



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ESCUELA SUPERIOR DE TEPEJI DEL RÍO

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN
DE UNA EMPRESA DE RECICLAJE DE BOTELLAS DE
POLIETILENO TEREFALATO EN LA ESCUELA
SUPERIOR DE TEPEJI DEL RÍO-UAEH”**

Para adquirir el título de
Ingeniero en Ingeniería Industrial

PRESENTA

Ing. Karen Citlali Rodríguez Nieto

Directora

Dra. Lizeth Martínez Ayala

Codirector

Dr. Hilario Martínez Arano

Tepeji del Río de Ocampo, Hgo., México, noviembre de 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Tepeji del Río

Campus Tepeji del Río

C. KAREN CITLALI RODRÍGUEZ NIETO
CANDIDATO A LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA SUPERIOR TEPEJI DEL RÍO
P R E S E N T E

Sea este conducto para comunicarle el jurado que le fue asignado a su proyecto terminal de tesis de carácter profesional denominado: “*Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de reciclaje de botellas de polietileno tereftalato en la Escuela Superior de Tepeji del Río-UAEH*”, con el cual obtendrá el grado de Licenciado en Ingeniería Industrial y que después de revisarlo, han decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del jurado:

PRESIDENTE: DRA. MAGDA GABRIELA SÁNCHEZ TRUJILLO

SECRETARIO: DR. JHOVANI ENRIQUE BORNACELLI CAMARGO

PRIMER VOCAL: DR. HILARIO MARTINES ARANO

SEGUNDO VOCAL: DRA. LIZETH MARTÍNEZ AYALA

SUPLENTE: MTRO. HÉCTOR DANIEL MOLINA RUIZ

Sin otro particular, le reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE:

“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”

Tepeji del Río de Ocampo, Hgo., a 30 de octubre de 2025.

Mtro. Guadalupe Israel Flores Ariza
Director de la Escuela Superior Tepeji del Río
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Avenida del Maestro No. 41, Colonia Noxtongo
Segunda Sección, Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo,
México; C.P. 42855
Teléfono: 7717172000 Ext. 50401
estr@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

DEDICATORIAS

A Dios, por darme la dicha de la vida y la capacidad de lograr mis metas al lado de personas excepcionales que son mi familia. Por eso quiero dedicar este trabajo, con todo mi corazón, a las tres personas más importantes de mi vida:

A mi padre, Juan, por guiarme, creer en mí, respaldarme, apoyarme siempre, motivarme y enseñarme a ser valiente en la vida.

A mi madre, Patricia Guadalupe, por cuidarme, creer en mí, entenderme, apoyarme siempre, enseñarme a ser mejor persona y a jamás rendirme.

A mi hermano, Abraham de Jesús, por ser mi ejemplo a seguir, por apoyarme siempre, aconsejarme y ser el compañero de aventuras que la vida me regaló.

Sin su apoyo y sus enseñanzas de vida, no hubiera sido capaz de realizar este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesis, la doctora Lizeth Martínez Ayala, y a mi codirector, el doctor Hilario Martínez Arano, por su orientación, paciencia y apoyo durante el desarrollo de este proyecto; su compromiso, experiencia y observaciones fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Asimismo, quisiera expresar mi gratitud a mis simodales: la doctora Magda Gabriela Sánchez Trujillo, el doctor Jhovani Enrique Bornacelli Camargo, el doctor Hilario Martínez Arano, la doctora Lizeth Martínez Ayala y el maestro Héctor Daniel Molina Ruiz, por su dedicación y aporte a este trabajo.

También quiero agradecer a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tepeji del Río, por permitirme ser parte del Programa Educativo de Ingeniería Industrial en esta gran institución. A lo largo de mi estancia, tuve la fortuna de contar con la guía de profesionistas excepcionales como profesores, quienes me orientaron académicamente y me brindaron las herramientas necesarias para poder realizar este proyecto. En especial, quiero agradecer a la doctora Magda Gabriela Sánchez Trujillo y al ingeniero Hugo Jiménez por su dedicación a la educación y por haberme transmitido la lógica productiva y financiera.

De manera especial, extiendo mi gratitud a mis compañeros académicos, mis colegas, jefes y amigos, quienes me apoyaron compartiendo sus conocimientos y motivándome con sus palabras de aliento. Gracias a ello, hicieron de este proceso una experiencia inolvidable, gratificante y enriquecedora.

RESUMEN

El Polietileno de Tereftalato (PET) es un polímero termoplástico difícil de degradar. El PET ha sido utilizado en la fabricación de recipientes y botellas debido a su facilidad para ser moldeado; además, puede presentar alta resistencia. El uso excesivo de PET se debe a sus diferentes aplicaciones, comodidades y a su gran capacidad de cubrir diversas necesidades en el sector público y privado. La alta demanda de productos a base de PET ha ocasionado su sobreproducción, dando origen al almacenamiento descontrolado de productos, no solo en los hogares, sino también en los ecosistemas e incluso en la biodiversidad.

De forma particular, la alta producción de botellas PET representa un grave problema para el ecosistema, la biodiversidad y la salud; su permanencia en el ambiente provoca que, con el tiempo, sea más compleja su clasificación.

En el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, la contaminación y acumulación de PET se ha hecho evidente, ya que se puede observar en calles, presas y ríos que se encuentran en los alrededores del mismo. Ante esta situación, surge la necesidad de generar diferentes propuestas alternas con soluciones que sean afines al objetivo de contribuir al reciclaje de botellas PET para disminuir la contaminación en la zona.

Analizando el sector de reciclaje en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, existen algunas empresas que se dedican al reciclaje de botellas PET; sin embargo, las empresas también reciclan otros tipos de materiales, como plásticos y cartón, lo cual no es suficiente para lograr el reciclaje de botellas PET. Considerando lo antes mencionado, surge este proyecto como una necesidad de abordar la problemática ambiental relacionada con el reciclaje de botellas PET.

Este trabajo representa una oportunidad para estimular la idea del cuidado del medio ambiente, buscando promover conciencia y apoyo futuro por parte de la población y del sector privado.

El proyecto de tesis busca abordar la problemática de la sobreproducción y acumulación de botellas PET en Tepeji del Río. Para

ello, se realiza un estudio de factibilidad en la generación de una empresa en la Escuela Superior de Tepeji del Río de la UAEH (ESTe-UAEH).

Palabras clave: PET, contaminación, empresa, sostenibilidad, reciclaje, medio ambiente.

ABSTRACT

Polyethylene Terephthalate (PET) is a thermoplastic polymer that is difficult to degrade. PET has been used in the manufacture of containers and bottles due to its ease of molding and high resistance. The excessive use of PET is attributed to its various applications, convenience, and its great capacity to meet multiple needs in both the public and private sectors. The high demand for PET-based products has led to overproduction, resulting in the uncontrolled accumulation of products not only in households but also in ecosystems and even in biodiversity.

In particular, the high production of PET bottles represents a serious problem for the ecosystem, biodiversity, and human health; their persistence in the environment makes classification increasingly complex over time.

In the municipality of Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, pollution and PET accumulation have become evident, as they can be observed in streets, dams, and rivers located in the surrounding areas. Given this situation, there is a need to generate alternative proposals with solutions aligned with the goal of contributing to the recycling of PET bottles to reduce pollution in the area.

Analyzing the recycling sector in Tepeji del Río de Ocampo, there are some companies engaged in PET bottle recycling; however, these companies also recycle other materials such as plastics and cardboard, which is not sufficient to achieve effective PET bottle recycling. Based on the above, this project arises as a response to the environmental issue related to PET bottle recycling.

This work represents an opportunity to encourage environmental awareness, seeking to promote consciousness and future support from both the population and the private sector.

The thesis project aims to address the issue of PET bottle overproduction and accumulation in Tepeji del Río. To this end, a feasibility study is carried out for the creation of a company at the Escuela Superior de Tepeji del Río of UAEH (ESTe-UAEH).

Keywords: PET, pollution, company, sustainability, recycling, environment.

ÍNDICE

RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Pregunta de investigación.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Contaminación mundial originada por PET	7
2.2 Producción de polietileno tereftalato (PET) en México.....	10
2.3 Contaminación ambiental originada por PET en Hidalgo	12
2.4 Contexto ambiental en Tepeji del Río de Ocampo	13
2.5 Normatividad ambiental por el uso de plásticos	14
2.6 Alternativas en la remediación ambiental en el uso de PET	17
2.6.1 Uso consciente del PET	18
2.6.2 Reciclaje de PET	19
2.7 Estudio de factibilidad.....	23
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	24
3.1 Estudio de mercado	26
3.1.1 Objetivo general del estudio de mercado del proyecto.....	26

3.1.2 Objetivos particulares del estudio de mercado de este proyecto	26
3.1.3 Procedimiento para el estudio de mercado de este proyecto	27
3.2 Estudio Técnico.....	29
3.2.1 Localización del proyecto.....	29
3.2.1.1 Objetivo general de la localización del proyecto.....	29
3.2.1.2 Objetivos específicos de la localización de este proyecto.....	30
3.2.1.3 Factores para la localización del proyecto.....	30
3.2.2 Ingeniería del proyecto	33
3.2.2.1 Objetivo general de la ingeniería del proyecto.....	33
3.2.2.2 Objetivos específicos de la ingeniería de este proyecto.	34
3.4 Estudio administrativo.....	36
3.4.1 Objetivo general del estudio administrativo.....	36
3.4.2 Objetivos específicos del estudio administrativo	36
3.5 Estudio financiero	39
3.5.1 Objetivo general del estudio financiero.....	39
3.5.2 Objetivos específicos del estudio financiero	39
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	
4.1 Estudio de mercado	42
4.2 Estudio Técnico.....	44
4.2.1 Localización del proyecto.....	44
4.2.2 Ingeniería del proyecto	52
4.4 Estudio administrativo.....	59
4.5 Estudio financiero	62
4.5.1 Costo de gastos directos totales aproximados	62
4.5.2 Costo de gastos indirectos totales aproximados	64

4.5.3 Ingresos totales aproximados	71
4.5.4 Punto de equilibrio financiero	74
CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN	76
Referencias académicas, técnicas y oficiales.....	78
Referencias de medios, prensa y literatura general confiable	84
Anexo: fuentes comerciales y productos	87
Anexos	92
Anexo 1	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	9
<i>Top 10 de empresas contaminadoras de plástico registradas en el 2021 a nivel mundial</i>	9
Figura 2	10
<i>Interpretación gráfica del crecimiento, a través de los años, del Producto Interno Bruto trimestral de la fabricación de productos plásticos en México</i>	10
Figura 3	19
<i>Códigos de identificación de resinas de plástico.....</i>	19
Figura 4	20
<i>Mapa conceptual sobre las etapas de la gestión de RSU aplicadas en México ...</i>	21
Figura 5	22
<i>Cuadro sinóptico sobre las cuatro formas generales para el reciclaje de los residuos plásticos.....</i>	22
Figura 6	25
<i>Tipos de las fuentes de información que sustentan el proyecto del estudio de factibilidad para crear una empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río</i>	25

Figura 7	30
<i>Presentación esquemática de los factores que se consideraron para la propuesta de localización dentro del estudio de factibilidad para la empresa recicadora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río (UAEH)</i>	30
Figura 8	36
<i>Simbología utilizada para elaborar el diagrama de flujo</i>	36
Figura 9	44
<i>Imagen ilustrativa sobre la ubicación de la Escuela Superior de Tepeji del Río.</i>	44
Figura 10	58
<i>Diagrama propuesto del proceso para este proyecto en la ESTe-UAEH</i>	58
Figura 11	59
<i>En la siguiente figura se presenta el organigrama propuesto para la empresa recicadora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río</i>	59
Figura 12	92
<i>Gráfica de resultados de la encuesta (véase tabla 4)</i>	92

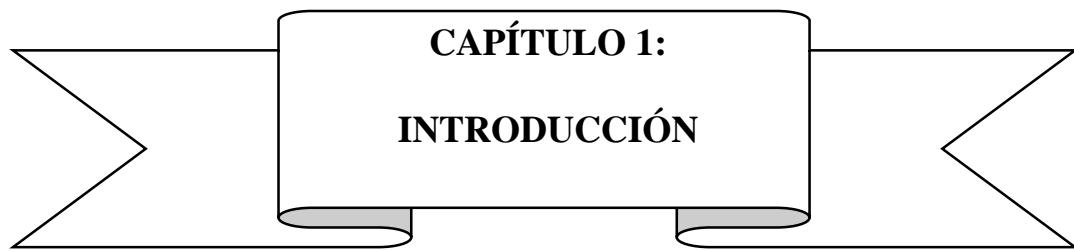
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	14
<i>Tabla de normas y leyes ambientales nacionales para los plásticos.....</i>	14
Tabla 2	20
<i>Tabla de tipos de resinas, sus usos y sus posibles usos después del reciclaje</i>	20
Tabla 3	27
<i>Ánálisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas en el estudio de mercado de este proyecto</i>	27
Tabla 4	28
<i>Encuesta utilizada para recolectar información en las empresas locales de reciclaje de PET</i>	28

Tabla 5	30
<i>Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas que se utilizaron para la localización de este proyecto</i>	30
Tabla 6	31
<i>Lista de verificación para identificar los servicios existentes en la zona.....</i>	31
Tabla 7	32
<i>Propuesta de lista de verificación para los factores externos de la ubicación estratégica.....</i>	32
Tabla 8	33
<i>Lista de verificación de la seguridad pública.....</i>	33
Tabla 9	33
<i>Lista de verificación de los “otros servicios” existentes en la zona</i>	33
Tabla 10	34
<i>Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas para la ingeniería del proyecto</i>	34
Tabla 11	37
<i>Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas para el estudio administrativo</i>	37
Tabla 12	38
<i>Rúbrica para evaluar las características de la misión</i>	38
Tabla 13	38
<i>Rúbrica para evaluar las características de la visión</i>	38
Tabla 14	39
<i>Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas para los objetivos financieros</i>	39
Tabla 15	42
<i>Magnitudes, unidades y símbolos utilizados en este proyecto.....</i>	42

Tabla 16	43
<i>Posibles clientes para las pacas y hojuelas de PET</i>	43
Tabla 17	46
<i>Resultados obtenidos de la lista de verificación para identificar los servicios existentes en la zona.....</i>	46
Tabla 18	49
<i>Resultados obtenidos mediante la lista de verificación, destinados a identificar los factores externos relacionados con la ubicación estratégica</i>	50
Tabla 19	50
<i>Resultados obtenidos mediante la lista de verificación para identificar los servicios de seguridad pública.....</i>	50
Tabla 20	51
<i>Resultados obtenidos mediante la lista de verificación para identificar los “otros servicios”</i>	51
Tabla 21	55
<i>Propuesta de compactadoras, considerando la producción, los requisitos del mercado y la oferta disponible de maquinaria</i>	55
Tabla 22	55
<i>Propuesta de líneas de lavado, considerando la producción, los requisitos del mercado y la oferta disponible de maquinaria</i>	55
Tabla 23	56
<i>Propuesta de equipos de transporte interno (patines hidráulicos) para trasladar las pacas de PET.....</i>	56
Tabla 24	57
<i>Propuesta de equipo básico de oficina, considerando dos opciones de cada tipo de equipo, incluyendo cantidades, características y precios.....</i>	57
Tabla 25	61

<i>Resultados obtenidos mediante la rúbrica para evaluar las características de la misión</i>	61
Tabla 26	61
<i>Resultados obtenidos mediante la rúbrica para evaluar las características de la visión</i>	61
Tabla 27	62
<i>Permisos para el funcionamiento legal de la empresa recicladora de botellas PET, incluyendo sus costos y vigencias</i>	62
Tabla 28	63
<i>Maquinaria básica seleccionada</i>	63
Tabla 29	63
<i>Equipo de transporte interno básico seleccionado</i>	63
Tabla 30	63
<i>Equipo de oficina básico seleccionado</i>	63
Tabla 31	68
<i>Gran demanda en media tensión horaria: cargo, unidades y costo del periodo de junio de 2025</i>	68



1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, se producen más de 380 millones de toneladas de plástico cada año, y tres cuartas partes de esta cantidad se descartan como basura (Buteler, 2019).

La contaminación por PET es un problema global que ha impactado diferentes aspectos ambientales debido a las consecuencias negativas que genera al estar esparcido y acumulado en lugares inadecuados. La acumulación de PET contribuye al calentamiento global, la pérdida de fauna marina y terrestre, la propagación de diversas enfermedades y la alteración genética, entre otros efectos.

El PET es un material sintético obtenido a través de la polimerización del etilenglicol y el ácido tereftálico. El etilenglicol, un líquido incoloro derivado del etileno, y el ácido tereftálico, un sólido cristalino procedente del xileno, al ser calentados en conjunto con la acción de catalizadores químicos, generan PET en forma de una masa viscosa (Chiniquimicos, s.f.).

El PET puede tardar hasta 1,000 años en degradarse. Desde su surgimiento, el plástico recibió una gran aceptación y comenzó a ser utilizado como sustituto para cubrir diversas necesidades; sin embargo, en aquel entonces no se dimensionó el crecimiento exponencial que generaría al salir al mercado. Hoy en día, el PET ha provocado impactos negativos y significativos en el medio ambiente. En los últimos años, se han buscado estrategias para aprovechar sus residuos; algunas de ellas consisten en aplicar las 3R (reciclar, reutilizar y reducir), mediante la compra-venta por peso de PET, la creación de manualidades, obras de arte, botellas retornables, así como su uso en sistemas de riego por goteo, la fabricación de ladrillos a partir de PET combinado con otros materiales, entre otros.

En el municipio de Tepeji del Río, la contaminación y acumulación de PET se ha hecho evidente, presentando un crecimiento exponencial, ya que puede observarse en calles, presas y ríos de los alrededores.

Esta problemática dentro del municipio puede convertirse en una gran área de oportunidad para el crecimiento de la sociedad, además de contribuir a generar una nueva perspectiva y crear conciencia en la población sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, con el fin de fomentarlo como parte de la cultura hacia las futuras generaciones, motivando el desarrollo e ideación de nuevas formas que permitan mejorar la calidad de vida. Por ello, en este proyecto se realizará un estudio de factibilidad para la creación de una empresa de reciclaje de botellas de polietileno tereftalato en la Escuela Superior de Tepeji del Río–UAEH.

1.2 Pregunta de investigación

¿Es técnica y económicamente viable instalar una microplanta de reciclaje mecánico de PET en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, para atender la demanda regional?

1.3 Justificación

En el municipio de Tepeji del Río de Ocampo se registran 90,546 pobladores, de acuerdo con datos de 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020) por lo que, debido al incremento exponencial en los últimos años de habitantes y visitantes por parte de estados y municipios vecinos a la zona, se ha detectado el aumento en el consumo de diferentes productos embotellados en PET, principalmente refrescos, aguas, jugos, entre otros.

El alto consumo de estos productos envasados en PET ha generado un incremento considerable en diferentes tipos de contaminación en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, lo cual ha originado diversas afectaciones graves y directas hacia los suelos y las fuentes hídricas. La problemática sobre el PET se hace presente en los ecosistemas que rodean el municipio, siendo notoria a simple vista. Ante la situación evidente, surge la necesidad de generar diferentes propuestas sobre soluciones alternas que sean afines al objetivo de contribuir al reciclaje de PET en gran dimensión para disminuir esta contaminación en la zona.

Tepeji del Río de Ocampo es un municipio reconocido mayormente por su dedicación a la industria textil desde hace varios años; una parte de los residuos industriales termina siendo drenada en los ríos y presas por la conexión del drenaje. Lo anterior ha provocado un nivel significativo de contaminación en el agua, lo que ha generado incertidumbre en la población, debido a que el agua es consumida para el riego de hortalizas, la hidratación del ganado, criadero de peces, etc.

Tepeji del Río de Ocampo está ubicado en una zona geográfica que posee la facilidad de transición vehicular diaria, gracias a la vialidad principal de la carretera antigua y nueva México–Querétaro; lo que ha permitido ser una opción muy atractiva para los empresarios que buscan ubicar establecimientos de sus empresas dedicadas a diferentes sectores industriales. Algunos ejemplos de empresas establecidas actualmente en la zona de Tepeji del Río de Ocampo son del sector alimenticio, farmacéutico, refacciones automotrices, metales, entre otros.

Analizando el sector de reciclaje en Tepeji del Río de Ocampo, no existe una competencia de una empresa que se dedique a generar hojuelas de PET directamente en el municipio, por lo que el estudio de factibilidad sobre la generación y desarrollo de una empresa recicladora de PET en esta zona sería una buena área de oportunidad que estimule el desarrollo de nuevas ideas para el cuidado del medio ambiente. Sin mencionar

que, con el desarrollo de una empresa recicladora de PET, se busca promover conciencia y apoyo futuro por parte de las demás empresas.

Las ventajas de realizar este proyecto son notorias debido al alcance, magnitud y aceptación que se espera obtener. A nivel social son: el compromiso con el medio ambiente, la motivación e inquietud por el reciclaje, el mejoramiento en la calidad de vida y el desarrollo de habilidades y competencias positivas en las nuevas generaciones, en alumnos de la Escuela Superior de Tepeji del Río. A nivel económico, la generación de ingresos para el municipio e institución. Y a nivel ecológico, la conservación de flora y fauna, la reducción de las emisiones de CO₂, la regeneración de la fertilidad en los suelos y la generación de nuevas ideas para la reutilización de PET.

En la presente tesis, por medio del estudio de factibilidad, se determinará si el proyecto es rentable.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Realizar un estudio de factibilidad para la generación de una empresa dedicada al reciclaje de botellas de polietileno tereftalato (PET) en la Escuela Superior de Tepeji del Río.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Identificar las características de los tipos de plásticos y su forma de reciclaje, con la finalidad de distinguir su modo de reciclaje.
- Establecer las ventajas y desventajas de la creación de la empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río.
- Demostrar, por medio del análisis financiero, si el proyecto es rentable económicamente.

1.5 Hipótesis

Si se alcanza una capacidad ≥ 1 tonelada en un semestre efectivo (t/sem. ef.) de hojuelas de PET, con una pureza $\geq 95\%$ y un precio de venta $\geq \$30.50$ pesos mexicanos por kilogramo (MXN/kg), se podría recuperar la inversión inicial en un horizonte de 5 años, y contribuir a reducir $\geq 95\%$ de los residuos PET generados dentro de la Escuela Superior de Tepeji del Río.

Justificación de hipótesis:

1. Capacidad de procesamiento (1 t/sem. ef.)

De acuerdo a un proyecto realizado anteriormente dentro de la Escuela Superior de Tepeji del Río, se obtuvo que la cantidad de botellas PET que se pueden recolectar en un semestre efectivo es de 1 tonelada.

2. Pureza del material:

- Pureza $\geq 95\text{--}98\%$: corresponde al estándar mínimo aceptado para usos industriales, principalmente en envases y aplicaciones que no tienen contacto con alimentos.
- Pureza $\geq 99\%$: junto con la eliminación total de contaminantes visibles, PVC, metales y poliolefinas, es el nivel requerido para que el PET pueda ingresar a procesos de “super-clean recycling” y obtener la certificación de grado alimenticio.

