Cloruro de polivinilo (PVC)

La Comisión de las Comunidades Europeas (2000) define el PVC como un plástico sintético que se obtiene por la polimerización del cloruro de vinilo (CVM) y de fórmula que consta de un átomo de cloro unido a dos átomos de carbono.



“En el PVC el cloro representa el 57 % del peso de la resina de polímero pura” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000, p. 4).

7.1.1.1. Propiedades

El PVC puro es un material rígido con buenas propiedades mecánicas, resistencia a diferentes condiciones ambientales y agentes como agua, productos químicos, y además es un aislante eléctrico. Sin embargo, es relativamente inestable ante el calor y la luz ya que estas pueden provocar la pérdida de cloro del PVC, lo que da lugar a la formación de cloruro de hidrógeno (HCl) (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000).

7.2. PVC en la industria

El PVC desempeña un papel crucial en la industria médica, conformando más del 25 % de los productos poliméricos utilizados en este campo. Esto se debe a sus cualidades de biocompatibilidad, estabilidad química y capacidad de resistencia a la esterilización. El PVC se utiliza para fabricar una amplia gama de productos médicos esenciales, como recipientes flexibles para la sangre, bolsas de ostomía para la orina, tubos flexibles, máscaras de inhalación y oxígeno, así como equipos de protección individual, como guantes y calzado. Además, en aplicaciones sanitarias, el PVC se utiliza en forma de dispersiones o revestimientos de pintura para garantizar la higiene y la seguridad en suelos y paredes (Lewandowski & Skórczewska, 2022).

Lewandowski & Skórczewska (2022) hacen referencia que, en la industria del embalaje, el PVC también tiene un papel destacado, ya que se emplea en láminas de envoltorio de alimentos debido a su excelente capacidad para actuar como barrera contra el oxígeno, lo que prolonga la vida útil de los productos alimenticios. Además, se fabrican envases farmacéuticos y envases cosméticos con PVC plastificado.

El PVC es un material utilizado en el empaque tipo blíster como película de formación para las tabletas, cápsulas y comprimidos. El PVC es importante para el empaque de medicamentos porque es una barrera contra la humedad.

7.2.1. Películas de formación

El PVC es el material de formación más utilizado en el empaque de formas farmacéuticas sólidas. Este material permite la conservación de los medicamentos al protegerlos de la humedad ambiental. El grosor del PVC puede variar entre 250 y 500 micrones. Los principales materiales utilizados para la formación de películas de blíster son:

- PVC monolaminado: estructura con barrera a la humedad relativamente baja a comparación de materiales polilaminados.
- PVC/PVDC: son estructuras plásticas consideradas barrera media que mezclan dos componentes, el material de formación PVC y una estructura de barrera a la transferencia de vapor de agua PVDC.
- PVC/ACLAR: la mezcla de componentes de PVC como estructura de formado y ACLAR como alta barrera de protección a la transferencia de vapor de agua. Es utilizado para productos altamente higroscópicos.

- Cold Forming Foil: estructura de formación en frío trilaminado (OPA/ALU/PVC) ofrece una barrera absoluta para eliminar la transferencia de vapor de agua y luz al medicamento.

7.2.2. Impacto de residuos plásticos

Los residuos plásticos generan impactos ambientales sociales y de economía global WWF International (2019) establece impactos ambientales como el enredo de la vida silvestre en desechos de plástico, afectando a más de 270 especies animales, desde mamíferos hasta aves y peces, lo que resulta en lesiones y muertes. La ingestión de plástico también es un problema grave, con más de 240 especies animales registrando ingestas perjudiciales, causando daño interno, bloqueos y muertes. Además, los desechos plásticos alteran y dañan hábitats naturales, desde suelos hasta océanos, amenazando la fauna y los ecosistemas.

De los impactos sociales establecidos por WWF International (2019) derivado de la inadecuada gestión, que incluye prácticas como la incineración a la intemperie y el vertido sin control, puede liberar gases tóxicos y contaminantes perjudiciales para la salud y el ambiente. Por otro lado, la ingesta involuntaria de plásticos por parte de los seres humanos al consumir alimentos o agua contaminados plantea preocupaciones de salud aún no completamente comprendidas. Además, la dispersión de microplásticos durante el lavado de ropa y el uso de nanoplásticos en productos cosméticos también contribuyen a la contaminación ambiental.

La contaminación plástica genera un impacto económico considerable que abarca diversas industrias, aunque su magnitud total aún no se ha determinado por completo, se estima en miles de millones de dólares anuales. Sectores como la pesca se ven gravemente afectados, ya que la presencia de plásticos en los océanos reduce tanto la oferta como la demanda de mariscos, debido a la muerte de animales marinos por enredarse o ingerir plástico. El comercio marítimo también sufre, ya que las colisiones con plásticos pueden dañar buques y poner en riesgo vidas humanas. Además, la industria turística enfrenta una disminución de ingresos y un aumento en costos debido a la contaminación plástica, la limpieza de playas y áreas turísticas afectadas por la contaminación plástica genera gastos adicionales para los gobiernos y las empresas (WWF International, 2019).

7.3. Economía circular de los residuos plásticos

La economía circular es una alternativa al actual modelo económico lineal de fabricar, usar y desechar, que tiene como objetivo mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, extraer el valor máximo de ellos mientras están en uso y recuperar y regenerar productos y materiales al final de su vida útil (Barra y Leonard, 2018).

Barra y Leonard (2018) plantea que las soluciones de economía circular para los plásticos incluyen: producir plásticos a partir de materias primas alternativas no fósiles; utilizar los residuos plásticos como recurso; rediseñar los procesos de fabricación y los productos plásticos para mejorar la longevidad, la reutilización y la prevención de residuos; colaboración entre empresas y consumidores para fomentar el reciclaje y aumentar el valor de los productos plásticos; fomentar modelos de negocio sostenibles que promuevan los productos plásticos como servicios y fomenten el intercambio y el arrendamiento; desarrollar plataformas de información sólidas para facilitar soluciones circulares; y adoptar medidas fiscales y regulatorias para respaldar la economía circular.

