



**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
COACALCO**

Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación

MAESTRÍA EN SISTEMAS AMBIENTALES

T É S I S

**IMPACTO AMBIENTAL QUE TIENE UNA AUTOPARTE
PLÁSTICA BAJO LOS PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA
CIRCULAR**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN SISTEMAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

LCDA. JANETH VARELA VIDAÑA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA TERESA TORRES MANCERA

CODIRECTORA:

MTRA. ANABEL MARTÍNEZ GUZMÁN

COACALCO DE BERRIOZÁBAL, MÉXICO, MARZO, 2024



**GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO**

**Constancia de liberación del Comité
Tutorial**

FORMATO

FO-TESCO-121

Versión: 4

Pág.: 1 de 3



CONSTANCIA DE LIBERACIÓN DEL COMITÉ TUTORIAL

**Coacalco, Estado de México a
27 de febrero de 2024**

Ing. J. Beatriz Contreras Navarro
Subdirección de Estudios Profesionales "C"
PRESENTE

Por este conducto, le informamos que se después de haberse concluido el trabajo de Tesis o Tesina, **hemos avalado el impacto que tuvo el proyecto mediante la carta emitida por una unidad económica para el caso de los programas de posgrado profesionalizantes o publicado en una revista científica o presentado en congreso para los programas de posgrado en ciencias; así mismo, se ha realizado la sesión de derechos del proyecto y hemos emitido nuestras recomendaciones para la liberación del segundo idioma, mediante la constancia elaborada por la Subdirección de Estudios Profesionales.**

Por tal virtud, aprobamos que la estudiante Janeth Varela Vidaña proceda a iniciar con el trámite de obtención del grado o constancia correspondiente por haber cumplido con los requisitos mencionados y concluido sus asignaturas con un promedio mínimo de 80 en la (Nombre del posgrado) Maestría en Sistemas Ambientales.

ATENTAMENTE
"Ciencia, Técnica-Progreso"

Comité Tutorial

NOMBRE	FIRMA
Dra. María Teresa Torres Mancera	
Mtra. Anabel Martínez Guzmán	
Dra. Cecilia Mercado Zúñiga	

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR Y NORMAL
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

AV. 16 DE SEPTIEMBRE No. 64
COACALCO DE BERRIOZABAL, MÉXICO
TEL: (0155) 2150 4324, 2150 4325, 2150-4408
www.tecnologicodecoacalco.edu.mx



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO

Carta Autorización de impresión
de Tesis o Tesina

FORMATO

FO-TESCo-123

Versión: 4

Pág.: 1 de 3



TESCo
TECNOLÓGICO
DE ESTUDIOS
SUPERIORES
DE COACALCO

Coacalco, Estado de México a
27 de febrero de 2024.

CARTA AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS O TESINA

C. Janeth Varela Vidaña
Candidata a la Maestría en Sistemas Ambientales
PRESENTE.

De acuerdo con los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado vigentes en el Tecnológico Nacional de México y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el Comité Tutorial le hizo al respecto de su Tesis o Tesina titulada:

"Impacto ambiental que tiene una autoparte plástica bajo los principios de la economía circular"

Comunicó a usted que está Subdirección concede su autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE
"Ciencia, Técnica-Progreso"

ING. J. BEATRIZ CONTRERAS NAVARRO
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES "C"



TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO NO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR Y NORMAL
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

AV. 16 DE SEPTIEMBRE No. 54
COACALCO DE BERRIOZABAL, MÉXICO
TEL: (0166) 2169 4324, 2169 4325, 2159 4468
www.tecnologico.coacalco.edu.mx

RESUMEN

Esta tesis realiza una evaluación integral del impacto de las autopartes en la industria automotriz de México, empleando el lente innovador del modelo de economía circular. A través de un enfoque interdisciplinario que integra aspectos económicos, ambientales y sociales, esta investigación tiene como objetivo comprender cómo la transición a una economía circular puede transformar la sostenibilidad y eficiencia de la cadena de suministro de repuestos para automóviles. Desde el punto de vista económico, se examina el papel de las piezas de automóviles como impulsores clave de la producción de automóviles, evaluando cómo se puede optimizar su fabricación, uso y reutilización para fomentar el crecimiento económico sostenible. Se exploran oportunidades para diversificar la oferta de repuestos automotrices, fortaleciendo así la competitividad de México en el mercado global. Desde una perspectiva ambiental, se analizan los desafíos relacionados con la generación de residuos y la huella ambiental de las piezas de automoción. Se proponen estrategias para la implementación efectiva de principios circulares, como el reciclaje y la remanufacturación. La investigación también se centra en reducir la dependencia de las materias primas, promoviendo prácticas de producción más sostenibles. Este trabajo no sólo proporciona un análisis crítico del estado actual de la gestión de repuestos automotrices en la industria automotriz mexicana, sino que también ofrece recomendaciones específicas para avanzar hacia un modelo más circular. Se espera que este estudio sirva como guía para formuladores de políticas, empresarios y académicos interesados en promover la sostenibilidad y la eficiencia en la cadena de suministro de autopartes en el contexto de la industria automotriz de México.

Palabras clave: Industria automotriz, autopartes, economía circular, sostenibilidad, medioambiente.

ABSTRACT

This thesis conducts a comprehensive evaluation of the impact of automotive parts in Mexico's automotive industry, employing the innovative lens of the circular economy model. Through an interdisciplinary approach that integrates economic, environmental, and social aspects, this research aims to understand how transitioning to a circular economy can transform the sustainability and efficiency of the automotive parts supply chain. Economically, the role of automotive parts as key drivers of automotive production is examined, assessing how their manufacturing, use, and reuse can be optimized to foster sustainable economic growth. Opportunities to diversify the supply of automotive parts are explored, thereby strengthening Mexico's competitiveness in the global market. From an environmental perspective, challenges related to waste generation and the environmental footprint of automotive parts are analyzed. Strategies for the effective implementation of circular principles, such as recycling and remanufacturing, are proposed. The research also focuses on reducing dependence on raw materials, promoting more sustainable production practices. This work not only provides a critical analysis of the current state of automotive part management in the Mexican automotive industry but also offers specific recommendations for advancing towards a more circular model. It is expected that this study will serve as a guide for policymakers, entrepreneurs, and academics interested in promoting

sustainability and efficiency in the automotive parts supply chain within the context of Mexico's automotive industry.

Keywords: Automotive industry, circular economy, sustainability, supply chain, environmental impact, circular practices.

CONTENIDO

1. Introducción	8
2. Marco teórico	10
2.1 Economía circular	10
2.2 Implantación del modelo circular en el sector automovilístico	12
2.2.1 Vías de transformación hacia un sistema circular.....	14
2.2.2 Modelo lineal vs modelo circular automóviles.....	15
2.3 Ciclo de vida del producto.....	16
2.3.1 Consideraciones clave para el reciclaje de plásticos en el sector automotriz...19	
2.4 Cadena de valor	20
2.5 Industria automotriz.....	23
2.6 Empresas que producen autopartes de la industria automotriz en México	27
2.7 Consumo de automóviles en México	31
2.8 Materiales utilizados	35
2.9 El uso de los plásticos en la fabricación de los vehículos y sus componentes es cada vez más frecuente.....	44
2.9.1 Tipos de polímeros de uso automotriz.....	46
2.9.2 Recuperación y reciclaje de autopartes plásticas	48
3. Estado del arte.....	51
4. Justificación.....	54
5. Objetivos.....	56
5.1 Objetivo general	56
5.2 Objetivos específicos	56
6. Metodología.....	56
7. Resultados.....	59
Fase 1.- Análisis de la literatura.....	59
Fase 2.- Principios de la economía circular	67
Fase 3.- Descripción de las autopartes más demandas en 2022	68
Fase 4. Evaluación de la autoparte y las principales empresas que los elaboran.	72
8. Discusión de resultados.....	82
Fase 5 Evaluación y propuesta de modelo.....	82

<i>9. Conclusiones y perspectivas</i>	88
<i>Referencias</i>	90

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Flujo de recursos en la cadena automotriz.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2 Toneladas de plásticos.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3 Impactos de los materiales plásticos en la Salud y medio ambiente</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4 Tiempo de degradación de materiales plásticos.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5 Producción de materiales</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6 Evolución de la producción de automóviles en México.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 7 Polímeros para aplicación en la industria automotriz.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 8 Metodología para la Evaluación de la Economía Circular en Tanques Líquidos</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 9 Composición de los materiales usados en los vehículos.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 10 Catálogo de productos más demandados en México por las empresas automotrices</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 11 Características de un tanque limpiaparabrisas.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 12 Principales ventajas de los materiales utilizados en los tanques limpiaparabrisas</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 13 Principales empresas que elaboran y comercializan el depósito de limpiaparabrisas.....</i>	<i>76</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Modelo de economía circular</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2 La eficiencia del carbono y la eficiencia de recursos.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3 La eficiencia del carbono.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4 La eficiencia de recursos</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5 Comparación del uso de un modelo lineal con un modelo circular en la industria automotriz.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6 Planteamiento del proceso de generación actual de residuos y problemática de responsabilidades de las piezas reutilizadas.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7 Esquema de la influencia del reciclado en el ciclo de vida del automóvil ..</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8 Diagrama de flujos de la cadena automotriz.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9 Clases de actividad por fases de la cadena de valor automotriz.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10 Ubicación en México de Plantas de Vehículos Ligeros.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11 Indicadores clave del sector automotriz.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12 Porcentaje de plástico para autopartes automotrices en la industria.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13 Contenido de plástico en la industria automotriz.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 14 Localización y especialización de la producción de autopartes</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15 Análisis de la gestión de residuos.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16 Modelo del manejo de vehículos al final de su vida útil.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 17 Vehículos de Motor Registrados en Circulación por año</i>	<i>66</i>
<i>Figura 18 Problemas asociados con el tanque de líquido de limpiaparabrisas durante su uso.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 19 Modelos de tanques para líquidos de limpiaparabrisas.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 20 Planos de la realización de los tanques para líquidos de limpiaparabrisas</i>	<i>84</i>
<i>Figura 21 Ciclo de vida de un tanque de líquido para limpiaparabrisas</i>	<i>85</i>

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los procesos industriales están generando un efecto negativo y una gran repercusión en el medio ambiente y su degradación, debido a que en los procesos y metodologías en el desarrollo del producto no se está haciendo un uso adecuado y una articulación correcta entre la parte técnica y ambiental donde pueda garantizar que los procesos de producción generen el menor impacto ambiental posible.

La industria automotriz mexicana se ha convertido en una de las más fuertes a nivel mundial; es tal que representa el segundo sector económico más importante del país y es también un elemento central de sus estrategias de modernización y globalización; se tratarán específicamente las autopartes y el material del cual están hechas, por tal motivo se están implementando estrategias las cuales permitan reducir el impacto negativo sobre el medioambiente, entre algunas de las estrategias que se están implementando se encuentra la economía circular. El modelo de economía circular se refiere a un enfoque sostenible de la producción y el consumo que busca maximizar el valor económico y social mientras se minimizan los impactos ambientales. En el contexto de la industria automotriz, esto podría incluir medidas como la reutilización y el reciclaje de autopartes, así como la reducción de los materiales y la energía necesaria para producir nuevas partes. (Noticias ONU, 2023)

Para evaluar el impacto de las autopartes de la industria automotriz nacional de acuerdo con el modelo de economía circular, se podrían utilizar diferentes indicadores, como:

- El porcentaje de autopartes reutilizadas o recicladas en la producción de nuevos vehículos.
- La cantidad de materiales y energía necesarios para producir una autoparte específica, comparado con los estándares del sector.
- El número de iniciativas y programas implementados para promover la economía circular en la industria automotriz.
- La capacidad de la industria para recolectar y reciclar autopartes al final de la vida útil de los vehículos.

El potencial de la industria automotriz mexicana es tal que representa el segundo sector económico más importante del país, además significa el elemento primordial de la modernización y estrategias de globalización de este. En un análisis ordenado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) nombrado "La inversión extranjera en Latinoamérica y el Caribe, Informe 2003" se concluye, entre otras cosas, que a pesar de los alrededor de 50 billones de dólares de inversión extranjera directa (IED) en la zona automotriz de toda la zona, se detectan signos de debilidad en la que fue una exitosa táctica de atracción de IED hacia Latinoamérica, primordialmente en México y Brasil, por lo cual el cambio de táctica para reconquistar la atracción se hace inminente.

Esta investigación tiene como objetivo inquirir la existencia de economía circular en el sector plástico y conocer su relación con la industria de autopartes plásticas en México

De acuerdo con la Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. (ANIPAC, 2021) este sector ha incursionado en el área de la economía circular (EC), utilizando un modelo que incluye no solo la participación de sus productores y distribuidores de materias primas, sino también se incorpora a los recicladores, productores y distribuidores de maquinaria y equipo, y toda clase de fabricantes de plásticos. Pero ¿qué se entiende por EC?, se trata de un nuevo modelo de producción y consumo el cual tiene como objetivo cambiar el modelo lineal de una industria de usar y tirar por una que imita los ciclos biológicos de la naturaleza (Shamsuyeva y Hans; 2001). El objetivo de la EC es trascender del modelo económico lineal actual, basado en “extraer, producir, utilizar y tirar”, a un modelo donde se maximice el uso de todos los recursos disponibles y que aproveche las energías renovables (Geissdoerfer, et. al, 2018).

El Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) identifica a la industria del plástico en la rama 3261 Fabricación de productos de plástico, que se conforma de 86 ramas con 6631 empresas integrantes del sector. (INEGI, 2018)

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ECONOMÍA CIRCULAR

La economía circular se basa en tres principios, todos impulsados por el diseño: Eliminar los residuos y la contaminación. Circular los productos y materiales (en su valor más alto) Regenerar la naturaleza. (Ellen Macarthur Foundation, 2023)

Es un modelo de producción y consumo, implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende. En la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional.

Contrasta con el modelo económico lineal tradicional, basado principalmente en el concepto “usar y tirar”, requiere de grandes cantidades de materiales y energía baratos y de fácil acceso. La obsolescencia programada contra la que el Parlamento Europeo pide medidas es también parte de este modelo.

Uno de los motivos para avanzar hacia una economía circular es el aumento de la demanda de materias primas y la escasez de recursos. Varias materias primas cruciales son finitas y, como la población mundial crece, la demanda también aumenta. (europarl, 2022)

El impacto en el clima es otro de los factores. La extracción y el uso de materias primas tienen importantes consecuencias medioambientales, aumenta el consumo de energía y las emisiones de CO₂, mientras que un uso más inteligente de las materias primas puede reducir las emisiones contaminantes.

Medidas como la prevención de residuos, el diseño ecológico y la reutilización podrían ahorrar dinero a las empresas de la UE mientras se reduce el total anual de emisiones de gases de efecto invernadero. Actualmente, la producción de los materiales que se usan diariamente es responsable del 45% de las emisiones de CO₂.

Avanzar hacia una economía más circular podría generar beneficios como reducir la presión sobre el medioambiente, mejorar la seguridad de suministro de materias primas, estimular la competitividad, la innovación, el crecimiento económico (un 0,5% adicional del PIB) y el empleo (se crearían unos 700.000 trabajos solo en la UE de cara a 2030). (europarl, 2022)

La economía circular es un concepto económico el cual se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua, energía, etc.) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía. (La Fundación para la Economía Circular, 2023)

Figura 1

Modelo de economía circular



Nota: Adaptado de europarl, 2022.

El 48% de los componentes internos de un coche está compuesto de plástico en piezas como el panel de instrumentos, ductos de aire acondicionado, panel interior de puertas y botones de accesorios. Asimismo, el 27% de los componentes externos, como las manijas de puerta, faros, tanque de combustible, espejos y partes decorativas.

En el tren motriz, se puede encontrar una presencia del plástico del 14% en partes como el enfriador de agua, engranes de transmisión, múltiple de admisión de aire y cubierta de motor. Además, el 11% de los cables y componentes eléctricos son de este material; está presente en la cubierta de cables, sensores y conductos de cables. (México Industry, 2021)

2.2 IMPLANTACIÓN DEL MODELO CIRCULAR EN EL SECTOR AUTOMOVILÍSTICO

La creación de un vehículo circular es clave para crear un sistema de transporte con bajas emisiones de carbono. Según datos de la Unión Europea, “con la tecnología actual existe la oportunidad de reducir las emisiones de carbono emitidas por los coches en un 75% y disminuir en un 80% el consumo de recursos por pasajero-kilómetro para 2030”. (World Economic Forum, 2020)

A modo de establecer un control y cuantificar el progreso, las fases del modelo están marcadas por dos variables, la eficiencia del carbono y la eficiencia de recursos (Figura 2).

Figura 2

La eficiencia del carbono y la eficiencia de recursos

$$\text{Eficiencia del carbono} = \frac{\text{Emisiones de Co2 en el ciclo de vida útil(g)}}{\text{Km por pasajero}}$$

$$\text{Eficiencia de recursos} = \frac{\text{Consumo de recursos no circulares(g)}}{\text{Km por pasajero}}$$

Nota: Adaptado del Análisis de la economía circular aplicada al sector automovilístico, por Pons Guinot, 2022.

Los km por pasajero tienen en cuenta la media de pasajeros en un vehículo y los km recorridos durante el ciclo de vida.

La eficiencia de carbono se puede calcular dividiendo las emisiones de CO₂ en el ciclo de vida(g), dividido los kilómetros por pasajero (Figura 3).

Figura 3

La eficiencia del carbono

$$\text{Eficiencia del carbono} = \frac{\text{Co2 producto} + \text{Co2 uso del producto}}{\text{Km por pasajero}}$$

Nota: Adaptado del Análisis de la economía circular aplicada al sector automovilístico, por Pons Guinot, 2022.

Las emisiones de CO₂ en el ciclo de vida tiene en cuenta:

- El CO₂ producido por el producto. Tiene en cuenta el CO₂ generado por los materiales utilizados, los componentes de producción y ensamblaje y el tratamiento al final de la vida útil.
- El CO₂ producido durante el uso del producto. Tiene en cuenta las emisiones del tubo de escape y las emisiones generadas por crear energía.

Por otro lado, la eficiencia de recursos se calcula al dividir el consumo de recursos no circulares (g) entre los kilómetros por pasajero (Figura 4).

Figura 4

La eficiencia de recursos

$$\text{Eficiencia de recursos} = \frac{\text{Material no circular en el vehículo} + \text{Desechos no circulares}}{\text{Km por pasajero}}$$

Nota: Adaptado del Análisis de la economía circular aplicada al sector automovilístico, por Pons Guinot, 2022.

Los recursos no circulares hacen referencia a:

- Los materiales no circulares que contiene el vehículo.
- Los materiales no circulares de los desechos del vehículo.

La consideración de los recursos no circulares viene determinada por: la masa total del vehículo, el total de desechos, el flujo de entrada y salida de refabricado y el flujo de entrada y salida de reciclado. (Pons Guinot, 2022)

2.2.1 VÍAS DE TRANSFORMACIÓN HACIA UN SISTEMA CIRCULAR

Para lograr la transformación del sector a un modelo circular se precisa del cambio de 4 vías principales: descarbonización de la energía, circularidad de los materiales, optimización de la vida útil, mejora de la utilización.

A través de la descarbonización de las energías se busca la implantación de energías completamente renovables en las fases de producción y uso.

El objetivo de la circularidad de los materiales es lograr la utilización de materiales 100% circulares, es decir materiales reciclados y renovables. Teniendo en cuenta que se ha de procesar correctamente los materiales al final de la vida útil.

La optimización de la vida útil busca alargar lo máximo posible el uso de las piezas, fomentando la fácil reparación y sustitución de los componentes.

En la mejora de la utilización de los vehículos se pretende encontrar la forma de optimizar al máximo el uso de los vehículos disponibles, mediante la optimización de las rutas y el incremento del número de pasajeros por vehículo. (Pons Guinot, 2022)

2.2.2 MODELO LINEAL VS MODELO CIRCULAR AUTOMÓVILES

Para lograr la transformación del sector a un modelo circular se precisa del cambio de 4 vías principales: descarbonización de la energía, circularidad de los materiales, optimización de la vida útil, mejora de la utilización.

En el documento del Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2020), en el cual se plantea la implantación del sistema circular en la industria automotriz, se muestra un estudio en el que se analizan: los kilómetros viajados por pasajero por año, el stock global de vehículos, las emisiones de CO₂ por año y los recursos no circulares consumidos por año. En este estudio se examina el cambio de estas variables desde el año 2020, año realizado el estudio, hasta 2030. En el pronóstico realizado de 2030 se plantean dos situaciones, ya sea el uso continuado de un modelo lineal o un cambio de la industria hacia un modelo circular (Figura 5).

Figura 5

Comparación del uso de un modelo lineal con un modelo circular en la industria automotriz

KPI	Today	2030	
		Linear development	Circular scenario
Passenger km per year [tril. km]	 24	 40	 40
Global vehicle stock [bn]	 1.2	 2	 0.8
CO2 emissions per year [gt]	 3.4 <small>Yearly CO2 budget for automotive industry (1.7gt)*</small>	 5.7 <small>Yearly CO2 budget for automotive industry (1.7gt)*</small>	 1.6 <small>Yearly CO2 budget for automotive industry (1.7gt)*</small>
Non-circular resource consumption per year [mt]	 113	 188	 35

Nota: Adaptado de *A new roadmap for the automotive circular economy, por Raising Ambitions, 2020.*

Ante una mayor demanda de vehículos y bajo un modelo lineal, se precisará de un mayor stock de vehículos. Esto puede ocasionar grandes problemas puesto que, bajo un modelo lineal, las emisiones de CO₂ aumentarán, al igual que el uso de recursos no circulares, empeorando la situación medioambiental y escasez de recursos.