3. Precio de venta (\$30.50 MXN/kg)

Para estimar de manera preliminar el costo de las hojuelas de PET, y considerando que en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo ninguna de las empresas encuestadas para este proyecto se dedica a su producción, se consultaron precios en fuentes secundarias. Se identificó que, En Hermosillo, Sonora, el kilogramo puede alcanzar un valor de \$25.00 MXN, mientras que en Monterrey puede llegar a \$36.00 MXN (QuimiNet, 2025). El precio depende de diversos factores, tales como la pureza (a mayor pureza, mayor precio de venta), la cantidad, el lugar de origen, el color, entre otros. Con base en estos valores, se calculó la media entre ambos precios, obteniéndose un resultado de \$30.50 MXN/kg.

4. Horizonte de 5 años

El lapso establecido (5 años) posibilita valorar tanto la consolidación de las operaciones como los efectos ambientales, teniendo en cuenta plazos adecuados para realizar inversiones, implementar mejoras tecnológicas y lograr una adecuada penetración en el mercado.

5. Impacto ambiental (reducción de desechos de botellas PET $\geq 95\%$)

El objetivo de este proyecto no es únicamente verificar la rentabilidad económica, sino también generar impactos positivos a nivel social y ambiental, mediante este proyecto se busca recolectar en su mayoría todas las botellas PET, desechadas por alumnos y el personal administrativo dentro de la Escuela Superior de Tepeji del Río.



2.1 Contaminación mundial originada por PET

El PET ha tenido un impacto considerable actualmente en la industria. Inicialmente, fue registrado como polímero para producción de fibras; en el año 1973 se registró la primera botella de PET por el científico Nathaniel Wyeth, con las características benéficas de ser económico, liviano, fiable y transformable.

La contaminación plástica se encuentra en el top tres de preocupaciones a nivel mundial, seguida del cambio climático y la contaminación del agua, según datos del año 2019 incluidos en el informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), (Parker, 2021).

La contaminación plástica es más notoria en países menos desarrollados, donde no se tiene un control o no se siguen procedimientos para contribuir a la recolección y manejo de este residuo (Parker, 2021).

La ONU está conformada por 193 países actualmente a nivel mundial. En una reunión citada en 2019 se intentó abordar la problemática de los residuos plásticos; sin embargo, se presentó un impedimento principalmente por parte de Estados Unidos, que se negó a un tratado de asociación (Parker, 2021).

Países escandinavos han llevado a cabo discusiones sobre los residuos plásticos, con Noruega como presidente de la Asamblea Ambiental de la ONU. Se han sumado otros países, como Ecuador, Alemania, Ghana y Vietnam. Asimismo, los países insulares también han realizado debates internos por las consecuencias del impacto climático sobre los desechos plásticos, para impedir que el plástico se concentre en los océanos (Parker, 2021).

Uno de los ecosistemas más afectados por la contaminación plástica es el acuático, ya sea por degradación en tierra seguida de arrastre por escorrentía o por transporte a través del aire, numerosas partículas de plástico llegan a los océanos, donde se concentran. Este fenómeno recibe diversos nombres, como la isla de basura, la gran mancha de plástico, el continente de plástico o la isla de la contaminación, y se localiza en el norte del océano Pacífico (Bayón, 2023).

Actualmente, la Gran Mancha de Basura es mucho más extensa que las estimaciones realizadas en 1973; se calcula que ocupa alrededor de 1,6 millones de kilómetros cuadrados, más del triple del territorio de España, y contiene aproximadamente 2 billones de partículas de plástico, con un peso total cercano a 80,000 toneladas. Sin embargo, la mayor parte del plástico en los océanos se encuentra disperso en el agua: alrededor del 70 % se deposita en el fondo marino, mientras que menos del 15 % permanece en la superficie (Bayón, 2023).

En lugares donde brota agua dulce y en todos los océanos se han percibido plásticos de más de 5 mm (macroplásticos) y microplásticos que arriban por lixiviación, inundación o corriente de aire. Aproximadamente 690 especies han sufrido consecuencias

negativas por desechos, y el 92 % de ellas son por los desechos plásticos (Prieto-Ortiz, 2023).

Las personas consumen aproximadamente de 39,000 a 52,000 partículas de microplásticos anualmente en la comida. También, en el agua potable se ha comprobado la presencia de micro y nanoplásticos (tamaño de 1 a 1,000 nanómetros), de casi 193 partículas por litro, así como en otros productos como sal, miel y azúcar, por lo que no hay un cálculo exacto sobre la ingesta diaria de micro y nanoplásticos (Prieto-Ortiz, 2023).

Se contempla que los procesos referidos a la fabricación y el periodo de vida de los plásticos representan el 15 % sobre la emisión de los gases de efecto invernadero, y el mal manejo de sus residuos pone en peligro el objetivo mundial sobre la reducción de emisiones de carbono para atacar el cambio climático (Prieto-Ortiz, 2023).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) señaló que cada año se producen más de 430 millones de toneladas de plástico, de las cuales dos tercios corresponden a productos de un solo uso. En mayo de 2023, el PNUMA presentó el informe *Cerrar el grifo: Cómo el mundo puede poner fin a la contaminación por plásticos y crear una economía circular*, en el que se analizan posibles soluciones y se proponen acciones específicas para disminuir el problema en un 80 % hacia el año 2040 (Redacción National Geographic, 2023).

Alrededor de 115 países, como Irlanda, Argentina, Australia, México, Inglaterra, China, España, Estados Unidos de América, Francia, Alemania, Senegal, Costa Rica, Puerto Rico, Colombia, Chile, Islas Galápagos (Ecuador), Guatemala, Panamá, Perú, Brasil, Uruguay, Jamaica y Bahamas, entre otros, han restringido el uso de bolsas de plástico y algunos recipientes de plástico, adaptándolo de acuerdo con sus posibilidades (Parker, 2021).

Diversos países, por la situación ambiental, han adaptado programas y redactado normas de Responsabilidad Ampliada del Productor (RPE) para generar cambios y obtener mejoras. La Unión Europea aplica las normas RPE desde los años 90 y se le reconoce por maximizar el impacto del reciclaje en Europa Occidental, que se acerca al 40 %. La Unión Europea tiene el primer lugar en el control sobre los artículos y desechos de plástico (Parker, 2022).

La pandemia generada por la propagación mundial del coronavirus (COVID-19) en el año 2019 provocó un gran aumento de contaminación por plásticos, debido a todos los artículos de un solo uso de protección personal que fueron utilizados por los ciudadanos (guantes, cubrebocas, etc.). Otros tipos de productos también lo fueron, como los envases de alcohol etílico, geles antibacteriales, jabones líquidos, cloro, entre otros, lo que generó que el destino final de los residuos plásticos fueran lugares remotos como el Ártico y el fondo de los océanos (Procuraduría Federal del Consumidor, 2021).

Durante la pandemia por COVID-19 en el año 2020, se asumió que el consumo de mascarillas desechables alcanzó casi 166,000 millones de dólares, mostrando un incremento 200 veces mayor en comparación con 2019, cuando se registraron ventas de 800,000 millones. El incremento de desechos plásticos por COVID-19 provocó la congestión de sistemas de reciclaje en diversos países (Cambio climático y medio ambiente, 2021).

Los plásticos desechables representan el 50 % de los que se fabrican anualmente. Se determinó que aproximadamente 100,000 tortugas, mamíferos y aves marinas mueren cada año por plástico en los océanos. Se estima que el 40 % del plástico producido está diseñado para envases desechables, y se prevé que para el año 2050 se encontrarán más plásticos que peces en los océanos (Procuraduría Federal del Consumidor, 2021).

La organización de membresía para grupos de consumidores mundiales (Consumers International) sugiere algunas propuestas para ayudar a reducir esta problemática de contaminación por plásticos, como la renovación de recipientes, pensar antes de comprar artículos empaquetados, rechazar el desechable, reutilizar, reciclar y reparar (Procuraduría Federal del Consumidor, 2021).

Los empresarios dedicados a la fabricación y distribución de bebidas se están responsabilizando por la contaminación y se han comprometido a incluir botellas reciclables en sus procesos para reducir la generación de resina y maximizar el reciclaje, agregándole valor.

Un portavoz de Coca-Cola declaró que la empresa comparte el objetivo de Greenpeace de erradicar los desechos en los océanos. La compañía asumió el compromiso de recolectar y reciclar, para el año 2030, una botella o lata por cada una que comercialice. En cuanto a los envases, las tres compañías fijaron metas para 2025. Coca-Cola afirmó que todos sus empaques serán reciclables; Nestlé anunció que podrán ser reciclables o reutilizables, mientras que PepsiCo señaló que estarán diseñados para ser reciclables, compostables o biodegradables (Hidalgo, 2018).

Figura 1

Top 10 de empresas contaminadoras de plástico registradas en el 2021 a nivel mundial



Fuente. Tomado de (Bonet, 2022).

Break Free From Plastic (movimiento global que busca eliminar el plástico) determinó que Coca-Cola es el número uno en ser la más contribuyente a la contaminación por plástico en el mundo (Bonet, 2022).

2.2 Producción de polietileno tereftalato (PET) en México

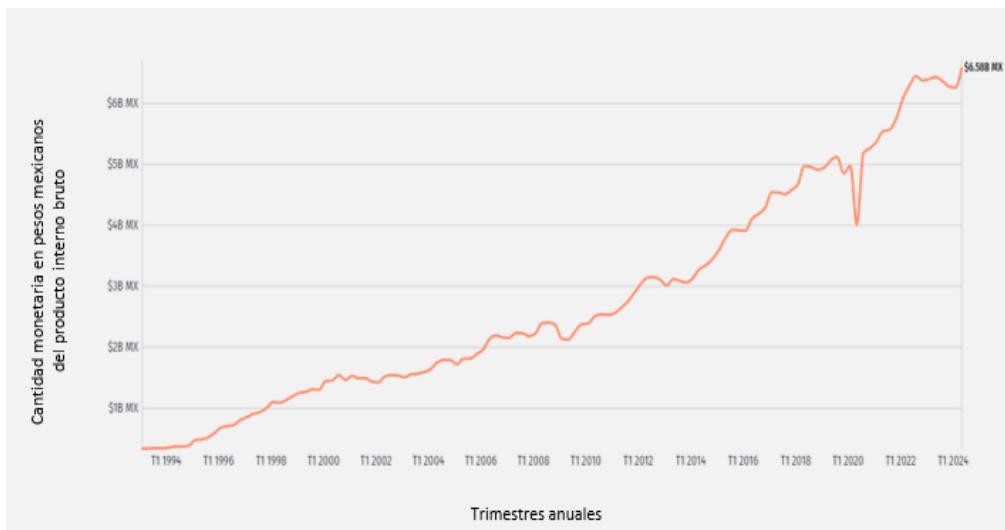
México se posiciona como uno de los principales productores de polietileno tereftalato (PET), debido a la alta demanda de productos embotellados que se consumen diariamente en hogares, centros de trabajo, escuelas y eventos sociales, como refrescos y aguas. Se estima que, en promedio, cada mexicano consume aproximadamente 200 botellas al año (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018).

Se calcula que alrededor de 8 millones de toneladas de plástico terminan anualmente en los océanos. La exposición de este material a los rayos solares provoca la liberación de toxinas, generando graves impactos sobre la fauna marina (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018).

En cuanto a la producción de plástico en México, según los datos recopilados, durante el segundo trimestre de 2024, el Producto Interno Bruto relacionado con este sector alcanzó los \$6.58 billones (B) MX, reflejando un incremento del 5.06 % con respecto al trimestre anterior y un crecimiento del 2.27 % en comparación con el mismo período de 2023 (Secretaría de Economía, 2024).

Figura 2

Interpretación gráfica del crecimiento, a través de los años, del Producto Interno Bruto trimestral de la fabricación de productos plásticos en México



Fuente. Obtenido de (Secretaría de Economía, 2024).

Conforme al Censo Económico aplicado en el año 2019 y a la información recolectada, se identificaron 5,189 unidades económicas dedicadas a la fabricación de productos de plástico, destacando principalmente tres estados: México (874), Guanajuato (740) y Jalisco (696). La producción bruta total fue de \$388,419 millones (M) MX. Los estados con mayor producción bruta fueron dos: Estado de México, con \$71,814 M MX, y Nuevo León, con \$48,309 M MX. Finalmente, de manera global, la producción alcanzó \$407,088 M MX en el año 2019, aportando significativamente los dos estados destacados: México, con \$76,155 M MX, y Nuevo León, con \$50,107 M MX (Secretaría de Economía, 2024).

En México, la industria del plástico es relevante para el desarrollo económico del país, siendo esta involucrada para maximizar diferentes sectores que son fundamentales, como la industria automotriz, eléctrica, electrónica, alimentos, dispositivos médicos, agricultura, construcción, vivienda, etc. El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENU) del INEGI reportó la existencia de un total de 5,031 fabricantes de plástico a nivel nacional (PT México, 2017).

En el año 2022, informó Aldimir Torres, presidente de la Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC), que la fabricación de plásticos culminó con cerca de 400 mil millones de dólares; mencionó que, para el año 2023, dentro de la industria plástica se esperaba un incremento del 5 al 6 %, aun considerando las dificultades económicas y la evolución de restricciones en elementos para la industria plástica (Ambiente Plástico, 2022).

En el año 2022, en México se detectó un decrecimiento en la fabricación de plásticos del 54 %, así lo informó ANIPAC. En México, el consumo de plásticos ronda los 5.9 millones de toneladas anuales, y solo 3.8 millones son fabricados en la nación. El presidente de ANIPAC también destacó que los cinco plásticos con mayor relevancia en

la nación son: polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo (PVC), PET y poliestireno (Ambiente Plástico, 2022).

2.3 Contaminación ambiental originada por PET en Hidalgo

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Estatales (SEMARNAT) informó que, en el estado de Hidalgo, el total de los desechos sólidos que se producen día con día corresponde en un 10 % a los plásticos (263 toneladas) (El Sol de Hidalgo, 2019).

Conforme al informe de SEMARNAT, las fabricaciones en el estado de los residuos plásticos son equivalentes a llenar el territorio del municipio de Actopan cada día y, aproximadamente, después de tres meses abarcar todo el territorio del estado (El Sol de Hidalgo, 2019).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) realizó la campaña “Sin popote está bien”, con el objetivo de disminuir el uso de popotes y de plásticos en general. Esta campaña tuvo un alcance nacional a través de radio, redes sociales y otros medios complementarios, y estuvo dirigida a hombres y mujeres de entre 13 y 65 años (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

En 2019 se reformó la Ley de Residuos Sólidos de la Ciudad de México, estableciendo la restricción en la comercialización y entrega de bolsas de plástico a partir de 2020. Posteriormente, en 2021, se prohibió el uso de diversos productos de un solo uso, como platos, cubiertos, popotes, entre otros. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2022).

SEMARNAT espera excluir 5.4 millones de bolsas cada día y 64,000 popotes, suprimir la emisión atmosférica (29,848 toneladas de CO₂) para aportar a las responsabilidades que aceptó México en la conferencia de la ONU, que abordó el cambio climático en 2015, con la finalidad de reducir un 22 % de emisiones de gases, contribuyendo con el 1 % (El Sol de Hidalgo, 2019).

SEMARNAT mencionó también la aplicación que está llevando a cabo sobre métodos para persuadir a la población en general acerca de la relevancia de utilizar las alternativas propuestas, como son las bolsas de tela, entre otras (El Sol de Hidalgo, 2019).

En Pachuca, se comunicó a la población la distribución de centros de reciclaje fijados para confinar residuos sólidos y separar basura, gracias a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo y los gobiernos de Mineral de la Reforma y Pachuca, por medio de la campaña “Reaccioná, separa y únete”, proveniente del proyecto *Recicla Contigo* (Milenio Digital, 2021).

En Hidalgo se producen aproximadamente 25 mil toneladas de plástico al día, lo que genera que sea fundamental su correcta catalogación para mitigar los efectos negativos en el medio ambiente e incrementar el porcentaje de reciclaje y reutilización para crear otros artículos (Soriano, 2023).

A través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Gobierno del Estado de Hidalgo impulsa el programa “Yo sin bolsa, yo sin popote”, una estrategia destinada a disminuir el consumo de materiales de un solo uso que, aunque tienen un periodo de utilización muy corto, tardan mucho tiempo en degradarse (Ayuntamiento de Tula de Allende, 2019).

“Reacciona, separa y únete” es una campaña con un gran potencial, cuyos objetivos son reducir el consumo de recursos naturales, decrecer la generación de basureros a cielo abierto, disminuir la reproducción de fauna nociva, proteger la biodiversidad, prevenir incendios y minorar la contaminación en arroyos y mantos acuíferos pertenecientes a la ciudad de Pachuca (Milenio Digital, 2021).

Los residuos que se producen dentro de los hogares y las zonas públicas se pueden aprovechar para crear una economía circular dentro de la población, al presentarse dichos residuos sólidos urbanos (RSU) en el centro de acopio perteneciente a SEMARNAT (Soriano, 2023).

La catalogación de los residuos es una herramienta esencial para limitar el impacto ambiental que generan y para implementar estrategias para su manejo; los residuos se catalogan en: peligrosos, especiales y urbanos (Soriano, 2023).

El centro de acopio de SEMARNAT está localizado en el Parque Ecológico Cubitos, donde reciben equipos electrónicos, electrodomésticos, papel, cartón y tapitas (Soriano, 2023).

2.4 Contexto ambiental en Tepeji del Río de Ocampo

Tepeji del Río de Ocampo es un municipio perteneciente al estado de Hidalgo, en el cual la contaminación es un problema notorio, debido a las aguas negras y la basura que se observa a simple vista en los alrededores y en presas; al olor que se percibe en las calles; y a la propagación de plagas, entre otros aspectos.

Una de las principales consecuencias negativas para la población son las diversas enfermedades que se propagan entre los habitantes. Este problema ha ido en aumento debido al crecimiento de la población, así como al incremento de visitantes que recibe diariamente la zona.

El municipio ha puesto en marcha distintas acciones para disminuir la contaminación ocasionada por el plástico, buscando mejorar la calidad de vida de la población, disminuir la acumulación de desechos en calles y cuerpos de agua, y proteger los ecosistemas locales. Un ejemplo destacado es el programa “*Yo sin bolsa, yo sin popote*”, implementado en Tepeji del Río de Ocampo, que limita el uso de bolsas plásticas y popotes en diversos establecimientos, como supermercados, tiendas departamentales y centros comerciales.

Moisés Ramírez Tapia, alcalde en 2019 del municipio de Tepeji del Río de Ocampo, anunció el inicio del proyecto para implementar un sistema de reciclado de

basura dentro del municipio. Según los datos reflejados, transportar la basura fuera del municipio representaría un costo mensual de un millón a un millón 200 mil MXN; por esta razón, el municipio no participará en el proyecto regional impulsado por SEMARNAT (Maldonado, 2019).

El alcalde también indicó que el municipio está desarrollando y ejecutando proyectos alternos para impedir el transporte de los residuos sólidos a otras localidades, evitando así la necesidad de reducir los recursos destinados a las obras públicas (Maldonado, 2019).

2.5 Normatividad ambiental por el uso de plásticos

El uso de plásticos en México y a nivel mundial se encuentra regulado por diversas normativas ambientales con el objetivo de mitigar su impacto negativo en el medio ambiente. En el país, las leyes y regulaciones buscan reducir la generación de residuos plásticos, fomentar el reciclaje y promover el uso de alternativas sostenibles.

Las NOMs son importantes, ya que decretan sostener la calidad, salubridad y conciliación de los productos. A partir de las NOMs es como se puede comprobar el desempeño público y privado de los aspectos anteriormente mencionados. El gobierno es quien emite las NOMs de acuerdo con los riesgos que se presenten (Secretaría de Economía, 2021).

Por otro lado, las leyes son mandatos dictados que prohíben ciertas cosas, los cuales son analizados por órganos legislativos competentes después de un análisis (Gobernación de México, s.f.).

En la siguiente tabla se muestran algunas normas y leyes ambientales para el cuidado del medio ambiente y la reducción de los desechos plásticos que son aplicadas dentro del territorio nacional.

Tabla 1

Tabla de normas y leyes ambientales nacionales para los plásticos

Tipo de derecho jurídico	Nombre	Objetivo
Norma	NMX-E-285-NYCE-2021: Industria del plástico- directrices para la recuperación y el reciclaje de residuos plásticos.	Proporcionar directrices que faciliten la elaboración de normas y especificaciones vinculadas al reciclaje de residuos plásticos. Define criterios de calidad para los procesos de reciclaje y ofrece orientaciones generales

		para su integración en normas de materiales, métodos de ensayo y especificaciones de producto.
Ley	<p>Ley general para la prevención y gestión de los residuos en México (LGPGIR).</p>	<p>La gestión de residuos abarca todas las fases, desde su generación hasta la culminación de su ciclo de vida. Según lo establecido en el artículo 10, corresponde a los municipios la responsabilidad del manejo integral de los residuos sólidos urbanos, lo que incluye su recolección, traslado, tratamiento y disposición final.</p> <p>En concordancia con la LGPGIR, se fortaleció un plan de trabajo concebido como una herramienta para reducir la generación de desechos y maximizar su aprovechamiento, abarcando tanto residuos sólidos urbanos como de manejo especial y peligrosos específicos. Este plan se fundamenta en criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, y tiene como base el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos. Asimismo, promueve la participación conjunta de todos los actores involucrados en la cadena: productores,</p>

		importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos, grandes generadores y los tres niveles de gobierno.
Ley	Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA).	De acuerdo con el artículo 1, fracción de la LGEEPA, el principio fundamental es “garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar”. A partir de este lineamiento, la LGPGIR reforzó su plan de trabajo con el propósito de optimizar la gestión y administración de los residuos.
Norma	NMX-E-232-CNCP-2011: Industria del plástico- símbolos de identificación de plásticos (cancela a la NMX-E-232-CNCP-2005).	<p>Se establecen y describen los símbolos de identificación para los productos elaborados con plástico, con el propósito de facilitar su clasificación, separación, acopio, recolección, reciclaje y/o valorización.</p> <p>Esta normativa aplica a todos los productos plásticos comercializados dentro del territorio nacional, con excepción de aquellos cuyo tamaño impida incluir de forma legible el símbolo del material, así como de los productos que el propio</p>

		fabricante reprocesa mediante reciclaje postindustrial.
Norma	NMX-E-261-CNCP-2014: Industria del plástico-materiales celulares flexibles de poliuretano- especificaciones y métodos de ensayo.	Se establecen las especificaciones y los métodos de prueba aplicables a los materiales celulares flexibles de poliuretano (MCFP), con el propósito de asegurar la calidad de los productos destinados al consumidor final. Esta norma se enfoca de manera particular en dicho tipo de materiales.
Norma	NMX-E-145/3-CNCP-2014: Industria del plástico- conexiones hidráulicas de poli (cloruro de vinilo) (PVC) sin plastificante cédula 40 con unión para cementar-serie inglesa- especificaciones (cancela a la NMX-E-145/3-SCFI-2001).	Se determinan las especificaciones correspondientes a las conexiones hidráulicas de policloruro de vinilo (PVC) rígido, cédula 40, con unión cementada, destinadas a sistemas de abastecimiento de agua potable que operan bajo presión y que no se encuentran expuestos a la radiación solar.

Fuente. Elaboración propia, con datos de (Diario Oficial de la Federación, 2022), (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2023), (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2024), (Diario Oficial de la Federación, 2011), (Diario Oficial de la Federación, 2015).