7.3.1. Economía circular del PVC

VinylPlus (2020) indica que el PVC se ha convertido en un material plástico de elección para aplicaciones de media y larga duración, principalmente en productos de construcción y edificación como marcos de ventanas, tuberías, suelos y cables, pero también para dispositivos médicos que salvan vidas. El PVC es reutilizable y puede reciclarse varias veces sin perder sus propiedades esenciales.

El PVC posee características intrínsecas de sostenibilidad que lo distinguen de otros termoplásticos. Fabricado a partir de sal gema (57 %) y petróleo (43 %), el PVC tiene una huella de carbono más baja en comparación con la mayoría de los plásticos termoplásticos líderes. Además de su durabilidad, el PVC demuestra ser energéticamente eficiente, lo que lo convierte en un uso altamente efectivo de materias primas y ayuda a prevenir la explotación innecesaria de recursos naturales.

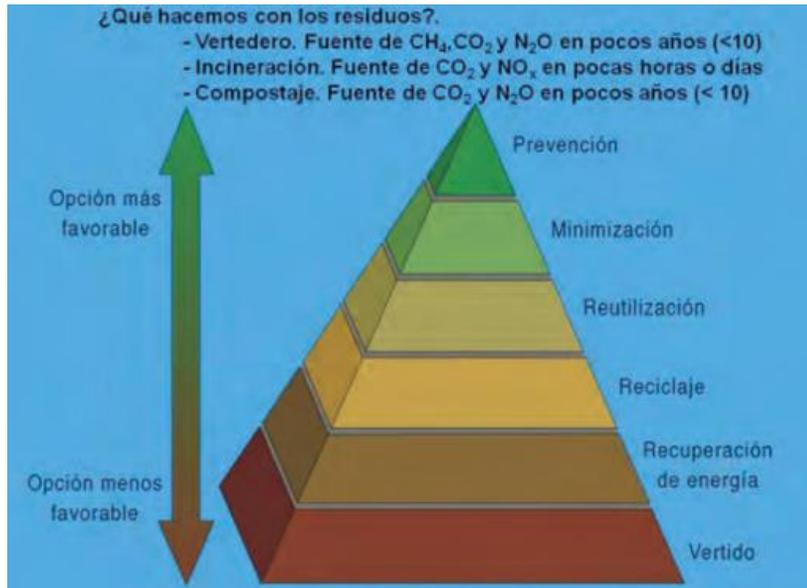
Debido a que más del 50 % del peso del PVC está compuesto por cloro, su consumo de energía en términos de materias primas es aproximadamente mitad en comparación con los plásticos basados principalmente en hidrocarburos. Esto resulta en una huella total de energía es inferior a la de estos otros polímeros. Las emisiones de CO₂ en la producción del PVC se encuentra en línea con otros polímeros líderes. Una ventaja adicional es que el PVC es altamente reciclable y puede someterse a procesos de reciclaje repetidos, hasta aproximadamente 8 veces, sin que se produzca una degradación significativa en la longitud de las cadenas moleculares del PVC, lo que lo convierte en un material valioso para iniciativas de economía circular y sostenibilidad.

7.4. Jerarquía de residuos

La Agencia de Protección Ambiental (2023) ha desarrollado la jerarquía de gestión de materiales y residuos no peligrosos como herramienta para gestionar eficazmente los residuos en diversas situaciones. Esta jerarquía establece una clasificación de las estrategias de gestión de residuos según su preferencia ambiental, abogando por un enfoque ascendente que coloca a la reducción en la cima, seguida de la reutilización, el reciclaje y el compostaje. Estas estrategias no solo son fundamentales para la gestión sostenible de materiales, sino que también buscan reducir los gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo positivamente a la mitigación del cambio climático.

Figura 1.

Pirámide de jerarquía de residuos



Nota. Imágenes de pirámide de gestión de los residuos. Adaptado de E. López y J. Sainz. (2011). *Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola*. (p. 12). Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico.

7.4.1. Reducción y reúso

Es conocida como prevención de residuos, implica la disminución de los desechos desde su origen y se considera la estrategia más favorable para el medio ambiente. Al optar por productos que incorporen estas características, se contribuye al ahorro de recursos, la conservación de energía, la disminución de la contaminación y la reducción de la toxicidad en los residuos, lo que resulta en ahorros económicos tanto para los consumidores como para las empresas (Agencia de Protección Ambiental, 2023).

7.4.2. Reciclaje

La Agencia de Protección Ambiental (2023) establece que es un proceso que implica recolectar y procesar artículos usados para crear materias primas para nuevos productos. Los beneficios del reciclaje incluyen la reducción de GEI, la prevención de la contaminación, la conservación de energía, el apoyo a las industrias, la creación de empleos, el avance de tecnologías más ecológicas, la preservación de recursos para el futuro y la disminución de la necesidad de vertederos e incineradoras.

7.4.3. Recuperación energética

Conversión de materiales de desecho no reciclables en calor, electricidad o combustible mediante procesos tales como combustión, gasificación, pirólisis, digestión anaeróbica y la recuperación de gas de vertedero. El proceso de conversión de materiales genera una fuente de energía renovable y reduce las emisiones de carbono al compensar la necesidad de energía procedente de fuentes fósiles y reducir la generación de metano en los vertederos. Una vez recuperada la energía, aproximadamente el diez por ciento del volumen permanece como ceniza, que generalmente se envía a un vertedero (Agencia de Protección Ambiental, 2023).

7.4.4. Tratamiento y disposición.

La Agencia de Protección Ambiental (2023) establece que antes de la disposición final, el tratamiento puede ayudar a reducir el volumen y la toxicidad de los residuos. Los tratamientos pueden ser físicos, químicos y biológicos. Los vertederos son la forma más común de eliminación de residuos y son un componente importante de un sistema integrado de gestión de residuos.

7.5. Gestión de residuos de PVC

Se describe la gestión de PVC, para la descripción del tema en estudio.

7.5.1. Reciclaje mecánico

“Procesos de reciclado en los que los residuos de PVC sólo se tratan mecánicamente, principalmente mediante picado, tamizado y triturado. Los reciclados resultantes (en forma de polvo) pueden transformarse en nuevos productos” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000, p.19).