Por otro lado, ante una implantación de un modelo circular el stock de vehículos se reduciría un 33% ya que se lograría optimizar la demanda de vehículos. Una menor utilización de vehículos, junto a la implantación de un sistema circular, lograría reducir las emisiones de CO₂ un 52% en tan solo 10 años. Además, este sistema ayudaría a superar la escasez de recursos al reducir el uso de recursos no circulares, en concreto en 2030 se reduciría en un 69% el uso de recursos no circulares con respecto a 2020. (Pons Guinot, 2022)

2.3 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

Se estima que los autos actuales duran una media de 14 años, antiguamente se acercaban a los 16 años. La vida útil de un automóvil depende de muchos factores, como el mantenimiento y el uso que se le da al vehículo en particular.

El estudio de las causas por las cuales un vehículo es retirado de circulación cobra vital importancia para el estudio de la acumulación de ELV. De esta forma es posible comprender el proceso que sigue un vehículo desde nuevo hasta ser desechado, de esta manera se convierte en ELV.

La decisión de retirar un vehículo de circulación es tomada principalmente por los dueños de dichos vehículos. Esta decisión puede estar influenciada por diferentes factores, como la ocurrencia de un accidente vial, el deterioro del vehículo por el uso, costos de reparación y de operación, etc.

Se establece que la principal causa por lo cual se retira un vehículo de circulación no es el deterioro técnico o los accidentes, sino debido a la disminución del valor del vehículo por su edad:

a) Entre más viejo el vehículo actual, mayor es la probabilidad de retirarlo de la circulación.

- b) Entre más viejo el vehículo de reemplazo, mayor es la probabilidad de mantener el vehículo actual.
- c) Entre más costoso el vehículo nuevo, mayor la probabilidad de mantener el vehículo actual.
- d) Entre mayor sea el costo de operación del vehículo actual, mayor es la probabilidad de retirarlo de la circulación.
- e) Entre mayor sea el costo de operación del auto de reemplazo, mayor es la probabilidad de mantener el vehículo actual.
- f) Entre menor sea el impuesto del vehículo actual y mayor sea el impuesto por el vehículo de reemplazo, mayor es la probabilidad de mantener el vehículo actual.
- g) Entre mayor sea el precio del vehículo actual como chatarra, mayor es la probabilidad de retirarlo de circulación.
- h) Dueños de la tercera edad tienden a mantener el vehículo en circulación.
- i) Dueños que perciben bajos ingresos y cuyo vehículo presenta gran kilometraje tienden a retirar el vehículo de circulación.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el retiro de los vehículos de la circulación está regido por factores económicos. Por tal razón, el retiro vehicular es un fenómeno que se comporta de diferente forma de una región económica a otra. A consecuencia de esta diferencia se derivan otros fenómenos, como la exportación de autos usados. (Cruz Rivera & Ertel, 2008)

En un taller de reparación se generan aproximadamente 34 residuos distintos, de los cuales, 18 tienen la consideración de peligrosos, lo que implica tener un gestor para cada uno de ellos, depósitos adecuados para los mismos, una compleja gestión administrativa como productor de esos residuos, etc. (Amante, Lacayo, Piqué, & López-Grimau, 2010)

El proceso actual de generación de residuos y la problemática de responsabilidades de las piezas reutilizadas se puede ver esquematizado en la Figura 6.

Figura 6

Planteamiento del proceso de generación actual de residuos y problemática de responsabilidades de las piezas reutilizadas



Nota: Adaptado de *Gestión de residuos a lo largo del ciclo de vida de un automóvil* por Amante, Lacayo, Piqué, & López-Grimau, 2010, *Management of residues life cycle services of an automobile*.

Algunas aportaciones de los bioplásticos que se pueden considerar:

- Ahorro de recursos no renovables
- Reducción de las emisiones frente al cambio climático
- Cerramiento del círculo para aumentar la eficiencia de los recursos.

Así, algunos ejemplos de aplicaciones prácticas son los poliésteres biobasados (PET biobasado y mezclas PLA) utilizados en piezas interiores de los vehículos.

- **Reciclaje de plásticos en el sector automotriz.** De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, el reciclaje es el proceso de recolección y procesamiento de materiales destinados a ser desechados como basura, a ser convertidos en nuevos productos). El reciclaje tiene una gran influencia en cada etapa del ciclo de vida del automóvil, como se puede apreciar en el esquema.

- En la **etapa de diseño** se toman decisiones cruciales desde el punto de vista del reciclaje. Aquí se definen las restricciones de tipos de materiales usados; en particular, hay materiales seleccionados los cuales pueden procesarse más, como los materiales reciclables. El uso de materiales reciclables genera posibilidades de circuito cerrado de materiales usados que minimizan el costo de fabricación (Figura 7).

Figura 7

Esquema de la influencia del reciclado en el ciclo de vida del automóvil.



Nota: Adaptado de Plásticos en la industria automotriz: aspectos clave de sustentabilidad por Méndez Prieto A., 2023, Plastics Technology México

2.3.1 CONSIDERACIONES CLAVE PARA EL RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ

Durante el proceso de fabricación se deben indicar marcas o símbolos en los componentes que identifiquen el tipo de material plástico (de acuerdo con los requisitos de estándares normalizados ISO, ASTM, etc.), esto facilita las siguientes etapas de la vida de las piezas. Hay piezas reciclables usadas elegidas durante la etapa de diseño.

La etapa de aplicación está directamente relacionada con el medioambiente. El gran número de autos viejos al final de su vida útil exige instalaciones de recolección que faciliten los puntos de desarmado.

En la etapa de “Fin de vida” se produce una recuperación de materiales.

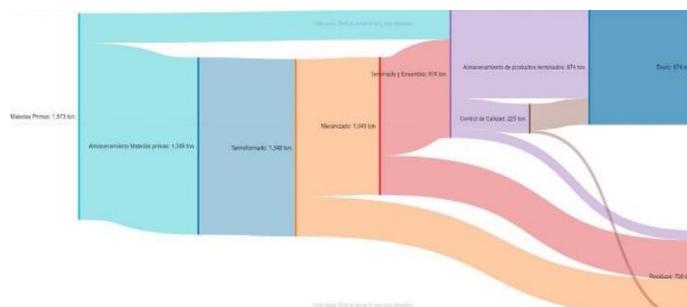
El reciclaje es la gestión más eficaz de los polímeros después del final de su vida útil. Los plásticos de ingeniería reciclados deben considerar el costo de recuperar los materiales, la separación efectiva de los desechos plásticos y la disponibilidad de una instalación adecuada para el desmontaje, clasificación y almacenamiento. Por ello, las cuatro etapas consideradas o integradas al reciclaje deben ser tomadas muy en cuenta, con mayor interés. (Méndez Prieto A. , 2023)

2.4 CADENA DE VALOR

La cadena de valor automotriz se compone a partir del suministro de materias primas (hierro y acero, aluminio, vidrio y derivados del petróleo), de la fabricación de automóviles y autopartes relacionados, y del transporte y la comercialización (CEPAL, 2018). México es uno de los principales ensambladores de la industria automotriz en el mundo, el proceso está compuesto a partir de las fases de almacenamiento de materias primas (provenientes por lo general de países europeos), termoformado, mecanizado, terminado y ensamble, control de calidad, almacenamiento de producto terminado y envío (Krolczyk, 2015), véase figura 8. Durante el proceso, se encuentran los desperdicios o residuos, los cuales por lo general se concentran en los procesos de mecanizado, terminado y ensamblado y controles de calidad; generando así potenciales oportunidades a la circularidad.

Figura 8

Diagrama de flujos de la cadena automotriz.



Nota: Adaptado de Metodología para la evaluación de avances en la economía circular en los sectores productivos de América Latina y el Caribe por Van Hoof, Bart; Nuñez, Georgina; de Miguel, Carlos, 2023.

Los actores a lo largo de la cadena se dividen en tres niveles: tier 1 (proveedores para el suministro de productos de ensamblaje), tier 2 (proveedores de materiales y subproductos de ensamblaje para tier 1) y tier 3 (proveedores de tier 2) (Blanco y otros, 2020). Los actores de mayor potencial para desarrollar la economía circular son los tier 1, debido a que estas empresas deben cumplir con altos requisitos de calidad y estándares de sostenibilidad exigidos por las grandes empresas ensambladoras. En la Tabla 1 se presenta el flujo de las principales entradas y salidas de materiales en la cadena.

Tabla 1

Flujo de recursos en la cadena automotriz

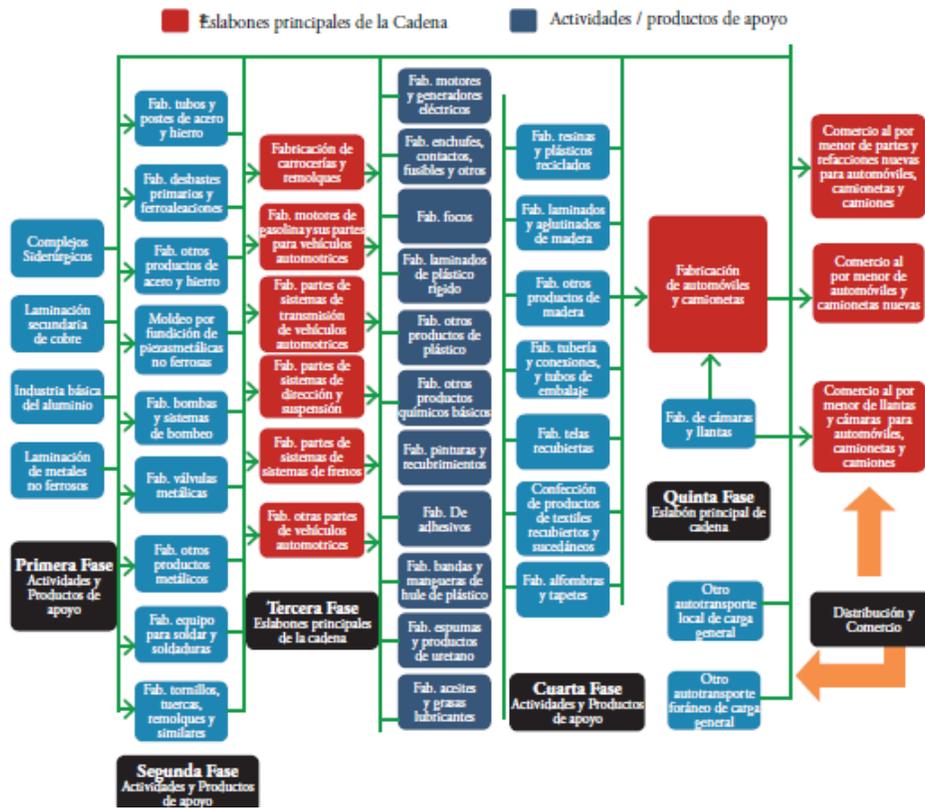
ENTRADAS	CARACTERÍSTICAS	SALIDAS
Materiales compuestos en su mayoría por: Vidrio Hierro y acero, cobre, caucho plásticos energía	Durante la última década, la producción y consumos de vehículos automotrices ha aumentado, haciendo que el flujo de estos materiales sea prioritario a lo largo de la cadena de valor.	Principales productos: Vehículos Principales residuos: Plásticos, residuos peligrosos, chatarra, llantas, emisiones, baterías

Nota: *Elaboración propia con datos de World Economic Forum, 2020.*

La cadena automotriz presenta modelos de circularidad para avanzar en la descarbonización, circularidad de los materiales, optimización del ciclo de vida y mejora en la utilización de los productos (WEF, 2020). La descarbonización a lo largo del ciclo de vida contempla el uso de materiales bajos en carbono, ensamblaje e integración de las operaciones con redes energéticas renovables. La recuperación de recursos contempla el cierre en la brecha de circularidad en los materiales con prácticas como el reciclaje, la renovación, el desmontaje al final de la vida útil y la incorporación de la logística inversa. Especialmente con materiales plásticos, baterías, chatarra y llantas. La extensión del ciclo de vida de los vehículos y las autopartes son promovidas por actividades como el diseño eficiente, modularidad, reparación, reutilización y la remanufactura. (Van Hoof, Nuñez, & de Miguel, 2023)

Figura 9

Clases de actividad por fases de la cadena de valor automotriz



Nota: Adaptada de Durán, Clemente Ruiz, 2016, con base en la Secretaría de Economía, Sistema de Información Empresarial Mexicano.

El sector automovilístico mexicano se encuentra plenamente integrado en la cadena regional de valor norteamericana. Además, exhibe fuertes vinculaciones con otros países, en especial con China. Dentro de esta cadena de valor, México adopta un papel intermedio de acuerdo con las fases representadas en la denominada curva de la sonrisa: se dedica de manera especial a la realización de tareas productivas. En particular, el sector está especializado en la producción de determinadas autopartes y en la realización de tareas de ensamblaje, mientras que los procesos de mayor generación del valor -diseño, venta y posventa- se mantienen, principalmente, en los Estados Unidos. (Campos Romero & Rodil Marzábal, 2021)

2.5 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

La industria automotriz está integrada por dos sectores: terminal y autopartes. El sector automotriz se enfoca en la fabricación de autos, de camiones y tracto camiones, de autopartes, de sistemas automotrices, equipo electrónico, carrocerías y remolques, entre otros. (Secretaría de Economía, 2021)

La industria automotriz se ha convertido en el paradigma del proceso de industrialización en México. Su desarrollo no sólo ha sido el de sus capacidades de producción, sino que ha dado lugar a un proceso de adaptación institucional, conjugando diversos instrumentos de política industrial, y ha abierto paso a una nueva interrelación de México con el mundo, al convertirse en el prototipo del desarrollo de capacidades técnicas de la economía mexicana.

El sector automotriz en México siempre ha sido una piedra angular del desarrollo industrial del país y, por ende, desde su origen cuenta con programas específicos de desarrollo los cuales al paso de los años quedaron enmarcados dentro de lo que se conoce como “Decretos automotrices”, los cuales fueron emitidos por el gobierno federal y tienen por objeto la regulación de la producción y ventas. (Durán, 2016)

La evolución internacional de las firmas automotrices ha constituido uno de los temas "clásicos" en la literatura sobre internacionalización industrial, lo cual es coherente con el hecho de que ésta ha sido quizá la manufactura más sujeta a estrategias internacionales. (Thirión, 1994)

La producción automotriz de México representa el 3.7 por ciento de la producción mundial, lo que se ha logrado paulatinamente, sujeto a las fluctuaciones del mercado interno y mundial. La producción fundamentalmente está orientada hacia la exportación, el 83 por ciento se destina a la exportación, de esta forma la industria es crecientemente una industria proveedora de divisas.

Como parte del desarrollo de la industria automotriz, la industria terminal y la de autopartes han establecido centros de ingeniería y diseño, con lo cual se ha consolidado un núcleo productivo más integrado y ha dado pauta a actualizaciones de la ingeniería desarrollada inicialmente en los países de origen sólo en ciertos casos se ha llegado a diseños específicos,

como el Jetta de Volkswagen y el Infinitum de Nissan. Algunos de los centros más destacados en el país son:

- a) los Centros de Modelado de Prototipos de Diseño Automotriz de Nissan, localizados en Mexicali, Manzanillo y Colima, ayudando a operaciones de diseño mundial;
- b) el centro de ingeniería y diseño virtual de Ford Motor Company, localizado en el Distrito Federal (Santa Fe);
- c) el Centro de Ingeniería y diseño de Chrysler ubicado en el área metropolitana de la Ciudad de México;
- d) el centro de diseño de Volkswagen en el estado de Puebla, con 800 ingenieros de su planta laboral especializados en estas tareas;
- e) el Centro Regional de Ingeniería de General Motors, localizado en Toluca, Estado de México, y que es uno de los 13 Centros globales de General Motors; y
- f) el centro de ingeniería de componentes de Delphi, responsable del diseño y desarrollo de productos, localizado en Ciudad Juárez, Chihuahua.

La tecnología en la industria automotriz en México ha evolucionado significativamente, impulsada por la inversión extranjera y el desarrollo de centros de ingeniería y diseño. (Durán, 2016)

Figura 10

Ubicación en México de Plantas de Vehículos Ligeros



Nota: Adaptada de Durán, Clemente Ruiz, 2016, con base en información de la Convención Internacional de Negocios para la Industria Automotriz

La Industria Nacional de Autopartes, representa a más de 700 plantas manufactureras de autopartes con operaciones en México. Según datos de la Secretaría de Economía, en 2012 había una base de 618 empresas, mientras ahora hay 1,300 fábricas, principalmente en el norte del país y en el Bajío, tienen instalaciones productivas 18 de las más importantes empresas fabricantes de vehículos; 2 fabricantes de motores a Diesel y más de 300 proveedores de primer nivel de la industria terminal. (Tier 1). (Rodríguez, 2016)

En lo que a especialización se refiere, la industria de autopartes presenta más desarrollo en la fabricación de componentes para motor, transmisión y carrocería, la experiencia es muy notoria en la fabricación de anillos, monobloques, pistones, árboles de levas, carburadores, transmisiones, ejes, arneses eléctricos, rines, vidrio, estampados y partes de plástico (Miranda, Contaduría y administración, 2007).

Figura 11

Indicadores clave del sector automotriz



Nota: Adaptado de con base en Industria Nacional de Autopartes (INA), 2023.

La mayoría de las empresas fabricantes de vehículos ligeros han escalado a actividades de mayor valor agregado, estableciendo centros de diseño e ingeniería en nuestro país, lo que les ha permitido contar con algunos de los complejos industriales, actualmente son referentes a nivel mundial. (Secretaría de Economía, 2021)

México es reconocido por la manufactura de autos, es un sitio estratégico para la producción de autos por su ubicación geográfica y buena calidad de fabricación. Se tiene cercanía con Norteamérica, pero también con Sudamérica y puertos importantes que van a Asia y Europa, envidiable para muchos otros países.

- Audi: San José Chiapa, Puebla, Q5.
- BMW: San Luis Potosí, Serie 3, Serie 2 y M2.
- Chevrolet: Silao, Guanajuato, Silverado. Ramos Arizpe, Coahuila, Blazer, Blazer EV, Equinox EV.

- Ford: Cuautitlán Izcalli, Edomex, Mach E. Hermosillo, Sonora, Bronco Sport y Maverick.
- GMC: Silao, Guanajuato, Sierra. San Luis Potosí, Terrain.
- Honda: Celaya, Guanajuato, HR-V.
- Infiniti: Aguascalientes, Aguascalientes, QX50 y QX55.
- JAC: Ciudad Sahagún, Hidalgo, modelos a gasolina.
- Jeep: Toluca, Edomex, Compass.
- KIA: Pesquería, Nuevo León, Río, K3 (próximamente) y Forte sedán.
- Mazda: Salamanca, Guanajuato, Mazda 2, Mazda 3, CX-3 y CX-30.
- Mercedes-Benz: Aguascalientes, Aguascalientes, GLB.
- Nissan: Cuernavaca, Morelos, NP300 y V-Drive. Aguascalientes, Aguascalientes, March, Kicks, Sentra y Versa.
- RAM: Saltillo, Coahuila, RAM1500, 2500, 3500, 4500, 5500 y ProMaster.
- Toyota: Tijuana, Baja California y Apaseo El Grande, Guanajuato, Tacoma.
- Volkswagen: Cuautlancingo, Puebla, Jetta, Taos, Tiguan. Motor EA211 (1.5 TSI), Silao, Guanajuato.