2.6 Alternativas en la remediación ambiental en el uso de PET

A continuación, se presentan algunas de las alternativas para la reducción y aprovechamiento de PET, basadas y comprobadas por diferentes estudios realizados, que han sido posibles gracias al avance tecnológico e investigaciones desarrolladas a lo largo del tiempo:

1. **Reducción de PET por microorganismos.** Este método se ha comprobado generando excelentes resultados respecto a eficiencias y economía; los microorganismos del tipo termofílico, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces* y *Fusarium*, entre otros, segregan enzimas hidrolíticas que son las

encargadas de descomponer la estructura química del PET (Bermúdez-Morera & Sandoval-Herrera, 2021).

2. **Reducción de PET por medio de bacterias.** Algunos tipos de estas bacterias son: *Ideonella sakaiensis*, *Thermobifida halotolerans*, *Thermonospora curvata* y *Thermobifida fusca*, entre otras. Liberan enzimas que degradan los enlaces químicos del PET (Bermúdez-Morera & Sandoval-Herrera, 2021)
3. **Reducción de PET por métodos químicos.** A través de la aplicación de métodos como pirolisis, gasificación, incineración, hidrólisis, metanolisis y glicólisis, se obtienen diferentes ventajas y desventajas desde el punto de vista económico, ambiental y social. Al utilizar alguna de estas alternativas, debe ser previamente analizada de acuerdo con las especificaciones y el fin que se quiera lograr en la reducción de PET (Salinas & Cifuentes, 2021).
4. **Reducción de PET por el uso de botellas o envases retornables.** Es una de las alternativas más cómodas y adaptables. Dicha opción ya se aplica en México, Latinoamérica y otras partes del mundo; se observa en marcas de refrescos como Coca-Cola, que es uno de los más solicitados por el público en general (Sánchez, 2020).
5. **Fabricación de fibras a través de PET reciclado.** En este proceso se aprovechan las hojuelas de PET, que se modifican para crear fibra corta de poliéster. En aleación con otras fibras, puede ser utilizada para fabricar nuevos productos (Pérez & Ruiz, 2009).
6. **Fabricación de ladrillos con PET reciclado.** La implementación de PET en los ladrillos genera cambios positivos, ya que vuelven más ligeras las piezas y no se percibe una reducción relevante en su resistencia. La construcción de casas con estos ladrillos constituye una forma efectiva de contribuir al cuidado del medio ambiente (Rodríguez & Romero, 2021).
7. **Reducción de PET por su uso en el riego por goteo.** En la industria agrícola, se utilizan botellas para aplicar el método de riego por goteo, siendo esta una forma casera, económica y adaptable (Jardinería On, 2025).

2.6.1 Uso consciente del PET

Alrededor de todo el mundo se ha hecho evidente la problemática de contaminación por plástico, debido a que está presente en todos los océanos, calles, ríos y ecosistemas. Actualmente, ya es una de las preocupaciones principales por las consecuencias que ha traído consigo esta problemática, afectando sobre todo al cambio climático, la pérdida de fauna marina y terrestre, así como a la generación de nuevas enfermedades en los seres humanos.

La tecnología ha permitido realizar estudios más profundos y descubrir nuevos hallazgos en laboratorios sobre la aplicación de alternativas para los plásticos, con el objetivo de reducir y encontrar un sustituto que cubra las necesidades de manera similar en el mercado. Esto contribuye a la eliminación de los residuos plásticos y al cuidado del medio ambiente.

Diariamente, millones de personas consumen refrescos y aguas en tiendas o centros comerciales en todo el mundo, ignorando el impacto negativo que esta acción genera. Además, no son conscientes de que pueden aplicar alternativas simples por voluntad propia, como cargar consigo un bote de agua retornable o comprar refrescos que vengan en envases retornables. Otra acción que se puede realizar es reemplazar, en fiestas y reuniones, los desechables por platos de cerámica y cucharas de metal.

2.6.2 Reciclaje de PET

En los plásticos existe una clasificación dependiendo de las características del material. El PET pertenece a los termoplásticos, debido a que, cuando entra en contacto con altas temperaturas, puede transformarse y tomar diversas formas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

En los 80's incrementó la cantidad de comunidades que realizaban programas de reciclaje para el manejo de los residuos plásticos, por lo que surgió el impulso de crear un código congruente y uniforme, donde se pudiera distinguir los tipos de plásticos de una forma fácil y veloz (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

La Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI, por sus siglas en inglés), en Estados Unidos, generó el Código de Identificación de Resinas para optimizar el reciclaje en ese país (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Algunos países, como Reino Unido y China, generaron códigos similares al SPI. La Federación Británica de Plásticos y Plastics Europe (antes Asociación de Fabricantes de Plásticos en Europa) sugieren la aplicación del código SPI (Wilhelm, 2008). En México se aplica el código SPI, el cual consiste en el método de identificación, como se muestra en la siguiente figura (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Figura 3

Códigos de identificación de resinas de plástico



Fuente. Obtenido de (Tecnología de los Plásticos, 2011).

Tabla 2

Tabla de tipos de resinas, sus usos y sus posibles usos después del reciclaje

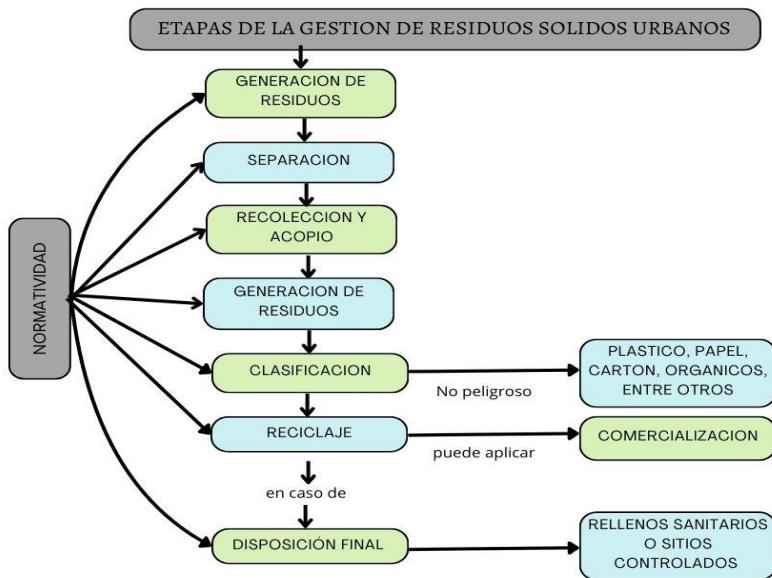
Resina	Usos principales	Aplicaciones tras el reciclaje
Polietileno tereftalato (PET)	Botellas de refresco y agua, envases de enjuague bucal, mantequilla de cacahuate, aderezos para ensalada y aceite vegetal.	Producción de fibra para forro polar, bolsas de mano, alfombras, almohadas, cuero sintético, muebles, paneles y nuevos envases plásticos.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Envases y embalajes, tuberías, aplicaciones en construcción y juguetes.	Fabricación de botellas y envases para detergentes, aceites y lubricantes; gasoductos; láminas impermeabilizantes; geotextiles y otros productos industriales.
Policloruro de vinilo (PVC)	Tuberías de agua potable, sistemas de drenaje, perfiles para ventanas y puertas, industria eléctrica, automotriz y sanitaria.	Laminados, mangueras, tubos, perfiles de puertas y ventanas, cepillos, suelas de calzado, componentes automotrices, conducciones de gases y aceites.
Polietileno de baja densidad (PEBD)	Bolsas, films, botellas y envases, materiales de aislamiento y juguetes.	Embalaje de alimentos y productos químicos, botellas y envases de leche o jugos, y láminas o espuma para aplicaciones en construcción.
Polipropileno (PP)	Textiles, envases de dispositivos médicos, material de laboratorio y componentes automotrices.	Estuches para baterías de automóviles, luces de señalización, cables de batería, escobas, cepillos y poncheras.
Poliestireno (PS)	Artículos desechables como vasos y platos.	Relleno para peluches, almohadas, cojines y soportes para plantas en macetas.

Fuente. Elaboración propia obtenido de (Sintac, 2022), (Sintac, 2023), (Aristegui, 2025), (Plástico.com, 2023), (Sagarza, 2025), (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

La Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos en México considera al PET como residuo sólido urbano (RSU). Para una correcta planificación de la gestión de un RSU, es indispensable que se cumpla cierto número de pasos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 4

Mapa conceptual sobre las etapas de la gestión de RSU aplicadas en México



Fuente. Tomado de (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Descripción sobre las etapas de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU):

La generación de residuos ocurre diariamente en todos los espacios; uno de los lugares donde se produce una mayor cantidad de residuos plásticos son los centros comerciales y los hogares. Asimismo, dentro de la industria existen diversos sectores que utilizan el plástico en sus procesos de producción, ya sea para satisfacer la demanda o, en algunos casos, para reducir costos. Un ejemplo claro es la industria automotriz, debido a la gran cantidad de plástico que emplea en la fabricación de sus piezas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

En cuanto a la separación de los residuos generados, el método empleado puede variar según la zona, dependiendo de los responsables de este proceso y de las normativas internas vigentes (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Respecto a la recolección y el acopio, en casi todos los municipios de la República Mexicana se dispone del servicio de recolección de residuos a domicilio mediante camiones, en horarios y días específicos, que transportan los residuos a lugares previamente destinados como depósitos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

La clasificación se refiere a los casos en que los RSU son mezclados en las fuentes productoras o, en su defecto, cuando la separación no se realiza de manera específica, como ocurre con los plásticos, los cuales en el paso de separación se agrupan de manera general (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

El reciclaje implica una evaluación mediante distintos tratamientos físicos, químicos y biológicos, según los recursos tecnológicos disponibles. Los residuos

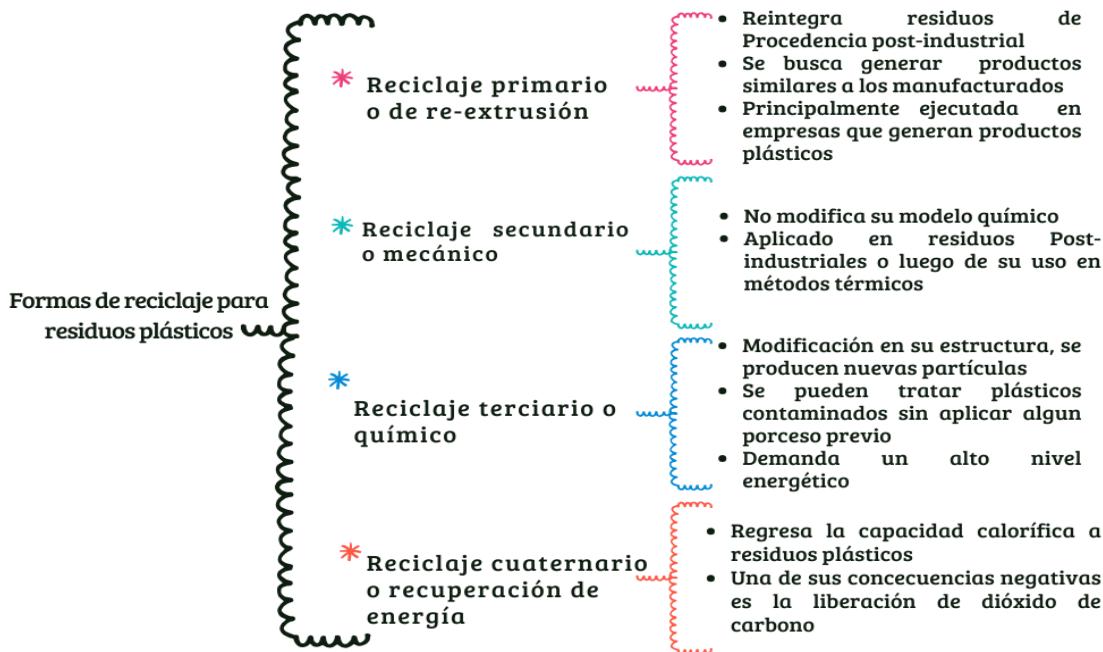
plásticos resultan especialmente beneficiosos desde el punto de vista económico, debido a sus propiedades que permiten moldearlos para generar nuevos productos. Los dos principales tratamientos aplicados a los residuos plásticos son los químicos y los biológicos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

La disposición final se considera el término del ciclo de los RSU, en el que estos son consignados en establecimientos previamente determinados, ubicados en lugares alejados de la población, con el objetivo de generar el menor daño posible al medio ambiente y a la salud humana (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

En cuanto a los residuos plásticos específicamente, existen diversas formas de reciclaje; estas varían según la interpretación de cada persona. Sin embargo, de manera general se consideran cuatro métodos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5

Cuadro sinóptico sobre las cuatro formas generales para el reciclaje de los residuos plásticos



Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

2.7 Estudio de factibilidad

Un estudio de factibilidad es un análisis que se realiza para evaluar la viabilidad de un proyecto, en el cual se examinan distintos estudios que finalmente facilitan la toma de decisiones, proporcionando un argumento fundamentado sobre la probabilidad de los resultados que podrían derivarse de la ejecución del proyecto. En este proyecto el análisis está orientado a los siguientes estudios:

- Estudio de Mercado.
- Estudio Técnico.
- Estudio administrativo.
- Estudio financiero.

La realización de un estudio de factibilidad ofrece diversas ventajas y aportaciones, ya que proporciona una perspectiva más amplia sobre los proyectos, el potencial del producto, su viabilidad y los costos asociados. Este estudio sirve como guía para definir los pasos necesarios para llevar a cabo el proyecto de manera satisfactoria y eficiente, considerando factores económicos, sociales y geográficos que influyen directamente en el rumbo del desarrollo de la empresa, permitiendo además identificar y aprovechar áreas de oportunidad (QuestionPro, 2019).

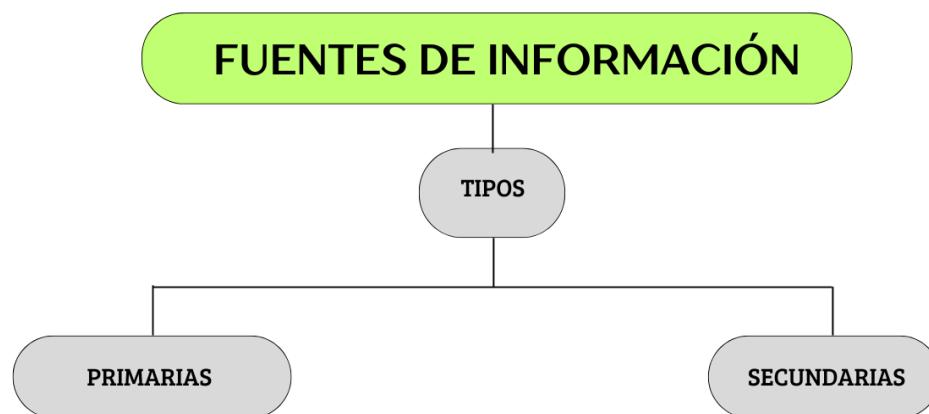


Es importante la búsqueda de información en fuentes, debido a que estas fundamentan lo escrito en un proyecto o investigación.

A continuación, se muestran los tipos de fuentes de información que sustentan esta tesis.

Figura 6

Tipos de las fuentes de información que sustentan el proyecto del estudio de factibilidad para crear una empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río



Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

- a) Fuentes primarias: Son aquellas obtenidas directamente por el investigador, a través de las cuales se recopilan datos relevantes sobre los clientes, tales como: los lugares donde consumen principalmente los productos, el número aproximado de clientes, el nivel de servicio, características demográficas (edad, sexo, raza, color, escolaridad, etc.), preferencias de consumo, frecuencia de compras, entre otros. La herramienta más común para recopilar esta información es el cuestionario, el cual se adapta según el tipo de datos que se desea obtener y se determina tanto la cantidad de encuestas como los lugares en que se aplicarán.
- b) Fuentes secundarias: Proporcionan información histórica necesaria para proyectar la demanda futura. Entre las más utilizadas se encuentran: documentos, internet, películas, revistas científicas, videos, universidades y centros estadísticos de gobiernos municipales, entre otros.

Tipo de estudio: Respecto al tipo de estudio, el presente trabajo se clasifica como un estudio descriptivo y transversal. Es descriptivo porque tiene como propósito detallar

las características del mercado relacionado con la recolección y aprovechamiento del PET en la región, identificando a los actores principales (recicladoras y compradores), así como las cantidades recolectadas y las condiciones actuales de operación. Asimismo, es transversal, ya que la información se recolectó en un único momento, lo cual permite obtener una “fotografía” del estado actual del fenómeno de estudio (Argimon, 2019). De forma complementaria, el estudio posee un carácter exploratorio, debido a que en la región no se han encontrado antecedentes suficientes que documenten de manera sistemática las dinámicas de acopio y comercialización de PET. Por ello, la investigación constituye un punto de partida para estudios posteriores de mayor profundidad, como investigaciones correlacionales o explicativas que analicen los factores que inciden en la eficiencia del reciclaje.

3.1 Estudio de mercado

El estudio del mercado es fundamental para la elaboración de este proyecto, debido a que la recolección de datos que obtendremos durante este proceso ayudará a identificar la posición actual que tienen las empresas de reciclaje dentro del estado de Hidalgo y el municipio de Tepeji del Río de Ocampo. La identificación de empresas de reciclaje permite conocer el tipo de competencias, los clientes, proveedores y precios en el mercado, ayudando a enfocar la orientación que tendrá la empresa. Lo anterior permite contemplar aspectos que pueden beneficiar o afectar el proyecto.

3.1.1 Objetivo general del estudio de mercado del proyecto

Según el economista Gregory Mankiw, en su libro titulado *Principios de Economía* (2012), define el mercado como “un grupo de compradores y vendedores de un determinado bien o servicio. Los compradores determinan conjuntamente la demanda del producto y los vendedores, la oferta”.

El estudio de mercado para cualquier proyecto es una de las investigaciones más relevantes, debido a que se deben buscar y analizar los mercados, proveedores, competidores y distribuidores. Dicha investigación debe exhibir datos primarios para continuar con la misma. El estudio de mercado es diferente para cada proyecto, ya que debe adaptarse a la importancia y al tipo de información que se desea obtener (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

3.1.2 Objetivos particulares del estudio de mercado de este proyecto

- Delimitar la población para determinar con precisión qué empresas serán incluidas en el estudio.
- Calcular la muestra para seleccionar una parte representativa de la población que garantice la obtención de datos confiables y válidos.
- Identificar los posibles clientes locales y estatales, para poder ofertar y vender los productos finales, pacas y hojuelas de PET, que se pretenden obtener en este proyecto.

- Investigar los precios de venta en el mercado de las pacas y las hojuelas de PET, para utilizarlos como referencia en los cálculos del estudio financiero.

3.1.3 Procedimiento para el estudio de mercado de este proyecto

Es importante mencionar que los datos obtenidos en el presente estudio serán analizados mediante técnicas de estadística descriptiva con el fin de caracterizar adecuadamente la población de empresas recicadoras de PET en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo.

Asimismo, se llevará a cabo un análisis de sensibilidad de precios, que permitirá evaluar cómo variaciones en los costos de adquisición y venta podrían afectar la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Todos los análisis se realizarán bajo los supuestos previamente definidos, tales como la estabilidad en la disponibilidad de empresas recicadoras y la constancia de los precios de mercado.

Teniendo en cuenta el desglose que debe contemplar un estudio de mercado y, de acuerdo con las características y necesidades de este proyecto, se realizó la siguiente tabla:

En la Tabla 3 se presentan las fuentes de investigación y las técnicas que se utilizaron para obtener los resultados del estudio de mercado.

Tabla 3

Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas en el estudio de mercado de este proyecto

Estudio de mercado	Fuentes primarias	Fuentes secundarias	Técnicas
Delimitación Poblacional	×	×	Investigación bibliográfica
Cálculo de la muestra	×	×	Investigación bibliográfica
Identificación de los posibles clientes locales y estatales	×	×	Investigación bibliográfica
Precios de pacas y hojuelas de PET	×	×	Investigación bibliográfica

Fuente. Elaboración propia, adaptada de (Jiménez, 1997).

Descripción del proceso sobre el estudio del mercado:

- a) Delimitación poblacional: Representa un paso fundamental en el proyecto, ya que permite determinar con precisión quiénes forman parte del estudio y cuáles son los límites del grupo de interés.
- b) Cálculo de la muestra: Es el procedimiento mediante el cual se determina el número de individuos o unidades que serán seleccionados de la población, asegurando que los resultados sean representativos y confiables.
- c) Identificación de los posibles clientes: Este proceso se realizó ubicando algunas de las recicadoras a nivel local y estatal. Para esta investigación se utilizaron fuentes secundarias y primarias (encuesta), con el fin de recolectar información sobre sus consumidores finales (véase tabla 4).
- d) Precios locales: Para este punto también se necesitó la investigación de campo, utilizando la encuesta para obtener resultados más confiables (véase tabla 4).

Tabla 4

Encuesta utilizada para recolectar información en las empresas locales de reciclaje de PET

Número de pregunta	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es el nombre completo de la empresa?	Abierta
2	¿A qué se dedica?	<ul style="list-style-type: none"> a) Es una empresa de acopio de materiales reciclados: PET b) Es una empresa de acopio de materiales PET y cartón c) Es una empresa de acopio de materiales de: PET, cartón y aluminio d) Algun otro material, anotarlo
3	¿Qué proceso de PET lleva a cabo la empresa?	<ul style="list-style-type: none"> a) Recolección de PET b) Recolección y compactación de PET c) Recolección, compactación y trituración de PET

		d) Recolección, compactación, trituración y fundición de PET
4	En caso de generar pacas para la distribución de reciclado de PET, ¿tienen un peso y precio estándar por kilo establecido?	Abierta
5	En caso de generar hojuelas de PET para la distribución de reciclado de PET, ¿tienen un peso y precio estándar por la hojuela establecido?	Abierta
6	En caso de no realizar el proceso completo en esta empresa, ¿a qué empresa lo distribuyen ustedes para concluir el proceso del PET?	Abierta

Fuente. Elaboración propia, adaptada de (Jiménez, 1997).

3.2 Estudio Técnico

El propósito del estudio técnico es examinar y plantear diversas opciones de proyecto para la producción del bien deseado, evaluando la viabilidad técnica de cada una de ellas. A partir de este análisis, se establecen los costos de inversión necesarios y los costos operativos que forman parte del flujo de caja considerado en el estudio económico-financiero. Dicho estudio abarca aspectos como el tamaño y la localización del proyecto.

3.2.1 Localización del proyecto

La localización de un proyecto consiste en encontrar el mejor espacio físico dentro de una zona para establecerlo; sin embargo, para este proyecto, la localización ya está prevista para ser dentro de la Escuela Superior de Tepeji del Río (ESTe-UAEH), por lo que se tomaron en cuenta los diferentes aspectos que debe cumplir dicho espacio (ver figura 7).