Lewandowski & Skórczewska (2022) establecen que la aplicación adecuada de estabilizadores térmicos permite obtener material de PVC con una duración de estabilidad térmica considerable, facilitando así su procesamiento. Cuando se aborda el reciclaje del PVC, es importante considerar que, en las mezclas de PVC procesadas, además de los estabilizadores térmicos, se utilizan diversos aditivos como lubricantes internos y externos, modificadores de flujo, adaptadores de propiedades mecánicas, plastificantes y, en muchas ocasiones, una cantidad significativa de cargas minerales como tiza, talco y blanco de titanio. La inclusión de estos aditivos permite ajustar con precisión las propiedades de procesamiento y funcionales de la mezcla de PVC procesada. Además, el reciclaje del material de PVC puede resultar en un ahorro de hasta un 90 % en el consumo de energía en comparación con la producción de materiales vírgenes, lo que a su vez contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂.

“El reciclado mecánico directo de los residuos ricos en PVC es preferible desde el punto de vista medioambiental, particularmente si se trata de reciclado en productos de alta calidad, y no implica una selección y pretratamiento extensos” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000, p. 24).

7.5.1.1. Reciclaje post producción

Los residuos de PVC con una composición definida, principalmente generados en la planta de procesamiento, pueden ser reciclados mediante molienda directa, y el PVC sin plastificar ha demostrado su capacidad para múltiples ciclos de procesamiento sin degradación aparente. La mezcla de material reciclado con PVC virgen en más del 30 % puede aumentar significativamente la cantidad de ciclos de procesamiento. Los residuos de PVC molido pueden ser transformados en otros productos, aunque cada proceso adicional puede afectar la estabilidad térmica. También es factible pulverizar los residuos de PVC para que tengan un tamaño de partícula similar al del PVC virgen, lo que facilita su incorporación en la producción de mezclas secas con PVC virgen (Lewandowski & Skórczewska, 2022).

7.5.2. Reciclaje químico

Lu *et. al.* (2023) establece que el reciclaje químico se propone transformar los residuos plásticos en monómeros plásticos, productos químicos, combustibles, materias primas y polímeros de alto valor, mientras se recupera energía mediante reacciones químicas. Sin embargo, el reciclaje químico de desechos plásticos enfrenta obstáculos debido a los elevados costos energéticos y la carencia de catalizadores altamente eficientes y de bajo consumo energético, adicional a lo anterior, el reciclaje químico de residuos de PVC es especialmente desafiante debido a su alto contenido de cloro y la presencia de diversos aditivos.

7.5.2.1. Dehidrocloruración

La dehidrocloruración es un proceso que elimina el cloro del PVC para obtener monómero de cloruro de vinilo, un valioso producto químico que puede

utilizarse en la producción de nuevos productos de PVC o en otros productos químicos como etileno y propileno. Este proceso puede realizarse mediante diferentes métodos, incluyendo la dehidrocloruración térmica, que consiste en calentar los residuos de PVC a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, la dehidrocloruración catalítica que emplea un catalizador para reducir la temperatura necesaria, y la dehidrocloruración con disolvente que implica disolver los residuos de PVC en un solvente antes de eliminar el cloro de la solución.

7.5.2.2. Decloración

Lu *et. al.* (2023) indica que la decloración es un proceso destinado a reducir el contenido de cloro en el PVC a niveles aceptables para su eliminación o reutilización. Este proceso se puede llevar a cabo utilizando diversas técnicas, como la decloración química, que emplea productos químicos como hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH). La decloración biológica, por otro lado, se basa en microorganismos para descomponer el cloro presente en los desechos de PVC. Asimismo, la decloración térmica se utiliza el calor como método para eliminar el cloro de estos residuos.

7.5.2.3. Pirolisis

La pirolisis se presenta como un proceso en el que se calientan los residuos de PVC en un entorno sin oxígeno, generando una gama diversa de productos que abarcan aceites, gases y carbón. Los productos resultantes varían según la temperatura de la pirolisis y la composición de los desechos de PVC involucrados en el proceso (Lu *et. al.*, 2023).

7.5.2.4. Gasificación

Lu *et. al.* (2023) establece que la gasificación se refiere a un proceso mediante el cual los residuos de PVC son transformados en un gas de síntesis, el cual puede posteriormente ser empleado en la generación de energía eléctrica o en la producción de diferentes productos químicos. Este gas de síntesis está compuesto por una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono, y puede ser utilizado en la fabricación de combustibles, productos químicos y fertilizantes, entre otros. La gasificación puede llevarse a cabo a través de diversos tipos de reactores, incluyendo reactores de lecho fijo, reactores de lecho fluidizado y reactores de flujo en suspensión.

7.5.3. Incineración

“Los residuos de PVC son comúnmente tratados en incineradoras de residuos urbanos y hospitalarios, en este proceso se produce HCl, el cual debe ser neutralizado, a menos que se utilice una tecnología especial que permita reutilizar el HCl” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000, p.27).

Para cumplir con los límites de gas cloro, se utilizan neutralizadores, como la cal. Los cuatro procesos principales de neutralización son utilizados: seco, semiseco, semihúmedo-húmedo y húmedo, dependiendo de si se trata de PVC flexible o rígido (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000).

“En promedio el 50 % del insumo de cloro en las incineradoras se debe a presencia de PVC. El material flexible contiene menos cloro que el PVC rígido, lo que resulta en menores cantidades de neutralizador y menos residuos generados” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000, p.27).

Tabla 1.

Cantidad de residuos generados por la incineración de 1 kg de residuos de PVC

		SECO		SEMISECO	HÚMEDO	SEMIHÚMEDO -HÚMEDO
Agente de neutralización		Cal	BICAR	Cal	Cal	Cal
Kg Cl por Kg PVC	Min	0.25				
	Max	0.53				
	Media	0.45				
Residuos (kg) (por kg PVC)	Min	0.78	0.46	0.7	0	0.54
	Max	1.65	0.97	1.48	0	1.15
	Media	1.4	0.82	1.26	0	1
Efluente líquido (material seco) Kg por Kg PVC		0	0	0	0.42 a 0.88	0

Nota. Tabla de la estimación de residuos generados por la incineración de 1 kg de residuos de PVC. Obtenido de Comisión de las Comunidades Europeas (2000). *Libro verde: Cuestiones medioambientales relacionadas con el PVC.* (<https://ec.europa.eu/environment/pdf/wastepvc/es.pdf>), consultado el 20 de septiembre de 2023. De dominio público

“Los residuos de la limpieza de la combustión se consideran peligrosos ya que contienen sales de neutralización, exceso de agente de neutralización y contaminantes como metales pesados y dioxinas que no han sido completamente eliminados” (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000, p. 29).