Además de estas plantas de producción de autos, donde con el paso del tiempo se añaden o eliminan modelos, Tesla ya está trabajando en la Gigafactory de Nuevo León. Por otro lado, empresas chinas, como Chirey, han destacado el interés en construir una fábrica en nuestro país para 2026, cosa que servirá para incrementar sus ventas. (Dagio, 2023)

2.6 EMPRESAS QUE PRODUCEN AUTOPARTES DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO

El Estado de México cuenta con al menos 37 fabricantes de equipos originales de automoción en México y más de 1.100 fabricantes y proveedores de piezas de automoción de nivel 1, y algunos miles de fabricantes y proveedores de piezas de automoción de nivel 2 y 3 agrupados en veinticuatro estados para apoyar al sector de la automoción en México. (Moreno, 2023)

A continuación, algunas de las principales compañías fabricantes de autopartes en México:

1. ABB México: Empresa especializada en tecnologías electrónicas y automatización industrial.
 2. Ansorge: Fabricante de componentes y sistemas para la industria automotriz, incluyendo productos de suspensión y dirección.
 3. Autoseat: Compañía dedicada a la fabricación de asientos y sistemas de asientos para vehículos.
 4. Basf: Empresa líder en la producción de materiales químicos y soluciones para la industria automotriz.
 5. Bosch: Renombrada compañía, fabrica una amplia gama de componentes automotrices, desde sistemas de frenado hasta sistemas eléctricos.
 6. EAN SA: Compañía especializada en la producción de sistemas de escape y catalizadores automotrices.
 7. Eaton: Fabricante de componentes y sistemas eléctricos y de transmisión para la industria automotriz.
 8. Echlin: Produce una amplia gama de autopartes, incluyendo sistemas de encendido y componentes de motor.
 9. Federal Mogul: Reconocida empresa, fabrica productos de motor, como anillos de pistón, válvulas y rodamientos.
 10. FPA: Especializada en la fabricación de sistemas de escape y componentes de emisiones.
 11. Gabriel de México: Fabricante de amortiguadores y componentes de suspensión para vehículos.
 12. Gates Rubber: Produce una variedad de productos automotrices, incluyendo correas y mangueras.
 13. Goodyear Tire & Rubber: Reconocida compañía fabricante de neumáticos para automóviles y vehículos comerciales.
 14. Hella KG Hueck & Co.: Empresa líder en la fabricación de sistemas de iluminación y componentes eléctricos para automóviles.
 15. Henkel Kga: Compañía que produce adhesivos y selladores utilizados en la fabricación de vehículos.
-

16. Hitachi Automotive Systems: Fabricante de una amplia gama de componentes y sistemas automotrices, incluyendo sistemas de gestión del motor.
17. Industrias Tamer: Especializada en la producción de asientos y componentes de asientos para la industria automotriz.
18. Lear Corporation: Fabrica asientos y sistemas eléctricos para automóviles.
19. APTIV: Empresa especializada en tecnología automotriz, fabrica componentes electrónicos avanzados y sistemas de conectividad para vehículos
20. Yazaki: Produce sistemas de cableado y conectores para la industria automotriz.
21. Bocar Group: Fabricante de componentes metálicos y sistemas de ensamble para la industria automotriz.
22. GIS: Empresa dedicada a la fabricación de sistemas de escape, tuberías y componentes metálicos para vehículos.
23. Nemak: Compañía líder en la producción de componentes de aluminio para la industria automotriz, como cabezas de motor y cárteres.
24. Johnson Controls: Especializada en la fabricación de sistemas de baterías, asientos y sistemas de climatización para automóviles.
25. Forza Global Solutions: Compañía dedicada a la producción de componentes metálicos, sistemas de ensamble y soluciones de ingeniería para la industria automotriz.
26. Magna: Empresa líder en la fabricación de carrocerías, sistemas de asientos, sistemas de visión y tecnologías avanzadas para vehículos.
27. Industrias Cazel: Especializada en la producción de componentes de suspensión y dirección para la industria automotriz.
28. Mikel's: Fabricante de productos químicos y aditivos automotrices, como aceites y lubricantes.
29. Meritor: Produce una amplia gama de sistemas de transmisión, ejes y componentes para vehículos comerciales.
30. Metalsa: Reconocida empresa, fabrica estructuras y componentes metálicos para vehículos, incluyendo chasis y subconjuntos.

31. PPG: Especializada en la producción de recubrimientos y pinturas automotrices de alta calidad.
32. Rassini: Fabricante de sistemas de suspensión y componentes de frenado para la industria automotriz.
33. SAG: Empresa dedicada a la fabricación de asientos y sistemas de asientos para vehículos.
34. Condumex: Especializada en la producción de cables y sistemas de cableado para vehículos.
35. Sisamex: Fabrica una variedad de componentes metálicos para la industria automotriz, incluyendo piezas estampadas y estructurales.
36. Visteon: Fabricante de sistemas electrónicos y soluciones de información y entretenimiento para vehículos.
37. Vitro: Empresa líder en la producción de vidrio automotriz y productos de vidrio especializado para la industria automotriz.

Actualmente, México ha desarrollado grandes avances tecnológicos y se ha insertado como uno de los países más competitivos en cuanto a productividad. (Metalmecánica, 2023)

Según datos proporcionados por INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), en México hubo un total de 21,3 millones de unidades de vehículos registrados en circulación hasta diciembre de 2022. Este número incluye todos los tipos de vehículos, desde motocicletas hasta camiones y autobuses. (INEGI, 2023)

Actualmente, un automóvil promedio utiliza alrededor de 150 kilogramos de plásticos y composites plásticos, lo cual equivale al 10-15% del peso total del automóvil. Este valor está en continua evolución debido a la demanda de reducir el peso de los vehículos y mejorar su eficiencia energética. (Knauf Industries Automotive, 2019)

2.7 CONSUMO DE AUTOMÓVILES EN MÉXICO

La industria automotriz consume en promedio 500 mil toneladas de plásticos. De las cuales 35% corresponden al polipropileno, 20% al poliuretano, 10% al acrilonitrilo butadieno estireno, 9% al policarbonato y el resto a otros materiales.

Los autos integran diversos materiales, como acero, aluminio, plástico, vidrio, caucho, cuero, zinc, plomo, silicio, aceite, anticongelante y refrigerante. Algunos de estos son altamente nocivos para el medio ambiente, mientras otros tienen un alto valor comercial. Para fines de este estudio se enfocará en los desperdicios plásticos de la industria automotriz.

La necesidad de la industria automotriz por mejorar el rendimiento del combustible en sus unidades ha empujado a las armadoras a usar cada vez más componentes plásticos en lugar del acero, y muchas veces no son sólo plásticos, sino polímeros ver tabla 2, la industria automotriz en los últimos años se ha preocupado por la seguridad de los ocupantes de los vehículos, y el cuidado del medio ambiente, lo que ha generado una gran oportunidad para los productores de autopartes plásticas en México. (Inova Plastics, 2022)

Tabla 2

Toneladas de plásticos.

Tipo de plástico	Porcentaje	Cantidad (en toneladas)
Polipropileno	35%	175,000
Poliuretano	20%	100,000
ABS	10%	50,000
Policarbonato	9%	45,000
Otros	26%	130,000

Nota: *Elaboración propia con datos de la actualización de Inova Plastics, 2022.*

Hasta el 2020, los plásticos representaban hasta el 50% del volumen de los automóviles nuevos y solo el 10% de su peso. Algunos tipos de plásticos populares en la industria automotriz incluyen polietileno, polipropileno, poliestireno, poliuretano y polimetilmetacrilato. De acuerdo con recientes estudios, al bajar el peso del vehículo en un 10 % se logra bajar también el uso de combustible entre un 6 y un 8 % (Méndez Prieto A. , 2023).

En la figura 12 se puede observar el consumo nacional de plásticos para partes automotrices:

Figura 12

Porcentaje de plástico para autopartes automotrices en la industria



Nota: Adaptado de Plásticos y autopartes de guía química, 2019.

Los materiales plásticos tienen propiedades que permiten lograr mejores resultados en cuanto al peso del automóvil, diseño, resistencia y seguridad para los pasajeros. Otros factores que influyen en la preferencia por los plásticos y polímeros son sus cualidades de resistencia a la corrosión, propiedades mecánicas y eléctricas, así como su contribución para mejorar el rendimiento del combustible por unidad.

El impacto ambiental y en la salud humana de los materiales plásticos puede variar según diversos factores, como su ciclo de vida, su gestión al final de su vida útil y las prácticas específicas de producción, como la exposición, la cantidad y la duración. En la Tabla 3 se aprecia el impacto de algunos materiales plásticos:

Tabla 3

Impactos de los materiales plásticos en la Salud y medio ambiente

IMPACTOS DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS			
Material	Salud Humana	Suelo	Aire
Polipropileno (PP)	Riesgos durante la producción: Exposición a posibles productos químicos utilizados en la fabricación, aunque el PP en sí mismo es considerado seguro para contacto con alimentos.	No es fácilmente biodegradable, lo que puede contribuir a la acumulación de residuos plásticos en el suelo.	Produce emisiones de CO ₂ , posibles emisiones de otros gases contaminantes durante la fabricación, limitadas durante el uso.
Poliuretano (PU)	Riesgos por isocianatos en algunos tipos. Irritante para ojos y vías respiratorias.	Posible liberación de isocianatos en el suelo en caso de disposición inadecuada.	Emisiones posibles durante la producción y descomposición, con riesgos en grandes cantidades.
ABS	Uso común en productos de consumo sin riesgos significativos.	Impactos limitados en el suelo si se gestionan adecuadamente. Posibles emisiones en caso de incineración inadecuada.	Emisiones posibles durante la producción y descomposición, riesgos en grandes cantidades o condiciones específicas.
Polycarbonato	Uso común en productos de consumo, posible liberación de BPA, que ha suscitado preocupaciones debido a su potencial impacto en la salud hormonal.	No es fácilmente biodegradable y puede acumularse en el suelo.	Emisiones posibles durante la producción y descomposición. Posible liberación de BPA.

Nota: Elaboración propia con información de Inova Plastics, 2022.

En el contexto de los poliuretanos (PU), los isocianatos son componentes esenciales en la formación de enlaces químicos que crean la estructura polimérica del material. Se utilizan en la fabricación de espumas de poliuretano, recubrimientos, adhesivos y selladores. Sin embargo, la exposición excesiva a los vapores de isocianatos puede plantear riesgos para la salud.

Tabla 4

Tiempo de degradación de materiales plásticos

Degradación de materiales plásticos		
Material	Tiempo de Degradación	Comentarios
Polipropileno (PP)	Cientos de años	No es biodegradable; puede descomponerse lentamente bajo la acción de factores ambientales.
Poliuretano (PU)	Puede ser muy duradero	Puede persistir en el medio ambiente durante muchos años.
Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	Cientos de años	No es biodegradable en el sentido tradicional; puede permanecer en el medio ambiente durante un tiempo prolongado.
Policarbonato	Cientos de años	Plástico resistente y duradero; puede descomponerse lentamente.

Nota: Elaboración propia con información de Olarte, Federico, 2022, Tipos de plásticos: toxicidad y usos.

En la tabla 4 se observan los tiempos generales de degradación y pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales y otros factores específicos. (Olarte, 2022)

Es crucial señalar que la gestión adecuada de residuos, el reciclaje y el desarrollo de plásticos más sostenibles son aspectos clave para reducir el impacto ambiental de estos materiales. Además, las regulaciones y prácticas industriales pueden influir en la mitigación de los impactos ambientales negativos. El enfoque actual en la gestión de materiales y residuos busca alternativas más sostenibles y métodos de eliminación responsable. (Amigos de la Tierra, 2019)

2.8 MATERIALES UTILIZADOS

Hoy en día, los automóviles se componen de una mezcla de estos materiales: el acero para el chasis y cuerpo del auto; aluminio para partes más ligeras como la estructura de ruedas y motor; y el plástico, que se encuentran en manijas, medidores, interruptores y piezas auxiliares del motor. (Mercado, 2023)

En México se produce en general cerca de 8 millones de toneladas de plásticos al año, de los cuales el 50% son de un solo uso y sólo un 6.7% se recicla (Tabla5).

Tabla 5

Producción de materiales

Material	Kilogramos	Porcentaje
Otros plásticos	89,984	42 %
Fierro, lámina, acero	61,984	29 %
Papel y cartón	35,393	17 %
PET	12,227	6 %

Nota: Adaptada del Canal del Congreso, 2021.

La industria automotriz está acotada a las ramas de actividad: Fabricación de automóviles y camiones; fabricación de carrocerías y remolques; fabricación de partes para vehículos automotores y fabricación de otro equipo de transporte, de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). En la tabla 6 se muestra el detalle de las actividades que conforman a la Industria automotriz y el peso relativo de cada una de ellas (Canal del Congreso, 2021).

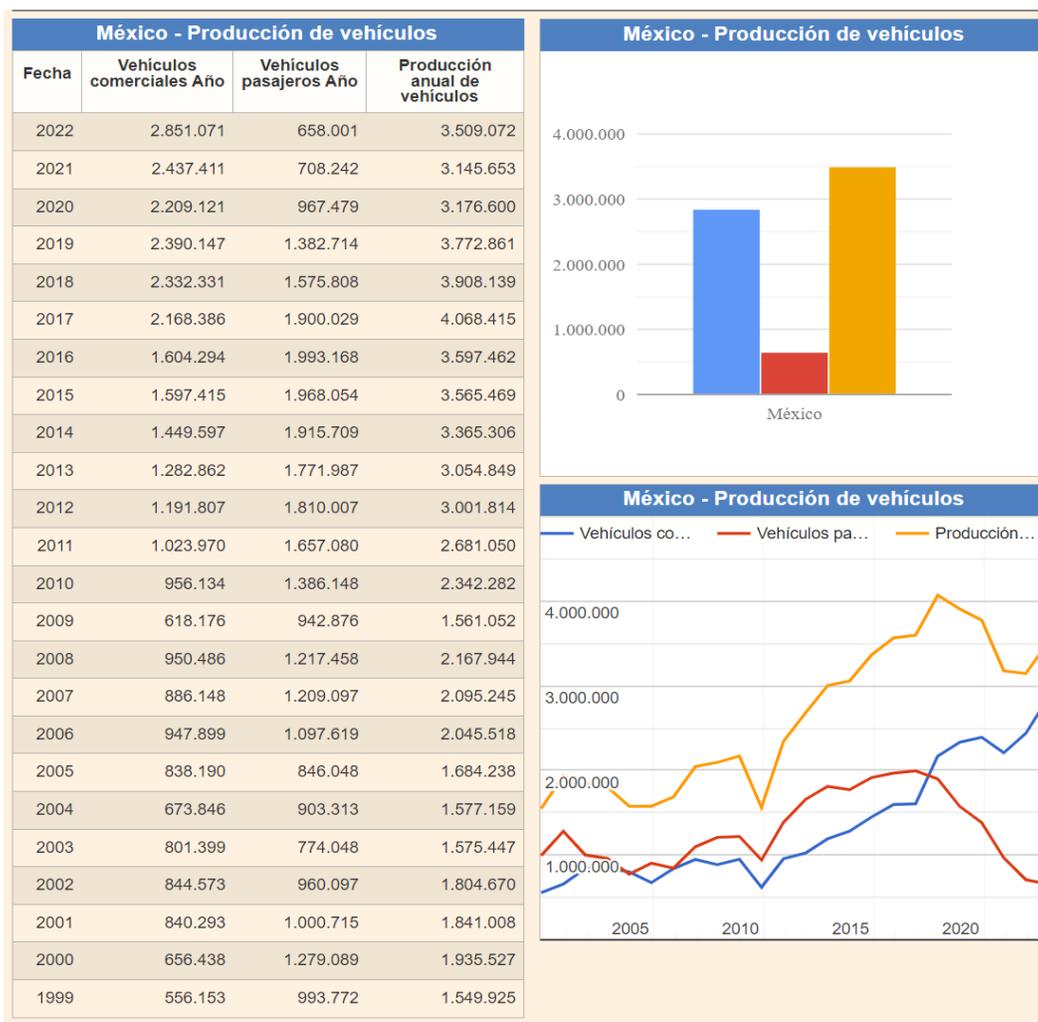
En 2020 la producción de vehículos fue de 3.176.600 unidades en México, así pues, la producción descendió un 15.8% (596.261 vehículos) respecto a 2019, en el que se fabricaron 3.772.861 automóviles. Del total de vehículos fabricados, el 69.54%, 2.209.121 unidades, fueron comerciales y 967.479, el 30.46% fueron vehículos de pasajeros. La evolución de la

fabricación de vehículos en México ha bajado respecto a 2015, en el que fue de 3.565.469 vehículos, al contrario que ocurre al compararla con la de 2010, que fue de 2.342.282 automóviles.

La producción de vehículos en México en 2022 creció un 11,55% (363.419 vehículos) desde 2021, cuando se fabricaron 3.509.072 automóviles. En ranking de producción de vehículos se puede observar la comparativa de la producción de vehículos por países, así como, la información económica de México. (Datosmacro, 2022)

Tabla 6

Evolución de la producción de automóviles en México



Nota: Adaptado de México - Producción de vehículos por Datosmacro, 2022.

En México y otras naciones manufactureras, la industria automotriz es considerada un pilar estratégico económico en virtud de los diferentes beneficios que trae consigo la generación de empleos a gran escala, las recaudaciones fiscales derivadas de las operaciones comerciales de la industria, la capacitación del personal, el desarrollo de proveedores locales y la modernización tecnológica relacionada. Aunque México, tradicionalmente se ha mantenido dentro del grupo de los países líderes en la producción mundial de vehículos, ha sido desplazado paulatinamente por la incursión de naciones emergentes hasta ocupar la posición número once desde el año 2004; aunado a que el mercado local de la comercialización de vehículos no logra repuntar como se esperaba lo hiciera con la entrada del nuevo siglo.

El tema se aborda en este trabajo partiendo de una revisión histórica de cómo se fue dando la conformación de esta industria hasta llegar a una definición de la situación actual, en la que se persigue ofrecer un perfil estratégico del rumbo por seguir para asegurar la competitividad en el mercado internacional. (Miranda, 2007)

El Estado de México, cuenta con cerca de 37 empresas de autopartes, las cuales van desde asientos, sistemas de aire, hasta piezas de motores y sistemas eléctricos. Un automóvil está compuesto por aproximadamente 15 mil partes, las cuales son diseñadas y fabricadas por un bajo porcentaje de empresas y por otras representadas por sus proveedores directos y así sucesivamente, le va dando forma a la cadena de suministro. (oportimes, 2018)

A continuación, se enlistan los principales materiales y la proporción que usan los fabricantes en la actualidad para manufacturar un auto.

1. **Acero:** En los vehículos, la mayoría del peso de un vehículo proviene del acero. En promedio un auto puede contener 1,350 kilogramos de acero, mientras una camioneta lograría poseer alrededor de 1,800 Kg.

En los autos el acero se usa para crear el chasis subyacente o la caja debajo del cuerpo que forma el esqueleto del vehículo y te protege en caso de un accidente. Puertas, techo y paneles de la carrocería son formados de acero. Algunas partes para acomodar el motor e instalar otras piezas contienen este material, incluso los escapes son creados de acero inoxidable.

En la actualidad los fabricantes pueden crear diversos tipos de acero para las diferentes áreas de un vehículo. Pueden hacerlos rígidos o que se puedan arrugar para absorber impactos.

2. **Plástico:** Actualmente el plástico se utiliza mayormente en la manufactura de autos. Según señala el American Chemistry Council en EUA componen cerca del 50% de la construcción de vehículos nuevos. Esto es porque es durable, barato de fabricar y puede moldearse prácticamente en cualquier forma. Este material se utiliza en sustitución del acero por su protagonismo y versatilidad para soportar peso.

Los instrumentos, medidores, interruptores, las ventilas del aire acondicionado, manijas, tapetes, bolsas de aire entre otras partes, incluidas en el motor, están fabricadas de diferentes tipos de plásticos.

3. **Aluminio:** El aluminio es un material ciertamente “nuevo” en la manufactura de vehículos. Se empezó a usar en la industria automotriz por ser liviano y su natural resistencia. En 2009, los componentes de aluminio conformaban cerca del 9% del peso de un vehículo, comparado con el 5 por ciento en 1990 y sólo el 2% en 1970.

El aluminio ya es usado en la industria automotriz para crear paneles de carrocería y poder obtener un vehículo más ligero con mejor un desempeño. Entre estos autos están el Acura NSX el cual se creó a principios de los 90s o qué decir del actual Audi R8.

Adicionalmente el aluminio se tiene en los rines de autos y en ciertos motores. Diversos fabricantes están cambiando de manufacturar bloques de propulsores de hierro a aluminio. Suelen ser igual de durables, pero mucho más ligeros, lo cual se ve reflejado en un mejor desempeño.

4. **Hule:** El hule es un elemento vital para los autos y esto es porque los neumáticos están hechos de este material. Cerca del 75% de la producción mundial de hule se usa para fabricar las llantas de los vehículos.

Las ruedas son básicas para un auto, además de permitir que un vehículo circule, si se mantienen en buenas condiciones, ayudan a ahorrar combustible e ir seguros en el camino. Además de las llantas, el hule se puede encontrar en los limpiaparabrisas, molduras del motor, sellos,

mangueras y bandas. Al igual que el plástico, es muy durable, económico y flexible por lo que tiene un amplio abanico de usos en los autos.

5. **Vidrio:** El uso primario del vidrio, obviamente son los parabrisas –ventanas y medallones- que además de permitirte ver claramente al momento de manejar, te mantiene seguro de objetos, ya sea insectos, piedras o basura. También es usado para fabricar los espejos laterales, así como el retrovisor. Además de lo anterior una variante de éste (fibra de vidrio) es común para utilizarse en los automóviles como elemento de insolación.

6. **Caucho:** Es uno de los componentes cruciales que utiliza cualquier fabricante de autopartes por muchas razones innegables. En comparación con su producción, el 65% del caucho se utiliza en la fabricación de diferentes partes de automóviles. El principal uso del caucho es la construcción de lazos y cinturones. Este material también se usa ampliamente debido a su versatilidad y capacidad para moldear diferentes formas según los requisitos. El caucho juega un papel vital en el aumento de la eficiencia y su capacidad de soportar calor y la característica de seguridad vial sin sufrir deformación.

7. **Fibra de vidrio:** Es ampliamente utilizada por la fabricación de autopartes en lugar del acero, ya que no se oxida fácilmente. Este material es muy diferente de las chicas en su construcción y el propósito de su uso. La fibra de vidrio se teje principalmente con aire en pequeños hilos con pinturas de resina, brindan resistencia a la tracción y al calor. Este material es ampliamente utilizado para hacer al automóvil resistente al fuego. Además, esto también es de vital importancia al hacer que los parachoques y las ruedas se hinchen. El propósito principal del uso de fibra de vidrio en la industria automotriz es proporcionar aislamiento.

8. **Plomo:** Cuando se trata de estabilidad y equilibrio de peso, el único metal que se utiliza es el plomo. El uso más crucial del plomo en la industria automotriz es en las baterías. Incluso las baterías automáticas y de automóviles eléctricos tienen plomo en su construcción, pueden mantener la temperatura y mantenerla en un nivel seguro. Debido a que este metal es un poco pesado y puede soportar peso, se agrega una proporción diferente de plomo en los neumáticos con fibra de vidrio para aumentar su capacidad de carga.