3.2.1.1 Objetivo general de la localización del proyecto.

Elegir el mejor espacio físico dentro de una zona determinada, estudiando y dimensionando los factores positivos y negativos que pueden influir en el desarrollo de la empresa, y visualizar el impacto que tendrá dentro de la sociedad, dando un acercamiento

sobre la rentabilidad que puede llegar a tener algún proyecto al establecerse en una determinada zona (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

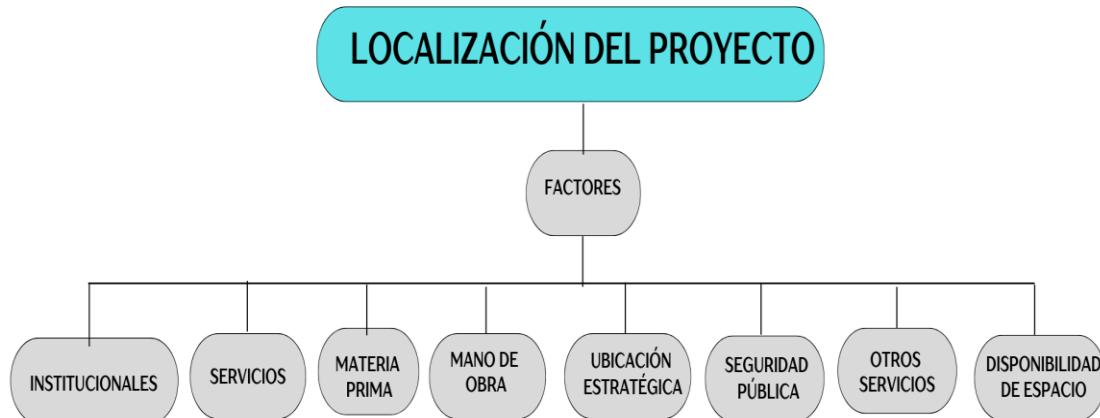
3.2.1.2 Objetivos específicos de la localización de este proyecto.

- Identificar los factores con los que cuenta el lugar propuesto para desarrollar el proyecto y determinar si cumple con los requisitos necesarios para crear la empresa.
- Exponer las ventajas de la creación de la empresa recicladora de PET en el lugar propuesto, con el fin de mostrar la viabilidad de la localización del proyecto dentro de la institución.

3.2.1.3 Factores para la localización del proyecto.

Figura 7

Presentación esquemática de los factores que se consideraron para la propuesta de localización dentro del estudio de factibilidad para la empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río (UAEH)



Fuente. Elaboración propia, adecuado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

A continuación, en la siguiente tabla se presentan las fuentes de investigación y las técnicas que se utilizaron para obtener los resultados sobre los factores que influyen en la localización de este proyecto.

Tabla 5

Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas que se utilizaron para la localización de este proyecto

Factores	Fuentes primarias	Fuentes secundarias	Técnicas
----------	-------------------	---------------------	----------

Institucionales		×	Investigación bibliográfica.
Servicios básicos	×	×	Investigación bibliográfica.
Materia prima	×	×	Investigación bibliográfica.
Mano de obra	×	×	Investigación bibliográfica.
Disponibilidad de espacio	×	×	Investigación bibliográfica.
Ubicación estratégica	×	×	Investigación bibliográfica.
Seguridad pública	×	×	Investigación bibliográfica.
Otros servicios	×	×	Investigación bibliográfica.

Fuente. Elaboración propia, adecuado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Descripción de factores de la localización del proyecto:

- a) Los factores institucionales fueron obtenidos indagando en fuentes bibliográficas sobre las legislaciones vigentes requeridas para la operación legal de una empresa recicladora en el estado de Hidalgo y dentro del municipio de Tepeji del Río de Ocampo, con el fin de conocer los permisos necesarios, su vigencia y los costos de los mismos.
- b) Para los servicios básicos se realizó una investigación de campo, para la cual se propuso elaborar una lista de verificación para llevar el control y tener conocimiento sobre los servicios básicos disponibles dentro de la ESTe-UAEH, que serán necesarios para la instalación y correcto funcionamiento de este proyecto (Concepto.de., 2025), véase (tabla 6).

Tabla 6

Lista de verificación para identificar los servicios existentes en la zona

Categoría de servicios básicos	Sí	No
Agua potable		
Energía eléctrica		
Internet		
Drenaje		
Recolección de basura		
Red celular		
Alcantarillado		

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

- c) Para estimar la cantidad aproximada de materia prima que se puede recolectar al semestre dentro de la ESTe-UAEH, se tomaron en cuenta datos registrados anteriormente, obtenidos de otro proyecto de recolección de botellas PET, el cual fue realizado dentro de la institución por alumnos de bachillerato en semestres anteriores.
- d) En cuanto a la mano de obra, se propuso integrar a los alumnos de la ESTe-UAEH para que desarrollen las habilidades adquiridas dentro de la institución y, al mismo tiempo, puedan cumplir con su requerimiento académico del servicio social, contribuyendo a su desarrollo personal y profesional.
- e) La ubicación estratégica toma en cuenta factores externos que podrían beneficiar o afectar, en tiempo o comodidad, el desplazamiento del personal desde su casa hasta la empresa. Para este inciso, se utilizó una lista de verificación con el fin de conocer los beneficios o afectaciones de dicha ubicación (véase tabla 7).

Tabla 7

Propuesta de lista de verificación para los factores externos de la ubicación estratégica

Factores externos que comprende la ubicación estratégica	Sí	No
Fluidez de transporte público		
Carreteras en condiciones óptimas		
Tráfico 06:30-09:00 a. m.		
Disposición de vías alternativas para llegar a la institución (UAEH)		
Frecuencia en accidentes de las vías alternas para llegar a la institución (UAEH)		
Existencia de señaléticas de prevención en el transcurso de las carreteras a la institución (UAEH)		

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

- f) La seguridad pública es otro punto importante dentro de la localización; para prevenir cualquier acción ilícita que se pueda presentar en un momento determinado por alguien interno o externo a la empresa, se realizó una lista de verificación con el fin de determinar si la zona cuenta o no con servicios de seguridad pública (véase tabla 8).

Tabla 8*Lista de verificación de la seguridad pública*

Servicios de seguridad pública	Sí	No
Monitoreo frecuente de patrullas		
Cercanía a bases de seguridad pública		
Seguridad privada		
Alumbrado público		

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

- g) Los otros servicios corresponden a aquellos que son necesarios en caso de que se presente una emergencia, requiriendo cierto tipo de especialistas dedicados a atender cualquier situación que pueda presentarse dentro de la empresa, por ejemplo: un incendio, robo, etc. Por medio de una lista de verificación se identificó la existencia en la zona de los “otros servicios”, véase (tabla 9).

Tabla 9*Lista de verificación de los “otros servicios” existentes en la zona*

Categoría de “otros servicios”	Sí	No
Policía		
Bomberos		
Protección civil		
Ambulancias		
Paramédicos		

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

- h) La disponibilidad de espacio consiste en evaluar la cantidad de terreno disponible dentro de la institución para el desarrollo del proyecto. Para ello, se propuso realizar un estudio visual de campo, con el fin de determinar si el espacio existente es suficiente y considerar también el posible crecimiento futuro del proyecto.

3.2.2 Ingeniería del proyecto

Acerca de la ingeniería del proyecto, la presente investigación se centra en el análisis de los recursos directos necesarios para la producción de los productos finales, que comprenden las pacas y hojuelas de PET. Se evaluó la producción aproximada que puede generarse a partir de la materia prima disponible. Asimismo, se detallaron los pasos a seguir en el proceso de producción y se calcularon los tiempos requeridos para la ejecución de cada actividad, considerando la maquinaria involucrada.

3.2.2.1 Objetivo general de la ingeniería del proyecto.

La finalidad de la ingeniería de proyecto es abarcar diferentes aspectos relacionados con la infraestructura y los recursos directos necesarios para llevar a cabo el proceso de producción. Para ello, se consideran la maquinaria, la distribución de los departamentos, la construcción, los tiempos, entre otros, etc., (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

3.2.2.2 Objetivos específicos de la ingeniería de este proyecto.

- Proponer la producción aproximada de pacas y hojuelas de PET por semestre, con el objetivo de determinar la cantidad máxima de productos que se podrá ofertar.
- Elaborar un plan para la clasificación de las botellas de PET, con el fin de tener un panorama claro del control que se aplicará en esta etapa del proyecto.
- Proponer la maquinaria, el equipo de transporte interno y el equipo de oficina básico, considerando la producción y la demanda del mercado, con el fin de conocer sus características y valores comerciales.
- Presentar una propuesta del proceso mediante un diagrama representativo que muestre la secuencia de pasos a seguir, simplificando así la explicación del proceso.

A continuación, se presentan las fuentes de investigación y las técnicas utilizadas para obtener los resultados en esta etapa de la ingeniería del proyecto.

Tabla 10

Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas para la ingeniería del proyecto

Objetivos	Fuentes primarias	Fuentes secundarias	Técnicas
Propuesta de producción aproximada de pacas y hojuelas PET al semestre	×		Investigación bibliográfica.
Propuesta sobre el plan del proceso para clasificar las botellas PET	×	×	Investigación bibliográfica.
Propuesta de maquinaria, equipo de transporte interno	×	×	Investigación bibliográfica.

y equipo de oficina			
Propuesta de diagrama de flujo	×	×	Investigación bibliográfica.

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Descripción sobre los objetivos de la ingeniería del proyecto:

- a) Propuesta de producción aproximada de pacas y hojuelas PET al semestre: Se calculó la producción aproximada tomando como referencia la materia prima disponible, de acuerdo con los datos recolectados previamente, tal como se mencionó en los factores de la localización del proyecto (pág. 32). Conocer la cantidad de producción fue necesario para seleccionar la maquinaria, el equipo de transporte interno y el equipo de oficina básico, así como para elaborar la representación del diagrama de flujo del proceso.
- b) Propuesta sobre el plan del proceso para clasificar las botellas PET: Se describieron los pasos a seguir para la clasificación de las botellas de PET con el fin de mantener un control adecuado. Asimismo, se calcularon los tiempos necesarios para realizar dicha actividad considerando las horas de servicio y la cantidad de alumnos que participarán en el proceso.
- c) Propuesta de maquinaria, equipo de transporte interno y equipo de oficina básico: La investigación se realizó con base en la producción aproximada por semestre. Se obtuvieron cotizaciones de fuentes secundarias y se propusieron varias opciones de maquinaria, equipo de transporte interno y equipo de oficina básico. Esto permitió describir sus características, valores monetarios y otros factores relevantes, de acuerdo con la oferta del mercado y la disponibilidad de información.
- d) Se realizó una propuesta sobre el diagrama de flujo: Con el fin de mostrar de manera ilustrativa el proceso previsto según los productos finales planeados, se realizó un desglose de los pasos del proceso, utilizando la simbología correspondiente, detallando desde el inicio hasta el fin la producción de pacas y hojuelas de PET.

Figura 8

Simbología utilizada para elaborar el diagrama de flujo

SÍMBOLO	NOMBRE	FUNCIÓN
	Inicio / final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Permite analizar una situación según si su respuesta es verdadera o falsa, sí o no
	Entrada / salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión

Fuente. Obtenido de (Concepto.de., 2017)

3.4 Estudio administrativo

El estudio administrativo es fundamental en este proyecto, ya que permiten definir el enfoque administrativo que se implementará. Para ello, se propuso el organigrama de la empresa recicladora de PET en la ESTe-UAEH, con el objetivo de controlar de manera eficiente al personal y establecer los requerimientos que cada puesto debe cumplir para el correcto funcionamiento de la empresa. Asimismo, este organigrama permitirá visualizar la importancia y la responsabilidad de cada persona en el desarrollo de sus actividades.

3.4.1 *Objetivo general del estudio administrativo*

Conocer e identificar el régimen de cada organización, así como elaborar un desglose que represente su organigrama en función de los puestos, permite también reconocer la importancia de cada colaborador y el impacto de las actividades que realizará el personal asignado. Todo ello tiene como objetivo establecer una estructura organizacional adecuada, de acuerdo con las características requeridas para cada puesto (Parra, López, Pellat, & Puerta, 2008).

3.4.2 *Objetivos específicos del estudio administrativo*

- Proponer, dentro del marco legal, el tipo de personalidad jurídica que permita operar de manera formal y conforme a la ley.
- Proponer un organigrama que represente gráficamente la estructura jerárquica de la empresa.

- Describir las actividades del personal, de acuerdo con el organigrama propuesto, con el fin de identificar y considerar las habilidades y conocimientos necesarios para la selección y asignación de los puestos.
- Definir la visión y misión de la empresa recicladora de PET, con el objetivo de generar confianza tanto interna, entre los trabajadores, como externa, en clientes y proveedores, difundiendo los valores y objetivos de la empresa a corto y largo plazo.

A continuación, se presentan las fuentes de investigación y las técnicas utilizadas para alcanzar los objetivos del estudio administrativo en este proyecto.

Tabla 11

Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas para el estudio administrativo

Objetivos	Fuentes primarias	Fuentes secundarias	Técnicas
Propuesta de personalidad jurídica	×	×	Investigación bibliográfica.
Organigrama	×	×	Investigación bibliográfica.
Descripción de actividades	×	×	Investigación bibliográfica.
Propuesta de misión y visión	×	×	Investigación bibliográfica.

Fuente. Elaboración propia, adaptada de (Parra, López, Pellat, & Puerta, 2008).

Descripción sobre los objetivos del estudio administrativo del proyecto:

- a) Propuesta personalidad jurídica: Es necesario definir la personalidad jurídica, ya que, dentro del marco legal, influye en el éxito o fracaso de la empresa. Esta permite adquirir derechos y obligaciones, realizar demandas, poseer bienes, entre otros.
- b) El organigrama: Representa gráficamente la estructura y jerarquía del personal que se manejará internamente en la empresa, considerando los departamentos necesarios para su correcto funcionamiento.
- c) Propuesta de misión y visión: La misión corresponde a la razón de ser de la empresa, mientras que la visión se refiere a las metas a futuro. Tanto la misión

como la visión constituyen una forma de identidad corporativa que se comunica a personas internas y externas.

A continuación, se propone la siguiente rúbrica para evaluar las características de la misión y visión (véanse las tablas 12 y 13).

Tabla 12

Rúbrica para evaluar las características de la misión

Características	Escala de valoración			
	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente
Es corta (fácil de recordar)				
Es entendible				
Es específica				
Es convincente				
Es realista				

Fuente. Elaboración propia adaptada de (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

Tabla 13

Rúbrica para evaluar las características de la visión

Características	Escala de valoración			
	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente
Se visualiza a futuro				
Es deseable (estimulante)				
Es alcanzable				
Está enfocada la idea				
Es flexible				
Es comunicable				

Fuente. Elaboración propia adaptado de (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

3.5 Estudio financiero

Los aspectos financieros comprenden la administración económica, incluyendo los factores de inversión, gastos, ingresos y financiamiento. Esto permite mantener un control efectivo dentro de la organización o empresa, además de proporcionar un criterio sólido para la toma de decisiones que puedan beneficiar o afectar económicamente a la organización.

3.5.1 *Objetivo general del estudio financiero*

El objetivo general de los aspectos financieros en las organizaciones es mantener y generar control, estabilidad, eficiencia y sostenibilidad mediante las actividades y decisiones económicas que se deben ejecutar (Orozco, 2017).

3.5.2 *Objetivos específicos del estudio financiero*

- Calcular el total aproximado de los gastos directos, con el fin de obtener una estimación de la inversión total durante el primer año.
- Calcular los gastos indirectos, tales como electricidad, agua, mantenimiento futuro de la maquinaria, entre otros, para obtener una estimación más precisa del total de la inversión inicial en el primer año.
- Calcular los ingresos totales anuales aproximados, con el objetivo de determinar el retorno de inversión anual.
- Calcular el punto de equilibrio financiero, para evaluar la rentabilidad del proyecto.

A continuación, se presentan las fuentes de investigación y las técnicas utilizadas para alcanzar los objetivos del estudio financiero.

Tabla 14

Análisis de las fuentes de investigación y de las técnicas utilizadas para los objetivos financieros

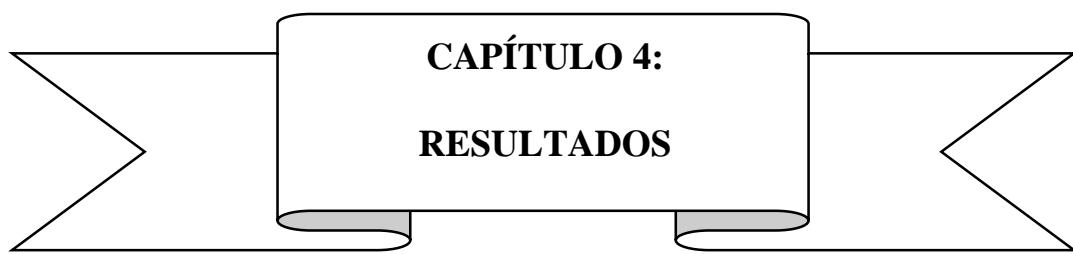
objetivos	Fuentes primarias	Fuentes secundarias	Técnicas
Gastos directos totales aproximados	×	×	Investigación bibliográfica.
Gastos indirectos totales aproximados	×	×	Investigación bibliográfica.

Ingresos totales anuales aproximados	×	×	Investigación bibliográfica.
Punto de equilibrio financiero	×	×	Investigación bibliográfica.

Fuente. Elaboración propia adaptado de (Farías, s.f.).

Descripción sobre los objetivos financieros del proyecto:

- a) Gastos directos totales aproximados: Los gastos directos son aquellos relacionados directamente con el proceso, como: la maquinaria, la mano de obra y la materia prima. Es necesario calcular los gastos directos totales para obtener una estimación más precisa de la inversión inicial de este proyecto.
- b) Gastos indirectos totales aproximados: Los gastos indirectos son aquellos que, aunque no están directamente relacionados con el proceso, son necesarios para su operación, como la electricidad, el agua, entre otros. Por ello, es necesario calcular los gastos indirectos totales para obtener una estimación más precisa de la inversión inicial de este proyecto.
- c) Ingresos totales aproximados: Los ingresos representan la suma de dinero que una persona, empresa o gobierno obtiene por realizar actividades económicas o prestar servicios. En este proyecto, se calcularon los ingresos totales aproximados para determinar el monto económico que se puede generar.
- d) Punto de equilibrio financiero: Es una herramienta que permite evaluar la viabilidad de un proyecto de manera cuantitativa y temporal, considerando los gastos directos, los gastos indirectos y los ingresos. Esta herramienta se utilizó para visualizar la factibilidad económica del proyecto.



En la siguiente tabla se presentan las magnitudes, unidades y símbolos empleados en los resultados obtenidos en este proyecto.

Tabla 15

Magnitudes, unidades y símbolos utilizados en este proyecto

Magnitud	Unidad	Símbolos
Masa	Kilogramos	kg
	Kilogramos por hora	kg/h
	Toneladas por hora	t/h
	Libras	lb
Volumen	Mililitros	mL
	Metros cúbicos	m ³
	Litros	L
Tiempo	Días efectivos	d. ef.
	Meses efectivos	m. ef.
	Años efectivos	a. ef.
	Semestre efectivo	sem. ef.
	Semanas efectivas	s. ef.
	Segundos	s
	Horas efectivas	h. ef.
	Hora	h
	Minutos	min
Eléctrica	Kilovatio	kW
	Kilovatio por hora	kWh
	Caballos de fuerza	HP
Longitud	Milímetros	mm
	Centímetros	cm

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Prodanoff, s.f.).

4.1 Estudio de mercado

- a) Delimitación poblacional: En cuanto a la población objetivo, esta se conforma por las empresas recicadoras y compradores de PET ubicados en la región central del estado de Hidalgo, específicamente en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo. Este universo incluye tanto a las organizaciones dedicadas al acopio, separación y comercialización del material. Dada la imposibilidad de acceder a un registro completo y actualizado de todas las recicadoras y compradores del municipio de Tepeji del Río de Ocampo, se recurrió a un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando aquellas empresas que mostraron disposición para participar y que representan a los actores más activos dentro del mercado local (Ochoa, 2015).

- b) Cálculo de la muestra: El tamaño de muestra se calculó aplicando la fórmula estadística para proporciones, con un nivel de confianza del 95 % y una probabilidad máxima de variabilidad ($p=q=0.5$):

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

Sustituyendo:

$$n = \frac{(1.96)^2 \times (0.5) \times (0.5)}{(0.05)^2} = 384$$

En consecuencia, el tamaño muestral ideal sería de 384 observaciones. No obstante, debido a las limitaciones del estudio y a la disponibilidad real de empresas en la región, se trabajó con un número menor de participantes, lo cual se reconoce como parte de los alcances y limitaciones de esta investigación.

- c) Identificación de los posibles clientes: Debido a la poca contribución, dado que las empresas de reciclaje locales no respondieron de manera puntual a las preguntas del cuestionario que se muestra en la Tabla 4, se realizó la investigación en fuentes secundarias. En la Tabla 16 se mencionan los resultados obtenidos de la investigación.

Tabla 16

Posibles clientes para las pacas y hojuelas de PET

Nombre	Ubicación	Materiales aceptados
Melo Tepeji.	Av. Melchor Ocampo 15, Tlaxinacalpan, 42855 Tepeji del Río de Ocampo, Hgo.	Cartón, archivo blanco, periódico, revista, PET y HDPE (Polietileno de alta y baja densidad).
Melo Tulancingo.	Tulancingo - Ecatepec De Morelos, Santa Ana 43642 Tulancingo, Hidalgo	Cartón, archivo blanco, periódico, revista, PET y HDPE
EMHSA.	Calle Xometitla No. 3, Supermanzana Loc 43838 Acelotla de Ocampo, Hidalgo	Plástico, metales y madera.

Acopio Pachuca petstar.	43586 camino A San Miguel Nopalapa No. 2. Colonia, San Miguel Nopala 43586 Epazoyucan, Hidalgo	Plástico y vidrio.
-------------------------------	--	--------------------

Fuente. Elaboración propia, adaptada de (Recíclala México, s.f.).

- d) Se obtuvo que el kilogramo de botellas de PET es adquirido a \$7.00 MXN por una empresa local de reciclaje. Por otra parte, una de las empresas locales encuestadas acerca de su precio de venta de pacas de PET indicó que este asciende aproximadamente a \$17.00 MXN por kilogramo (véase el Anexo 1). Como se mencionó anteriormente, en relación con el costo de las hojuelas de PET, se identificó que su precio en Hermosillo, Sonora el kilogramo puede alcanzar un valor de \$25.00 MXN, mientras que en Monterrey puede llegar a \$36.00 MXN (QuimiNet, 2025).