7.5.3.1. Coincineración

La Comisión de las Comunidades Europeas (2000) establece el “empleo de residuos plásticos mixtos en altos hornos y cementeras como una opción viable para el tratamiento de estos residuos en comparación con la incineración de los residuos sólidos urbanos” (p. 27).

Estos procesos son más eficientes en cuanto al uso de energía y en la reducción del impacto en el calentamiento global. Además, esta opción no requiere una inversión de capital sustancial, lo que puede traducirse en tarifas más competitivas. Sin embargo, cabe resaltar que el cloro puede no tener efectos positivos sobre la calidad de los productos finales y aumentar el riesgo de corrosión en el equipo. Por lo general, se permite un contenido de PVC de hasta el 2 - 3 % o menos para evitar estos problemas (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000).

7.5.4. Eliminación en vertedero

El PVC es un polímero altamente resistente que no se degrada fácilmente en condiciones ambientales normales, lo que sugiere que los productos de PVC probablemente no sean fuentes significativas de monómero de cloruro de vinilo (VC) en el lixiviado de los vertederos. El VC es un gas incoloro e inodoro, reconocido como carcinógeno humano. Su presencia en el lixiviado de los vertederos se debe a la descomposición de otros productos (Comisión Europea, 2020).

La Comisión de las Comunidades Europeas (2000) establece que “en términos ambientales, es importante destacar que los productos de PVC desechados en vertederos podrían contribuir a la formación de dioxinas y furanos en caso de incendios accidentales en dichos vertederos” (p. 35).

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

No aplica al ser una investigación de tipo descriptiva.

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Termoplásticos

2.1.1. Cloruro de Polivinilo (PVC)

2.1.1.1. Propiedades

2.2. PVC en la industria

2.1.1. Películas de formación

2.1.2. Impacto de residuos plásticos

2.2. Economía circular de los residuos plásticos

2.2.1. Economía circular del PVC

2.3. Jerarquía de residuos

2.3.1. Reducción y reúso

2.3.2. Reciclaje

2.3.3. Recuperación energética

- 2.3.4. Tratamiento y disposición
- 2.4. Gestión de residuos de PVC
 - 2.4.1. Reciclaje mecánico
 - 2.4.1.1. Reciclaje post producción
 - 2.4.2. Reciclaje químico
 - 2.4.2.1. Dehidrocloruración
 - 2.4.2.2. Decloración
 - 2.4.2.3. Pirolisis
 - 2.4.2.4. Gasificación
 - 2.4.3. Incineración
 - 2.4.3.1. Coincineración
 - 2.4.4. Eliminación en vertedero

3. RECOLECCIÓN DE DATOS

- 3.1. Caracterización de residuos termoplásticos con componentes de PVC
 - 3.1.1. Análisis estadístico del peso producido de residuos mensualmente
- 3.2. Identificación de los tipos de reuso y disposición final de residuos termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala
- 3.3. Establecimiento de los costos asociados de los diferentes procesos de reuso y disposición final de residuos termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Media de residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC producidos mensualmente

- 4.2. Análisis costo-beneficio de los diferentes procesos de reúso y disposición final de residuos termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala

- 5. PLAN DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS TERMOPLÁSTICOS NO IMPRESOS CON COMPONENTES DE PVC
 - 5.2. Propuesta de capacitación

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

10. METODOLOGÍA

10.1. Tipo de estudio

La investigación adoptará un enfoque mixto, en donde la parte cualitativa es aplicable en estrategias que beneficiarán a la empresa y al personal con actividades de concientización ambiental, cultural y social para la manipulación de los materiales reciclados y su reutilización

Y de forma cuantitativa debido a que se realizará una clasificación de materiales ingresados en producción, el tipo de material y el beneficio económico que obtendrá la empresa por la actividad de reutilización, desecho y reciclaje en la implementación de proceso para los materiales que ingresan en el área de producción

El alcance de este proyecto será de tipo descriptivo, debido a que, con la toma de datos obtenidos con la cantidad de material de residuo, se podrá establecer un plan de aprovechamiento para poder definir el proceso de reutilización para buscar un beneficio a la empresa de ya sea de tipo económico, minimización de riesgo laboral y cultivando una cultura corporativa como concientización para la manipulación y diseñar estrategias eficientes para una correcta disposición final. El estudio se desarrollará tomando como referencia modelo los estudios de tipo descriptivo, lo cual expone la trazabilidad e identificar los residuos generados en cuanto a su tipo, especificaciones del material y peso en kilogramos.

El diseño de la investigación será del tipo no experimental, dado que se procederá a observar y analizar los procesos de empaque primario de fármacos y alimentos y la generación de los residuos. El fenómeno de estudio es real, observable, sus características son medibles. No se tendrá manipulación de variables

10.2. Variables

Las variables por estudiar se describen a continuación

Tabla 2.

Variables en estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Peso generado de residuos	Cantidad en unidad de medida que se genera en el área de producción de material desecho que puede ser transformado en reutilizable	Se obtendrá del sistema SAP, expresada en kilogramos (kg)
Densidad de material	Cantidad de masa que está contenida en una unidad de volumen específica de ese material.	Se obtendrá de las fichas técnicas del proveedor, expresada en kilogramos sobre metros cúbicos (Kg/m^3)
Gramaje del material	Es el peso por unidad de área	Se obtendrá de las fichas técnicas del proveedor, expresada en gramos sobre metro cuadrado (g/m^2)
Espesor	Representa la distancia entre sus dos superficies.	Se obtendrá de las fichas técnicas del proveedor, expresada en micrómetros (μm)

Nota. Cuadro resumen de variables de estudio. Elaboración propia, realizado con Excel.

10.3. Fases de estudio

El proceso para cumplir con los objetivos del diseño de investigación debe llevarse a cabo de la siguiente forma:

10.3.1. Fase 1: revisión bibliográfica

En la revisión bibliográfica se realizará la investigación detallada de documentos relacionados directa o indirectamente con el tema que fundamente teóricamente el estudio y que contenga alternativas a la gestión de residuos sólidos termoplásticos con componentes de PVC, entiéndase libros, tesis, manuales, propuestas ambientales.