9. **Titanio:** Puede ser utilizado en la fabricación de diferentes partes de automóviles por cualquier fabricante de autopartes debido a su resistencia a la corrosión y menor densidad. El titanio se utiliza principalmente en la construcción de piezas de motores de combustión. El uso de este metal reduce el consumo de combustible y aumenta la eficiencia del automóvil. Además de lo anterior, todo este metal ayuda a reducir los niveles de ruido mientras se quema el motor.

10. **Magnesio:** La siguiente materia prima ampliamente utilizada por las industrias de fabricación de autopartes es el magnesio debido a su característica de peso ligero. Este metal se usa para construir el volante y muchas partes interiores donde el poco peso puede conducir a un mejor rendimiento. Este metal se utiliza en la parte delantera de los automóviles, lo que ayuda a un mejor manejo y giro.

11. **Cobre:** No se usa en grandes cantidades, juega un papel crucial durante el procedimiento de cableado. (Carico, 2021)

Plásticos más utilizados en la industria automotriz:

- Polímeros y elastómeros
- Caucho para neumáticos (EPDM y BR) y otras aplicaciones

Dentro de las familias de los plásticos, se puede mencionar que los termoplásticos tienen muchas ventajas decisivas para la producción de los automóviles:

- Su composición permite una soldadura y reparación efectivas
- Poseen un excelente comportamiento con adhesivos

Al ser duros en temperaturas frías y reblandecerse un poco al calentarlos, los termoplásticos son ideales para ser utilizados en carrocerías, ya que pueden absorber energías en accidentes o colisiones, muy frecuentes en el uso de los vehículos automotores. También se puede encontrar en piezas como descansabrazos, carcasas o rejillas. (Knauf Industries Automotive, 2019)

Figura 13

Contenido de plástico en la industria automotriz



Nota: Adaptado de Murillo y Torres extraído de México Industry por Perla Eunice, 2021.

Los plásticos se encuentran en una amplia variedad de partes en un automóvil moderno. Entre los tipos de plásticos más comunes se encuentran:

1. Polipropileno (PP): 32%
2. Poliuretano (PU): 17%
3. Polivinil cloruro (PVC): 16%
4. Poliestireno (PS): 10%
5. Poliamida (PA): 7%
6. Polietileno (PE): 6%

Estos plásticos se utilizan en componentes como paragolpes, puertas, faros, carcasas de espejos retrovisores, cajuelas, rejillas y sistemas de seguridad. Además, se utilizan termoplásticos como el polietileno tereftalato (PET), el policarbonato (PC), el polietileno (PE) y el polipropileno (PP). Estos plásticos se seleccionan basándose en sus propiedades mecánicas, resistencia a la intemperie y capacidad de ser reciclados. (Interempresas, 2022)

El PVC tiene la ventaja competitiva del bajo precio, utilizándose mucho como un revestimiento aislante. En juntas y recubrimientos también es muy socorrido su uso.

Por su lado, los polietilenos son sinónimo de:

- Una excelente resistencia al agua y la humedad.
- Excelentes propiedades eléctricas.

Por lo que se utilizan para aislar cables, entre muchos otros usos más.

Otro uso muy habitual es el de los polímeros transparentes en los faros, por ejemplo, cuyas necesidades de diseño y una búsqueda cada vez más creciente de una resistencia más fuerte al impacto, han convertido a estos polímeros en uno de los protagonistas de la producción automotriz.

Por otro lado, los plásticos termoestables presentan una rigidez más elevada. De esta manera, no presentan variación con calor o presión, así como una gama importante de productos químicos nocivos.

Por esta razón son empleados, por ejemplo, en algunas piezas interiores que inciden en la estructura del automóvil, como pueden ser los soportes de radiador, capaz de soportar el calor del motor térmico y otras piezas las cuales están en contacto constante con estos plásticos termoestables.

Otro uso cada vez más popular es el de los plásticos termoestables en piezas para personalizar carrocerías y otras partes del automóvil.

Los plásticos termoestables más frecuentes son los siguientes:

- EP (Resina de epoxi)
- UP (Resina de poliéster insaturado)
- GFK (Plástico reforzado con fibra de vidrio)
- GUP (Resina de poliéster con fibra de vidrio) (Grupo Quimisor, 2020)

Sin embargo, el sector automotriz tiene un impacto menor al 10% en el consumo de plástico, y casi 3 mil empresas participan en toda la industria del plástico, sólo 100 participan de manera directa o indirecta en esta industria. (Murillo & Torres, 2020)

Figura 14

Localización y especialización de la producción de autopartes



Nota: Adaptado de La industria del plástico en sector automotriz de México por Murillo & Torres, 2020.

En la actualidad, México ocupa el segundo lugar como socio comercial de Estados Unidos y el tercer lugar de Canadá. Durante el año 2021, el comercio entre México y sus dos aliados ascendió a 645,646 millones de dólares, lo cual representa el 64.5% del comercio total del país con el resto del mundo.

Uno de los factores clave es el aumento del valor del contenido regional, que busca cumplir con las reglas de origen establecidas en el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). Estas reglas promueven el nearshoring y reshoring, incentivando la producción y fabricación de productos en la región, en lugar de depender en gran medida de importaciones. Este enfoque fortalece la integración económica de los países involucrados y fomenta la generación de empleo local.

En el sector de autopartes, México se posiciona como el cuarto mayor productor a nivel mundial, quedando por detrás únicamente de China, Estados Unidos y Japón, y superando a países líderes como Alemania e India. Durante el año 2021, México alcanzó un valor de producción de 94,778 millones de dólares en autopartes, la cual fue exportada en su gran mayoría a Estados Unidos. Esto ha llevado a la consolidación de México como el principal proveedor de autopartes para su vecino del norte.

Durante 2022, las principales piezas de automóviles exportadas al extranjero incluyeron arneses, cables e hilos; piezas troqueladas y accesorios para carrocerías; asientos y sus componentes; cajas de cambios y sus partes; mecanismos de freno; motores de combustión interna; dispositivos de iluminación y señalización visual; equipos para aire acondicionado, ejes con diferenciales y sus partes; bolsas de aire y cinturones de seguridad. (Metalmecánica, 2023)

2.9 EL USO DE LOS PLÁSTICOS EN LA FABRICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS Y SUS COMPONENTES ES CADA VEZ MÁS FRECUENTE.

El acero, material utilizado tradicionalmente, está siendo desplazado por otros materiales para elaborar determinadas piezas cuya demanda va en aumento y para las cuales, en muchas ocasiones, se elige al plástico como el material más adecuado. (Mercado, 2023)

Los factores que se tienen en cuenta a la hora de diseñar un vehículo siguen evolucionando, así como los materiales utilizados porque ofrecen innovadoras características técnicas y aplicaciones. Los nuevos plásticos o la mejora de los existentes a través de aditivos y combinaciones entre ellos, así como la tecnología de su transformación, amplían cada día el número de usos que tiene este material, no sólo para los automóviles, sino para muchos productos pertenecientes a otros sectores como la construcción, el hogar, el textil/calzado.

Las principales razones que han llevado a los fabricantes de automóviles a incorporar plásticos de forma masiva han sido:

- La disminución del peso puede oscilar del 17 al 50%, consiguiendo con ello aumentar las prestaciones finales del vehículo.

- Una mayor resistencia a la fricción (cojinetes y casquillos).
- Absorción de energía durante un impacto sin deformarse dependiendo por supuesto de la magnitud de este (parachoques y otros elementos de carrocerías).
- Resistencia al efecto de productos químicos y la corrosión (depósitos de combustible y de expansión del circuito de refrigeración), entre otros.
- Posibilidad de ser pintados.
- La posibilidad de combinar con otros materiales para mejorar la estética del vehículo.
- Alta moldeabilidad, esto permite conseguir piezas variadas y complejas.
- Buenas propiedades de aislamiento térmico, eléctrico y acústico. (A. C., 2009)

La ligereza en el peso de los plásticos es un beneficio claro para la industria del automóvil, no sólo porque se consigue reducir el peso total de éstos de modo que se reduce el consumo de combustible a los límites permitidos por la legislación, sino también permite realizar sistemas y componentes más sofisticados, tales como sistemas de control de temperatura en el coche y ventilación de este, por no mencionar sistemas adicionales de seguridad como el ya bien conocido airbag. (Virgilio Lucas Ramos Rivero, 2018)

De acuerdo con un estudio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el sector del plástico en el País, en cuanto al promedio de porcentaje de capacidad de las plantas en el ramo de autopartes, registró un crecimiento sostenido los últimos 10 años, al pasar de 78.7% en 2007 a 87.3% en 2017.

En una década, el total de vehículos producidos en el País registró un crecimiento. Tan solo en 2007 fueron 2 millones 022 mil 241 unidades, con un decremento de casi el 50% en 2009 cuando se alcanzó la cifra de 1 millón 507 mil 527 automóviles, situación que cambió posteriormente. En 2016, cuando la cifra llegó a 3 millones 465 mil 615 vehículos, pero en 2017 hubo una baja al llegar a 2 millones 170 mil 732 porque no se registró la producción de los últimos cinco meses del año.

Por otro lado, datos de la Secretaría de Economía (SE), muestran la importación de este tipo de componentes de autos que alcanzó un valor superior a los 985 millones de dólares el año pasado,

lo cual representó un aumento de 15.4% comparado con 2016 y la mayor alza en cinco años.

Ante estas cifras, los fabricantes de automóviles proyectan para el año 2025 lograr una eficiencia de combustibles de más de 21.2 km por litro, razón por la cual los polímeros son la mejor alternativa, ya que son 50% más ligeros que el acero convencional y 30% más ligeros que el aluminio.

A lo largo de los años, las compañías automotrices han destinado sus recursos a investigar y probar nuevos materiales para fabricar vehículos más resistentes y seguros.

En paralelo a las materias primas convencionales que se utilizan en la fabricación, están surgiendo materiales más sostenibles, transformando la forma en la cual se diseñan y construyen los autos, haciéndolos más eficientes, seguros y amigables con el medio ambiente.

La cantidad exacta de plástico utilizado en un automóvil particular varía según el modelo y las regiones, pero en América del Norte se ha utilizado un promedio de 186 kg (410 libras) de plástico por vehículo en 2021. De acuerdo con un reciente informe de Grand View Research Inc., se proyecta que el mercado global de plásticos para la industria automotriz alcance los \$43.440 millones USD en 2030, con una tasa de crecimiento del 5,2% entre 2023 y 2030. Este aumento se debe a la preferencia por el uso de plásticos de alto rendimiento los cuales reemplazan a los metales convencionales y se espera que el caucho impulse aún más el crecimiento del mercado. (Castellanos, 2023)

2.9.1 TIPOS DE POLÍMEROS DE USO AUTOMOTRIZ

La gran participación e importancia de los materiales plásticos en el sector automotriz, que debutaron en el año 1950 con la introducción de componentes de ABS, poliamida, poliacetil y policarbonato, junto con mezclas de diversos materiales. La aplicación de plásticos y materiales compuestos (también conocidos como *composites*) en automóviles se ha incrementado desde 100 kg en 1990, pasando a 140 kg en 2000 y 150 kg en 2010, hasta 200 kg en 2020. (Méndez Prieto A. , 2023)

En la tabla 7 se pueden identificar diversos componentes automotrices, así como las diferentes opciones de plásticos para su fabricación.

Tabla 7

Polímeros para aplicación en la industria automotriz.

Componentes	Principales tipos de plástico	Peso promedio en el auto (kg)
Parachoques	PS, ABS, PC/PBT	10
Asientos	PUR, PP, PVC, ABS, PA	13
Tablero	PP, ABS, SMA, PPE, PC	7
Sistema de combustión	PEAD, POM, PA, PP, PBT	6
Paneles	PP, PPE	6
Acabados interiores	PP, ABS, PET, POM, PVC	7
Componentes eléctricos	PP, PE, PBT, PA, PVC	7
Acabados exteriores	ABS, PA, PBT, PA, PVC	7
Componentes de iluminación	PC, PBT, ABS, PMMA, UP	5
Depósitos de líquido	PP, PE, PA	1
Tapizados	PVC, PUR, PP, PE	8

Nota: Adaptada de Plastics Technology México por Méndez Prieto, Adrián, 2023.

La industria automotriz está trabajando en la reducción del consumo de plásticos a través de diversas estrategias. Una de ellas es la sustitución de componentes metálicos por piezas de plástico, lo que reduce el peso del automóvil y mejora la eficiencia del combustible. Además, se están utilizando plásticos de alto rendimiento y materiales reciclables para reducir la huella de carbono. (Interempresas, 2022)

2.9.2 RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE AUTOPARTES PLÁSTICAS

Según el estudio "Acumulación de productos al final de su vida útil en México, el caso de los vehículos automotores", se estima que el número actual de vehículos al final de su vida útil (ELV, por sus siglas en inglés) en México. Los vehículos automotores, como cualquier otro producto, tienen una vida útil y cuando ésta se agota, el vehículo tiende a ser retirado de circulación. Por ello, el crecimiento en la flota vehicular representa también un crecimiento en la acumulación de Vehículos al Final de su Vida Útil (ELV).

Los ELV se clasifican como residuos especiales o complejos. Esta clasificación se debe a la enorme cantidad de materiales y partes que componen dichos residuos. Debido a esto, los ELV requieren de un manejo específico para evitar impactos negativos al ambiente y aprovechar los materiales y las partes que son susceptibles de ser reutilizados y reciclados. (Cruz Rivera & Ertel, 2008)

Alrededor del 75% de metal en un coche es fácilmente reciclable, pero el 25% restante plantea mayor dificultad por la heterogeneidad de materiales. En un automóvil mediano hay alrededor de unos 600 materiales distintos: metales, vidrio, plásticos, cerámicas, piel, elastómeros, etc.

La recuperación de partes de vehículos que llegan al final de su vida útil, así como de aquellas piezas fuera de especificaciones generadas durante la etapa de fabricación o armado, conformadas por el uso de una gran variedad de tipos de materiales plásticos (PP, PP/EPDM, HDPE, LDPE, PS, PVC, PU y sus diversas mezclas) se ha convertido en un imperativo para fabricantes de autopartes plásticas. (Méndez Prieto A. , Plastics Technology México, 2023)

Cuando el automóvil llega a la planta de reciclado, la primera práctica consiste en vaciar todos los líquidos de frenos, transmisión, lubricantes, agua etc. Luego se le retiran los componentes voluminosos como el motor, baterías, neumáticos que, si pueden seguir siendo usados, entran al mercado de segunda mano y, si no, se desmontan para aprovechar sus partes valiosas.

Debido a la enorme variedad de resinas plásticas utilizadas y tamaños diferentes presentes en las distintas partes de un automóvil, el reciclado de los plásticos automotrices presenta un cierto grado de dificultad debido a la heterogeneidad de los diversos materiales plásticos utilizados, la variación de las densidades y el contenido de humedad, que cambian con los diferentes tipos de materiales utilizados de origen.

Se debe considerar utilizar no sólo el reciclado mecánico sino también la recuperación energética y el reciclado químico. La recuperación energética es posible gracias al excelente valor calórico de los plásticos, lo que los convierte en combustible valioso para generar electricidad y calor, ahorrando así combustibles fósiles al utilizar residuos que primero tuvieron una vida útil, cerrando de este modo el ciclo.

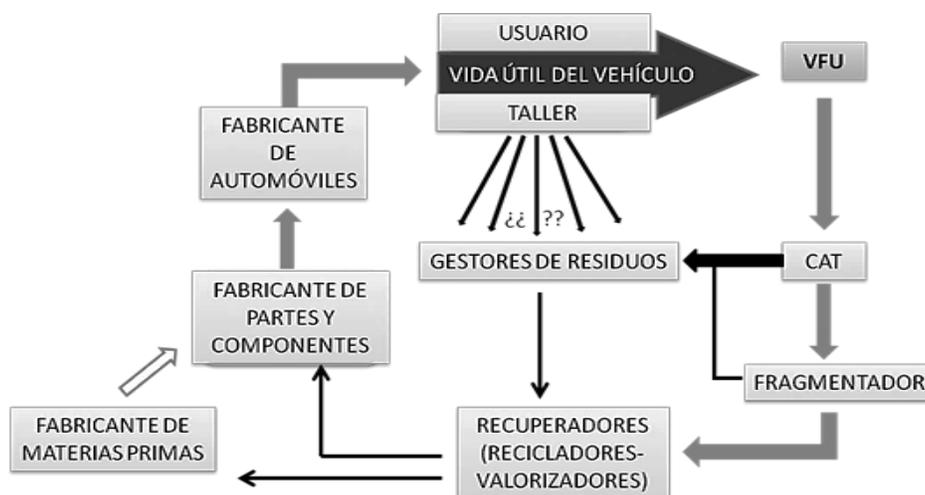
Con lo previamente discutido se consideran los esfuerzos tecnológicos, dentro del tratamiento de los residuos plásticos automotrices están direccionados a:

- Reducir el impacto ambiental total de las etapas de eliminación o pretratamiento de los contaminantes.
- Incrementar la eficiencia en el desmantelamiento de los componentes y efectividad de los métodos de separación de los materiales principalmente para favorecer la reciclabilidad de los plásticos automotrices. (Méndez Prieto, Cedillo García, & González C., 2023)

Los principales agentes implicados en la generación de los residuos producidos por los automóviles son: los fabricantes de materias primas, los fabricantes de componentes, los fabricantes de automóviles, los usuarios, los talleres, los Centros autorizados de tratamiento (CAT), los gestores de residuos, los fragmentadores y las empresas recuperadoras, recicladoras y revalorizadoras que son las que cerraran el ciclo ver figura 15.

Figura 15

Análisis de la gestión de residuos



Nota: Adaptado de *Gestión de residuos a lo largo del ciclo de vida de un automóvil* por Amante, Lacayo, Piqué, & López-Grimau, 2010, *Management of residues life cycle services of an automobile*.

Por tanto y para poder establecer buenos criterios de recuperación y reciclaje es necesario conocer la composición de un vehículo de forma detallada. También se debe tener en cuenta que, como consecuencia del uso, aparecen durante la vida útil de los automóviles más residuos a tratar, que provendrán de los talleres de reparación principalmente.

Los problemas del reciclaje al final de la vida útil de los vehículos se centran principalmente en la recuperación del material polimérico, así como la recuperación de parte del 14,4% de fracción final que actualmente se está destinando a los vertederos. (Méndez Prieto A. , 2023)

Si se presta atención en la composición plástica del automóvil es del 8.5% en estos momentos, tan solo un 2.8% se recicla en la actualidad. Esto implica, en la actualidad hay un 5.8% que equivale a una media de 37.000 toneladas anuales de material plástico no reciclado y depositado en vertederos. Las crecientes políticas y estrategias de reciclaje enfocadas en aumentar la cantidad de estos materiales en la producción de nuevos vehículos por parte de las fábricas de automóviles

en la última década ha creado una demanda en el mercado de materiales reciclados obligando a la recuperación. (Amante, Lacayo, Piqué, & López-Grimau, 2010)

3. ESTADO DEL ARTE

Los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes.

El desarrollo de la industria automotriz en México es el resultado de una serie de sucesos y transformaciones las cuales incluyen por un lado la evolución hacia la globalización del sector en el nivel internacional, así como el alineamiento a la política industrial en el nivel nacional; aspectos que le han permitido mantener un proceso de evolución constante.

La industria automotriz se encuentra entre las que más impactan el medio ambiente. Dentro de este segmento, se encuentra la industria de vehículos comerciales, normalmente no devuelve al mercado las piezas de productos al final de su vida útil. La Economía Circular es una alternativa al modelo lineal, busca desarrollar modelos de negocio que desvinculen el crecimiento económico de los impactos ambientales negativos. (Tavares Barderi & Saraiva de Souza, 2023)

En las últimas décadas, México se ha destacado como uno de los principales exportadores de vehículos a nivel mundial. La formación de clústeres automotrices en diversas regiones del país ha contribuido al desarrollo de una cadena de suministro eficiente. (Durán, 2016)

México tiene una industria de autopartes competitiva, integrada por más de mil empresas de primero, segundo y tercer nivel. Entre las principales especialidades por región en producción de autopartes se encuentran las siguientes:

Región noroeste (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Durango): 70 plantas de autopartes fabricantes de sistemas de aire acondicionado y calefacción, componentes de interiores, accesorios y sistemas eléctricos para automóviles, entre otros.

Región noreste (Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas): 198 plantas de autopartes, en las que destaca la fabricación de climas, sistemas automotrices, partes plásticas, partes para el sistema eléctrico, partes para motor y maquinados. Éste es el clúster automotriz más

importante de México.

Región Centro (Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Jalisco y Guanajuato): 142 plantas de autopartes, cuyos principales productos son estampados, componentes eléctricos, frenos y sus partes, productos de hule, partes para motor y transmisión para automóviles.

Región sureste (Estado de México, D.F., Morelos, Veracruz, Tlaxcala, Yucatán, Puebla e Hidalgo): 101 plantas de autopartes, en las que destaca la producción de accesorios (tales como asientos, aire acondicionado, gatos hidráulicos tipo botella), componentes de interiores, partes para motor, sistemas eléctricos, estampados, suspensión y partes para automóviles.

De las empresas de autopartes establecidas en México (aproximadamente 1,100 empresas), 30% son de capital nacional y el 70% son de capital extranjero. Del universo total de empresas, 345 de ellas son fabricantes de primer nivel y las restantes corresponden a fabricantes de insumos de materias primas de segundo y tercer nivel (Secretaría de economía, 2012).