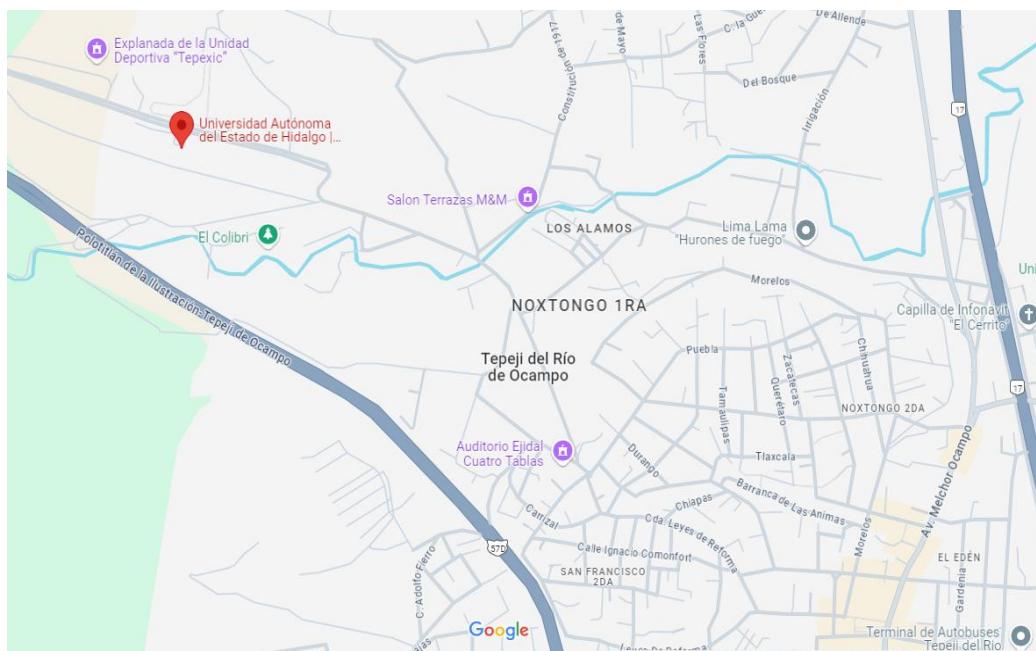
4.2 Estudio Técnico

4.2.1 Localización del proyecto

Referente a la decisión sobre la localización de este proyecto, esta se establece en la Escuela Superior de Tepeji del Río, ubicada en Noxtongo, 42860 Tepeji del Río de Ocampo, Hgo. El proyecto pretende contribuir al desarrollo de las habilidades cognitivas de los estudiantes de la institución. Asimismo, busca generar un impacto económico favorable y beneficiar al medio ambiente, promoviendo el aprovechamiento y reciclaje de las botellas PET generadas dentro de la misma escuela.

Figura 9

Imagen ilustrativa sobre la ubicación de la Escuela Superior de Tepeji del Río



Fuente. Obtenido de (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo — Escuela Superior de Tepeji del Río, 2024).

a) Factores institucionales:

Se obtuvo la siguiente información (del punto 1 al 3) acerca de los permisos requeridos para la operación de la empresa de reciclaje en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo. En los puntos 4 y 5 se mencionan los permisos necesarios en caso de que la empresa también se dedique al transporte del material reciclado. Además, se incluye una breve descripción de dichos permisos, así como de sus funciones y costos:

1. Licencia de funcionamiento: Se entiende por acto administrativo aquel mediante el cual se concede a una persona física o jurídica la autorización para llevar a cabo alguna actividad económica, ya sea comercial, industrial o de servicios (Gobierno del Estado de México, s.f.), en el municipio de Tepeji del Río, el costo de la licencia de funcionamiento se establece de acuerdo con la Ley de Ingresos de 2024, y su vigencia es de un año (Gobierno del Estado de Hidalgo, s.f.).
2. Autorización para el reciclado o co-procesamiento de residuos peligrosos: Se requiere un permiso para realizar el reciclaje o co-procesamiento de este tipo de residuos cuando el servicio se preste a terceros. El trámite tiene un costo de \$3,731.27 MXN y una vigencia de 10 años (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), s.f.).
3. Autorización para el manejo de residuos peligrosos disposición final: Autorización otorgada a personas físicas, morales o generadores de residuos peligrosos que pretendan construir y operar una instalación de disposición final de residuos peligrosos en sus propias instalaciones o para la prestación de servicios a

terceros. Tiene un costo de \$129,297 MXN y una vigencia de 10 años (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), s.f.).

4. Expedición de permiso para el transporte privado de carga especializada de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos para personas físicas: Cuando se trate de una persona física, es necesario solicitar a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) el permiso correspondiente para el transporte de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos, siempre y cuando dicho transporte no genere un cobro por el servicio. Este trámite tiene un costo de \$2,819 MXN y es válido por un año (Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), s.f.).
5. Alta de vehículos adicionales al permiso de transporte privado de personas y carga: Si eres titular de un permiso, debes solicitar a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) el registro de vehículos adicionales al permiso ya expedido para el transporte privado de carga o de personas. El trámite tiene un costo de \$932 MXN y una vigencia de un año (Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), s.f.).

b) Servicios básicos:

De acuerdo con la investigación de campo, se logró concretar la lista de verificación propuesta (véase la Tabla 6) para este proyecto.

Tabla 17

Resultados obtenidos de la lista de verificación para identificar los servicios existentes en la zona

Categoría de servicios básicos	Sí	No
Agua potable	×	
Energía eléctrica	×	
Internet	×	
Drenaje	×	
Recolección de basura	×	
Red celular	×	
Alcantarillado	×	

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Con base en la investigación de campo, se verificó que el cumplimiento es satisfactorio, dado que se cuentan con todos los servicios básicos considerados esenciales para el funcionamiento de este proyecto.

c) Respecto a la materia prima:

Después de realizar la investigación con el responsable del proyecto de reciclaje llevado a cabo anteriormente con botellas PET en la ESTe-UAEH, se obtuvo que, en un semestre efectivo, se recolectó una tonelada de botellas PET. Además, a través del diálogo con los principales vendedores ubicados dentro y alrededor de la institución, se determinaron los tipos de productos PET más ofertados y consumidos por los alumnos.

Estos son: refrescos (Coca-Cola, Manzana Sol, Fanta, Delaware, etc.), bebidas energizantes (Vive 100, Powerade, Gatorade, Volt, etc.) y botellas de agua (Ciel, Bonafont, Skarch, etc.), en su mayoría en presentación de 600 mililitros (mL). De acuerdo con fuentes secundarias, se estimó un requerimiento aproximado de 30 botellas PET de 600 mL para obtener 1 kg de PET (Blanco, 2018).

Las dimensiones (forma y tipo) de las botellas suelen variar. Para este análisis, se tomó como referencia una ficha técnica de una botella PET de 600 mL, modelo genérico, obteniéndose los siguientes datos: altura de 239 mm (23.9 cm) y ancho de 64 mm (6.4 cm) (REMSA, s.f.).

A continuación, se presentan los cálculos correspondientes para obtener aproximaciones de lo recolectado por día, hora, semana y mes efectivos en la ESTe-UAEH, durante un semestre efectivo (sem. ef.) de enero a junio.

Para calcular la recolección efectiva por día (d. ef.) de botellas PET aproximada, se tomó en cuenta lo siguiente:

Considerando que:

- 1 tonelada es equivalente a 1,000 kg (cantidad recolectada de botellas PET en un semestre efectivo, sem. ef.).
- 1 semestre es igual a 6 meses; sin embargo, de esos 6 meses, solo 4 meses son efectivos (m. ef.).
- 1 mes equivale a 4.34 semanas (promedio de semanas por mes).

La ESTe-UAEH, al ser una institución educativa, trabaja de lunes a viernes, por lo que se consideran 5 días hábiles efectivos por semana. Asimismo, se determinó que, en el periodo de enero a junio, se tienen 8 días festivos oficiales.

Dicho lo anterior, se multiplicaron los 5 días hábiles efectivos por las 4.34 semanas, dando como resultado 22 días efectivos (d. ef.) por mes efectivo (m. ef.). Posteriormente, se multiplicaron los 22 días efectivos por los 4 meses efectivos (m. ef.), dando un total de 88 días efectivos en un semestre (d. ef./sem. ef.). A esta cantidad se le descontaron los 8 días de descanso oficiales, arrojando un total de 80 días efectivos por semestre (d. ef./sem. ef.).

Con estos datos se realizó el cálculo siguiente:

$$\frac{1000 \text{ kg/sem. ef.}}{80 \text{ d. ef./sem. ef.}} = 13 \text{ kg/d. ef.}$$

De lo anterior, al realizar la división de los 1000 kg/sem. ef. (cantidad aproximada en kilogramos de botellas PET que se recolectan en un semestre efectivo) entre los 80 d. ef., se obtienen 12.5 kilogramos por día efectivo; por lo que, redondeando, se obtuvo una aproximación de recolección de botellas PET de 13 kg/d. ef.

Para calcular la recolección efectiva por día, en cantidad de botellas PET, se tomó en cuenta lo siguiente:

Dado que se recolectan 13 kg por día efectivo y considerando que 30 botellas PET de 600 mL equivalen a 1 kg, se obtuvo:

$$13 \text{ kg/d. ef.} \times 30 \text{ botellas PET/kg} = 390 \text{ botellas de PET/d. ef.}$$

Por lo tanto, se juntan aproximadamente 390 botellas PET en un día efectivo.

Para calcular la recolección efectiva por hora, en kilogramos de botellas PET, se consideró lo siguiente:

La ESTe-UAEH imparte clases en los turnos matutino, vespertino y mixto. Las clases para los alumnos pueden comenzar a las 7:00 a. m. y terminar hasta las 8:00 p. m., dependiendo de la carga horaria. Aunque un día tiene 24 horas, los horarios de actividad varían entre las 7:00 y las 20:00 horas, transcurriendo 13 horas efectivas (h. ef.) por día. Por lo tanto, la recolección efectiva por hora se calcula dividiendo la recolección diaria entre las horas efectivas:

$$\frac{13 \text{ kg/d. ef.}}{13 \text{ h. ef./d. ef.}} = 1 \text{ kg/h. ef.}$$

Por lo tanto, se juntan aproximadamente 1 kilogramo de botellas PET en una hora efectiva.

Para calcular la recolección efectiva por semana, en kilogramos de botellas PET, se tomó en cuenta lo siguiente:

El resultado de la recolección por día (13 kg/d. ef.) se multiplicó por 7 días (días efectivos de la semana, dado que se consideraron los 80 d. ef., los cuales no incluyen fines de semana ni días de descanso oficiales).

$$13 \text{ kg/d. ef.} \times 7 \text{ d. ef.} = 91 \text{ kg}$$

Se obtuvo como resultado 91 kilogramos por semana efectiva.

Para calcular la recolección efectiva por mes, se consideró lo siguiente:

Los 91 kg/s. ef. se multiplicaron por 4.34 semanas efectivas (equivalente a un mes):

$$91 \text{ kg/s. ef.} \times 4.24 \text{ s. ef.} = 395 \text{ kg}$$

Se obtuvo como resultado 395 kilogramos por mes efectivo.

Comprobación: Para verificar los cálculos, se dividieron los 80 d. ef. entre 7 días por semana, dando como resultado 11.42 semanas efectivas (aproximadamente 11 s. ef.). Este resultado se dividió entre 4.34 semanas por mes, obteniendo 2.53 meses efectivos en un semestre de enero a junio en la ESTe-UAEH.

Posteriormente, se multiplicó la recolección por mes efectivo (395 kg/m. ef.) por los 2.53 meses efectivos en un semestre, obteniéndose un total aproximado de 999.35 kg de PET recolectados en 2.53 meses efectivos.

Nota: El resultado es aproximado debido a redondeos y decimales aplicados en los cálculos.

d) Mano de obra:

Para llevar a cabo el proceso de producción, es necesaria la intervención de algunos alumnos del servicio social. La cantidad de alumnos se calculó a partir de una referencia de cotización realizada al proveedor Asian Machinery USA, Inc. sobre una línea de reciclaje de botellas PET con capacidad de 500 kg/h, según las especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 23.

La cotización sugiere que se requieren de 2 a 4 personas. Tomando como referencia la máxima cantidad sugerida, se obtiene:

$$\frac{500 \text{ kg/h}}{4 \text{ personas}} = 125 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) / \text{persona}$$

Considerando el resultado anterior (125 kg/h que realiza cada persona) y la producción aproximada para este proyecto, como se muestra en los resultados de la ingeniería del proyecto (inciso a), en los cuales se determinó que la producción de la línea de reciclaje sea de 200 kg/h cada 2.19 s. ef., se calculó lo siguiente:

$$\frac{200 \text{ kg/h}}{125 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) / \text{persona}} = 1.6 \text{ personas}$$

Con base en el redondeo del resultado anterior (1.6 personas), se determinó que se requieren 2 alumnos para participar en el proceso. Asimismo, se propone que un alumno se encargue de la administración de la producción y las ventas.

e) Referente a la ubicación estratégica:

A continuación, se presentan los resultados de la investigación de campo, obtenidos a partir de la lista de verificación propuesta (véase la Tabla 7), los cuales evidencian que la zona cumple satisfactoriamente con los factores esperados.

Tabla 18

Resultados obtenidos mediante la lista de verificación, destinados a identificar los factores externos relacionados con la ubicación estratégica

Factores externos que comprende la ubicación estratégica	Sí	No
Fluidez de transporte público	×	
Carreteras en condiciones óptimas	×	
Tráfico 06:30-09:00 a. m.		×
Disposición de vías alternativas para llegar a la institución (UAEH)	×	
Frecuencia en accidentes de las vías alternas para llegar a la institución (UAEH)		×
Existencia de señaléticas de prevención en el transcurso de las carreteras a la institución (UAEH)	×	

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Se determinó que, debido a la cantidad de alumnos y a la diversidad de residencias en el entorno de la institución, existe un transporte fluido y constante, lo que ayuda a reducir el tráfico. Asimismo, hay diversas salidas hacia vías alternas, con señalización dentro y fuera de la institución, lo que facilitará la entrada y salida de los futuros clientes.

La vía de acceso más destacada es la autopista México-Querétaro, la cual podría beneficiar, en caso de ser necesario, la exportación futura de los productos (pacas y hojuelas de PET) hacia otros estados de la República Mexicana.

f) Seguridad pública:

En la lista de verificación propuesta (véase la Tabla 8), se presentan los resultados satisfactorios obtenidos durante la investigación de campo.

Tabla 19

Resultados obtenidos mediante la lista de verificación para identificar los servicios de seguridad pública

Servicios de seguridad pública	Sí	No
Monitoreo frecuente de patrullas	×	

Cercanía a bases de seguridad pública	×	
Seguridad privada	×	
Alumbrado público	×	

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Respecto a la seguridad pública en la ESTe-UAEH, se cuenta con monitoreo frecuente por patrullas en distintos horarios, ya que, al ser una institución pública, el presidente municipal de Tepeji del Río de Ocampo se encarga de preservar la seguridad del alumnado debido a la cantidad de ciudadanos que asisten diariamente a la institución. Asimismo, la institución dispone de seguridad privada.

Otra ventaja en materia de seguridad pública es que, recientemente, se instaló una base de la Guardia Nacional cerca de la ubicación donde se pretende desarrollar el proyecto, lo que aporta mayor tranquilidad a la zona. Asimismo, las calles que conducen al lugar del proyecto cuentan con alumbrado público.

g) Los otros servicios:

En la lista de verificación propuesta (véase la Tabla 9), se presentan los resultados satisfactorios obtenidos durante la investigación de campo.

Tabla 20

Resultados obtenidos mediante la lista de verificación para identificar los “otros servicios”

Categoría de “otros servicios”	Sí	No
Policía	×	
Bomberos	×	
Protección civil	×	
Ambulancias	×	
Paramédicos	×	

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Se determinó que, en caso de presentarse una emergencia en la ubicación de este proyecto, provocada por un accidente u otro suceso inesperado, el municipio de Tepeji del Río de Ocampo cuenta con un servicio de bomberos ubicado en San Juan Otlaxpa, también conocido como Las Guerras. Asimismo, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) se encuentra sobre la avenida principal y dispone de ambulancias, personal de enfermería, médicos generales y cirujanos, para actuar ante cualquier emergencia que pueda presentarse.

Ambos servicios cuentan con facilidad de acceso a vías alternas; los bomberos y las ambulancias pueden utilizar la autopista debido a la cercanía, o bien tomar calles menos transitadas, lo que permite que los traslados sean más rápidos.

h) Disponibilidad de espacio:

Respecto a la disponibilidad de espacio, tras un estudio visual de campo, se determinó que existe suficiente terreno disponible dentro de la institución para iniciar el proyecto e incluso para una posible ampliación futura.

4.2.2 Ingeniería del proyecto

- a) Propuesta de producción aproximada de pacas y hojuelas de PET en un semestre efectivo, calculada a partir de la materia prima disponible:

De acuerdo con la investigación realizada a algunas empresas locales del municipio de Tepeji del Río, mediante un cuestionario (véase la Tabla 4), se obtuvo que las pacas dentro del mercado local suelen variar entre 200 y 500 kilogramos (kg) (véase el Anexo 1), dependiendo del tipo de compactadora, la densidad o la cantidad que se introduzca en la misma.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre la cantidad de kilogramos recolectados por mes efectivo de botellas PET (395 kg/m. ef.), se estimó lo siguiente:

Si se producen pacas de botellas PET del mínimo estándar local (200 kg), se obtendría la siguiente producción de pacas PET en meses efectivos:

$$\frac{200 \text{ kg}}{395 \text{ kg/m. ef.}} = 0.506 \text{ m. ef.}$$

$$4.34 \text{ s. ef./m. ef.} \times 0.506 \text{ m. ef.} = 2.19 \text{ s. ef.}$$

Esto significa que, aproximadamente, cada 2.19 semanas efectivas (s. ef.) se podría producir una paca de 200 kg. En días efectivos, se obtuvo el siguiente resultado:

$$2.19 \text{ s. ef.} \times 7 \text{ d. ef./s. ef.} = 15 \text{ d. ef.}$$

Para calcular la cantidad de pacas de 200 kg que se pueden producir en un semestre efectivo, se consideraron las 11 semanas efectivas del semestre (obtenidas al dividir los 80 d. ef. entre 7 d. ef.) y se dividieron entre 2.19 semanas efectivas, lo que dio como resultado lo siguiente:

$$\frac{11 \text{ s. ef./sem. ef.}}{2.19 \text{ s. ef.}} = 5 \text{ pacas en un semestre efectivo}$$

Utilizando los mismos datos de referencia sobre la cantidad de kilogramos recolectados por mes efectivo de botellas PET (395 kg/m. ef.), en caso de producir pacas del máximo estándar (500 kg), se obtendría la siguiente producción:

$$\frac{500 \text{ kg}}{395 \text{ kg/m. ef.}} = 1.25 \text{ m. ef.}$$

$$4.34 \text{ (s. ef./m. ef.)} \times 1.25 \text{ m. ef.} = 5.42 \text{ s. ef.}$$

Esto significa que, aproximadamente, cada 5.42 semanas efectivas (s. ef.) se podría producir una paca de 500 kg. En días efectivos, se obtuvo el siguiente resultado:

$$5.42 \text{ s. ef.} \times 7 \text{ (d. ef./s. ef.)} = 38 \text{ d. ef.}$$

Para calcular la cantidad de pacas de 500 kg que se pueden producir en un semestre efectivo, se tomaron en cuenta nuevamente las 11 semanas efectivas del semestre y se dividieron entre 5.42 semanas efectivas, lo que dio como resultado:

$$\frac{11 \text{ s. ef./sem. ef.}}{5.42 \text{ s. ef.}} = 2 \text{ pacas en un semestre efectivo}$$

Debido a la baja cantidad de materia prima en kilogramos de botellas PET que se pueden recolectar en un semestre efectivo, se determinó que lo más óptimo es que la producción de pacas PET sea de 200 kg, con el fin de realizar el proceso con mayor frecuencia y obtener ingresos de manera más continua. La cantidad de hojuelas PET depende de la producción de pacas; las hojuelas se generan a través de una línea de reciclaje cuya capacidad, en este proyecto, será de 200 kg/h (las unidades se asignaron tomando como referencia una línea de reciclaje de botellas PET con capacidad de 500 kg/h, según se muestra en las especificaciones de la Tabla 22). Ambos procesos (pacas y hojuelas PET) se podrán realizar cada 2.19 semanas efectivas.

b) Propuesta del plan de proceso para clasificar las botellas PET:

Considerando que la producción esperada es de cinco pacas por semestre, se considera factible que las pacas de 200 kg de botellas PET sean mixtas (de todos los colores) para garantizar la producción.

Posteriormente, tras la compactación de las pacas y en continuidad con el proceso para obtener hojuelas de PET, se planea utilizar la siguiente clasificación de botellas PET en función de su color:

- Transparente
- Verde
- Azul
- Otro

Existen otros colores de botellas PET; algunos pueden ser de productos de cuidado personal, como shampoo o detergente, entre otros. Sin embargo, este proyecto se centra en la recolección de botellas PET provenientes del consumo de bebidas por parte de los alumnos dentro de la institución ESTe-UAEH.

Se espera que la cantidad de botellas PET recolectadas sea equitativa entre las cuatro clasificaciones propuestas de color: transparente, verde, azul u otro.

Para calcular la cantidad de botellas PET que clasificará cada alumno por día efectivo, se consideró lo siguiente:

Como se mencionó en la sección de localización del proyecto (inciso c, materia prima), la cantidad de botellas PET recolectadas en un día efectivo es de 390 unidades. Considerando lo anterior y los resultados sobre la mano de obra, donde se determinó que son necesarios dos alumnos para intervenir en el proceso, se calculó lo siguiente:

$$\frac{390 \text{ botellas PET}}{2 \text{ personas}} = 195 \text{ botellas PET diarias de color aproximadamente por alumno}$$

Considerando que, según el reglamento de la UAEH, el servicio social tiene una duración mínima de 480 h. ef. en un semestre efectivo (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, s.f.) y que un semestre consta de 80 d. ef., se calculó lo siguiente:

$$\frac{480 \text{ h. ef./sem. ef.}}{80 \text{ d. ef./sem. ef.}} = 6 \text{ h. ef/d. ef.}$$

Con base en el resultado, se determinó que cada alumno de la institución UAEH debe cumplir, en su servicio social, un mínimo de 6 horas efectivas por día.

Teniendo en cuenta la cantidad de botellas PET que deberá clasificar cada alumno en un día efectivo (195) y la cantidad de horas efectivas de servicio por día (6 h. ef.), se obtiene lo siguiente:

$$\frac{195 \text{ botellas PET}}{6 \text{ h. ef.}} = 33 \text{ botellas PET/h. ef.}$$

Esto significa que cada alumno separará 33 botellas PET en una hora efectiva de su servicio social.

Considerando que una hora efectiva equivale a 60 minutos y que cada alumno separará 30 botellas PET/h. ef., se calculó el tiempo estándar aproximado, en minutos, requerido para realizar la clasificación y eliminar manualmente la tapa y la etiqueta por alumno:

$$\frac{60 \text{ minutos}}{33 \text{ botellas de PET}} = 1.81 \text{ minutos por botella PET}$$

El tiempo estándar aproximado requerido, por alumno, para realizar la clasificación y eliminar manualmente la tapa y la etiqueta de cada botella PET es de 1.81 minutos. Esto se considera factible, ya que es una actividad sencilla y rápida de realizar.

c) Propuesta de maquinaria, equipo de transporte interno y equipo de oficina básico:

Los pasos necesarios para obtener las pacas y hojuelas PET como producto final son la compactación, el lavado, el triturado y el secado. Dicho lo anterior, se consultaron fuentes secundarias para recopilar propuestas sobre la maquinaria, el equipo de transporte interno y sus cotizaciones (véanse las Tablas 21, 22 y 23).

Asimismo, se presentan las propuestas sobre el equipo básico de oficina necesario para este proyecto, incluyendo cotizaciones obtenidas de fuentes secundarias, con el fin de que el encargado de la administración disponga de los recursos básicos para mantener el control económico y productivo (véase la Tabla 24).

A continuación, en las Tablas 21, 22, 23 y 24 se muestran diferentes opciones como propuestas para la maquinaria, el equipo de transporte interno y el equipo de oficina básico que se necesitará para el funcionamiento de este proyecto.