10.3.2. Fase 2: recopilación de datos y metodología propuesta

A continuación, se desarrollarán las etapas para la fase dos de la investigación.

10.3.2.1. Etapa 1: caracterización de residuos

Se utilizará la herramienta SAP, para realizar la recopilación de datos históricos de 12 meses del peso en kilogramos, el gramaje, la densidad y el espesor de los residuos termoplásticos con componentes de PVC generados y sus características físicas.

- Análisis estadístico

Se tomará una muestra representativa de 12 meses de reportes de producción para el presente estudio, para poder obtener la media y desviación estándar de los datos mensuales.

- Medía aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

n = número de datos

x_i = representan los valores de la variable estudiada

- Varianza de una muestra

$$S^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

\bar{x} = media de la muestra

x_i = término de conjunto de datos

Tabla 3.

Caracterización de residuos termoplásticos con componentes de PVC

Mes	Tipo de residuo	Peso generado (kg)	Gramaje (g/m²)	Densidad (Kg/m³)	Espesor (µm)
------------	------------------------	---------------------------	----------------------------------	------------------------------------	---------------------

Nota. Datos mensuales de la caracterización de residuos termoplásticos con componentes de PVC. Elaboración propia, realizado con Excel.

10.3.2.2. Etapa 2: identificación de los procesos gestión de reúso y disposición final

Se hará una revisión de los procesos de manejo de reúso y disposición final de los residuos termoplásticos en Guatemala, evaluando el tipo de disposición y la jerarquía de residuos.

Tabla 4.

Datos de los tipos de reúso y disposición final de residuos termoplásticos

Tipo de residuo	Tipo de disposición	jerarquía de residuos
------------------------	----------------------------	------------------------------

Nota. Cuadro resumen de tipos de reúso y disposición final de residuos termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala. Elaboración propia, realizado con Excel.

10.3.2.3. Etapa 3: costos de procesos de reúso y disposición final

Se hará una cotizarán los procesos de manejo de reúso y disposición final de los residuos termoplásticos en Guatemala, evaluando si existe un costo asociado al transporte

Tabla 5.

Datos de los resultados de los costos de reúso y disposición final

Tipo de residuo	Tipo de disposición	Costo por disposición por Kg (Q)	Costo de transporte (Q)
-----------------	---------------------	--	----------------------------

Nota. Cuadro resumen de los costos de procesos de reúso y disposición final de residuos termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala. Elaboración propia, realizado con Excel.

10.3.3. Fase 3: análisis de resultados

- Análisis de los datos de caracterización de residuos
- Análisis de los procesos gestión de reúso y disposición final
- Análisis de los costos de procesos de reúso y disposición final

10.3.4. Elaboración de propuestas de implementación.

Del análisis costo-beneficio de los diferentes mecanismos de reúso y disposición final de residuos termoplásticos con componentes de PVC, tomando en cuenta la cantidad generada mensualmente se establece los procesos de disposición final más viables y amigable con el ambiente.

10.3.5. Fase 5: elaboración del seguimiento de la propuesta para la mejora

Se realizará un registro y control de los residuos, costo total pagado por el reúso o disposición final y tiempo de almacenamiento.

10.4. Análisis y preparación de la información

Con la información recolectada, se procederá a la realización de la evaluación de las mejoras para la propuesta, así como la redacción del informe final.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El *software* SAP es una herramienta de la empresa que servirá para recopilar la información de la caracterización de los residuos termoplásticos con componentes de PVC. Así mismo, se realizará un análisis de costo- beneficio de los procesos de reúso de disposición final existentes en Guatemala. Los datos recopilados y los resultados se presentarán con las siguientes herramientas.

- Tabla de datos mensuales de la caracterización de residuos termoplásticos con componentes de PVC.
- Tabla de los tipos de reúso y disposición final de residuos de termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala.
- Tabla de los resultados de los costos de reúso y disposición final de residuos de termoplásticos con componentes de PVC existentes en Guatemala.

Posteriormente se analizarán y presentarán los resultados por medio de las siguientes herramientas estadísticas.

Para el análisis de la caracterización y estimación de los residuos generados mensualmente se realizará una media aritmética y desviación estándar para establecer la generación media y de esta manera contar con un valor de desechos a disponer para estimar costos del reúso y disposición final.

12. CRONOGRAMA

Tabla 6.

Cronograma de actividades

Actividades	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Exploración bibliográfica	■	■	■	■																				
2 Levantamiento de información por medio de visitas a la organización	■	■	■	■																				
3 Verificación de información disponible					■	■	■	■																
4 Definición de alcances					■	■	■	■																
5 Identificación de metodologías a utilizar									■	■	■	■												
6 Caracterización de materiales termoplásticos no impresos con componentes de PVC									■	■	■	■												
7 Identificación de procesos de reúso y disposición final									■	■	■	■												
8 Análisis de resultados													■	■	■	■	■	■	■	■				
9 Elaboración de propuesta de plan de acción													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10 Elaboración de informe final													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Nota. Cronograma de actividades de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios, para el desarrollo de la investigación se deberá contar con los siguientes recursos:

- Recursos humanos
 - Coordinador de departamento ambiental
 - Personal de almacén y bodega
 - Personal docente de la Escuela de Postgrado de Ingeniería
 - Ingenieros asesores y revisores de la Escuela de Postgrado de Ingeniería

- Recursos tecnológicos
 - Computadora portátil
 - Impresora
 - Cámara fotográfica
 - Fotocopiadora

- Recursos físicos
 - Hojas de papel bond
 - Lapicero
 - Tablilla de madera

En cuanto a los recursos financieros, serán utilizados principalmente para la impresión de los formatos para recolección de información y para todo el proceso que se requiere en la elaboración del trabajo de tesis.

Tabla 7.

Recursos necesarios para la investigación

Descripción	Cantidad	Costo
Horas laborales en campo	25	Q 4,125.00
Servicio de asesoría	1	Q 3,000.00
Alimentación, gasolina, impresiones	1	Q 1,500.00
Cámara fotográfica para evidencias	1	Q 2,000.00
Total		Q 10,625.00

Nota. Recursos necesarios. Elaboración propia, realizado con Excel.