Los plásticos juegan un papel clave en la reducción de las emisiones de carbono de la industria automotriz. Facilitan la mejora del rendimiento aerodinámico y la reducción del peso total de los vehículos, ayudando a su vez a reducir la cantidad de combustible utilizado por los vehículos de combustión interna y a aumentar la autonomía de los vehículos eléctricos. Sin embargo, también se deben cumplir con los exigentes estándares estéticos y de seguridad, los cuales se aplican dentro de la industria automotriz deben cumplir con regulaciones vinculadas con el cambio climático, lo que hace que el uso de materiales reciclados sea una propuesta especialmente atractiva para el sector y en algunos casos obligada.

La industria en México enfrenta retos, durante años la producción de bolsas y películas fue su rama más productiva y en los últimos años por la fabricación de autopartes plásticas representa el 20% del valor total de la producción de todos los plásticos en México (ANIPAC, 2021). En 2003 había sólo 149 unidades económicas dedicadas a la manufactura de autopartes de plástico en el país, para el 2013, se reportaban 238. De acuerdo con datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) en la rama censal 326192 de fabricación de autopartes de plástico existen registradas 430 empresas, el 75% de esas empresas están concentradas en 20% del territorio nacional, es decir, la producción de autopartes plásticas está

localizada en Coahuila, Puebla, Nuevo León, Guanajuato, Querétaro y el Estado de México.

T-MEC, una oportunidad para el sector automotriz, obliga a cumplir con cuatro requisitos para que el vehículo sea considerado originario.

En 2019, estaba por iniciar una nueva era en la relación comercial con nuestros principales socios comerciales, Estados Unidos y Canadá, al firmarse un nuevo tratado comercial que tendría efectos en todos los sectores económicos del país.

Para la industria automotriz, esta nueva fase implica retos adicionales en un año de por sí complicado; sin embargo, si se sabe cómo capitalizarlo, también se presentan muchas oportunidades para el sector mexicano. Actualmente México se enfrenta con una coyuntura compleja, la economía mundial está atravesando por una crisis económica causada por una crisis sanitaria, la economía nacional continúa con tendencias a la baja y el mercado mexicano no ha repuntado como se esperaba; el T- MEC debe ser visto como una herramienta que permita conservar la posición que se tiene como uno de los principales fabricantes de vehículos en el mundo.

La relación comercial entre México, Estados Unidos y Canadá ha estado entrelazada desde 1994, tras la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el cual dio pie al inicio de la integración de la industria automotriz de México a la cadena de valor de la región de Norteamérica. Gracias a ello, México se posicionó entre los primeros productores automotrices del mundo, debido a su atractivo para las inversiones extranjeras directas, al contar con una mano de obra competitiva, una posición geográfica privilegiada colindando con el mercado estadounidense, así como con una importante red de tratados y acuerdos comerciales internacionales. (Gobierno de México, 2020)

El T-MEC, a diferencia del tratado anterior, obliga a cumplir con cuatro requisitos para que el vehículo sea considerado originario. 1) Un mayor Valor del Contenido Regional (VCR) del vehículo el cual se irá incrementando gradualmente hasta alcanzar un 75%; 2) un VCR del 75% en autopartes esenciales, como ejes, transmisión, carrocería y motores; 3) un mínimo de 70% de las compras de acero y de 70% de las compras de aluminio en la región deberán ser

originarias, y 4) un Valor de Contenido Laboral (VCL) de 40% en vehículos de pasajeros y de 45% en camiones comerciales ligeros. La principal diferencia en la regla de origen del T-MEC comparada con la del TLCAN radica en que en el antiguo tratado solo se tenía por cumplir con el porcentaje del VCR y en el nuevo tratado se debe cumplir con estos cuatro requisitos. (Zozaya, 2021)

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX; el modelo económico actual (economía lineal), se concentra en “extraer, producir y desechar”, diseñado para producir lo efímero y desechable, afectando así negativamente al equilibrio ecológico.

Por otro lado, la economía circular busca redefinir el concepto de crecimiento económico hacia un desarrollo acompañado de aspectos ambientales y sociales y no solo económicos, acompañado de innovación y colaboración entre empresas, gobierno y ciudadanía.

La economía circular es una economía regenerativa la cual pretende conseguir que los productos, componentes y recursos mantengan su utilidad y valor en todo momento. (Congreso CDMX, 2023)

4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente una de las industrias más importantes y contribuyentes para el país es la automotriz, convirtiéndose en uno de los sectores económicos más importantes. Sin embargo, este crecimiento ha venido acompañado de desafíos ambientales relacionados con la generación de residuos y la huella ambiental de las autopartes utilizadas en la producción de vehículos.

A pesar de los avances en la fabricación de autopartes, la industria automotriz enfrenta la presión de reducir su impacto ambiental y adoptar prácticas más sostenibles. La falta de estrategias efectivas para gestionar los residuos generados por las autopartes y la dependencia de materias primas no renovables plantean un desafío significativo para la industria en su camino hacia la sostenibilidad.

Además, la implementación de un modelo de economía circular en la cadena de suministro de autopartes de la industria automotriz en México presenta retos en términos de cambio de

paradigma, inversión en tecnologías sostenibles y colaboración entre los diferentes actores del sector.

Por lo tanto, es fundamental analizar en profundidad el impacto ambiental de las autopartes en la industria automotriz mexicana y explorar cómo la adopción de principios circulares puede contribuir a mitigar estos impactos, promoviendo la sostenibilidad y la eficiencia en la cadena de suministro de repuestos para automóviles. (Miranda, 2007)

La economía extractiva, que es lineal, no considera la capacidad del medio ambiente para absorber los residuos generados en sus procesos ni reemplazar los recursos naturales extraídos. La escasez de diversos recursos y la contaminación casi irreparable de varias regiones plantean interrogantes sobre la forma en que se llevan a cabo tradicionalmente las actividades económicas. Son necesarios nuevos modelos los cuales reduzcan los residuos y la Economía Circular emerge como una alternativa que cambia el concepto de “fin de vida” por el de “cuna a cuna”, eliminando los residuos de las cadenas de valor mediante un diseño superior de productos y servicios. (Tavares Barderi & Saraiva de Souza, 2023)

La ventaja del uso de los plásticos representa y promete grandes oportunidades en la industria automotriz gracias al potencial de innovación en los diseños, el estilo y la aerodinámica de los automóviles, razón por la que han sido los materiales preferidos para el diseño de autos deportivos y hasta por la industria aeroespacial.

Los nuevos desarrollos involucran a los compuestos de polímeros con cargas y refuerzos, ofrecen absorción de energía, seguridad, resistencia térmica y un alto desempeño en la industria automotriz. Debido a esto es importante definir el impacto de las autopartes de la Industria automotriz en el ambiente buscando una sostenibilidad a partir del modelo de economía circular.

El uso del modelo de economía circular vislumbrara como disminuir el impacto de las autopartes en la Industria automotriz. La implementación de un modelo de economía circular en la cadena de suministro de autopartes de la industria automotriz en México puede contribuir

a reducir el impacto ambiental de las autopartes, promoviendo la sostenibilidad y la eficiencia en la producción y el consumo de repuestos para automóviles.

La adopción de prácticas circulares, como el reciclaje y la remanufactura, así como la reducción de la dependencia de materias primas no renovables, pueden mejorar la gestión de residuos y reducir la huella ambiental de las autopartes. Además, la diversificación de la oferta de repuestos automotrices puede fortalecer la competitividad de México en el mercado global y fomentar el crecimiento económico sostenible en el sector automotriz. (europarl, 2022)

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar el impacto ambiental que tiene una autoparte plástica bajo los principios de la economía circular.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar una autoparte producida en el Estado de México con componentes plásticos.
- Elaborar una matriz de impacto de la autoparte plástica seleccionada bajo el soporte técnico del ciclo de vida del producto.
- Definir el modelo de economía circular para la evaluación de los impactos ambientales y económicos.

6. METODOLOGÍA

Para la naturaleza de este trabajo se propone avanzar hacia la sostenibilidad en la industria automotriz mediante la propuesta y estimación de un modelo de economía circular para la reincorporación de autopartes. Este enfoque no solo contribuirá a la reducción del impacto ambiental, sino que también fomentará prácticas responsables y sostenibles en la cadena de valor automotriz.

Este trabajo estará revisando varios datos relacionados al impacto ambiental visible pero no medible y percibido del impacto que causan los desechos plásticos de la industria automotriz.

Se utilizará la investigación documental la cual consistirá en revisar fuentes de información secundarias que contengan datos y estadísticas sobre los costos ambientales de la producción y los desechos de la industria del plástico en la industria automotriz. Otros tipos de investigación, en el desarrollo de la metodología serán la cuantitativa y cualitativa. La investigación cualitativa según Ramírez y Arbesu (2020) dice “es una actividad científica que da cuenta de los significados de las acciones realizadas por el otro; constituye un campo de investigación que entrecruza disciplinas, áreas y objetos de estudio”, que la referencian al Manual de investigación cualitativa de Denzin NK, Lincoln YS, 2012 (A. Ramírez-Elías, 2020). Por otro lado, la investigación cuantitativa, esta hace referencia al tipo de investigación que se lleva a cabo con el propósito de obtener y evaluar información mediante un enfoque estadístico y matemático. Se emplea una amplia variedad de datos provenientes de diversas fuentes para examinar e identificar discrepancias en ellos (Muguirra, 2024). Este tipo de investigación será importante abordarla en el desarrollo de este trabajo, ya que algunas fuentes manejan información estadística la cual será importante retomarla y contrastarla en la definición del impacto ambiental de las autopartes plásticas.

Es importante recalcar, la investigación se abordará desde una perspectiva no experimental, en este contexto, el investigador no puede controlar, manipular o alterar la variable, sino que se fundamenta en la interpretación, observación o interacción para alcanzar una conclusión. Por lo tanto, debe confiar en correlaciones, encuestas o estudios de casos, y no puede demostrar una verdadera correlación entre causa y efecto. (enlinea.zacatecas.tecnm.mx, 2024)

Las buenas prácticas en sostenibilidad y economía circular son temas que se abordan de forma recurrente en la sociedad, ya que hay una transición en el comportamiento de consumo de una parte de la población, la cual anhela adquirir productos ecológicos. En la tabla 8 se describe cual será la metodología para obtener la estimación:

Tabla 8

Metodología para la Evaluación de la Economía Circular en Tanques Líquidos

Metodología para la Evaluación de la Economía Circular en Tanques Líquidos	
Fase	Descripción
1. Análisis de literatura	Revisión de estudios, investigaciones y publicaciones relacionadas con la economía circular, datos de impacto ambiental y estadísticas sobre la industria automotriz de autopartes plásticas.
2. Establecimiento de principios	Identificación y definición de los principios clave que guiarán la evaluación.
3. Revisión de estadísticas de autopartes	Descripción de las autopartes más demandadas en 2022
4. Evaluación de la autoparte y las principales empresas que los elaboran	Aplicación de los principios establecidos en la Fase 2 en la evaluación del ciclo de vida y manejo de una autoparte seleccionada.
5. Evaluación y propuesta de modelo	Desarrollo de un modelo de economía circular adaptado a la gestión de autopartes, basado en los resultados de la evaluación.

Se busca proporcionar una visión integral de la gestión de una autoparte desde la perspectiva de economía circular, generando recomendaciones para prácticas más sostenibles y estrategias de implementación.

7. RESULTADOS

En esta sección de la tesis se describirán las fases planteadas en la metodología, serán de importancia para obtener el modelo que permitirá estimar el impacto ambiental que tiene una autoparte plástica.

Fase 1.- Análisis de la literatura

Estudios han explorado la aplicación de los principios de la economía circular en la industria del plástico, particularmente en el contexto del sector automotriz. La implantación de un modelo circular en la industria automotriz podría dar solución a la problemática presentada en apartados anteriores, algunos enfatizan la necesidad de nuevos modelos de negocio para apoyar la circularidad, otros destacan la importancia de abordar los problemas de calidad y aceptación de los plásticos reciclados; estos estudios subrayan colectivamente el potencial de las prácticas de economía circular para impulsar la sostenibilidad y la innovación en la industria del plástico automotriz, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible, creando así un valor adicional.

Uno de los motivos para avanzar hacia una economía circular es el aumento de la demanda de materias primas y la escasez de recursos. Varias materias primas cruciales son finitas y, con el crecimiento de la población mundial, la demanda también aumenta. Otro factor importante para la transición hacia una economía circular es el impacto ambiental. Un uso más inteligente de las materias primas puede contribuir a reducir las emisiones contaminantes.

Estos resaltan la importancia y los fundamentos de la economía circular como un enfoque sostenible para la producción y el consumo, con el objetivo de maximizar el valor económico y social mientras se minimizan los impactos ambientales.

En esta sección se identificarán los elementos más importantes de la literatura que se sugiere permitan estimar el impacto ambiental de la industria de autopartes plásticas, por tal motivo se abordarán varios datos-esquemas, iniciando sobre la industria plástica, hasta los efectos de los

plásticos al medio ambiente. A continuación, se revisarán los datos más relevantes, también se sugerirá la ampliación y se reformulará la información con el objetivo de plantearla como bases para la deducción de la estimación.

La teoría dice “Para evaluar el impacto de las autopartes de la industria automotriz nacional de acuerdo con el modelo de economía circular el porcentaje de autopartes reutilizadas o recicladas en la producción de nuevos vehículos”, es uno de los factores importantes que pueden tomarse como eje para medir el impacto y tener una métrica, esta información permitirá plantear escenarios diferentes; uno de ellos tiene que ver con la dificultad de la reincorporación de autopartes usadas o recicladas en nuevos vehículos, no sería conveniente, tendría implicaciones relacionadas a la incorporación de elementos que pueden presentar desgaste de las piezas, y no encajar en el término de “vehículo nuevo”, es un esquema mercadológico que obedece al consumismo, la única manera en que se podrían reincorporar autopartes al ciclo de vida de un vehículo es por medio de su uso en su reparación de las autopartes plásticas y reincorporación como refacciones de vehículos usados, que en la informalidad del mercado es realizado culturalmente en México, ya que los usuarios prefieren pagar por piezas usadas recuperadas de vehículos o reparadas que refaccionar con una pieza nueva de mayor costo, incluso estas piezas usadas se vuelven útiles en el refaccionamiento de vehículos cuyas refacciones están discontinuadas (vanguardia.com.mx, 2015), por otra parte si se hace un proceso de reciclaje se podría reincorpora en la fabricación de autopartes plásticas nuevas pero utilizándolos como materia prima. En este mismo sentido “...la capacidad de la industria para recolectar y reciclar autopartes al final de la vida útil de los vehículos...” la industria de los vehículos preocupados por acciones que permitan incorporar proceso que disminuyan el impacto ambiental han generado esquemas de economía circular (Ochoa Diaz, 2023).

Se encuentran dos métricas que permitirán determinar el impacto ambiental del uso de materiales nuevos vs incorporación de autopartes plásticas convertidas en materia prima, una de estas es el consumo de energía en los procesos de transformación de la materia prima, como se sabe los plásticos están hechos de derivados del petróleo se estima que “para fabricar una tonelada de plástico se necesitan dos de petróleo y el equivalente a seis veces el consumo

eléctrico anual de una familia” (Comunidad de Madrid, 2012) considerando esta estadística el consumo anual de energía eléctrica promedio de una familia en México es de 280 kWh lo que equivale un costo promedio de \$ 288.92, por lo tal motivo producir una tonelada de plástico equivaldría a un gasto energético de 1680 kWh y un costo energético de \$ 1,733.52 por tonelada considerando que en México se fabrican 420 mil toneladas de autopartes plásticas cada año (Cluster Industrial, 2023), por lo tanto se estarían consumiendo energéticamente en la transformación del petróleo a materia prima plástica tan solo de la industria automotriz en México 705,600,000 kWh lo que representaría \$ 728,078,400.00; por otra parte de manera genérica se estima que la transformación del plástico, aunque depende del tipo de proceso y del tipo de plástico; se puede apreciar $kWh = 1.5751 \times \text{volumen de producción} + 152,423$, donde el volumen de producción es en kilogramos $\times 1000$, también se sugieren algunos valores típicos de consumo de energía específicos promedio para el proceso de inyección, se encuentran entre 2.9 a 3.1 kWh/kg y para el proceso de extrusión de 1.5 kWh/kg aproximadamente (Vargas Isaza, Posada Correa, Jaramillo Zapata, & Alberto García, 2015), por lo que fabricar 420 mil toneladas (420,000,000 kg) de plástico tan solo para industria de autopartes representaría un consumo energético de 661,694,423 kWh considerando el costo del kWh para la industria ronda los \$ 3.574 por kWh (sunnyday.mx, 2021) representa un costo \$ 2,364,895,867,802.00. Otro de los indicadores que sugiere la literatura son las emisiones de CO₂, para producir un kg de plástico desde cero se emiten 3.5 kg de CO₂, para fabricar un kg plástico a partir de plástico reciclado se emiten 1.7 kg de CO₂ (ZEO Zero Emissions Objective, 2020), entonces producir 420 mil toneladas de plástico desde materia prima derivada del petróleo se emiten 1,470,000,000 kg de CO₂.

La literatura indica, los vehículos son retirados de su uso, por varios factores, uno de ellos tiene que ver con: “La decisión de retirar un vehículo de circulación es tomada principalmente por los dueños de dichos vehículos. Esta decisión puede estar influenciada por diferentes factores, como la ocurrencia de un accidente vial, el deterioro del vehículo por el uso, costos de reparación y de operación, etc.”; también se establece que la principal causa por la cual se retira un vehículo de circulación no es el deterioro técnico o los accidentes, sino debido a la disminución del valor del vehículo por su edad: de lo anterior se podría definir que es debido a un esquema económico

centrado en el consumismo y el capitalismo, las personas consideran el desuso de su vehículo guiado por estas ideas relacionadas a tener lo más reciente del mercado, y no por inhabilitación de uso por descompostura irreparable, sin embargo también es importante considerar que la vida promedio de un vehículo es de 14 años, pero por factores económicos las personas de escasos recurso podrían tener vehículos de más años, hay una relación entre la antigüedad del vehículo y el impacto al medio ambiente sin embargo, aseguran que en los vehículos de menos de 15 años con un buen mantenimiento no hay una diferencia significativa (Blanco, 2016), este análisis se considera importante pero no influyente en la propuesta de la estimación del impacto ambiental de la industria de las autopartes plásticas. Valdría la pena tener en consideración que, según la SEMARNAT, 46% de los más de 22 millones de autos circulan en México supera los 18 años y sólo 30% se ubica en modelos de 2000 a la fecha. Este problema es serio pues según la SEMARNAT, 77% de las emisiones de monóxido de carbono de los vehículos proviene de modelos anteriores a 1989 (Loya, 2015).

La teoría dice “la industria automotriz consume en promedio 500 mil toneladas de plásticos. De las cuales 35% corresponden al polipropileno, 20% al poliuretano, 10% al acrilonitrilo butadieno estireno, 9% al policarbonato y el resto a otros materiales.”, este dato es relevante y se utilizará en la discusión de la información, en párrafos anteriores ya se hizo un análisis del impacto energético y en las emisiones del CO₂ de la industria del plástico en México.

Los vehículos que cumplen su vida útil por cualquiera de los motivos generan residuos que se vuelven peligros para el medio ambiente como se muestran en la tabla 9 (Cuellar Salinas , 2009).

Tabla 9

Composición de los materiales usados en los vehículos

Material	Promedio de peso (kg)	% de peso
Metales ferroso	776.6	68.0
Plástico	102.8	9.0
Metales No ferrosos	91.4	8.0
Vidrio	34.3	3.0
Llantas	34.3	3.0
Fluidos	22.8	2.0
Hule	22.8	2.0
Partes Eléctricas	11.4	1.0
Polímeros	11.4	1.0
Textiles	11.4	1.0
Batería	11.4	1.0
Otros	11.4	1.0
Total	1142	100

Nota: Adaptada del estudio de análisis, evaluación y definición de estrategias de solución de la corriente de residuos generada por los vehículos usados al final de su vida útil por Cuellar Salinas, Raúl Sergio, 2009.

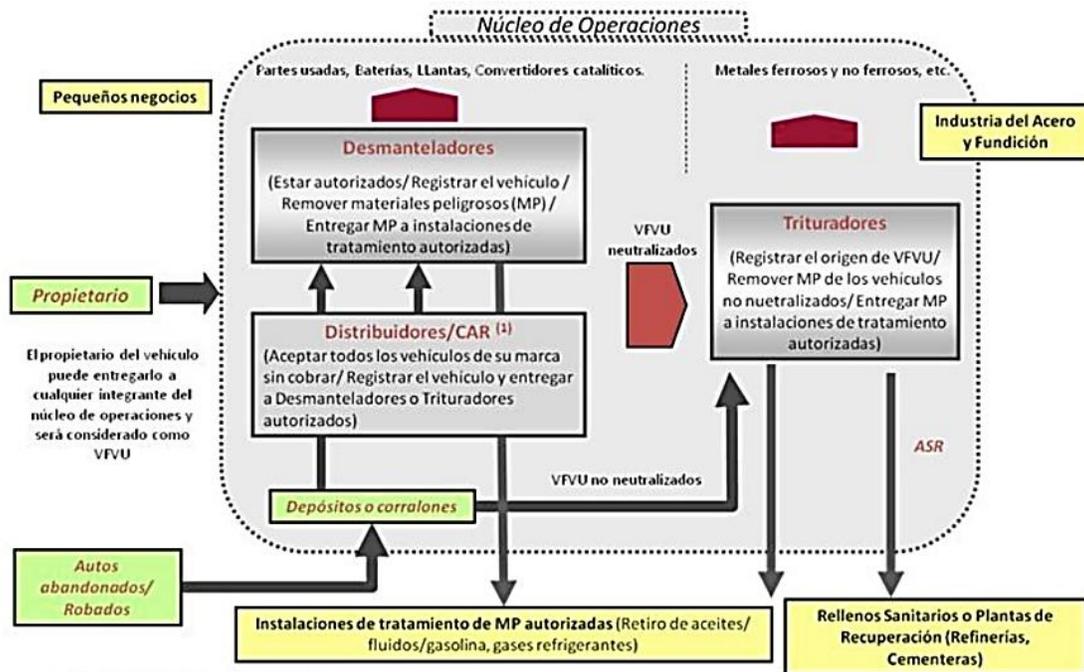
De acuerdo con la estadística generada por Cuellar (2009) en México se dan de baja de manera oficial 1, 153, 337 vehículos, lo que equivale a un promedio de 118,217,042.5 kg de residuos plásticos incorporados en los vehículos dados de baja.