Para estimar de manera preliminar el costo de la maquinaria, el equipo de transporte interno y el equipo de oficina básico, se consultaron precios de equipos similares en plataformas comerciales, como Mercado Libre, uline, Amazon, Asian Machinery, proyecta equipos, entre otras. Estos valores se emplean únicamente con fines exploratorios y no representan el costo final de adquisición.

Tabla 21

Propuesta de compactadoras, considerando la producción, los requisitos del mercado y la oferta disponible de maquinaria

Nombre	Modelo	Fuerza	Dimensiones de la máquina	Presión máxima	Dimensiones de paca	Materiales y peso de paca	Tiempo de ciclo en vacío	Motor	Precio (\$)
Compactadora	e&g-10	10 toneladas	90*73*300 cm (centímetros)	2660 PSI (libra por pulgada cuadrada)	80*60 cm (centímetros)	Papel, cartón, archivo, plástico, PET, aluminio y basura. Peso de paca: Hasta 200 kg.	55 s (segundos)	6 HP 220 V	\$68,000 MXN
Compactadora	e&g-15	15 toneladas	110*120*315 cm (centímetros)	2600 PSI (libra por pulgada cuadrada)	80*60 cm (centímetros)	Papel, cartón, archivo, plástico, PET, aluminio y basura. Peso de paca: Hasta 270 kg.	60 s (segundos)	7.5 HP 220 V	\$65,000 MXN

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Proyecta Equipos, s.f.), (Proyecta Equipos, s.f.).

Tabla 22

Propuesta de líneas de lavado, considerando la producción, los requisitos del mercado y la oferta disponible de maquinaria

Maquina	Modelo y marca	Material procesable	Maquinaria que abarca esta línea	Capacidad	Consumo de agua (t/h)	Precio (\$)	Potencia	Personal	Producto final
---------	----------------	---------------------	----------------------------------	-----------	-----------------------	-------------	----------	----------	----------------

Línea de reciclaje de botellas de PET personalizable	BXPET-1000, BOXIN	PET PP HDPE LDPE	Embaladora, tramadora, removedor de etiquetas, mesa de clasificación manual, detector metal, trituradora, lavadora caliente, tanque flotante, secadora, soplador de etiquetas, tolva y armario eléctrico.	1000-5000 kg/h (kilogramos por hora)	3.5	USD \$9,700 .00 (\$187,889.00 MXN)	210-260 Kw (kilowatt)	4-5 personas	Copos de plástico seco
Línea de reciclaje de botellas PET	LAVPET-500, SHULIY	PET	Cinta de transporte, molino, Alimentador de tornillo 1, lavadora en caliente, Alimentador de tornillo 2, lavadora de fricción de alta velocidad, maquina lavadora flotante 1, maquina lavadora flotante 2, centrifuga, Sistema de transmisión y silo de recolección, gabinete /panel sistema eléctrico.	500 kg/h (Kilogramos por hora)	2.3	USD \$99,900.00 (\$1,902,096.00 MXN)	147.5 Kw (kilowatt), 3 fases, 440 voltios, 60Hz.	2-4 personas	Escama de PET de 12-20 mm

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Zhangjiagang Boxin Machinery Co., Ltd., s.f.), (Asian Machinery USA, s.f.).

Nota: Para realizar las conversiones sobre los precios se consideró el valor de un dólar en \$19.37, por lo que el precio puede aumentar o disminuir.

Tabla 23

Propuesta de equipos de transporte interno (patines hidráulicos) para trasladar las pacas de PET

Nombre	Modelo N°	Descripción	Tamaño de horquilla largo x ancho	Capacidad de carga	Peso	Precio (\$)
Patín hidráulico	H-1043	Estándar	48×27”	5,500 lb (2,494.75 kg)	153 lb (69.39 kg)	\$10,736.00 MXN

Patines Hidráulicos Industriales	H-2708	Estándar	48 x 27"	5,500 lb (2,494.75 kg)	165 lb (74.84 kg)	\$11,088. 00 MXN
----------------------------------	--------	----------	----------	---------------------------	----------------------	---------------------

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Uline, s.f.), (Uline, s.f.).

Nota: Los precios de la maquinaria básica y equipo de transporte interno, pueden variar de acuerdo a diferentes factores como la marca, calidad, si existe alguna oferta, la época del año, la existencia de los productos, envío, iva, etc. Para calcular el estudio financiero se tomarán en cuenta los equipos de más bajo costo con el fin de reducir los mismos.

A continuación, en la Tabla 24, se presentan dos opciones de cada clasificación contemplada como equipo de oficina básico en este proyecto.

Tabla 24

Propuesta de equipo básico de oficina, considerando dos opciones de cada tipo de equipo, incluyendo cantidades, características y precios

Equipo de oficina	Cantidad	Características	Precio (\$)
Computadora de escritorio	1 pieza	Marca genérica, procesador Intel, memoria Ram 8 GB, disco SSD 512 GB.	\$5,290.00 MXN
	1 pieza	Marca JOHNKANG, procesador Intel, disco duro 512 GB, disco SSD 512 GB.	\$6,946.51 MXN
Impresora	1 pieza	Marca EPSON, conectividad Wi-Fi, tecnología de impresión (inyección de tinta), característica especial (tanque de tinta recargable).	\$3,399.00 MXN
	1 pieza	Marca HP, conectividad Wi-Fi, tecnología de impresión (inyección de tinta), característica especial (tinta recargable).	\$2,369.40 MXN
Escritorio	1 pieza	Escritorio en L 60x66", el retorno se puede ajustar a la izquierda o derecha, cubierta laminada de 1" de grosor con bordes de PVC y 3 hoja les para cables, altura de 30".	\$19,471.76 MXN
	1 pieza	Escritorio en L 72x66", el retorno se puede ajustar a la izquierda o derecha, cubierta laminada de 1" de grosor con bordes de PVC y 3 ojales para cables, altura de 30".	\$22,330.00 MXN
Sillas	3 piezas	Silla ergonómica de malla: Asiento de espuma moldeable de 4", profundidad del asiento moldeable, reclinable, respaldo de malla transpirable (se ajusta a la altura y ángulo deseable, descansa brazos ajustables acoljinados de 3 posiciones).	\$7,568 c/u x 3 = \$22,704.00 MXN c/u (cada uno).
	3 piezas	Silla de malla para trabajo: Asiento de 3 ½" de grosor, inclinación estándar con tensión ajustable, descansa brazos fijos.	\$6,886 c/u x 3 = 20,658.00 MXN

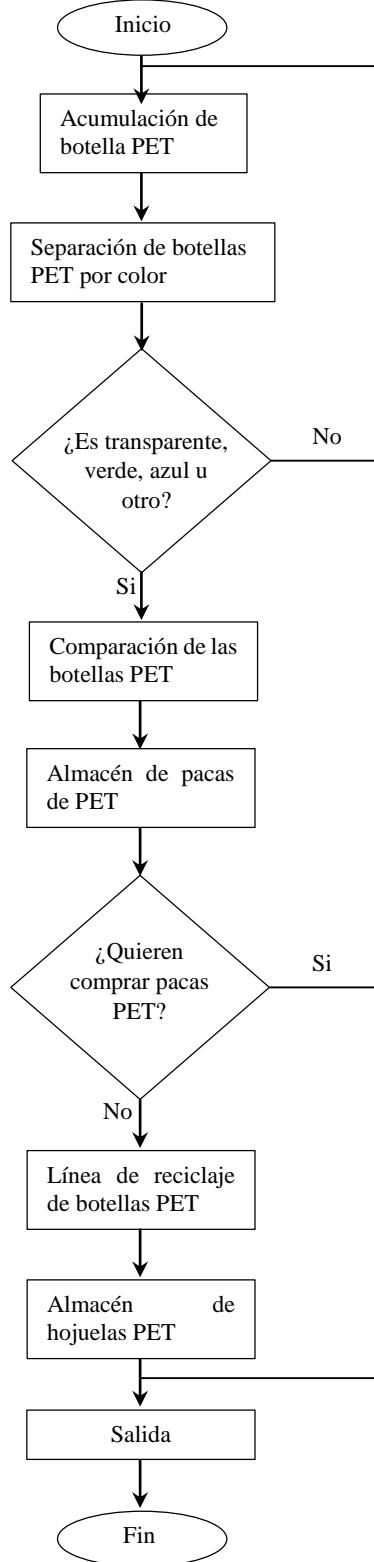
Fuente. Elaboración propia, adaptado de (MercadoLibre, 2025), (MercadoLibre, s.f.), (Epson, s.f.), (HP, s.f.), (Uline, s.f.), (Uline, s.f.), (Uline, s.f.).

Nota: Los precios de los equipos básicos de oficina, pueden variar de acuerdo a diferentes factores como la marca, calidad, la existencia de alguna oferta, la época del año, la existencia de los productos, gastos extras por envío, etc. Para calcular el estudio financiero se tomarán en cuenta los equipos de más bajo costo con el fin de reducir los mismos.

d) A continuación, se presenta el diagrama propuesto del proceso contemplado para este proyecto:

Figura 10

Diagrama propuesto del proceso para este proyecto en la ESTe-UAEH



Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Hernández, Villalobos, & Suárez, 2005).

Descripción del diagrama de flujo:

En la acumulación de botellas PET, los alumnos designados del servicio social se encargarán de concentrar, en un único punto dentro de la institución, todas las botellas recolectadas diariamente.

Durante la separación de botellas PET, los alumnos verificarán que las botellas sean efectivamente de PET y que cumplan con las características requeridas, como el color. Esto garantiza la calidad de los productos finales y su adecuada aceptación en el mercado, asegurando que sean aptos para volver a ser utilizados en envases de alimentos o bebidas.

En la etapa de compactación, se utilizará una compactadora para obtener pacas de botellas PET, las cuales serán almacenadas en el área destinada para tal fin.

Para el acomodo y traslado de las pacas al almacén, se empleará un patín hidráulico, permitiendo un manejo seguro y eficiente del material por parte de los alumnos.

En la línea de lavado, las botellas PET serán sometidas a un proceso de limpieza para eliminar residuos de etiquetas y otras impurezas. Esta misma línea realizará la trituración, obteniendo como producto final las hojuelas de PET.

Finalmente, para el traslado y almacenamiento de las hojuelas PET, se utilizará nuevamente el patín hidráulico, asegurando un correcto acomodo y resguardo del material.

4.4 Estudio administrativo

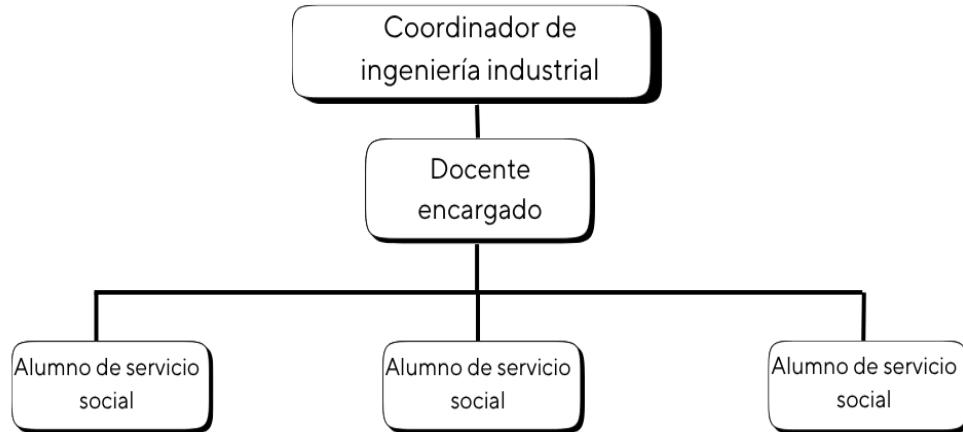
- a) Propuesta de personalidad jurídica para este proyecto:

Debido a que se propuso realizar este proyecto dentro de la institución ESTe-UAEH, y de acuerdo con la investigación en fuentes secundarias sobre proyectos similares, como Prounilac, se les ha otorgado el nombre de “unidad productiva”, cuyo objetivo principal es generar un espacio educativo y puede pertenecer a una persona física o jurídica (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2021).

- b) En la siguiente figura se muestra el organigrama propuesto para la empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río:

Figura 11

En la siguiente figura se presenta el organigrama propuesto para la empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río



Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Organigramas.com.es, 2025).

Descripción de actividades de cada puesto de acuerdo al organigrama propuesto:

- Coordinador de ingeniería industrial: Será responsable de administrar los recursos materiales, financieros y humanos, con el objetivo de tomar decisiones orientadas a optimizar y mejorar el desarrollo del proyecto.
 - Docente encargado: Fungirá como apoyo del coordinador de ingeniería industrial para revisar, analizar, aprobar e instruir a los alumnos de servicio social designados para este proyecto.
 - Alumno de servicio social: Se refiere a los alumnos involucrados, quienes llevarán a cabo el proceso de producción y el control administrativo del proyecto.
- c) Propuesta de misión y visión para la empresa recicladora de PET en la Escuela Superior de Tepeji del Río.

▪ Misión:

Colaborar en la reducción de la contaminación por PET en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, aplicando acciones que les den un segundo uso, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente y mejorando la calidad de vida de los alumnos de la institución y de los habitantes del municipio.

▪ Visión:

Ser una empresa reconocida dentro de la industria del reciclaje de PET, por sus valores, estándares de calidad e innovación, teniendo siempre como prioridad la mejora

continua del proceso, el cuidado del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante las rúbricas utilizadas para evaluar las características de la misión y visión (véanse las Tablas 12 y 13).

Tabla 25

Resultados obtenidos mediante la rúbrica para evaluar las características de la misión

Características	Escala de valoración			
	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente
Es corta (fácil de recordar)			×	
Es entendible			×	
Es específica			×	
Es convincente			×	
Es realista			×	

Fuente. Elaboración propia adaptada de (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

Tabla 26

Resultados obtenidos mediante la rúbrica para evaluar las características de la visión

Características	Escala de valoración			
	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente
Se visualiza a futuro			×	
Es deseable (estimulante)			×	
Es alcanzable			×	
Está enfocada la idea			×	
Es flexible			×	
Es comunicable			×	

Fuente. Elaboración propia adaptado de (Universidad Nacional Autónoma de México, 2020).

Se determinó, mediante las rúbricas, que la misión y la visión propuestas cumplen satisfactoriamente con las características que deben poseer.

4.5 Estudio financiero

4.5.1 Costo de gastos directos totales aproximados

a) Factores institucionales

Para dar inicio, se consideraron únicamente los permisos necesarios para el funcionamiento legal de la empresa recicladora de botellas PET (véase la Tabla 27).

Tabla 27

Permisos para el funcionamiento legal de la empresa recicladora de botellas PET, incluyendo sus costos y vigencias

Permisos	Costo aproximado	Vigencia
Licencia de funcionamiento	-	1 año
Autorización para el reciclado o co-procesamiento de residuos peligrosos	\$3,731.27 MXN	10 años
Autorización para el manejo de residuos peligrosos disposición final	\$129,297.00 MXN	10 años
Total	\$133,028.27 MXN	

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Gobierno del Estado de Hidalgo, s.f.), (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), s.f.), (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), s.f.).

Para que el proyecto pueda ejecutarse de manera legal, la inversión total a pagar durante el primer año sería de aproximadamente \$133,028.27 MXN. Este cálculo considera que la empresa recicladora no realizará el transporte del material reciclado. Cabe señalar que este costo podría incrementarse, ya que no se ha contemplado el costo de la licencia de funcionamiento debido a la falta de información proporcionada por las autoridades correspondientes.

b) Materia prima

La materia prima no generará ningún gasto, ya que se recolectarán las botellas PET desechadas por los alumnos en los botes de recolección dentro de la ESTe-UAEH.

c) Mano de obra

La mano de obra no generará ningún gasto, ya que los alumnos de Servicio Social serán quienes realicen el proceso del proyecto de reciclaje como parte de sus actividades.

d) Propuesta de maquinaria, equipo de transporte interno y equipo de oficina básico

A partir del análisis de los valores económicos presentados en las Tablas 21, 22, 23 y 24, se optó por seleccionar las alternativas de menor costo en maquinaria, equipo de transporte interno y equipo de oficina, con el objetivo de disminuir la inversión inicial y obtener una estimación aproximada del capital necesario para la producción de pacas y hojuelas de PET. Como se mencionó anteriormente, se consultaron precios de productos similares de maquinaria, equipo de transporte interno y equipo de oficina en plataformas comerciales como Mercado Libre, Uline, Asian Machinery, Proyecta Equipos, Amazon, entre otros. Es importante recordar que estos valores se utilizan únicamente como referencia exploratoria y no constituyen el costo definitivo de adquisición.

- Maquinaria:

Tabla 28

Maquinaria básica seleccionada

Maquinaria básica	Precio (\$)
Compactadora (e&g-15)	\$65,000.00 MXN
Línea de lavado (BXPET-1000, BOXIN)	\$187,887.00 MXN
Subtotal	\$252,887.00 MXN

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Proyecta Equipos, s.f.), (Zhangjiagang Boxin Machinery Co., Ltd., s.f.).

- Equipo de transporte interno:

Tabla 29

Equipo de transporte interno básico seleccionado

Equipo de transporte interno básico	Precio (\$)
Patín hidráulico (H-1043)	\$10,736.00 MXN
Subtotal	\$10,736.00 MXN

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Uline, s.f.).

- Equipo de oficina:

Tabla 30

Equipo de oficina básico seleccionado

Equipo de oficina básico	Precio (\$)
---------------------------------	--------------------

Computadora de escritorio (genérica)	\$5,290.00 MXN
Impresora (HP)	\$2,369.40 MXN
Escritorio (L 60x66")	\$19,471.76 MXN
Sillas (Silla de malla para trabajo)	\$20,658.00 MXN
Subtotal	\$47,789.16 MXN
Total	\$311,412.16 MXN

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (MercadoLibre, 2025), (HP, s.f.), (Uline, s.f.), (Uline, s.f.).

Realizando la suma, se obtuvo que la inversión inicial sobre la maquinaria básica, equipo de transporte interno y equipo de oficina serían \$311,412.16 MXN.

- e) Costo total aproximado de gastos directos en el primer año

$$\$133,028.27 + \$311,412.16 = \mathbf{\$444,440.43 MXN} \text{ aproximadamente}$$

4.5.2 Costo de gastos indirectos totales aproximados

- a) Materiales y utensilios de limpieza

Acerca de los materiales para recolectar las botellas de PET dentro de la institución, se pretende utilizar los recursos ya existentes en la ESTe-UAEH, como los contenedores de basura para reciclaje. Dichos contenedores están ubicados en lugares estratégicos y cuentan con indicaciones sobre dónde se debe depositar el PET u otros residuos. En cuanto a los utensilios de limpieza, como escobas, cubetas, jergas, franelas, etc., también se pretende aprovechar los recursos ya existentes, por lo que estos materiales y utensilios no generarían ningún costo.

- b) Agua

Se calculó la cantidad de agua necesaria para la línea de reciclaje de este proyecto a partir de la segunda propuesta de línea de reciclaje de botellas PET (véase Tabla 23), ya que es la más cercana a la producción aproximada de hojuelas de PET planteada en este proyecto (200 kg/h). Esta línea indica que, para una capacidad de 500 kg/h, se requieren 2.3 t/h (toneladas de agua por hora), por lo que se procedió a calcular la cantidad de agua necesaria por kilogramo de PET:

Considerando que:

1 tonelada de agua equivale a 1,000 litros, se obtiene que 2.3 t/h

corresponden a 2,300 litros de agua por hora. Para determinar la cantidad de agua por kilogramo de PET, se realizó la siguiente operación:

$$\frac{2,300 \text{ L/h}}{500 \text{ kg/h}} = 4.6 \text{ L/kg}$$

Esto significa que se requieren 4.6 litros de agua por cada kilogramo de una producción de 500 kg/h de hojuelas de PET. La cantidad necesaria para una producción de 200 kg sería la siguiente:

$$4.6 \text{ L/kg} \times 200 \text{ kg} = 920 \text{ L}$$

Se determinó que, para la producción de 200 kg prevista en la línea de reciclaje, se necesitarían 920 litros de agua. Para convertir esta cantidad a metros cúbicos (m^3), se realizó la siguiente operación:

Considerando que:

$$1 \text{ L} = 0.001 \text{ m}^3 \text{ (metros cúbicos) unidad en la que se mide el agua}$$

$$920 \text{ L} \times 0.001 \text{ m}^3/\text{L} = 0.92 \text{ m}^3$$

Considerando que el proceso se realizará aproximadamente dos veces por mes efectivo:

$$0.92 \text{ m}^3 \times 2 \text{ veces/m. ef.} = 1.84 \text{ m}^3/\text{m. ef. necesarios aproximadamente}$$

Se determinó que el consumo de agua necesario para este proyecto es de 1.84 m^3 por mes efectivo (m. ef.). Esta cantidad, de acuerdo con la propuesta tarifaria, entra dentro de la primera categoría de tarifa industrial, cuyo precio es de \$973.54 MXN mensuales (Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM), 2024). Sin embargo, este costo aumentará, ya que la ESTe-UAEH actualmente cuenta con otro tipo de tarifa. El cambio de tarifa contempla una inspección de \$131.24 MXN y, de ser procedente, un costo adicional de \$236.26 MXN (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2025), teniendo un total de:

$$\$131.24 + \$236.26 = \$367.50 \text{ MXN}$$

Como pago inicial, se debería pagar \$367.50 MXN por el cambio de tarifa de agua; sin embargo, este costo podría aumentar debido a los gastos adicionales que se generen por el acondicionamiento de la instalación para la nueva tarifa.

Costo anual aproximado por agua:

Considerando que:

2.53 meses efectivos (m. ef.) equivalen a 1 semestre efectivo (sem. e.f.) en la institución, y que 1 año efectivo (a. ef.) comprende 2 semestres efectivos (sem. e.f.), se realizaron los siguientes cálculos:

$$2.53 \text{ m. ef.} \times 2 \text{ sem. ef.} = 5 \text{ m. ef. en 2 sem. ef.}$$

Lo anterior indica que hay 5 meses efectivos en dos semestres efectivos, por lo que se puede deducir que existen 5 meses efectivos en 1 año efectivo institucional (5 m. ef./a. ef.).

$$5 \text{ m. ef./a. ef.} \times \$973.54 \text{ MXN} + \$367.50 \text{ MXN} = \$5,235.20 \text{ MXN aproximadamente}$$

Se determinó que el costo por agua del primer año para la línea de reciclaje, considerando la producción de 200 kg de hojuelas de PET, sería de aproximadamente \$5,235.20 MXN (no incluye los gastos por el acondicionamiento de la instalación para la nueva tarifa).

c) Energía eléctrica

Tomando en cuenta las características de la compactadora descritas en la segunda propuesta (véase Tabla 22), seleccionada por ser la más cercana a la producción propuesta de pacas PET de 200 kg para este proyecto, se obtuvo lo siguiente:

En dicha tabla se menciona que se requiere un motor de 6 HP (caballos de fuerza) para una compactadora de 200 kg. Los kW necesarios se calcularon considerando las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ kW}$$

$$60 \text{ s} = 1 \text{ min}$$

$$60 \text{ min} = 1 \text{ h}$$

Cálculo de potencia:

$$6 \text{ HP} \times 0.746 \text{ (kW/HP)} = 4.476 \text{ kW}$$

Esto indica que un motor de 6 HP demanda 4.476 kW. Considerando que se utilizará aproximadamente 2 veces por mes efectivo, se realiza la siguiente operación:

$$4.476 \text{ kW} \times 2 \text{ (veces/m. ef.)} = 8.952 \text{ kW/m. ef.}$$

Por lo tanto, en un mes efectivo la compactadora demandará 8.952 kW.