Considerando que los recursos aportados son suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental. (2023). *Sustainable materials management: non-hazardous materials and waste management hierarchy* [Gestión sostenible de materiales: jerarquía de gestión de residuos y materiales no peligrosos]. <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-non-hazardous-materials-and-waste-management-hierarchy>
- Aracil, I. (2008). *Formación de contaminantes y estudio cinético en la pirólisis y combustión de plásticos (pe, pvc y pcp)*. [Tesis de doctorado, Universidad de Alicante de España]. Archivo digital. https://www.researchgate.net/publication/39641863_Formacion_de_contaminantes_y_estudio_cinetico_en_la_pirólisis_y_combustion_de_plásticos_PE_PVC_y_PCP
- Barra, R. y Leonard, S. (2018). *Plastics and the circular economy* [Los plásticos y la economía circular]. Scientific and Technical Advisor Panel. https://www.researchgate.net/publication/327751701_Plastics_and_the_Circular_Economy_-_A_STAP_Document
- Beltrán, M. (2011). *Tema 2. Tipos de plásticos, aditivación y mezclado*. CORE. https://core.ac.uk/display/16369158?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2000). *Libro Verde: Cuestiones medioambientales relacionadas con el PVC*.

<https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0469:FIN:ES:PDF>

Kaiser, K., Schmid, M. y Schlummer, M. (2018). Recycling of Polymer-Based Multilayer Packaging: A Review [Reciclaje de envases multicapa a base de polímeros: una revisión]. *Recycling*, 3(1), 1-26. <https://pdfs.semanticscholar.org/dda8/dc8e40858dc1592557c6324c632052b217fb.pdf>

Lewandowski, K. & Skórczewska, K. (2022). A Brief Review of Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Recycling [Una breve revisión del reciclaje de poli(cloruro de vinilo) (PVC)]. *Polymers*, 14(15), 1-14. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/15/3035>

López, E. y Sainz, J. (2011). *Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola*. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. https://www.researchgate.net/profile/Lugo-Ibader/publication/338544738_Lopez_Mosquera_ME_Sainz_Oses_MJ_Coords_2011_Guia_de_residuos_organicos_de_uso_agricola_Santiago_de_Compostela_Servizo_de_Publicacions_Universidade_de_Santiago_de_Compostela/links/5e1b81ae4585159aa4cb51ec/Lopez-Mosquera-ME-Sainz-Oses-MJ-Coords-2011-Guia-de-residuos-organicos-de-uso-agricola-Santiago-de-Compostela-Servizo-de-Publicacions-Universidade-de-Santiago-de-Compostela.pdf

Lu, L., Li, W., Cheng, Y. y Liu, M. (2023). Chemical recycling technologies for PVC waste and PVC-containing plastic waste: A review [Tecnologías de reciclaje químico para residuos de PVC y residuos plásticos que

contienen PVC: una revisión]. *Waste Management*, 166, 245-258.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.05.012>

Ragaert, K., Delva, L. y Van, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste [Reciclado mecánico y químico de residuos plásticos sólidos]. *Waste Management*, 69, 24-58.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X17305354>

Sadat-Shojai, M. y Bakhshandeh, G. (2019). Recycling of PVC wastes [Reciclaje de residuos de PVC]. *Polymer Degradation and Stability*, 96(4), 404-415.
Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141391010004556>

Ubach, L. (2020). *Las estrategias de manejo de los plásticos de empresas de gran consumo y distribución*. Universidad Pontificia Comillas ICADE.
https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/41457/TF_G%20%20Ubach%20de%20Pablo%2c%20Lucia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VinylPlus. (2020). *Steering the PVC Industry Towards the Circular Economy* [Dirigir la industria del PVC hacia la economía circular].
https://www.europeanplasticisers.eu/wp-content/uploads/2020/06/Progress_Report2020_Press_Release_20200604_FINAL_V2.pdf

WWF International. (2019). *Solving Plastic pollution through accountability* [Resolver la contaminación plástica mediante la rendición de cuentas]. https://files.worldwildlife.org/wwfcmsprod/files/Publication/file/nj6fjdc35_SOLVING_PLASTIC_POLLUTION_THROUGH_ACCOUNTABILITY_ENF_SINGLE.pdf?_ga=2.54716651.1967796441.1695268558-194832892.1695268557

DOCUMENTOS DEL ASESOR

Figura 2.

Currículo de asesor

Rudy Alberto Franco Cifuentes
Edad : 40 años
Direccion: 23 av, 3-81 Residencial
Cañadas del Río I Km. 19 Villa Canales
Tel : 50174063
Correo : rfranco@energuate.net
rudy910@gmail.com



ESTUDIOS

Año 2016 **Maestría en Administración Industrial y Empresas de Servicios (MAIES)**
Universidad San Carlos de Guatemala.

Año 2014 **Título Ingeniero Electricista**
colegiado: 14,872
Universidad San Carlos de Guatemala

Año 2000 **Título Bachiller en Computación**
colegio Salesiano Don Bosco

Idiomas : **Español :** Natal
Inglés : Intermedio

COMPETENCIA

- Proactivo
- Trabajo en equipo
- Habilidades Interpersonales
- Adaptable al cambio
- Orientado al servicio
- Compromiso

EXPERIENCIA LABORAL

2017- Actualmente Energuate, Sector Electrico
Jefe de Inspecciones y Normalizaciones Grandes Clientes con consumo mayor 11KVA, peajes, Puntos de medicion de subestaciones electricas

- Velar que los procedimientos de la unidad de Inpecciones se cumplan
- Asegurar que las metas mensuales y anuales de las unidades de Inspecciones y normalizaciones sean realizadas
- Velar que los procedimientos de la unidad de Normalizaciones se cumplan
- Apoyo al departamento de Grandes Clientes velando el correcto estado de instalaciones de medida para asegurar la continuidad del servicio electrico
- Implementacion y mejora de procesos para asegurar inspecciones y normalizaciones de los clientes
- Llevar el control del presupuesto de las unidades de Inspecciones y Normalizaciones
- Encargado del personal técnico y administrativo a nivel regional para las dos operativas
- Administrar los recursos para disponibilidad de material, vehículos, ruta de trabajo, personal asegurando el poder realizar todas las actividades a nivel regional

Continuación de la figura 2.