Es importante considerar la estadística que proporciona Amante, Lacayo, Piqué y López-Grimau (2010), "...la composición plástica del automóvil es del 8.5% en estos momentos, tan solo un 2.8% se recicla en la actualidad. Esto implica que hay en la actualidad un 5.8% esto equivale a una media de 37.000 toneladas anuales de material plástico no reciclado y depositado en vertederos (sólo de turismos españoles llegados a la finalización de su vida útil) ...” (Amante, Lacayo, Piqué, & López-Grimau, 2010), si se trasladan estos porcentajes a la estadística de los kg de residuos anuales solo se estarían reciclando en el mejor de los casos 35, 465, 112.75 kg, de acuerdo con Cuellar (2009) la baja cantidad de reciclaje de materiales plásticos se debe a que contienen sustancias peligrosas incorporados en los retardantes de flama como el llamado decabrominated difenil éter, o DecaBDE, el cual se ha relacionado con efectos sobre la salud, como frenar el desarrollo del cerebro y causar problemas reproductivos y cáncer. contienen

plásticos basados en el Policloruro de Vinilo (PVC), material que al ser incinerado a bajas temperaturas es precursor de dioxinas, sustancia ampliamente conocida por sus potenciales daños a la salud y al ambiente. Por otra parte, muchas piezas de plástico, sobre todo las espumas, están impregnadas de sustancias que pueden considerarse peligrosas, como aceites y compuestos orgánicos. El manejo ambientalmente adecuada de los plásticos es un asunto motivo de amplios estudios y no resuelto, en gran medida por el alto costo que implica su separación en los procesos de desmantelamiento, sus bajas potencialidades de reutilización o reciclaje y a que generalmente son enviados junto con los chasis y carrocerías a los procesos de trituración, tras lo cual se integran en los ASR, los cuales son enviados a incineración para recuperación de energía o son depositados en los sitios de disposición final. Si se analiza la información por parte de las propuestas de SEMARNAT (2012) que se definen (figura 16), deben de ser orientadas a brindar un plan de tratamiento a cada elemento plástico, para de esta forma tener viabilidad en procesos de recuperación e incorporación a la cadena productiva automotriz. Si bien existe una propuesta de un modelo de manejo integral de vehículos al final de su vida útil, la falta de seguimiento, impulso, interés y preocupación ha inhibido la iniciativa de políticas e incentivos que permitan llevar a cabo este tipo de acciones para recuperar autopartes y evitar el impacto al medio ambiente (SEMARNAT, 2012).

Figura 16

Modelo del manejo de vehículos al final de su vida útil

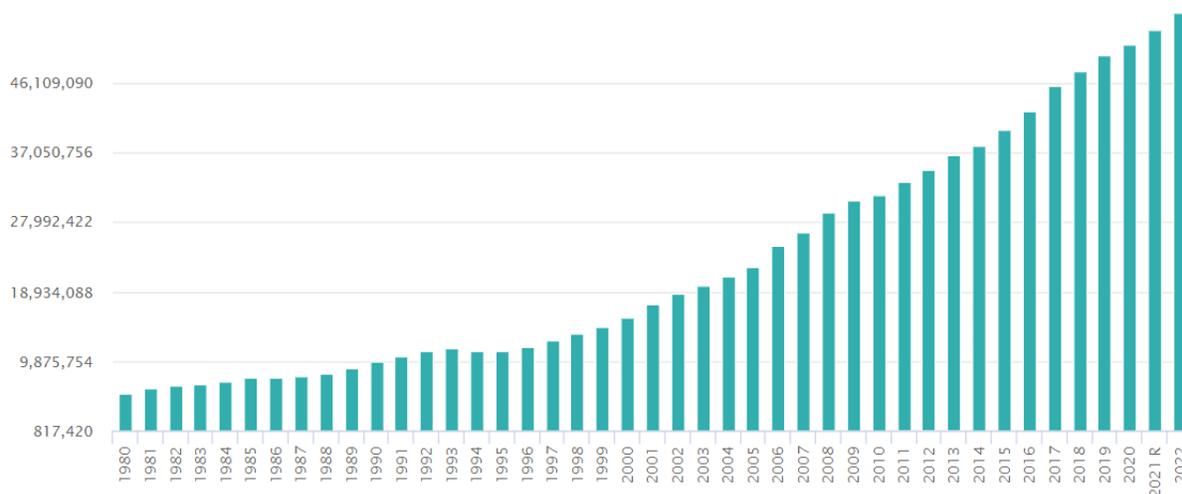


Nota: Adaptada del Plan de Manejo de Vehículos al Final de su Vida Útil, SEMARNAT 2012

Considerando el promedio de vida de los vehículos descrito en la literatura, en la figura 17, el número de vehículos registrados proyectada es preocupante ya que paulatinamente empezaran a ser parte de los vehículos en términos de vida útil, por tal motivo será imperante hacer propuestas de políticas y programas que ayuden a el tratamiento de los residuos generados por los vehículos, no solo en las partes plásticas sino en todos los componentes.

Figura 17

Vehículos de Motor Registrados en Circulación por año



Nota: Adaptado de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Es importante destacar la composición de los tipos de plásticos mencionados en las tablas 2, 3 y 4 donde se puede apreciar los tipos de plásticos con los que componen la mayoría de las unidades plásticas de los vehículos y sus impactos al medio ambiente, esto ayudará a determinar las líneas de acción para poder incorporar los diferentes elementos a la economía circular.

De manera complementaria se debe de tener presentes los siguientes datos tratados en el marco teórico:

- El consumo nacional de plásticos para partes automotrices ha sido de 500,000 toneladas en los últimos dos años. El polipropileno destaca con el mayor porcentaje de participación (35%) y en segundo lugar está el poliuretano (20%).
- Destacar la importancia del plástico y su creciente uso mayormente en la manufactura de autos. Según señala el American Chemistry Council en EUA componen cerca del 50% de la construcción de vehículos nuevos. Esto es porque es durable, barato de fabricar y puede moldearse prácticamente en cualquier forma. Este material se utiliza en sustitución del acero por su protagonismo y versatilidad para soportar peso.

- La cantidad exacta de plástico utilizado en un automóvil particular varía según el modelo y las regiones, pero en América del Norte se ha utilizado un promedio de 186 kg (410 libras) de plástico por vehículo en 2021. De acuerdo con un reciente informe de Grand View Research Inc., se proyecta que el mercado global de plásticos para la industria automotriz alcance una tasa de crecimiento del 5,2% entre 2023 y 2030. Este aumento se debe a la preferencia por el uso de plásticos de alto rendimiento los cuales reemplazan a los metales convencionales y se espera que el caucho impulse aún más el crecimiento del mercado.
- Los problemas del reciclaje al final de la vida útil de los vehículos se centran en la recuperación del material polimérico, así como la recuperación de parte del 14,4% de fracción final que actualmente se está destinando a los vertederos.

Fase 2.- Principios de la economía circular

En el marco del estudio sobre economía circular aplicado a la gestión de autopartes en la industria automotriz, se identifican y definen los principios clave que guiarán la evaluación.

Algunos de estos principios incluyen:

1. Reutilización: Promover la reutilización de autopartes en lugar de desecharlas, permitiendo que los materiales y componentes mantengan su utilidad y valor en la cadena de suministro automotriz.
2. Reciclaje: Fomentar el reciclaje de materiales de autopartes al final de su vida útil para reintegrarlos en la producción de nuevos vehículos, reduciendo así la dependencia de materias primas no renovables y minimizando la generación de residuos.
3. Eficiencia en el ciclo de vida: Desde su fabricación hasta su disposición final, optimizando el uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental asociado con su producción y gestión.
4. Sostenibilidad: Priorizar prácticas y decisiones que promuevan la sostenibilidad en la cadena de valor automotriz, considerando aspectos ambientales, sociales y económicos para garantizar un desarrollo equilibrado y responsable en la industria.

Estos principios clave orientan la evaluación de la implementación de un modelo de economía circular en la gestión de autopartes de la industria automotriz, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad, eficiencia y competitividad.

La Economía Circular tiene múltiples circuitos por los cuales se debe conseguir que, los residuos actuales, sean recursos introducidos de nuevo en las cadenas de valor de los productos.

Fase 3.- Descripción de las autopartes más demandas en 2022

A medida que la industria automotriz avanza, también la sustitución de piezas metálicas avanza en la búsqueda de la protección del medio ambiente y ahorro de energía, fabricación a bajo costo, diversificación de funciones y rendimiento.

La Industria Nacional de Autopartes (INA) informa que la producción de autopartes en México alcanzó un nivel sin precedentes en junio, con un valor de 10,669 millones de dólares. Este logro representa un incremento del 29 % en comparación con junio de 2019 (antes de la pandemia). Las autopartes más fabricadas incluyen componentes eléctricos, transmisiones, embragues, telas, alfombras, asientos automotores, partes para motores, suspensión, dirección y más. (Rojas, 2023)

La industria del plástico concentra el 30% de sus ventas en el mercado externo y 70% en el mercado interno, siendo uno de los proveedores más importantes de la industria automotriz. En 2022, las ventas totales de la industria del plástico llegaron a un valor nominal de 334 mil millones de pesos en México, de los cuales 76.4 mil millones de pesos corresponden a la fabricación de autopartes plásticas, las cuáles crecieron 21.4% en 2022. La producción de autopartes plásticas mantiene expectativas positivas a mediano plazo y en 2023 opera a un aproximado del 88% de su capacidad instalada en México, a la vez que continúa atrayendo nuevas inversiones producto del Nearshoring en diversos estados del país (cluster industrial, 2023).

Tabla 10

Catálogo de productos más demandados en México por las empresas automotrices

Autoparte	Descripción	Imagen
Altavoces	Dispositivos que convierten señales eléctricas en ondas sonoras para reproducir el sonido en el interior del automóvil.	
Componentes de larguero y suspensión	Partes estructurales y de suspensión que proporcionan estabilidad y absorben impactos, mejorando la conducción.	
Cinturones de seguridad	Dispositivos de seguridad diseñados para proteger a los ocupantes del vehículo en caso de colisión, evitando movimientos bruscos.	
Tanques para líquidos de limpiaparabrisas	Contenedores que almacenan el líquido necesario para el sistema de limpiaparabrisas, manteniendo una visibilidad clara.	
Soportes para cabina	Elementos estructurales que brindan soporte y absorben vibraciones para reducir el ruido y mejorar la comodidad en la cabina.	

<p>Travesaños y rieles de extensión</p>	<p>Componentes estructurales que refuerzan la carrocería del vehículo, mejorando la resistencia y la rigidez.</p>	
<p>Cables con conector</p>	<p>Conductores eléctricos que llevan la corriente eléctrica a través del sistema eléctrico del automóvil, conectados mediante conectores.</p>	
<p>Tubos preformados</p>	<p>Conductos previamente moldeados utilizados para transportar fluidos o gases dentro del sistema del automóvil.</p>	
<p>Tubo de aire acondicionado</p>	<p>Conducto que transporta el aire acondicionado desde el sistema hasta el interior del vehículo.</p>	
<p>Soportes</p>	<p>Estructuras que sostienen y aseguran diversas partes del automóvil, contribuyendo a la estabilidad y funcionalidad.</p>	
<p>Columna de dirección</p>	<p>Parte que conecta el volante con la caja de dirección, permitiendo al conductor controlar la dirección del vehículo.</p>	

<p>Inversores de corriente</p>	<p>Dispositivos que convierten la corriente continua de la batería del automóvil en corriente alterna, permitiendo alimentar dispositivos electrónicos.</p>	
<p>Compresores</p>	<p>Dispositivos que comprimen el refrigerante en el sistema de aire acondicionado para su circulación.</p>	
<p>Bomba de dirección</p>	<p>Componente que facilita el giro del volante al proporcionar asistencia hidráulica en el sistema de dirección asistida.</p>	
<p>Micrófonos / Tubería de plástico / Filtros de aire</p>	<p>Componentes diversos utilizados en sistemas como el de escape, el de combustible y el de admisión de aire, respectivamente.</p>	
<p>Cubierta y perilla de ventana</p>	<p>Partes del mecanismo de elevación de ventanas que proporcionan funcionalidad y estética.</p>	
<p>Sujetadores de escape</p>	<p>Dispositivos que aseguran y sostienen los componentes del sistema de escape del automóvil.</p>	

Manijas para puerta	Elementos utilizados para abrir y cerrar las puertas del vehículo.	
Tambor	Parte del sistema de frenos que gira con la rueda y se acciona cuando se aplica el freno.	
Vidrio templado lateral automotriz	Cristales laterales del automóvil fabricados con vidrio templado para mejorar la resistencia y la seguridad.	

Nota: Elaboración propia con información del catálogo de la Industria Nacional de Autopartes (INA), 2023.

Fase 4. Evaluación de la autoparte y las principales empresas que los elaboran.

En esta sección se desarrollará la evaluación centrándose en analizar la aplicación de principios de economía circular, con el objetivo de promover la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental asociado con un componente automotriz esencial.

La industria del plástico concentra el 30% de sus ventas en el mercado externo y 70% en el mercado interno, siendo uno de los proveedores más importantes de la industria automotriz. En 2022, las ventas totales de la industria del plástico llegaron a un valor nominal de 334 mil millones de pesos en México, de los cuales 76.4 mil millones de pesos corresponden a la fabricación de autopartes plásticas, las cuáles crecieron 21.4% en 2022.

En promedio, los autos hechos en México contienen 170 kilogramos de plásticos, que representan un 8% de su peso y un 50% de su volumen. Nuestro país produce más de 420 mil toneladas de autopartes plásticas cada año. (cluster industrial, 2023)

Los tipos de residuos que dejan la industria automotriz:

- Desperdicios de empaques y tarimas.
- Residuos generados por los procesos productivos.

Para fines prácticos, los empaques y otros materiales parecidos forman parte de los residuos sólidos urbanos que muchas veces son enviados a rellenos sanitarios. La mejor solución para estos residuos radica en la reducción de su uso, así como reutilización y reciclaje de estos. (coprocesamiento.org, 2020)

La presencia de contaminantes en los tanques de líquido limpiaparabrisas puede representar una amenaza para el medio ambiente y la salud humana. Estos contaminantes pueden incluir elementos tóxicos que se encuentran en productos domésticos como limpiadores, solventes y pintura. (Pulido, 2023)

Mediante entrevistas con expertos clave en el campo de la Industria Nacional de Autopartes, A.C. (INA), el foco principal de esta indagación fue la obtención de datos cruciales relacionados con la producción y utilización de autopartes de la industria automotriz, las conversaciones revelaron valiosas perspectivas sobre la producción y uso de tanques especializados.

Esta investigación detalla las motivaciones detrás de la elección específica de abordar el tanque de líquido de limpiaparabrisas en el contexto de la Industria Nacional de Autopartes, A.C. (INA). La selección de este componente particular se basa en su papel esencial en la seguridad y rendimiento del vehículo, así como en su relevancia directa para los estándares de calidad y las expectativas del mercado.

Un tanque de almacenamiento es un depósito que se utiliza para manipular y almacenar diferentes sustancias como por ejemplo gases, líquidos, productos de origen químico y petróleos, entre otros.

El origen de estos recipientes se remonta a los inicios de la historia de la industria y han ido evolucionando a lo largo de los años en función de las necesidades que los diferentes sectores

pedían. Por este motivo, existen diferentes medidas, diferentes tipos y, por supuesto, distintos usos.

En su búsqueda por utilizar materiales alternativos para disminuir costos, peso e impacto ambiental en los componentes de un automóvil, se pone mayor énfasis en la propuesta de la fabricación de autopartes a base de plástico y nuevas aleaciones, en este caso en particular los tanques para líquidos de limpiaparabrisas.

El depósito de limpiaparabrisas es un compartimento localizado en el interior de un vehículo que tiene como función almacenar un líquido especial para limpiar la suciedad situada en el parabrisas, en la tabla 11, se muestran las principales características de estos tanques.

Tabla 11

Características de un tanque limpiaparabrisas

Características	Necesidad o problema que satisface	Justificación
Dimensiones: 7.1 x 5.1 x 3.9" Peso: 0.42 kg.	Mantener el líquido limpiaparabrisas en un contenedor en el cual no se pueda contaminar, derramar y que sea compatible con el automóvil.	Se ha reflejado un aumento en la venta de estos tanques debido a: 1. Fugas o daños estructurales 2. Obstrucciones o contaminación 3. Desgaste por rayos UV y condiciones ambientales 4. Rotura o daño en la tapa del tanque 5. Problemas de funcionamiento del sistema 6. Accidentes o impactos
Color: blanco transparente	El color tiene que ser transparente para poder observarse de manera fácil si necesita ser rellenado, cambiado o no.	Buscaban tanques que fueran fáciles de observar el interior para medir el nivel del líquido de manera eficiente.
Material: plástico	Debe ser de un material que sea resistente, pero a la vez fácil de moldear y soporte diferentes temperaturas.	Se buscaba el plástico debido a que cumplía con ciertas características como se mencionó anteriormente y es más económico.
Ajuste: universal	El tanque es compatible para cualquier automóvil.	Se realizó así para maximizar las ventas

Nota: *Elaboración propia con datos del INA, 2023.*

Los tanques de líquido para limpiaparabrisas, generalmente, están hechos de plástico debido a sus propiedades livianas, duraderas y resistentes a la corrosión. Los plásticos más comúnmente utilizados en la fabricación de estos tanques son el polietileno y el polipropileno. Estos materiales tabla 12, ofrecen varias ventajas para cumplir con los requisitos específicos de los tanques de líquido limpiaparabrisas:

Tabla 12

Principales ventajas de los materiales utilizados en los tanques limpiaparabrisas

Tipo de plástico	Elementos principales	Descripción
Polietileno (PE)	<ul style="list-style-type: none"> • Carbono (C) • Hidrógeno (H) 	Es un polímero formado por la repetición de unidades de etileno. Es duradero, ligero y resistente a la corrosión, lo que lo hace ideal para su uso en componentes de automóviles. Está compuesto principalmente por carbono e hidrógeno, siendo una cadena de unidades de etileno.
Polipropileno (PP)	<ul style="list-style-type: none"> • Carbono (C) • Hidrógeno (H) 	Es un polímero termoplástico que consiste en unidades de propileno. Este material es conocido por su resistencia química, durabilidad y capacidad para resistir condiciones climáticas adversas. Es más resistente a altas temperaturas en comparación con algunos otros plásticos.

Nota: Elaboración propia con datos del Directorio Automotriz, 2024.

Estos polímeros ofrecen ventajas clave por su versatilidad, durabilidad y capacidad para ser moldeados en diferentes formas durante el proceso de fabricación, la resistencia a la corrosión causada por los fluidos de limpiaparabrisas y la capacidad de mantener la integridad estructural en diversas condiciones climáticas. La estructura molecular de estos plásticos se compone principalmente de enlaces carbono-carbono e hidrógeno, lo que les confiere propiedades útiles para su aplicación en componentes automotrices, como los tanques de líquido para limpiaparabrisas. Cabe destacar, la composición química puede variar según las formulaciones específicas del material y las necesidades del fabricante.

De acuerdo con el Directorio automotriz las principales empresas que elaboran y comercializan el depósito de limpiaparabrisas se muestran en la tabla 13 (Directorio Automotriz, s.f.).

Tabla 13

Principales empresas que elaboran y comercializan el depósito de limpiaparabrisas

EMPRESAS		DESCRIPCIÓN
	Cebi Industrias México, S.A. de C.V:	Regulación y control de temperatura, accionamiento, sistemas de depuración.
	Pegasus Auto Parts Monterrey, S.A. de C.V. [Pegasus Sewing Machine Mfg. Co., Ltd.]	Fundición de aluminio de alta presión de piezas pequeñas para cinturones de seguridad y limpiaparabrisas.
	Schlemmer, S.A. de C.V. (Schlemmer México) [Schlemmer Holding GmbH]	Diseño y fabricación de tubo termoformado y corrugado para sistema de protección de cables.

Nota: Elaboración propia con datos del Directorio Automotriz, 2024.

Vida útil de un tanque limpiaparabrisas

La vida útil de un tanque de agua para limpiaparabrisas puede variar dependiendo de varios factores, como la calidad del material, la frecuencia de uso y las condiciones ambientales. En general, se espera que un tanque de líquido para parabrisas dure varios años antes de necesitar ser reemplazado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la vida útil del tanque de limpiaparabrisas también puede verse afectada por el uso de agua en lugar de productos

específicos para limpiaparabrisas. El uso de agua puede causar daños en el sistema de limpiaparabrisas y reducir la vida útil del tanque de agua.