Para calcular el consumo (kWh) de la compactadora de la segunda propuesta, se tomó en cuenta el tiempo de ciclo en vacío, el cual es de 55 segundos. A continuación, se realizaron las conversiones a horas:

$$\frac{55 \text{ s}}{60 \text{ s/min}} = 0.916 \text{ min}$$

$$\frac{0.916 \text{ min}}{60 \text{ min/h}} = 0.015 \text{ h}$$

Se determinó que el tiempo de ciclo en vacío de la compactadora es de 0.015 horas. Tomando en cuenta la demanda de 4.476 kW, se obtuvo su consumo:

$$4.476 \text{ kW} \times 0.015 \text{ h} = 0.067 \text{ kWh}$$

Considerando que este proceso se realizará aproximadamente 2 veces por mes efectivo:

$$0.067 \text{ kWh} \times 2 \text{ (veces/m. ef.)} = 0.134 \text{ kWh/m. ef.}$$

Por lo tanto, la compactadora consumirá 0.134 kWh por mes efectivo.

Para la línea de reciclaje, se calculó la demanda (kW) y el consumo (kWh), tomando como referencia la segunda propuesta de línea de reciclaje de botellas PET (véase Tabla 23), seleccionada por ser la más cercana a la producción propuesta de hojuelas PET de 200 kg/h. Esta línea requiere 147.5 kW, 3 fases, 440 V, 60 Hz para 500 kg/h de producción, por lo que se realizaron los cálculos correspondientes:

$$\frac{147.5 \text{ kW}}{500 \text{ kg/h}} = 0.295 \text{ kW/(kg/h)}$$

Esto significa que, por cada kg/h de producción, se requieren 0.0295 kW. Dado que la producción de este proyecto será de 200 kg/h, se realizó la siguiente operación:

$$\left[0.295 \frac{\text{kW}}{\text{kg}} \right] \times [200 \text{ kg/h}] = 59 \text{ kW}$$

Se determinó que la línea de reciclaje para 200 kg/h demandará 59 kW. Considerando que este proceso se realizará aproximadamente 2 veces por mes, se realizó la siguiente operación:

$$59 \text{ kW} \times 2 \text{ veces/ m. ef.} = 118 \text{ kW/m. ef.}$$

Lo anterior indica que, en un mes efectivo, la línea de reciclaje para 200 kg/h demandará 118 kW.

Para calcular el consumo mensual de la línea de reciclaje de 200 kg/h, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Energía} \left(\frac{\text{kW}}{\text{h}} \right) = \text{Potencia(kW)} \times \text{Tiempo(h)}$$

Sustituyendo:

$$118 \text{ kW} \times 1 \text{ hora} = 118 \text{ kWh}$$

Por lo tanto, la compactadora consumirá mensualmente 118 kWh por mes efectivo.

Se multiplicó por 1 hora, debido a que la producción en la línea de reciclaje se mide por hora, como se muestra en el segundo ejemplo de la línea de reciclaje de la Tabla 23.

Sumando ambas cantidades, correspondientes a la compactadora y a la línea de reciclaje de PET, se obtienen los siguientes resultados de demanda y consumo:

Demandा:

$$8.952 \text{ kW/m. ef.} + 118 \text{ kW/m. ef.} = 126.952 \text{ kW/m. ef.}$$

Consumo:

$$\left[0.134 \frac{\text{kWh}}{\text{m. ef.}} \right] + \left[118 \frac{\text{kWh}}{\text{m. ef.}} \right] = 118.13 \text{ kWh/m. ef.}$$

La demanda que tendrá este proyecto será de 126.952 kW/m.ef., y el consumo aproximado será de 118.13 kWh/m. ef.

Dentro de las tarifas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la tarifa Gran Demanda en Media Tensión Horaria (GDMTH) es la que cumple con los requisitos para este proyecto, ya que se suministra en media tensión con una demanda igual o superior a 100 kW (Comisión Federal de Electricidad, s.f.).

A continuación, se presentan los cargos, unidades y costos correspondientes al periodo de junio de 2025 de la tarifa GDMTH, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31

Gran demanda en media tensión horaria: cargo, unidades y costo del periodo de junio de 2025

Int. Horario (horario intermedio)	Cargo	Unidades	JUN-25
-	Fijo	\$/mes	308.10
Base	Variable (Energía)	\$/kWh	1.1375
Intermedio	Variable (Energía)	\$/kWh	2.0500
Punta	Variable (Energía)	\$/kWh	2.3165
-	Distribución	\$/kW	155.81
-	Capacidad	\$/kW	428.32

Fuente. Elaboración propia. Adaptado de (Comisión Federal de Electricidad, s.f.).

En la tarifa GDMTH, el precio de la energía depende del horario en que sea consumida, de la región y de la estación del año. Tomando en cuenta los datos de la tabla anterior, se calculó el cargo por energía aproximado considerando que la maquinaria se utilice dentro del periodo base. El costo de energía sería:

$$118.13 \text{ kWh/m. ef.} \times \$1.1375 \text{ kWh} = \$134.37 \text{ MXN/m. ef.}$$

Para calcular el costo total aproximado, incluyendo el cargo por capacidad y distribución, se utilizaron las siguientes fórmulas, obtenidas de (Comisión Federal de Electricidad, s.f.):

Cargo por capacidad:

$$\min\{D_{max,punta}, \left[\frac{Q \text{ mensual}}{24 \text{ h} \times d \times F.C} \right]\}$$

Cargo por distribución:

$$\min\{D_{max,mensual}, \left[\frac{Q \text{ mensual}}{24 \text{ h} \times d \times F.C} \right]\}$$

Donde:

- $D_{max,punta}$ = es la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida en kilowatts (0 kW).
- $D_{max,mensual}$ =es la demanda máxima registrada en un mes específico (0 kW).
- $Q \text{ mensual}$ = consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh (118.13 kWh/m. ef.).
- d = días del periodo de facturación (se utilizó el mes de junio del 2025 para la proyección, el cual tiene 30 días).
- $F.C$ = factor de carga correspondiente del apartado 3.1.2 del Anexo Único del Acuerdo A/053/2022 (0.57).

Para el cargo por capacidad, Se debe elegir el valor mínimo entre $D_{max,punta}$ y $Q \text{ mensual}$; $D_{max,punta}$ es igual a 0 kW en periodo punta, debido a como se mencionó anteriormente en este proyecto se está considerando que la maquinaria trabaje en periodo base, para calcular $Q \text{ mensual}$, se realizó la siguiente operación:

$$\frac{118.13 \text{ kWh/m. ef.}}{(24 \text{ h} * 30 * 0.57)} = 2.87 \text{ kW/m. ef}$$

De lo anterior se determinó que el valor mínimo entre $D_{max,punta}$ y Q mensual, es $D_{max,punta}(0 \text{ kW})$, tomando en cuenta ese valor (0 kW), se realizó la siguiente operación:

$$0 \text{ kW} \times \$428.32 \text{ MXN/kW} = \$0.00$$

Se determinó que no se generara ningún costo por cargo de capacidad.

Para calcular el cargo por distribución se considera el valor mínimo entre $D_{max,mensual}$ y Q mensual; $D_{max,mensual}$ es igual a 0 kW debido a que no se ha registrado ninguna demanda en ningún mes específico, puesto que todavía no sea realizado este proyecto, por otro lado, como se obtuvo anteriormente el Q mensual es igual a 2.87 kW/m. ef.

De lo anterior se determinó que el valor mínimo entre $D_{max,mensual}$ y Q mensual, es $D_{max,mensual}(0 \text{ kW})$, tomando en cuenta ese valor (0 kW), se realizó la siguiente operación:

$$0 \text{ kW} \times \$155.81 \text{ MXN/kW} = \$0.00$$

Se obtiene el siguiente resultado aproximado final:

$$\$308.10 \text{ MXN/mes} + \$134.37 \text{ MXN/m. ef.} + \$0.00 + \$0.00 = \$\mathbf{442.47 \text{ MXN}}$$

El costo aproximado mensual de energía eléctrica para este proyecto es de \$442.47 MXN. Sin embargo, este valor puede aumentar, ya que el cálculo se realizó con datos disponibles y no considera que la ESTe-UAEH cuenta actualmente con otro tipo de tarifa. Aunque el cambio a la tarifa GDMTH no tiene costo, los gastos adicionales provendrán del acondicionamiento de la instalación para adaptarse a esta nueva tarifa.

Respecto al costo anual de energía eléctrica, se calculó lo siguiente:

Considerando que:

1 año efectivo (a. ef) es igual a 2 semestres efectivos (sem. ef.).

$$2.53 \left(\frac{\text{m. ef.}}{\text{semestre}} \right) \times 2 \left(\frac{\text{semestres}}{\text{año}} \right) = 5 \text{ m. ef./año}$$

$$5 \text{ m. ef./año} \times \$442.47 \text{ MXN} = \$\mathbf{2,212.35 \text{ MXN/a. ef. aproximadamente}}$$

Lo anterior significa que, por concepto de energía eléctrica en un año efectivo, el costo sería de \$2,212.35 MXN (sin incluir los gastos del acondicionamiento para la nueva tarifa).

d) Mantenimiento

Respecto al mantenimiento de la maquinaria e infraestructura, se prevé que sea realizado por los alumnos que estén cumpliendo con su servicio social en este proyecto, por lo que no se generaría ningún costo asociado a los mantenimientos.

e) Costo total aproximado de los gastos indirectos en el primer año

$\$5,235.20 \text{ MXN /a. ef.} + \$2,212.35 \text{ MXN /a. ef.} = \$7,447.55 \text{ MXN/a. ef.}$
aproximadamente

4.5.3 Ingresos totales aproximados

a) Ingreso aproximado por venta de botellas PET

Con base en los resultados de la investigación, se determinó que el kilogramo de botellas PET es comprado por empresas locales a \$7.00 MXN, considerando que la cantidad de materia prima recolectada es de 1,000 kg en un semestre efectivo en la ESTe-UAEH.

Si todas las botellas PET son vendidas a las empresas locales, se obtendrían los siguientes ingresos por semestre:

$$\$7.00 \text{ MXN/kg} \times 1000 \text{ kg/sem. ef.} = \$7,000.00 \text{ MXN/sem. ef.}$$

Se concluyó que se generarían \$7,000.00 MXN en un semestre efectivo si todas las botellas PET recolectadas se vendieran por kilogramo a empresas locales.

Se calculó el ingreso anual por la venta de botellas PET por kilogramo a empresas locales, considerando que:

1 año efectivo (a. ef.) es igual a 2 semestres efectivos (sem. ef.).

$$\$7,000.00 \text{ MXN/sem. ef.} \times 2 \text{ sem. ef./a. ef.} = \$14,000 \text{ MXN/a. ef.}$$

Se determinó que se generarían \$14,000.00 MXN en un año efectivo si todas las botellas PET recolectadas se vendieran por kilogramo a empresas locales.

b) Ingreso aproximado por venta pacas de botellas PET

De acuerdo con los datos recolectados mediante el cuestionario aplicado a las empresas locales de recolección, se determinó que el precio por kilogramo de paca PET ronda los \$17.00 MXN, tomando este dato como referencia, se obtienen los siguientes cálculos:

Si se venden las botellas PET recolectadas en pacas de 200 kg a \$17.00 por kilogramo, se obtendrían los siguientes ingresos totales por paca:

$$\$17.00 \text{ MXN/kg} \times 200 \text{ kg/paca} = \$3,400.00 \text{ MXN/paca}$$

Si toda la producción se vende en pacas, considerando que se podrían producir un máximo de 5 pacas por semestre, los ingresos totales por semestre serían los siguientes:

$$\$3,400.00 \text{ MXN/paca} \times 5 \text{ pacas/sem. ef.} = \$17,000.00 \text{ MXN/sem. ef.}$$

Se determinó que se generarían \$17,000.00 MXN en un semestre efectivo si toda la producción se vendiera en pacas de 200 kg a empresas locales:

Se calculó el ingreso anual, considerando que:

1 año efectivo (a. ef) es igual a 2 semestres efectivos (sem. ef.).

$$\$17,000.00 \text{ MXN/sem. ef.} \times 2 \text{ sem. ef./a. ef.} = \$34,000.00 \text{ MXN/a. ef.}$$

Se determinó que ingresarían \$34,000.00 MXN en un año efectivo.

c) Ingreso aproximado por hojuelas PET

Tomando en cuenta que el precio de las hojuelas de PET en la capital de Sonora puede alcanzar \$25.00 MXN por kilogramo, mientras que en Monterrey puede llegar a \$36.00 MXN (QuimiNet, 2025), se calculó la media de ambos precios para estimar el valor de referencia mediante la siguiente operación:

$$\frac{\$25.00 \text{ MXN/kg} + \$36.00 \text{ MXN/kg}}{2} = \$30.50 \text{ MXN/kg}$$

Esto significa que el precio de venta aproximado por kilogramo de hojuela PET sería de \$30.50 MXN.

Dicho esto, se calculó el ingreso total que se podría obtener, suponiendo que toda la producción del semestre se venda en kilogramos de hojuelas PET.

$$1000 \text{ kg} \times \$30.50 \text{ MXN/kg} = \$30,500.00 \text{ MXN/kg}$$

Se concluyó que se generarían aproximadamente \$30,500.00 MXN en un semestre efectivo si toda la producción se vendiera en hojuelas de PET.

Para calcular el ingreso anual, se tomó en cuenta que:

1 año efectivo (a. ef.) es igual a 2 semestres efectivos (sem. ef.).

$$\$30,500.00 \text{ MXN/sem. ef.} \times 2 \text{ sem. ef./a. ef.} = \$61,000.00 \text{ MXN/a. ef.}$$

Se concluyó que se generarían \$61,000.00 MXN en un año efectivo si toda la producción se vendiera en hojuelas de PET.

d) Ingreso aproximado por la venta de tapas de botella PET

Otro ingreso que se podría obtener en este proceso proviene de la venta de las tapas de botellas PET. Durante la producción de pacas y hojuelas PET, las tapas se generan como merma, por lo que se podría contemplar su venta.

Considerando que el precio de venta promedio por kilogramo de tapas en México oscila entre \$5.00 y \$10.00 (Multi Plastic, s.f.), se calculó la media mediante la siguiente operación:

$$\frac{\$5.00 \text{ MXN/kg} + \$10.00 \text{ MXN/kg}}{2} = \$7.50 \text{ MXN/kg}$$

Se determinó que el precio promedio de las tapas PET es de \$7.50 MXN por kilogramo.

Considerando que se necesitan aproximadamente 370 tapas de botellas PET para obtener 1 kg y que la cantidad total de botellas PET recolectadas al día en la ESTe-UAEH es de 390 botellas/d. ef. (Utopía Urbana, 2022), se calculan las tapas totales por semestre, tomando en cuenta que cada botella tiene una tapa y la cantidad de días efectivos (80 d. ef.) en un semestre efectivo (sem. ef.):

$$390 \text{ botellas/d. ef.} \times 80 \text{ d. ef./sem. ef.} = 31,200 \text{ botellas PET/sem. ef.}$$

Se determinó que se recolectan 31,200 botellas PET en un semestre efectivo.

Considerando que cada botella contiene una tapa, la cantidad de tapas es igual a la cantidad de botellas recolectadas (31,200), por lo que se calculó lo siguiente:

$$\frac{31,200 \text{ tapas/sem. ef.}}{370 \text{ tapas/kg}} = 84 \text{ kg/sem. ef.}$$

Se concluyó que se recolectarían 84 kilogramos de tapas en un semestre efectivo. Multiplicando los datos obtenidos anteriormente, se obtuvo lo siguiente:

$$\$7.50 \text{ MXN/kg} \times 84 \text{ kg/sem. ef.} = \$630.00 \text{ MXN/sem. ef.}$$

Se determinó que se generarían \$630.00 MXN en un semestre efectivo por la venta en kilogramos de las tapas de botellas PET.

Se calculó el ingreso anual que se puede obtener de la venta de tapas en kilogramos, considerando que:

1 año efectivo (a. ef.) es igual a 2 semestres efectivos (sem. ef.).

$$\$630.00 \text{ MXN/sem. ef.} \times 2 \text{ sem. ef./a. ef.} = \$1,260.00 \text{ MXN/a. ef.}$$

Lo anterior significa que el ingreso sería de \$1,260.00 MXN en un año efectivo por la venta de tapas de botellas PET por kilogramo

e) Ingreso aproximado total anual

Para el cálculo del ingreso total anual, se utilizaron los totales de ingresos que generan mayor entrada de dinero.

Dicho lo anterior, el producto con mayor ingreso económico son las hojuelas de PET (\$61,000.00 MXN/a. ef.), y sumando el ingreso anual por la venta de tapas de botellas PET (\$1,260.00 MXN/a. ef.), se obtuvo el siguiente resultado:

$$\$61,000.00 \text{ MXN/a. ef.} + \$1,260.00 \text{ MXN/a. ef.} = \mathbf{\$62,260.00 \text{ MXN/a. ef.}}$$

Como resultado, se identificó que se ingresarían \$62,260.00 MXN en un año efectivo si se venden por kilogramo todas las tapas de las botellas PET junto con la producción de hojuelas PET.

4.5.4 Punto de equilibrio financiero

El punto de equilibrio (P.E.) es una herramienta de cálculo que permite determinar el nivel de ventas o ingresos necesarios para cubrir la totalidad de los costos de una empresa, tanto fijos como variables. Su uso facilita la toma de decisiones, el control de costos y otros aspectos de la gestión empresarial (Farías, s.f.).

Se calculó el punto de equilibrio en unidades aproximado, considerando:

- Costos de los gastos directos aproximados: **\$444,440.43** MXN/primer a. ef.
- Costos de los gastos indirectos aproximados: **\$7,447.55** MXN/primer a. ef.
- Precio estándar aproximado: **\$30.50** MXN/kg (kilogramo de hojuelas PET).

Para calcular el punto de equilibrio, se consideró el precio de venta que genera el mayor ingreso.

Se realizaron los siguientes cálculos a partir de la fórmula del punto de equilibrio financiero:

$$P.E = \frac{\text{Gastos o presupuesto de planeación}}{\text{Precio estándar de la unidad}}$$

Primero, se realizó la suma de los gastos directos e indirectos, como se muestra a continuación:

$$\$444,440.43 \text{ MXN/primer a. ef.} + \$7,447.55 \text{ MXN/primer a. ef.} = \mathbf{\$451,888.00 \text{ MXN/primer a. ef.}}$$

Sustitución en la fórmula del punto de equilibrio financiero:

$$\frac{\$451,888 \text{ MXN/primer a. ef.}}{\$30.50 \text{ MXN/kg}} = \mathbf{14,816 \text{ kg/primer a. ef.}}$$

Esto significa que se necesitarían vender 14,816 kg de hojuelas PET para recuperar la inversión total del primer año efectivo. Tomando en cuenta que la recolección efectiva aproximada por día es de 13 kg/d. ef., se calculó el punto de

equilibrio en días efectivos, semanas efectivas, meses efectivos y años efectivos aproximados.

Días efectivos aproximados:

$$\frac{14,816 \text{ kg}}{13 \text{ kg/d. ef.}} = 1,140 \text{ d. ef.}$$

Semanas efectivas aproximadas:

$$\frac{1,140 \text{ d. ef.}}{7 \text{ d. ef./s. ef.}} = 163 \text{ s. ef.}$$

Meses efectivos aproximados:

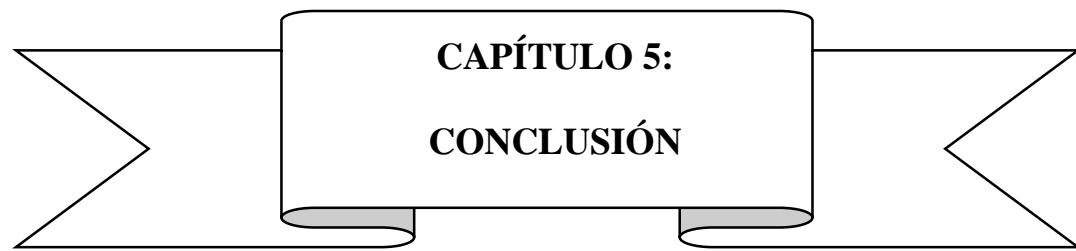
$$\frac{163 \text{ s. ef.}}{4.34 \text{ s. ef/m. ef.}} = 38 \text{ m. ef.}$$

Años efectivos aproximados:

Considerando que, en la institución, un semestre efectivo equivale a 2.53 meses efectivos y que un año efectivo comprende 2 semestres, se determinó que la cantidad de meses por año efectivo es de 5 meses efectivos, por lo que se calculó lo siguiente:

$$\frac{38 \text{ m. ef.}}{5 \text{ m. ef/a. ef.}} = 8 \text{ a. ef.}$$

Con base en los análisis realizados, se estima que la recuperación de la inversión inicial correspondiente al primer año se lograría en aproximadamente 8 años efectivos. En consecuencia, el proyecto no cumple con los criterios de viabilidad financiera, lo cual conlleva al rechazo de la hipótesis planteada.



La idea de este proyecto surgió con la finalidad de proponer una solución de reciclaje para las botellas PET que se recolectan dentro de la ESTe-UAEH, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y, al mismo tiempo, creando un espacio de aprendizaje y desarrollo tanto profesional como personal para los alumnos de la institución. Sin embargo, desde el punto de vista económico, este proyecto no se considera rentable debido al tiempo que tomaría recuperar la inversión, ya que el periodo estimado es muy largo.

Además, existen diversos inconvenientes. Por ejemplo, la línea de lavado de la maquinaria tendría que ser adquirida de importación, lo que podría elevar su costo. Pese a ello, se propone que el proyecto sea sostenido en gran parte con el apoyo de los estudiantes de servicio social. A mediano plazo, se espera que los mismos alumnos propongan nuevas ideas para diseñar y construir la maquinaria, así como reunir recursos mediante donaciones en especie de empresas de la zona.

Por otro lado, en cuanto a los gastos indirectos como la energía eléctrica y el agua, aunque la ESTe-UAEH cuenta con los servicios básicos, los motores requeridos en este proyecto demandan más kW y más litros de agua de los que permite la tarifa actual. Por ello, será necesario solicitar cambios de tarifa y adaptar la instalación eléctrica y de agua, lo que incrementará el costo.

No obstante, para generar recursos económicos para este proyecto, se propone la venta de las botellas PET por kilogramo durante un periodo indeterminado, destinando estos ingresos a la adquisición de materiales necesarios para mantener la recolección de material. Esto permitirá que el proyecto, a mediano y largo plazo, sea autosostenible, aunque en pequeña escala, y constante en su desarrollo. Asimismo, se propone invitar a las escuelas circundantes a colaborar mediante la donación de botellas PET, con el fin de aumentar la producción del proyecto.