- Búsqueda de nuevas estrategias para disminuir la pérdida de energía en el área de concesión de la distribuidora
- Instalaciones de puntos de medición a nuevas Subestaciones eléctricas
- Mantenimiento preventivo y correctivo a los puntos de medición para asegurar su correcto funcionamiento y continuidad del servicio eléctrico

2013- 2017 Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A (EEGSA), Sector Eléctrico *Ingeniero de Construcción de Líneas*

- Encargado de la unidad de Construcción de Líneas en ausencia del jefe de unidad
- Elaboro, reviso y apruebo diseños de extensiones de líneas para la construcción.
- Realizo presupuestos en SAP, con el cálculo de materiales y mano de obra de cada proyecto.
- Preparo ordenes de asignación a construcción, revisión y consulta asignaciones pendientes de construir.
- Verifico que la construcción cumpla con las normas de construcción de EEGSA.
- Realizo auditoría de calidad de construcción red EEGSA.
- Realizo ordenes de movimiento, desconexión, montaje de equipo de EEGSA.
- Pago de facturas llevando el control de proceso total de construcción.
- Doy cierre técnico a todas las órdenes que se trabajaron para cada proyecto.
- Elaboro de solicitudes para trabajar las redes eléctricas de EEGSA.
- Apruebo planos tanto de obra civil como eléctrica.
- Coordino con las diferentes unidades involucradas en cada proyecto.
- Elaboro informes de casos que requieran atención prioritaria por las condiciones en que se realizó el proyecto.
- Asesoro contratistas, constructores, clientes para facilitar la ejecución de los proyectos.
- Coordino con los diferentes contratistas con cada proyecto asignado a los mismos
- Realizo proyectos de mejoras de la red existente (reconductorado, interconexión con otros circuitos, construcción de tramos extensos de líneas).
- Agente de cambio, capacito a los colaboradores del departamento de construcción de líneas en temas de clima organizacional.

2010- 2013 Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A (EEGSA) , Sector Eléctrico *Gestor de sistemas Gráficos*

- Actualización de los activos en el Sistema de forma virtual asegurándome de las conexiones eléctricas estén correctas.
- Ge posicionamiento de los activos de la red
- Generar rutas para numeración de postes
- Generar informes mensuales sobre los trabajos de numeración realizados. Llevando así un control de cada trabajo realizado.
- Verificar el inventario de transformadores si se encuentran el mismo lugar, si fueron trasladados, posibles robos, actualizando en el sistema.
- Apoyo a todos los usuarios internos para el manejo de sistema virtual de la red.
- Apoyo a todos los usuarios internos y contratistas para localización de puntos de trabajo en la red. Optimizando rutas de acceso para llegar al lugar.
- Actualización de la partición de clientes en el sistema a la hora de la colocación de un transformador nuevo.
- Supervisión del mantenimiento de la renumeración de los postes.

Continuación de la figura 2.

2008- 2010 TELEFONICA, Sector Telecomunicaciones
CCR Departamento de Radio Bases
Analista de red, accesos Radio bases

- Control de todas las alarmas, fallas internas, externas, fallas de energía, etc de las radio bases de Guatemala, Salvador, México rotativamente.
- Coordinación de ingenieros y contratistas para la solución de cada problema.
- Manipulación de forma de remota de las radio bases
- Generar reportes de todos los trabajos hechos en los diferentes sitios.
- Dar acceso para la elaboración de trabajos ya sean preventivos, correctivos.

2007-2008 DISMME, Sector Electrico
Departamento de Ingeniería
Auxiliar de ingeniería

- Asistente del jefe de proyectos
- Elaboración de informes de los trabajos y pruebas
- Realizadas a transformadores y aceite dieléctrico
- Realización de pruebas eléctricas y pruebas físico-químicas a transformadores y aceite dieléctrico.
- Mantenimiento a subestaciones
- Cotización de equipo o material eléctrico

CAPACITACIONES IMPARTIDAS

- Cultura empresarial
- Clima organizacional
- Etica en el trabajo
- Manejo de conflictos
- Liderazgo

REFERENCIAS LABORALES

Aury Elizabeht Velásquez
Empresa : DISMME
Recursos Humanos
Teléfono : 24748383

Angel Arreaga
Empresa : EEGSA
Cargo : Jefe Unidad de Sistemas Gráficos
Teléfono : 24204000 Ext. 3140

Continuación de la figura 2.

REFERENCIAS PERSONALES

Sonia Aracely Hernández Rosales
Ocupación : Encargada de Ventas
Empresa : (Comercial HR) Hulera Real
Teléfono : 24793941

Sindy Vasquez
Ocupación : Gerente de Proyecto
Empresa : ICONICO4ARQUITECTURA
Teléfono : 56304591

Maicol Galdamez
Ocupación : Ing. Electrónico
Empresa : CLARO
Teléfono : 59779409

Nota. Currículo del asesor de la investigación. Elaboración propia.

Figura 3.

Constancia de colegiado activo de asesor



Nota. Constancia de colegiado activo de asesor. Elaboración propia.

Figura 4.

Título de maestría en artes de asesor



Continuación de la figura 4.

Registre Estadística

Firmado digitalmente por SERGIO ROBERTO SARRIOS SANCIOVAL Fecha: 04/06/2018 5:19:55 p. m.

Firmado digitalmente por RUBEN DARIEL VELASQUEZ MIRANDA Fecha: 15/06/2018 5:25:43 p. m.

Firmado digitalmente por ERIKA ILEANA MARROQUIN SOTO DE CHEESMAN Fecha: 15/06/2018 6:50:28 p. m.

Firmado digitalmente por CARLOS ENRIQUE CAMEY ROLDAS Fecha: 14/06/2018 1:38:11 p. m.

Firmado digitalmente por CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO Fecha: 22/06/2018 6:15:21 a. m.

Handwritten notes and stamps:

Handwritten: SERGIO SARRIOS SANCIOVAL

Handwritten: 04/06/2018

Stamp: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INEC)

Stamp: DIRECCIÓN DE CONTROL Y VERIFICACIÓN DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

Stamp: SERIE N° 776902

Stamp: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

Nota. Título de maestría. Elaboración propia.