Para maximizar la vida útil del tanque de líquido para parabrisas, se recomienda seguir las instrucciones del fabricante y utilizar productos específicos para limpiaparabrisas en lugar de agua. Además, es importante realizar un mantenimiento regular del sistema de limpiaparabrisas para asegurarse de que esté funcionando correctamente y evitar daños en el tanque de agua. (Antonio, 2024)

Impacto ambiental de un tanque de agua para parabrisas

Cuando un tanque de agua para parabrisas alcanza su fin de vida, genera impactos ambientales indirectos relacionados principalmente con el uso de agua en lugar de productos específicos diseñados para mantener el limpiaparabrisas en buen estado. Al utilizar agua en lugar de productos apropiados, se producen los siguientes efectos ambientales:

1. **Congelación:** El agua puede congelarse durante períodos fríos, lo que provoca daños en el depósito, los conductos y los inyectores.
2. **Pérdida de visibilidad:** La congelación del agua en el parabrisas disminuye la capacidad de limpieza, lo que afecta la seguridad del conductor.
3. **Sedimentación de cal:** La presencia de cal en el agua puede causar obstrucciones en los conductos, lo que afecta el rendimiento del sistema.
4. **Corrosión:** La exposición a la humedad y a la cal puede causar corrosión en los componentes metálicos del sistema.
5. **Contaminación:** La liberación de líquidos en el medio ambiente puede contribuir a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Es importante recordar que el uso de agua en lugar de productos específicos para limpiaparabrisas no solo produce efectos ambientales negativos, sino que también puede dañar el propio sistema de limpiaparabrisas y comprometer la seguridad del conductor. (Fersainz, 2020)

Características del depósito de limpiaparabrisas:

En el interior del vehículo se encuentra un dispositivo diseñado específicamente para limpiar el parabrisas y, en algunas ocasiones, los focos delanteros. Este dispositivo está formado por un brazo capaz de oscilar por uno de los extremos y repartir líquido a lo largo de todo el vidrio.

Además del brazo oscilatorio, el limpiaparabrisas también incluye una superficie de goma adherida para evitar los daños al vidrio cada vez que el brazo se desplaza por él. Este brazo se conecta directamente con el depósito de limpiaparabrisas, se sitúa justo bajo el capó.

El depósito de limpiaparabrisas almacena agua y un líquido especial, destinado para limpiar el vidrio de gotas de lluvia, barro y otras partículas de suciedad. Este depósito suele tener una capacidad de ocho litros aproximadamente, aunque esto depende del diseño de cada vehículo. (Antonio, 2024)

Relleno del depósito de limpiaparabrisas:

Debajo del capó y situado junto al motor se localiza el depósito de limpiaparabrisas. Este depósito suele reconocerse porque está tapado con un tapón de color azul. El conductor debe asegurarse de que el depósito de limpiaparabrisas siempre está lleno para poder utilizarse.

El líquido limpiaparabrisas, debe introducirse dentro del depósito. Antes de hacerlo, es crucial que el motor esté frío y que se tenga a la mano un embudo fino preparado para verter el producto directamente en el interior del depósito limpiaparabrisas.

En cuanto a la cantidad de líquido se debe verter, es importante intentar no sobrepasarse y agregar los suficientes litros de producto como para que el depósito no se desborde. No es necesario eliminar el resto de producto antiguo que esté almacenado en el fondo del depósito. (Renting finders, 2023)

Hacer un mantenimiento adecuado de tu vehículo es absolutamente necesario para no ponerte en riesgo cuando estás conduciendo. Sin embargo, a la hora de llevar a cabo esta práctica es

habitual cometer ciertos errores, por ejemplo, el de rellenar el líquido solo con agua corriente, algo que puede traer problemas cuando quieras utilizarlo, entre otros motivos porque puede congelarse en invierno y dañar el depósito, además de oxidarse o producir un mal olor a agua estancada con el paso del tiempo. (Busines sinsider, 2023)

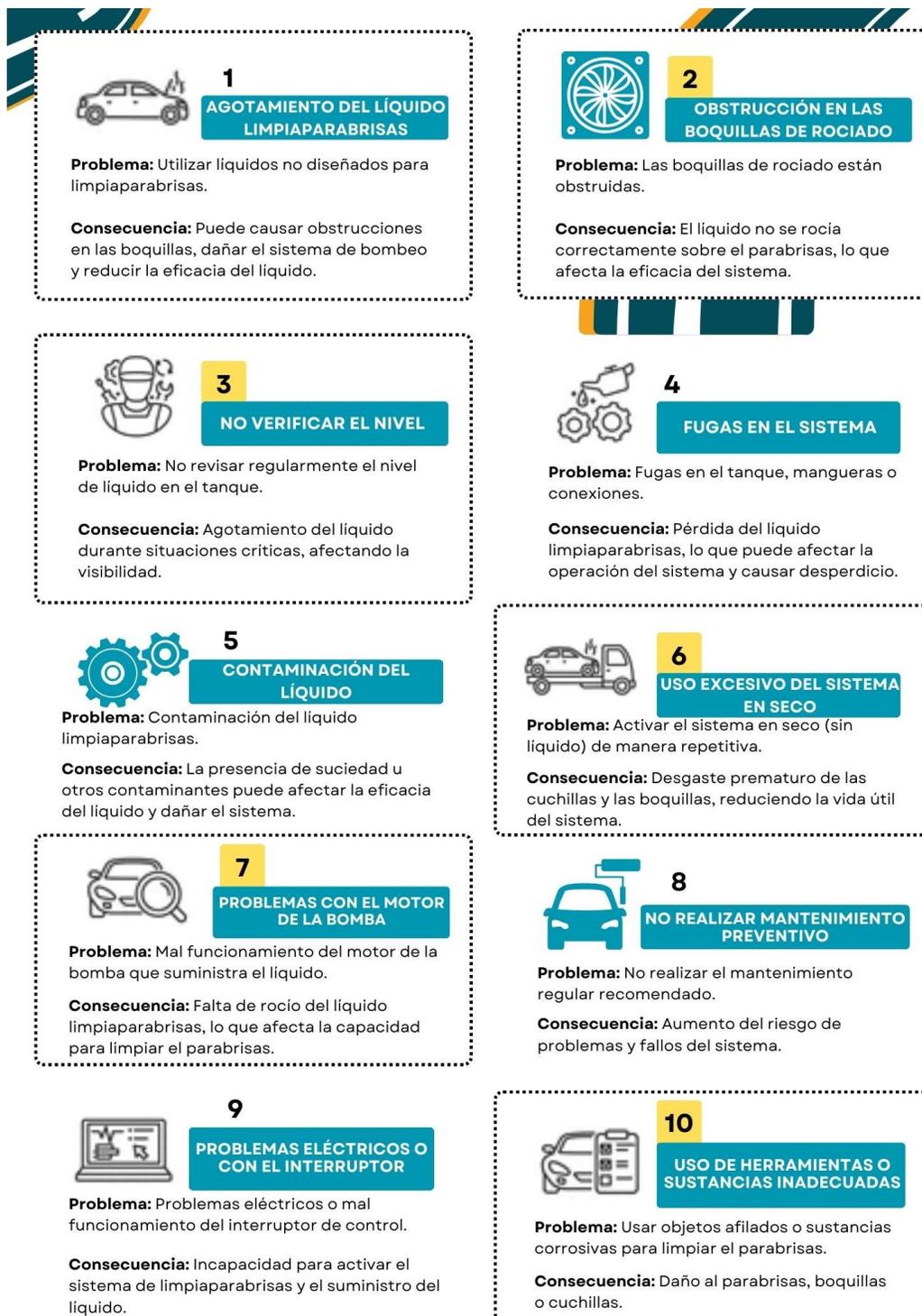
Algunos factores que pueden afectar la vida útil de un tanque de líquido limpiaparabrisas:

1. **Material del Tanque:** Los tanques pueden estar hechos de plástico u otros materiales. La calidad del material y su resistencia a la degradación pueden influir en la durabilidad del tanque.
2. **Exposición a la Luz Solar:** La exposición constante a la luz solar directa y a condiciones climáticas extremas puede afectar la integridad del tanque con el tiempo.
3. **Calidad del Líquido Limpiaparabrisas:** El tipo de líquido limpiaparabrisas utilizado también puede afectar la vida útil del tanque. Algunos líquidos pueden contener aditivos que podrían afectar los materiales del tanque.
4. **Condiciones de Almacenamiento:** Si un vehículo se guarda durante largos períodos sin uso, las condiciones de almacenamiento pueden afectar la vida útil del tanque y otros componentes del sistema de lavado. (Lucio Rosales, 2023)

El tanque de líquido para limpiaparabrisas en un vehículo es una parte esencial del sistema que contribuye a mantener una visibilidad clara en condiciones climáticas adversas. Sin embargo, pueden surgir varios problemas asociados con el tanque de limpiaparabrisas durante su uso figura 18.

Figura 18

Problemas asociados con el tanque de líquido de limpiaparabrisas durante su uso



Fuente: Elaboración propia con información el universal por Lucio Rosales, 2023.

Limpiaparabrisas

El limpiaparabrisas es un equipamiento ubicado en la parte exterior del parabrisas de un vehículo, cuya función es barrer la lluvia, nieve o cualquier elemento que pueda impedir la visibilidad del conductor.

La mayoría de los limpiaparabrisas suelen tener un marco exterior de plástico o goma. Un marco cubierto evita que ciertos elementos penetren las cuchillas. Sin embargo, algunos limpiaparabrisas tienen diseños de marco abierto que dejan expuestos los puntos de suspensión, en forma de brazo, unen la escobilla con el mecanismo del brazo del limpiaparabrisas. Los limpiaparabrisas con armazón expuesto se levantan rápidamente cuando se activan, pero son más vulnerables a los daños causados por ciertos elementos. Las cuchillas de buena calidad están hechas de una capa de silicona o de goma. Estos materiales son duraderos y resistentes a la corrosión, pero son más costosas. La alternativa más barata son las aspas recubiertas de goma, que son un estándar en la mayoría de los limpiaparabrisas convencionales, pero no duran tanto. Tienen goma endurecida por halógeno o escobillas de goma las cuales ofrecen una corta vida útil de sólo seis meses, o de termoplástico vulcanizado (TPV), que ofrece una vida útil de 24 meses. (mexpolimeros, 2022)

Los limpiaparabrisas de un automóvil no se descomponen en sentido de que estos no completamente su función durante la vida útil del vehículo. En general, los limpiaparabrisas siguen funcionando bien hasta que el vehículo sea desechado o reemplazado. Sin embargo, como todas las piezas mecánicas, pueden experimentar averías o problemas de desgaste con el tiempo. (Race, 2023)

La mayoría de los problemas en los limpiaparabrisas incluyen la necesidad de cambiar las escobillas, se deterioran con el uso y la exposición a diversas condiciones climáticas (La sexta, 2019). También pueden surgir problemas en el motor del limpiaparabrisas o en la palanca de control, que pueden requerir reemplazos. (Pérez A. , 2018)

Problema sobre los datos

No pude encontrar información específica sobre el número de tanques de líquidos para limpiaparabrisas desechados en el mundo. El desecho de estos tanques para limpiaparabrisas dependerá de factores como la vida útil del vehículo, el mantenimiento adecuado del sistema de limpiaparabrisas y las prácticas de reciclaje. Los tanques de líquido para limpiaparabrisas, al igual que otros componentes plásticos de los vehículos, deberían ser reciclados adecuadamente al final de su vida útil para reducir su impacto ambiental.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a lo revisado, no existe un método genérico para valorar económicamente los impactos ambientales que causan las autopartes de la industria automotriz, ya que actualmente no existen metodologías, sistemas ni bases de datos que midan el impacto de los residuos en el ambiente, sin embargo se pueden encontrar varias aproximaciones, al no existir esta herramienta, se realizará en este trabajo una evaluación cualitativa y cuantitativa con base en la teoría que permita en futuros trabajos crear sistemas de seguimiento a los desechos mediante la economía circular.

Fase 5 Evaluación y propuesta de modelo

Identificar producto/servicio

La industria automotriz se encuentra entre las que más impactan el medio ambiente. Dentro de este segmento, está la industria de vehículos comerciales, las cuales normalmente no regresan al mercado las piezas del producto al final de su vida útil. Entre las autopartes en la industria automotriz, la que se desarrollará en este trabajo es el tanque de líquido para limpiaparabrisas de repuesto.

La creciente conciencia ambiental y la demanda del mercado por productos sostenibles han impulsado un cambio significativo en las preferencias de los consumidores. Los tanques de líquido para limpiaparabrisas, al ser componentes esenciales en vehículos, representan una

oportunidad estratégica para aumentar las ventas al abordar las preocupaciones ambientales y mejorar la experiencia del usuario.

A continuación, en la figura 19, se muestra el diseño de los diferentes tanques para líquidos de limpiaparabrisas:

Figura 19

Modelos de tanques para líquidos de limpiaparabrisas

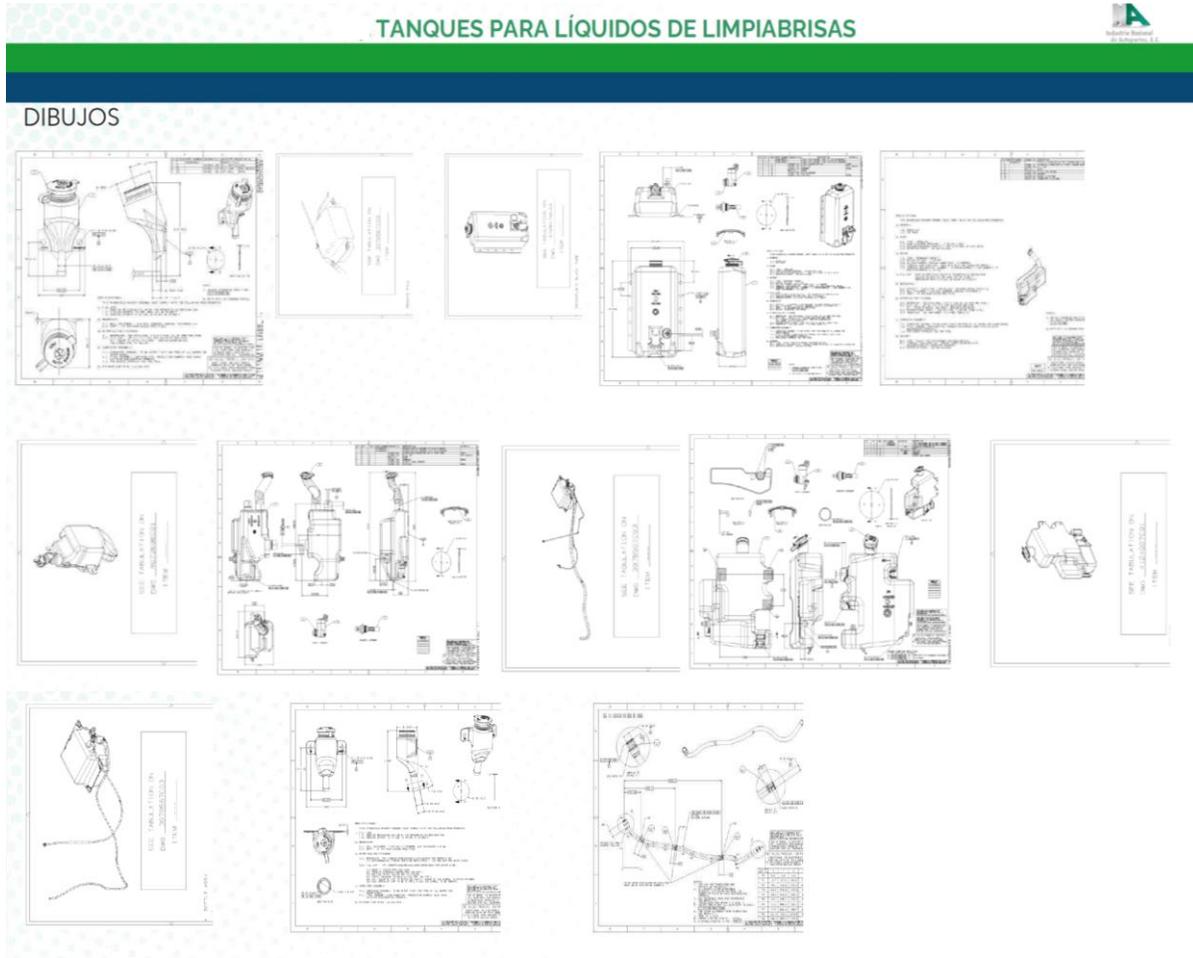


Nota: Adaptado del catálogo de la Industria Nacional de Autopartes (INA), 2023.

En la figura 20 presentadas a continuación se aprecian los planos de la realización de los tanques para líquidos de limpiaparabrisas:

Figura 20

Planos de la realización de los tanques para líquidos de limpiaparabrisas



Nota: Adaptado del catálogo de la Industria Nacional de Autopartes (INA), 2023.

En la figura 21 se aprecia una descripción general del ciclo de vida de un tanque de líquido limpiaparabrisas.

Figura 21

Ciclo de vida de un tanque de líquido para limpiaparabrisas



Nota: *Elaboración propia con datos de guía completa sobre su funcionamiento y sustitución.*

En relación con el ciclo de vida en la industria automotriz, se destaca la importancia de considerar la sostenibilidad y la economía circular en cada etapa, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final, buscando minimizar el impacto ambiental y fomentar prácticas responsables en la industria automotriz.

Después de realizar el análisis de los datos documentales encontrados en la fase 1 de la metodología de esta tesis y del análisis de las autopartes genéricas plásticas de los vehículos en las fases subsecuentes. Con base en las figuras de (Pons Guinot, 2022) donde se pretende establecer un control y cuantificar el proceso de las fases de un modelo marcando variables de eficiencia de carbono y eficiencias de recursos (figuras 2, 3 y 4) se pueden determinar las siguientes ecuaciones:

$$\text{Indicador de carbono} = \frac{\text{Emisiones de Co2 en la transformación del plástico}}{\text{Kg de plástico producidos}}$$

$$\text{Indicador de energía} = \frac{\text{Energía necesaria para la transformación del plástico (kWh)}}{\text{Plástico producido en México para la industria automotriz}}$$

Las ecuaciones anteriores representan la relación del impacto que tiene producir el plástico de las autopartes de los vehículos en cuanto a las emisiones producidas al ambiente y el impacto del consumo eléctrico que se traduce en el uso de energía eléctrica proveniente de fuentes contaminantes como la industria termoeléctrica. Dicho indicador se calcula de manera anual de acuerdo con los datos recopilados.

Si se considera que solamente se hará el análisis de la autoparte de tanques de líquidos para limpiaparabrisas cuyo peso es 0.42 kg. que representa el 0.4% del plástico utilizado en los vehículos, se analizará el indicador de la reincorporación de estos materiales a la vida útil de las autopartes y se medirá el impacto por medio de las siguientes ecuaciones

$$\text{Indicador de carbono} = \frac{\text{Emisiones emitidas de Co2 antes de la recuperación de la autoparte} - \text{emisiones emitidas después de la recuperación del plástico}}{\text{Kg. de plástico producidos} - \text{kg producidos después de la recuperación de la autoparte}}$$

$$\text{Indicador de energía} = \frac{\text{Energía necesaria para la transformación del plástico} - \text{energía necesaria después de la recuperación de la autoparte}}{\text{Plástico producido en México para la industria automotriz} - \text{plástico producido después de la recuperación de la autoparte}}$$

De acuerdo con el peso de los tanques de limpiaparabrisas anualmente se recuperarían 484,402 kg. de plástico polipropileno. A continuación, se muestran los resultados de las ecuaciones antes de la reincorporación de la autoparte a la economía circular de las partes plásticas:

$$\text{Indicador de carbono} = \frac{1470000000}{420000000} = 3.5$$

$$\text{Indicador de energía} = \frac{705600000 + 661694423}{420000000} = 3.3$$

Las ecuaciones hacen referencia a que por cada kilo de plástico fabricado se emiten 3.5kg de CO₂, se consumen 3.3 kWh y 1 kg. de plástico energéticamente. El ahorro en kilogramos, si se

recicla el tanque de limpiaparabrisas que equivale a un ahorro de 484,402 kg al año, si se resta esto a las 420,000,000 kg que se fabrican al año de autopartes plásticas, lo que representará 419,515,598 kg de materia prima, considerando que ese plástico si se va a producir pero ya no se extraería de los derivados del petróleo si no como resultado de la incorporación del tanque de limpiaparabrisas a la economía circular se tendría un ahorro de 0.12% que se traduciría en reducción de emisiones al medio ambiente y consumo energético. En la siguiente tabla se muestra una comparación entre los índices de carbono, el índice energético antes y después de la reincorporación de los elementos reciclados.

	Antes de la recuperación de la autoparte	Después de la recuperación de la autoparte
Índice del impacto de carbono	1470000000	1468304593
Índice de impacto energético	1367294423	1363425698

$$\text{índice de impacto del carbono} = \frac{1468304593}{420000000} = 3.49$$

$$\text{índice de impacto energético} = \frac{1363425698}{420000000} = 3.24$$

	Antes de la recuperación de la autoparte	Después de la recuperación de la autoparte
Indicador de carbono	3.5	3.49
Indicador energético	3.3	3.24

9. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La presente investigación logró su objetivo de evaluar y dimensionar el impacto ambiental de las autopartes plásticas en la industria automotriz mexicana, utilizando el enfoque innovador de la economía circular. Los análisis llevados a cabo han corroborado que la implementación de este modelo puede contribuir significativamente a la reducción de impactos y al fomento de la sustentabilidad.

Entre los resultados primordiales, se constató una mejora potencial de un 0.12% en los indicadores tanto de emisiones de CO₂ como de consumo energético, al considerar la reincorporación de los tanques de líquido limpiaparabrisas en ciclos productivos futuros. A pesar de que este ahorro puede parecer mínimo, su relevancia radica en que representa apenas una fracción del plástico automotriz total, lo cual implica que su ascenso a toda la industria sería beneficioso.