Referencias académicas, técnicas y oficiales

- Argimon, J. M. (2019). Clasificación de los tipos de estudio. En P. J. Argimon & V. J. Jiménez, *Métodos de investigación clínica y epidemiológica* (5.^a ed., pp. 27–31). Elsevier España.
- <https://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2022/02/Anexo-1A.-U-4.-Argimon-PJ-Clasificacion-de-los-tipos-de-estudio.pdf>
- Ayuntamiento de Tula de Allende. (2019). Yo sin bolsa y sin popote [PDF].
- <https://www.tula.gob.mx/TRANSPARENCIA-69-nuevo/33-convenios-cordinacion-concertacion/2019-4/YO-SIN-BOLSA-Y-SIN-POPOTE.pdf>
- Bermúdez-Morera, D., & Sandoval-Herrera, J. (2021). *Degradación del polietilenterftalato por medio de microorganismos*. Revista Infotec, 14(1), 1–15.
- <https://doi.org/10.23850/22565035.3592>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos* (última reforma 8 de mayo de 2023).
- <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2024). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* (última reforma publicada el 1 de abril de 2024).
- <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM). (2024). *Acuerdo tarifario 2025*. Gobierno del Estado de Hidalgo.
- <https://caasim.hidalgo.gob.mx/CAASIM/armonizacion/anual/2025/Ejercicio2025/Iniciativas%20y%20Proyectos%202025/a.3-Acuerdo%20tarifario%202025.pdf>

Comisión Federal de Electricidad (CFE). (s.f.). *Tarifa Gran Demanda en Media Tensión Horaria (GDMTH)*.

<https://app.cfe.mx/Applicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCREIndustria/Tarifas/GranDemand aMTH.aspx>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2018, 23 de noviembre). *Consumo plástico*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/consumo-plastico?idiom=es#:~:text=M%C3%A9xico%20se%20encuentra%20entre%20los,de%20PET%20por%20cada%20mexicano>

Diario Oficial de la Federación. (2011, 21 de septiembre). *Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-E-232-CNCP-2011 y NMX-E-233-CNCP-2011.*

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5210376&fecha=21/09/2011#gsc.tab=0

Diario Oficial de la Federación. (2015, 24 de febrero). *Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-E-148-CNCP-2014, NMX-E-145/3-CNCP-2014, NMX-E-232-CNCP-2014 y NMX-E-261-CNCP-2014.*

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5383089&fecha=24/02/2015#gsc.tab=0

Diario Oficial de la Federación. (2022, 21 de febrero). *Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-E-285-NYCE-2021.*

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643335&fecha=21/02/2022#gsc.tab=0

Farías, M. A. (s.f.). *Análisis de equilibrio*. Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<https://www.fcca.umich.mx/descargas/apuntes/academia%20de%20finanzas/finanzas%20i%20mauricio%20a.%20chagolla%20farias/9%20analisis%20de%20equilibrio.pdf>

Gobernación de México. (s.f.). *Definición pop* [Glosario]. Sistema de Información Legislativa.

<http://sil.gobernacion.gob.mx/Glosario/definicionpop.php?ID=145>

Gobierno del Estado de Hidalgo. (2025, 14 de agosto). *Cambio de tarifa por uso distinto al contratado* [Ficha de trámite]. <https://ruts.hidalgo.gob.mx/ver/316>

Gobierno del Estado de Hidalgo. (s.f.). *Licencia de funcionamiento* [Ficha de trámite].

<https://ruts.hidalgo.gob.mx/ver/9153>

Gobierno del Estado de México. (s.f.). *Licencia de funcionamiento* [Ficha de trámite].

<https://sistemas2.edomex.gob.mx/TramitesyServicios/Tramite?tram=8959&cont=0#:~:text=La%20Licencia%20de%20Funcionamiento%20es,%2C%20Industrial%20y%20de%20servicios>

Hernández, A. H., Villalobos, A. H., & Suárez, A. H. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Cengage Learning.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/>

Jiménez, E. N. (1997). *Estudio de mercado* (Vol. 3, p. 8). Instituto Nacional de Administración Pública. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/3/1430/8.pdf>

Mankiw, N. G. (2012). *Principios de economía* (6.^a ed.). Cengage Learning.

Orozco, J. D. (2017). *Evaluación financiera de proyectos* (4.^a ed.). Ecoe Ediciones.

<https://books.google.com.mx/books?id=CK9JDwAAQBAJ>

Parra, M. E., López, J. N., Pellat, A., & Puerta, C. (2008). *Estudio administrativo... un apoyo en la estructura organizacional del proyecto de inversión*. Pacioli, 56.

<https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/documents/no56/estudioadmtivo.pdf>

Pérez, L. M., & Ruiz, M. R. (2009). *Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster*. *Ingeniería Industrial*, 27, 123–137.

http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/627/608

Prieto-Ortiz, R. G. (2023). *Contaminación ambiental por plásticos durante la pandemia y sus efectos en la salud humana*. *Revista Colombiana de Cirugía*, 38(1), 22–29.

<https://doi.org/10.30944/20117582.2203>

Prodanoff, F. (s.f.). *Física. Unidad 1: Magnitudes. Unidades de medida* [PDF]. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario.

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/secretarias/sac/ingreso/archivos/Unidad_1_fisica.pdf

Rodríguez, K. J., & Romero, P. Y. (2021). *Ladrillos ecológicos con la adición de PET reciclado como alternativa al uso de modelos convencionales* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26651/CardenasRodr%C3%A1guezKarolynJuliethOyolaRomeroPaulaYineth2021.pdf?sequence=1>

Salinas, P. S., & Cifuentes, J. A. (2021). *Propuesta de una alternativa de reciclaje para envases de bebida de plástico PET posconsumo de la ciudad de Bogotá* [Trabajo de grado,

Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional Lumieres.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8647/1/6152598-2021-2-IQ.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (s.f.). *Alta de vehículos adicionales al permiso de transporte privado de personas y carga* [Ficha de trámite].

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/alta-de-vehiculos-adicionales-al-permiso-de-transporte-privado-de-personas-y-carga/SCT1850>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (s.f.). *Expedición de permiso para el transporte privado de carga especializada de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos para personas físicas* [Ficha de trámite].

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/expedicion-de-permiso-para-el-transporte-privado-de-carga-especializada-de-materiales-residuos-remanentes-y-desechos-peligrosos-para-personas-fisicas/SCT1848>

Secretaría de Economía. (2021, 18 de julio). *¿Sabes cómo te benefician las Normas Oficiales Mexicanas?* <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/sabes-como-te-benefician-las-normas-oficiales-mexicanas>

Secretaría de Economía. (2024). *Fabricación de productos de plástico: Salarios, producción, inversión, oportunidades y complejidad.*

<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/plastics-product-manufacturing>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020, diciembre). *Acuerdo 89/2020 por el que se establecen disposiciones para la reducción del uso de plásticos de*

un solo uso y la promoción de la reutilización y reciclaje en México.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/608513/89_2020_Documento_Plastico.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022, 3 de febrero). *Día Internacional sin Popote 2022.* <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-internacional-sin-popote-2022>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s.f.). *Autorización para el manejo de residuos peligrosos: Disposición final* [Ficha de trámite].

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos-disolucion-final/SEMARNAT387>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s.f.). *Autorización para el reciclado o co-procesamiento de residuos peligrosos* [Ficha de trámite].

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-el-reciclado-o-co-procesamiento-de-residuos-peligrosos/SEMARNAT324>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018, 21 de mayo).

Promueve Semarnat campaña para evitar el uso del popote. Gobierno de México.

<https://www.gob.mx/semarnat/prensa/promueve-semarnat-campana-para-evitar-el-uso-del-popote>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). (s.f.). *Reglamento de servicio social y prácticas profesionales* [PDF].

https://www.uaeh.edu.mx/adminyserv/dir_generales/juridica/pdf/30reglamento_de_servicio_social_y_practicas_profesionales.pdf

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2020). *Unidad 3: Visión estratégica* [PDF]. Diplomado en Habilidades Directivas. https://www.campus-virtual.mineria.unam.mx/Mineria/Diplomados/2DHabilidades/Documentos/M4U3_PDF.pdf

Referencias de medios, prensa y literatura general confiable

Ambiente Plástico. (2022, 26 de diciembre). *Producción de plásticos en México registró un valor de 400 mil MDD*. Ambiente Plástico. <https://ambienteplastico.com/produccion-de-plasticos-en-mexico-registro-un-valor-de-400-mil-mdd/>

Aristegui. (2025, 25 de septiembre). Cómo el PVC se recicla y encuentra nuevos usos. *Aristegui*. <https://www.aristegui.info/como-el-pvc-se-recicla-y-encuentra-nuevos-usos/>

Bayón, Á. (2023, 10 de marzo). *50 años de la 'isla de plástico' en el Pacífico*. Muy Interesante. <https://www.muyinteresante.com/naturaleza/59849.html>

Blanco, U. (2018, 17 de mayo). *¿Cuántas botellas de PET necesitas reciclar para ganar un salario mínimo?* El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/cuantas-botellas-de-pet-necesitas-reciclar-para-ganar-un-salario-minimo/>

Bonet, G. D. (2022, 10 de noviembre). *Estas son las 10 empresas que más plásticos producen en el mundo*. Escudo Digital. https://www.escudodigital.com/tecnologia/sostenibilidad/estas-son-10-empresas-mas-plasticos-producen-en-mundo_53619_102.html

Buteler, M. (2019). *¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? Desde la Patagonia Difundiendo Saberes*, 16(28), 56.

<http://revele.uncoma.edu.ar/htdoc/revele/index.php/desdelapatagonia/article/download/2871/pdf>

Cambio climático y medio ambiente. (2021, 30 de marzo). *Cambio climático y medio ambiente.*

Noticias ONU.

<https://news.un.org/es/story/2021/03/1490302#:~:text=Su%20aumento%20ha%20sido%20tal,zonas%20m%C3%A1s%20vulnerables%20del%20planeta>

Chinaquimicos. (s.f.). *Polietileno tereftalato: estructura.* Chinaquimicos. Recuperado 23 de septiembre de 2025, de <http://www.chinaquimicos.com/info/polyethylene-terephthalate-structure-42032823.html>

Concepto.de. (2017, 7 de junio). *Diagrama de flujo: qué es, tipos, simbología y ejemplos.*

Concepto.de. <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>

Concepto.de. (2025, 13 de julio). *Checklist: qué es, concepto, beneficios y cómo hacerlo.*

Concepto.de. <https://concepto.de/checklist/>

Cortés, N. (2024, 18 de enero). *Gráfica de barras: ¿Qué es y cómo hacer una en Excel?* Ninja Excel. <https://www.ninjaexcel.com/graficos-de-excel/grafica-de-barras/>

El Sol de Hidalgo. (2019, 2 de septiembre). *El 10% de los desechos sólidos en Hidalgo son plásticos.* El Sol de Hidalgo. <https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/el-10-de-los-desechos-solidos-en-hidalgo-son-plasticos-3841956.html>

Hidalgo, E. (2018, 9 de octubre). *Coca-Cola, Pepsi y Nestlé, encabezan a las compañías que más residuos plásticos producen.* Cambio 16. <https://www.cambio16.com/coca-cola-pepsi-y-nestle/#:~:text=La%20compa%C3%B1a%C3%A1n%20se%20ha%20comprometido%20a%20recoger,que%20ser%C3%A1n%20reciclables%20o%20reutilizables%2C%20mientras%20que>

Maldonado, R. (2019, 26 de junio). *Tepeji quiere tener su propia tratadora de basura*. El Sol de Hidalgo. <https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/regional/tepeji-quiere-tener-su-propia-tratadora-de-basura-3813974.html>

Milenio Digital. (2021, 1 de septiembre). *Abren centros de reciclaje de residuos en la zona metropolitana*. Milenio Digital. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/abren-centros-reciclaje-residuos-zona-metropolitana>

Ochoa, C. (2015, 29 de mayo). *Muestreo por conveniencia: Qué es, ejemplos y características*. Netquest. <https://www.netquest.com/blog/muestreo-por-conveniencia>

Parker, L. (2021, 15 de junio). *Gana impulso un tratado internacional para regular la contaminación plástica*. National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2021/06/gana-impulso-un-tratado-internacional-para-regular-la-contaminacion-plastica>

Parker, L. (2022, 14 de julio). *Julio sin plástico: estas son las leyes que buscan transformar la industria*. National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/07/julio-sin-plastico-estas-son-las-leyes-que-buscan-transformar-la-industria>

Procuraduría Federal del Consumidor. (2021, 2 de junio). *Reducir el uso de este material se ha convertido en una batalla medioambiental*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/contaminacion-por-plastico?idiom=es>

PT México. (2017, 3 de enero). *Industria del plástico: escenario regional*. PT México. <https://www.pt-mexico.com/columnas/industria-del-plastico-escenario-regional>

QuimiNet. (2025, 14 de octubre). *Precios de Hojuelas PET*. QuimiNet.

https://www.quiminet.com/productos/hojuelas-pet-81368164087/precios.htm?mkt_source=22&mkt_term=1_Contenido_Ver_mas_secciones&mkt_medium=81368164087&mkt_campaign=3

Redacción National Geographic. (2023, 5 de agosto). *Cómo el mundo puede terminar con la contaminación del medio ambiente a causa del plástico*. National Geographic en Español. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/06/como-el-mundo-puede-terminar-con-la-contaminacion-del-medio-ambiente-a-causa-del-plastico>

Sánchez, S. (2020, 27 de julio). *Envases retornables y de presentación familiar ‘impulsan’ a Coca-Cola Femsa y Arca Continental*. Forbes México.
<https://www.forbes.com.mx/negocios-envases-retornables-impulsan-a-coca-cola-femsa-y-arca-continental/>

Soriano, B. (2023, 10 de agosto). *Semarnath pide separar los plásticos*. El Sol de Hidalgo.
<https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/semarnath-pide-separar-los-plasticos-10199077.html>

Utopía Urbana. (2022, 29 de julio). *¿Cuál es la importancia de la recolección de tapitas de plástico?* Utopía Urbana. <https://utopiaurbana.city/2022/07/29/cual-es-la-importancia-de-la-recoleccion-de-tapitas-de-plastico/>

Anexo: fuentes comerciales y productos

Asian Machinery USA. (s.f.). *LAVPET-500: Lavadora para botellas PET [Equipo industrial]*.
Asian Machinery USA. <https://www.asianmachineryusa.com/Reciclado-de-plasticos/Lavadoras-de-Material/Para-Botellas-PET/LAVPET-500>

Epson. (s.f.). *Impresora multifuncional color EcoTank [Producto]. Epson.*

<https://www.amazon.com.mx/Epson-Impresora-Multifuncional-Color-EcoTank/dp/B09JJNGM8Q>

HP. (s.f.). *Impresora multifuncional HP Smart Tank 580, impresión Wi-Fi, inyección de tinta, tinta recargable [Producto]. Amazon México. <https://www.amazon.com.mx/HP-Impresora-Multifuncional-Impres%C3%A9n-B3n-1F3Y2A/dp/B0BS1SG4S8>*

Jardinería On. (2025, 22 de julio). *Cómo hacer tu propio riego por goteo casero con botellas: guía completa y consejos expertos.* Jardinería On. <https://www.jardineriaon.com/como-hacer-tu-propio-riego-por-goteo-casero-con-botellas.html>

MercadoLibre. (2025). *PC de escritorio todo en uno de 24" con procesador Intel Core i5 y Windows 10 [Equipo informático].* MercadoLibre.

https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-3586136504-pc-de-escritorio-todo-en-uno-de-24-intel-core-i5-w10-nuevo-_JM

MercadoLibre. (s.f.). *PC de escritorio todo en uno 24" – Windows 11 Pro, 16 GB, 512 SSD [Equipo informático].* MercadoLibre. https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-3318346044-24-pc-de-escritorio-todo-en-uno-windows-11-pro-16-gb-512ssd-_JM

Multi Plastic. (s.f.). *Tapitas reciclables: guía completa de costos y beneficios.* Multi Plastic.

<https://www.multiplastic.com.mx/tapitas-reciclables-precio-guia-completa-de-costos-y-beneficios>

Organigramas.com.es. (2025, 10 de mayo). *Organigrama de escuela secundaria: características, elementos, funciones y plantilla gratis.* Organigramas.com.es.

<https://organigramas.com.es/organigrama-escuela-educacion-secundaria-caracteristicas-elementos-funciones-y-plantilla-gratis/>

Plástico.com. (2023, 29 de mayo). *Polipropileno: qué es y sus características*. Plástico.com.

<https://www.plastico.com/es/noticias/polipropileno-que-es-y-sus-caracteristicas>

Proyecta Equipos. (s.f.). *Compactadora E&G-10* [Equipo de compactación]. Proyecta Equipos.

<https://proyectaequipos.com/product/compactadora-eg-10/>

Proyecta Equipos. (s.f.). *Compactadora E&G-15* [Equipo de compactación]. Proyecta Equipos.

<https://proyectaequipos.com/product/compactadora-eg-15/>

QuestionPro. (2019, 6 de junio). *Estudio de factibilidad del mercado: Qué es y cómo realizarlo*.

QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/factibilidad-del-mercado/>

Recíclala México. (s.f.). *Centros de acopio en Hidalgo, México*. Recíclala México.

<https://reciclamexico.com.mx/centros-de-reciclaje/tipo/centro-de-acopio/mexico/hidalgo>

REMSA. (s.f.). *Catálogo de productos* [PDF]. REMSA.

https://www.remsaplasticos.com/descargas/archivo_43_1.pdf

Sagarza. (2025, 26 de septiembre). *Formas de reciclar poliestireno*. Sagarza.

<https://sagarza.com/blog/formas-reciclar-poliestireno/>

Sintac. (2022, 7 de agosto). *Reciclaje del PET: ¿cómo se recicla y reusa el tereftalato de polietileno?* Sintac. <https://sintac.es/los-principales-usos-y-caracteristicas-del-polietileno-de-tereftalato/>

Sintac. (2023, 29 de marzo). *¿Qué aplicaciones tiene el polietileno reciclado?* Sintac.

<https://sintac.es/que-aplicaciones-tiene-el-polietileno-reciclado/>

Tecnología de los Plásticos. (2011, 5 de marzo). *Códigos de los plásticos*. Tecnología de los Plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/codigos-de-los-plasticos.html>

Uline. (s.f.). *Ergo Mesh Chair* [Catálogo de productos]. Uline.

https://es.uline.mx/BL_2544/Ergo-Mesh-Chair

Uline. (s.f.). *Escritorio en L de oficina – Colección de diseño, 60 × 66", color arce (Modelo H-9800MAP)* [Producto]. Uline. <https://es.uline.mx/Product/Detail/H-9800MAP/Office-Desks/Designer-Office-L-Desk-60-x-66-Maple>

Uline. (s.f.). *Escritorio en L de oficina – Colección de diseño, 72 × 66", color arce (Modelo H-10262MAP)* [Producto]. Uline. <https://es.uline.mx/Product/Detail/H-10262MAP/Office-Desks/Designer-Office-L-Desk-72-x-66-Maple>

Uline. (s.f.). *Mesh Work Stools* [Catálogo de productos]. Uline.

https://es.uline.mx/BL_1423/Mesh-Work-Stools

Uline. (s.f.). *Patines hidráulicos industriales* [Catálogo de productos]. Uline.

https://es.uline.mx/BL_1918/Uline-Industrial-Pallet-Trucks

Uline. (s.f.). *Uline Pallet Trucks* [Catálogo de productos]. Uline.

https://es.uline.mx/BL_1805/Uline-Pallet-Trucks

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo — Escuela Superior Tepeji del Río. (2024).

Ubicación en Google Maps [Mapa].

[https://www.google.com/maps/place/Universidad+Aut%C3%B3noma+del+Estado+de+Hidalgo +%C3%A7+Escuela+Superior+Tepeji+del+R%C3%ADo/@19.9167278,-99.1333333,15z](https://www.google.com/maps/place/Universidad+Aut%C3%B3noma+del+Estado+de+Hidalgo+%C3%A7+Escuela+Superior+Tepeji+del+R%C3%ADo/@19.9167278,-99.1333333,15z)

99.3597215,18z/data=!4m6!3m5!1s0x85d22fdd89e38d6b:0x2677222cef0b699!8m2!3d
19.916847!4d-99.3600818!16s%2F

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2021, 11 de agosto). *Ofrece Prounilac productos de calidad Kosher.* <https://www.uaeh.edu.mx/noticias/7168/>

Zhangjiagang Boxin Machinery Co., Ltd. (s.f.). *Línea de lavado de plástico flotante con tanque de enjuague en acero inoxidable 304 para reciclaje de botellas PET [Equipo industrial].* Zhangjiagang Boxin Machinery Co., Ltd.. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Plastic-Washing-Line-Floating-Sorting-Rinse-62177208318.html>

Anexos

Anexo 1

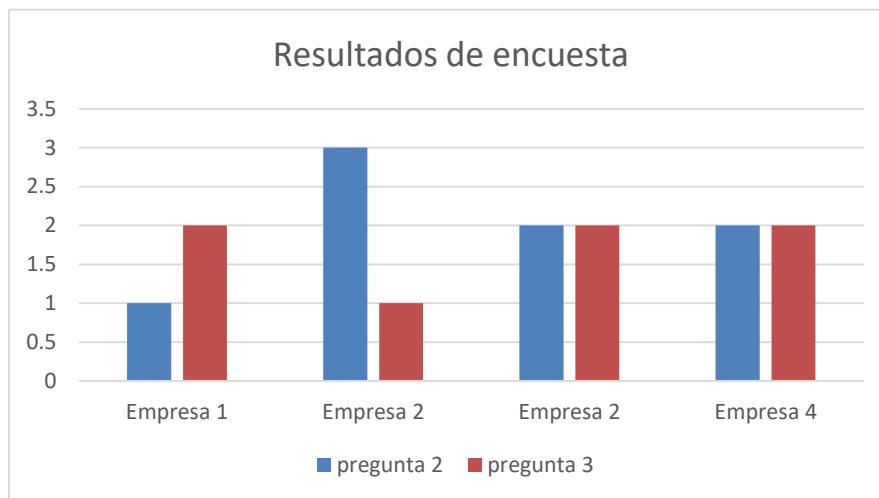
A continuación, se presentan en la figura los resultados de la encuesta correspondientes a las preguntas 2 y 3, de la Tabla 4.

Donde:

Inciso	valor
a)	1
b)	2
c)	3
d)	4

Figura 12

Gráfica de resultados de la encuesta (véase tabla 4)



Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Cortés, 2024).

Como se observa en la figura anterior, respecto a la pregunta 2, la mayoría de las empresas locales se dedica al acopio de materiales PET y cartón. Por otro lado, en relación con la pregunta 3, la mayoría indicó que se enfocan únicamente en la recolección y compactación de PET.

Respecto a la pregunta 4, que es de respuesta abierta, únicamente dos empresas locales proporcionaron información sobre el peso de las pacas que venden, el cual oscila entre 200 y 500 kg por paca. De estas empresas, una proporcionó el precio por kilogramo de PET en paca, estimado en aproximadamente \$17.00 MXN.

Respecto a la pregunta 5, no se obtuvo ninguna respuesta, ya que ninguna de las empresas locales encuestadas se dedica a la producción de hojuelas PET.

En cuanto a la pregunta 6, al tratarse de una encuesta orientada al estudio de mercado, no se obtuvo ninguna respuesta concreta por parte de las empresas locales encuestadas.