Figura 5.

Título de licenciatura de asesor

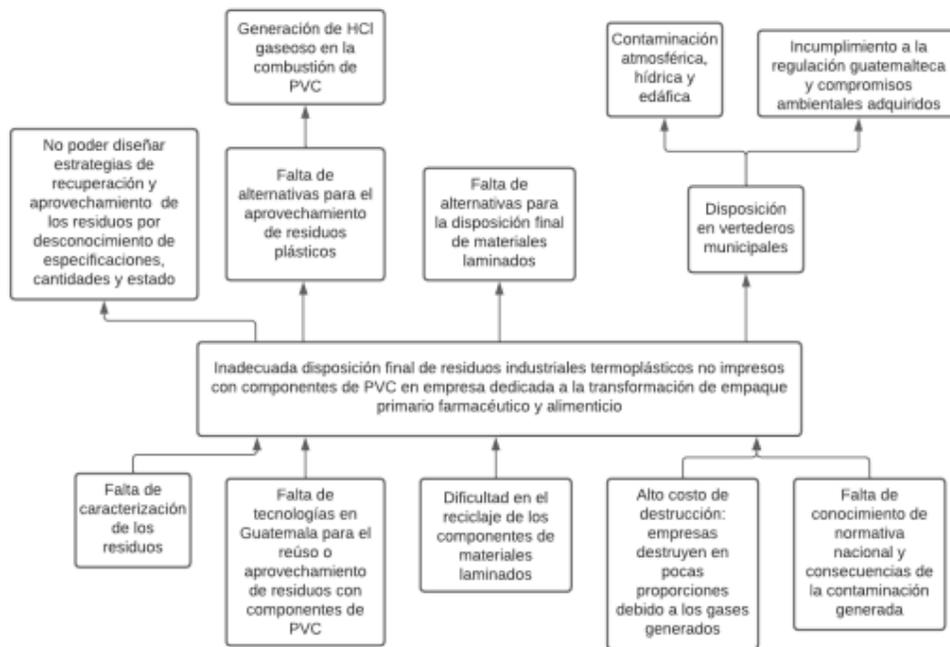


Nota. Título de licenciatura. Elaboración propia.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol del problema



Nota. Árbol de problemas de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

Apéndice 2.

Matriz de coherencia

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	IUSTIFICACIÓN	Plan de investigación o plan acción
Una empresa dedicada a la transformación de empaque primario no cuenta un plan de aprovechamiento de los residuos sólidos termoplásticos no impresos con componentes de PVC generados en el proceso de producción.	<p>Pregunta Principal: ¿Cuál sería la gestión adecuada para el reúso y la disposición final de los residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC en una empresa especializada en la transformación de empaques primarios para la industria farmacéutica y alimentaria?</p> <p>Preguntas Secundarias</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál será la cantidad y las características de residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC que son generados para el empaque primario de la industria farmacéutica y alimentaria? 2. ¿Cuál serán los procesos de disposición final de los residuos de materiales monolaminados y polilaminados utilizados como películas de formación en el empaque primario? 3. ¿Cuál es el costo – beneficio asociado a las posibles formas de disposición final y reúso de los residuos termoplásticos no impresos? 4. ¿Qué tipo de capacitación necesitarán los colaboradores para la correcta disposición final de los residuos termoplásticos? 	<p>Objetivo General Desarrollar una propuesta de gestión adecuada para el reúso y la disposición final de los residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC en una empresa especializada en la transformación de empaques primarios para la industria farmacéutica y alimentaria</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir la cantidad y las características de los residuos termoplásticos no impresos con componentes de PVC que son generados para el empaque primario de la industria farmacéutica y alimentaria 2. Establecer los procesos de disposición final de los residuos de materiales monolaminados y polilaminados utilizados como películas de formación en el empaque primario. 3. Determinar el costo – beneficio asociado a las posibles formas de disposición final y reúso de los residuos termoplásticos no impresos. 4. Proponer capacitación de los colaboradores para la correcta disposición final de los residuos termoplásticos 	<p>La presente investigación, enmarcada en la gestión y tratamiento de residuos, busca abordar la problemática de los residuos sólidos termoplásticos en el contexto de una empresa dedicada a la transformación de empaque primario. Los aportes de este estudio se centran en los aspectos ambientales, económicos y sociales. En términos ambientales, se contribuye a la reducción de residuos destinados a vertederos y se promueve la economía circular al reusar y aprovechar los materiales termoplásticos. Además, se logra una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero al evitar la producción de nuevos plásticos. Desde el punto de vista económico, se reduce el consumo de recursos naturales, como el petróleo y el agua, al aprovechar los residuos existentes. En el ámbito social, se fortalece la conciencia ambiental y se promueven prácticas más sostenibles y responsables. Este proyecto generará productos relevantes, incluyendo la identificación de los residuos termoplásticos generados, el análisis de los procesos de disposición final, la evaluación de costos y beneficios, y la propuesta de capacitación para el personal. En definitiva, esta investigación beneficia a la empresa al mejorar su desempeño ambiental, reducir costos operativos y fortalecer su imagen y reputación empresarial, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los compromisos internacionales ratificados por Guatemala.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se recopilará información sobre la cantidad y características de los termoplásticos con componentes de PVC a través de los sistemas operativos existentes en la empresa. • Se llevará a cabo una investigación exhaustiva de los procesos de disposición final de residuos monolaminados y polilaminados que existen en Guatemala. Esto incluirá identificar los métodos utilizados y los aspectos ambientales asociados. • Se realizará una evaluación detallada de los costos y beneficios sociales, ambientales y económicos de los diferentes métodos de disposición final disponibles. Esto permitirá tomar decisiones informadas sobre la opción más viable y sostenible para la empresa.. • Se evaluará la necesidad de capacitación en la empresa con respecto a la separación, almacenamiento y los beneficios de una correcta disposición de los residuos termoplásticos. Esto asegurará que el personal esté debidamente capacitado para implementar las prácticas adecuadas y maximizar los beneficios del plan de aprovechamiento.

Nota. Matriz de coherencia de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.