De implementarse un modelo circular sólido para la gestión de autopartes, que maximice las tasas de reutilización, remanufactura y reciclaje, los cálculos podrían proyectar reducciones aproximadas superiores al 10% en huella de carbono y consumo energético en comparación con el escenario convencional. Esto demuestra el positivo impacto ambiental de la economía circular en este sector industrial clave para México.

En consecuencia, a partir de estos resultados alentadores, se aconseja profundizar en la investigación con el fin de identificar barreras y oportunidades particulares para la implementación de la circularidad en la proveeduría nacional de autopartes plásticas. Asimismo, es posible elaborar casos piloto que permitan mejorar las metodologías de medición y monitoreo para la posterior replicación a mayor escala. Desde la perspectiva de la política pública, resulta fundamental fomentar tanto incentivos como programas de capacitación que alienten la implementación de prácticas circulares por parte de los fabricantes y recicladores en la cadena de suministro automotriz. La concientización y la transferencia de conocimientos a las PyMEs son especialmente fundamentales debido a su prevalencia en este sector industrial. En cambio, los consumidores también tienen un papel relevante, optando por vehículos y refacciones que

integren materiales sostenibles bajo un esquema de responsabilidad amplia. Esto contribuiría a una cada vez mayor demanda de productos circulares, lo que impulsaría la transición.

Se sugiere también la aplicación de fundamentos para estudios complementarios enfocados tanto en la cuantificación precisa de impactos como en los factores habilitadores para la implementación de ciclos sostenibles de materiales en este sector relevante de la industria nacional.

Se han identificado diversas áreas que deben examinarse con mayor profundidad para acelerar la adopción de la economía circular en la industria mexicana de autopartes automotrices. En primer lugar, resulta imperativo llevar a cabo una investigación detallada sobre cada tipo de polímero y autoparte, estableciendo metas personalizadas para disminuir la huella ambiental e incrementar el uso de materiales reciclados. Los resultados agregados analizados en este estudio son únicamente un primer acercamiento, por lo que se requiere la realización de mediciones a nivel general. Asimismo, deben evaluarse de manera minuciosa los procesos productivos y tecnologías actualmente utilizados por los diversos fabricantes de autopartes plásticas, identificando brechas y oportunidades de mejora en términos de ecoeficiencia, esto permitirá enfocar iniciativas y apoyos para modernizar aquellos eslabones con mayor demanda.

Por otra parte, resulta relevante examinar minuciosamente diversos instrumentos de política comparados a nivel global, a fin de identificar las prácticas regulatorias y económicas más adecuadas para impulsar la implementación de modelos circulares por parte de la industria. Ello permitirá al gobierno mexicano elaborar un conjunto sólido de incentivos efectivos para la transformación deseada.

Finalmente, la presente tesis ha otorgado fundamentos sólidos para avanzar de manera efectiva en esta tarea, no obstante, es esencial colaborar de la mano con consumidores e instituciones financieras para fomentar activamente la preferencia por vehículos y refacciones circulares a través de eco-etiquetados, campañas de concientización y productos crediticios preferenciales. La acción de generar la demanda de carácter pull, lo que otorgaría una viabilidad comercial al cambio de modelo.

REFERENCIAS

- Ochoa Diaz, L. (7 de marzo de 2023). *Economía Circular en la Industria Automotriz*. Obtenido de spcpro.com: <https://spcpro.com/2023/03/economia-circular-en-la-industria-automotriz/>
- A. Ramírez-Elías, M. A.-G. (2020). El objeto de conocimiento en la investigación cualitativa: un asunto epistemológico. *Enfermería universitaria*.
- Amante, B., Lacayo, A., Piqué, M., & López-Grimau, V. (2010). Gestión de residuos a lo largo del ciclo de vida de un automóvil . *Management of residues life cycle services of an automobile*, 342-348.
- Ameen, R. (Oct 17, 2017). *Polyethylene degradation by Pseudomonas putida S3A*. Iraq: University, forensic .
- Amigos de la Tierra. (28 de 03 de 2019). *Movilizar, resistir, transformar*. Obtenido de Un estudio revela los impactos del plástico sobre la salud: <https://www.tierra.org/un-estudio-revela-los-impactos-del-plastico-sobre-la-salud/>
- ANIPAC. (2021). *Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C*. Obtenido de <https://anipac.org.mx/>
- Antonio, A. (2024). *Limpiaparabrisas Guía Completa Sobre Su Funcionamiento y Sustitución*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/480884705/Limpiaparabrisas-guia-completa-sobre-su-funcionamiento-y-sustitucion>
- Aristilde, R. W. (2017). Degradation and metabolism of synthetic plastics and. *Applied Microbiology*.
- Aruchelvit, J. (2017). *Biodegradation of Polyethylene and Polypropylene*. India.
- Blanco, D. (3 de abril de 2016). *Coches viejos, ¿realmente contaminan más?* Obtenido de elfinanciero.com.mx: <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/coches-nuevos-vs-coches-viejos-cuales-contaminan-mas/>
- Busines insider. (2023). *Manual Finder*. Obtenido de Así debes rellenar el líquido del limpiaparabrisas: no cometes el grave error de utilizar solo agua: <https://www.businessinsider.es/como-rellenar-correctamente-liquido-limpiaparabrisas-908611>
- Campos Romero, H., & Rodil Marzábal, Ó. (13 de 12 de 2021). *Las dos caras de la inserción de México en la cadena de valor automotriz: dimensión económica e impacto medioambiental*. Obtenido de El trimestre económico: <https://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/1237/1368>

- Canal del Congreso. (11 de 2021). *Senado avala reforma que busca reducir el uso de plásticos de un solo uso*. Obtenido de https://www.canaldelcongreso.gob.mx/noticias/14777/Senado_avalareforma_que_busca_reducir_el_uso_de_plstics_de_un_solo_uso
- Carico. (2021). *Carico Enterprise Co., Ltd*. Obtenido de Los 10 principales materiales utilizados en la fabricación de autopartes: https://www.carico-auto.com/es/blog_article?cid=7
- Castellanos, P. (2023). *Tecnología del plástico*. Obtenido de El plástico se destaca en el futuro de la industria automotriz: <https://www.plastico.com/es/noticias/el-plastico-se-destaca-en-el-futuro-de-la-industria-automotriz>
- CEPAL. (2018). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe*. Obtenido de Hechos estilizados, determinantes y desafíos de política: <https://repositorio.cepal.org/items/c4e7d7d4-a1dd-4d8a-8e2f-50e0ed72e591>
- Cindy van Pelt, C. M. (1999). *Identification of Burkholderia spp. in the Clinical Microbiology Laboratory: Comparison of Conventional and Molecular Methods*. PMID: PMC85108: Journal Clinical Microbiology.
- Cinthia, L. (2016). *Reciclado del plástico [PET*] para la obtención de fibra textil*. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional .
- Climont, M. J., & S., I. C. (2012). *Química Orgánica: Principales aplicaciones químicas industriales*.
- Cluster Industrial. (11 de septiembre de 2023). *Proveeduría de plásticos para la industria automotriz creció 17.4% en el último año*. Obtenido de [clusterindustrial.com.mx: https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/6709/proveeduria-de-plasticos-para-la-industria-automotriz-crecio-17-4-en-el-ultimo-ano](https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/6709/proveeduria-de-plasticos-para-la-industria-automotriz-crecio-17-4-en-el-ultimo-ano)
- Comunidad de Madrid. (2012). *La energía de los residuos*. Obtenido de [.fenercom.com: https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2012/05/La-energia-de-los-residuos-fenercom-2012.pdf](https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2012/05/La-energia-de-los-residuos-fenercom-2012.pdf)
- Congreso CDMX. (2023). *¿Qué es la economía circular?* Ciudad de México: Gaceta oficial.
- coprocesamiento.org. (2020). *Reto de residuos en la industria automotriz*. Obtenido de Industria, Sustentabilidad: <https://coprocesamiento.org/reto-de-residuos-en-la-industria-automotriz/>
- Cristán Frías, A., & Ize Lema Y, I. (2000). La situación de los envases. *Gaceta Ecológica* 69, 17.
- Cruz Rivera, R., & Ertel, J. (2008). *Revista internacional de contaminación ambiental*. Obtenido de Acumulación de productos al final de su vida útil en México, el caso de los vehículos automotores: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-

- Fernández, C. (Miércoles, 10 de junio de junio de 2015). *Gide*. Recuperado el martes 19 de diciembre de diciembre de 2017, de <http://www.gurbrevista.com/2015/06/bienvenidos-a-isla-basura/>
- Fersainz, R. (25 de 09 de 2020). *Auto Bild*. Obtenido de Cómo rellenar el líquido de los limpias y por qué no debes usar sólo agua: <https://www.autobild.es/practicos/como-rellenar-liquido-limpiais-no-debes-usar-solo-agua-724205>
- Flores, D., & Durán, H. (2012). *El Problema logístico de la recolección del PET en México*. México: IPIICSA.
- Flores, S., & Reyes, A. (abril de 2013). Modelo logístico para la recolección y segregación del polietileno. Guadalajara.
- Gauri Singh, A. K. (2016). Biodegradation of polythenes by bacteria isolated from soil.
- Gestión, L. (01 de marzo de 2012). *Característica del Poli Etileno Tereftalato*. Recuperado el 19 de julio de 2017, de <https://reciclajesleonardo.com/2012/03/01/caracteristicas-del-pet-poli-etileno-tereftalato/>
- Gobierno de México. (2020). *Reporte T-Mec. Un acercamiento a las posiciones del nuevo tratado entre México, Estados Unidos y Canadá*. México: México, Estados Unidos y Canadá: Compilado T-Mec. Obtenido de Gobierno de México. (2020). Reporte T-Mec. Un acercamiento a las posiciones del nuevo tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (pág. 116). México, Estados Unidos y Canadá: Compilado T-Mec.
- Grupo Quimisor. (24 de 09 de 2020). *El Plástico en la Industria Automotriz*. Obtenido de El plástico y el automóvil, una historia en conjunto: <https://quimisor.com.mx/el-plastico-en-la-industria-automotriz/>
- guia quimica. (2019). *Plásticos y autopartes*. Obtenido de Materiales clave para la fabricación en la industria automotriz: <https://guiaquimica.mx/articulo/95/plasticos-y-autopartes>
- INA. (2023). *Industria Nacional de Autopartes*. Obtenido de Comprometidos con el futuro de la movilidad: <https://ina.com.mx/>
- Industria Nacional de Autopartes. (2023). *Proyecto de localización de proveedores*. Obtenido de Catalogo
- INEGI. (2018). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2018*. Obtenido de INEGI. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN 2018. SNIEG. Información de Interés Nacional.: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825099695.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825099695.pdf)

- INEGI. (2023). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*. Obtenido de Vehículos de Motor Registrados en Circulación 2022, Datos al mes de diciembre: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/735>
- Inova Plastics. (2022). *Inova Plastics Re*. Obtenido de ¿Qué hacer con los residuos plásticos de la industria automotriz?: <https://inovaplastics.com/que-hacer-con-los-residuos-plasticos-de-la-industria-automotriz/#:~:text=%C2%BFSab%C3%ADas%20que%2C%20en%20M%C3%A9xico%2C,el%20resto%20a%20otros%20materiales>.
- Instituto Nacional de Ecología. (2014). *Estudio de Análisis de Ciclo Vida (ACV)*. México.
- Instituto Nacional de Ecología, Dirección de investigación en Política y Economía Ambiental. (2017). Análisis de los Mercados de Diversos Materiales Vírgenes y Reciclados para la Producción de Envases. *INDE*.
- Interempresas. (30 de 08 de 2022). *Plásticos*. Obtenido de El uso del plástico en automoción: tipos y ventajas: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/397273-El-uso-del-plastico-en-automocion-tipos-y-ventajas.html>
- Isabel, S. (2016). Obtenido de Estudio de la migración de Sb en refrescos envasados en PET: tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/4829/1/TFG_Soler_Gallardo_Maria_Isabel.pdf
- Kathiresan, K. (2003). *Polythene and Plastics-degrading microbes from the mangrove soil*. India.: Scielo.
- Knauf Industries Automotive. (28 de 10 de 2019). *¿Cuánto pesaría un coche si los componentes de plástico se fabricaran con otro material?* Obtenido de <https://knaufautomotive.com/es/cuanto-pesaria-un-coche-si-los-componentes-de-plastico-se-fabricaran-con-otro-material/>
- Krolczyk, G. (2015). *Departamento de Ingeniería de Fabricación y Productos de Automatización*.
- L.Botta, F. M. (2017). Degradation of polymer blends: A brief review. *ELSERVIER*.
- La Fundación para la Economía Circular. (2023). *economía circular*. Obtenido de <https://economiecircular.org/economia-circular/#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20un,m%C3%ADnimo%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20residuos>.
- La sexta. (2019). *Tres sencillos gestos que mejoran la visibilidad y protegen la luna del coche*. Obtenido de Los trucos definitivos para limpiar las escobillas del limpiaparabrisas: https://www.lasexta.com/motor/noticias/los-trucos-definitivos-para-limpiar-las-varillas-del-parabrisas-video_201904105cb048b60cf20448a8374164.html

- Loya, T. (18 de abril de 2015). *Autos chatarra ¿Qué sucedera despues de su vida útil?* Obtenido de prezi.com: <https://prezi.com/ov3nw8qpoa0v/autos-chatarra-que-sucedede-despues-de-su-vida-util/>
- Lucio Rosales, C. (26 de 06 de 2023). *El Universal*. Obtenido de ¿Por qué no debe llenarse de agua el depósito del limpiaparabrisas del coche?: <https://www.eluniversal.com.mx/autopistas/por-que-no-debe-llenarse-de-agua-el-deposito-del-limpiaparabrisas-del-coche/>
- M. Rutkowska, A. H. (2001). *Biodegradability of Polyethylene Starch Blends*. Polonia: Polish Journal of Environmental.
- Mario A. Gómez Jiménez^{1*}, J. R. (2007). Degradación térmica y enzimática de redes . *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11.
- Mayiri Bhatia, A. G. (2014). *Implication of a novel Pseudomonas species on low density Poly Biodegradation an in vitro to in silico approach*. India: Springer Plus.
- Méndez Prieto, A. (01 de 04 de 2023). *Plastics Technology México*. Obtenido de Plásticos en la industria automotriz: aspectos clave de sustentabilidad: <https://www.pt-mexico.com/articulos/plasticos-en-la-industria-automotriz-aspectos-clave-de-sustentabilidad>
- Méndez Prieto, A. (19 de 05 de 2023). *Plastics Technology México*. Obtenido de Retos y soluciones en el reciclaje de autopartes plásticas: <https://www.pt-mexico.com/articulos/etapas-previas-en-el-reciclado-de-plsticos-de-uso-automotriz>
- Méndez Prieto, A., Cedillo García, R., & González C., M. (19 de 05 de 2023). *Plastics Technology México*. Obtenido de Retos y soluciones en el reciclaje de autopartes plásticas: <https://www.pt-mexico.com/articulos/etapas-previas-en-el-reciclado-de-plsticos-de-uso-automotriz>
- Mercado, A. (11 de 10 de 2023). *Los nuevos materiales en la fabricación de automóviles*. Obtenido de <https://www.adrianmercado.com.ar/blog/fabricacion-de-automoviles/>
- Metalmecánica. (29 de 05 de 2023). *Metalmecánica*. Obtenido de Conozca los fabricantes de autopartes en México: <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/estas-son-las-autopartes-que-se-maquinan-en-mexico>
- Mexicana, N. O. (2005). Características al prosedimeintos de identificación y clasificación y listados de Residuos Peligrosos. *NOM-052-SEMARNAT-2005*.
- México Industry. (24 de 05 de 2021). *Crecerá el contenido de plástico en la industria automotriz*. Obtenido de Inversiones, economía & infraestructura: <https://mexicoindustry.com/noticia/crecera-el-contenido-de-plastico-en-la-industria-automotriz>

- mexpolimeros. (2022). *Limpiaparabrisas*. Obtenido de <https://www.mexpolimeros.com/app/limpiaparabrisas.html>
- Miranda, A. V. (2007). *Contaduría y administración*. Obtenido de La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422007000100010
- Miranda, A. V. (2007). *La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-10422007000100010&script=sci_abstract
- Monroy, M. C. (2016). *muciza*. Obtenido de Elaboración de muebles a partir de botellas PET: <http://muciza.com.mx/muciza-2016/project/elaboracion-de-muebles-a-partir-de-botellas-de-pet/>
- Moreno, R. (14 de 05 de 2023). Principales ubicaciones para la fabricación de automóviles en México. (Linkedin, Entrevistador)
- Muguirra, A. (2024). *Tipos de investigación y sus características*. Obtenido de questionpro.com: https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/#investigacion_cuantitativa
- Muñoz, L. (2012). *Estudio del uso del polietileno tereftalato como material de*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Murillo, D., & Torres, A. (2020). *La industria del plástico en sector automotriz de México*. México.
- Noticias ONU. (22 de 08 de 2023). *Mirada global Historias humanas*. Obtenido de La economía circular: un modelo económico que lleva al crecimiento y al empleo sin comprometer el medio ambiente.: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>
- Olarte, F. (2022). *Ecovidasolar*. Obtenido de Tipos de plásticos: toxicidad y usos: <https://www.ecovidasolar.es/blog/tipos-de-plasticos-toxicidad-y-usos/>
- opportimes. (9 de 10 de 2018). *opportimes*. Obtenido de Las 37 empresas de autopartes del Estado de México: <https://www.opportimes.com/las-37-empresas-de-autopartes-del-estado-de-mexico/>
- Pérez Góngora, J. (2014). *El reciclaje en México*. México: Comercio Exterior.
- Pérez, A. (19 de 03 de 2018). *Auto Bild*. Obtenido de ¿Cómo arreglar los limpiaparabrisas? Los posibles fallos: <https://www.autobild.es/practicos/como-arreglar-limpiaparabrisas-posibles-fallos-196372>
- Pérez, J. P. (2014). Reciclaje en México. *Comercio Exterior*, 4.

- PlasticsEurope. (2011). Plásticos - Situación en 2011. *Plásticos*, 32.
- Pons Guinot, J. M. (2022). *Análisis de la economía circular aplicada al sector automovilístico*.
Obtenido de
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/188608/Pons%20-%20 analisis%20de%20la%20economia%20circular%20aplicada%20al%20sector%20automovilistico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prieto, O. A. (diciembre de 2017). Obtención de modelo dinámico del proceso pirólisis de polímeros utilizando datos de una termogravimetría. Colombia.
- PROFEPA. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 . *Protección ambiental-Salud Ambiental-R.S.B.* México: PROFEPA.
- Pulido, G. T. (2023). *Contaminación ambiental y sus efectos sobre la salud*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública.
- R. Usha, T. S. (2011). *Screening of Polyethylene Degrading Microorganisms from Garbage Soil* . Tamil Nadu, India: Libyan Agriculture Research Center Journal International.
- Race. (24 de 04 de 2023). *No funcionan los limpiaparabrisas de mi coche, ¿cuáles son las causas?*
Obtenido de Tecnología y motor: <https://www.race.es/por-que-no-funciona-limpiaparabrisas>
- Raising Ambitions. (2020). A new roadmap for the automotive circular economy. *World Economic Forum*, 11-44. Obtenido de A new roadmap for the automotive circular economy: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Raising_Ambitions_2020.pdf
- Ramírez Aurelio, G. L. (2010). Degradación química del pelietileno. *Redalyc.org*, 321-331.
- Renting finders. (2023). *Depósito de limpiaparabrisas*. Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/deposito-limpiaparabrisas/>
- Ribitsch, D., & Herrero, E. (2012). A New Esterase from Thermobifida halotolearns Hydrolyses Polyethylene Terephthalate (PET) and Polylactic Acid (PLA). *www.mdpi.com/journal/polymers*.
- Rocha Narciso, K., Foletto Santin, V., & García da Costa, I. (2022). El servicio de limpieza pública en crisis: política nacional de residuos sólidos y aspectos de la economía circular para la logística inversa. *Revista de derecho administrativo y gestión pública*.
- Rodríguez, I. (29 de 06 de 2016). *Expansión*. Obtenido de Las plantas de Kia y Audi impulsan el crecimiento del sector de autopartes:
<https://expansion.mx/empresas/2016/06/29/las-plantas-de-kia-y-audi-impulsan-el-crecimiento-del-sector-de-autopartes>

- Rojas, T. (2023). *Tecnología del plástico*. Obtenido de Producción y exportación de autopartes en México alcanza nivel récord: <https://www.plastico.com/es/noticias/produccion-y-exportacion-de-autopartes-en-mexico-alcanza-nivel-record>
- Saeid, H. S. (2012). Hydrolytic degradation of poly(ethylene terephthalate). *Revista Colombiana de Química*.
- Santana, L. S. (Julio de 2016). Evaluation of the effect of organic pro-degradant concentration in polypropylene exposed to the natural ageing. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: ResearchGate.
- Santosh Kumar, M. P. (2013). *Isolation and identification of LDPE degrading fungi from municipal solid waste*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research.
- Secretaría de economía. (03 de 2012). *Industria Automotriz*. Obtenido de https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Monografia_Industria_Automotriz_marzo_2012.pdf
- Secretaría de Economía. (2021). *Industria Automotriz en México*. Obtenido de ventanillaunica.economia.gob.mx: https://ventanillaunica.economia.gob.mx/media/Industria%20Automotriz%20en%20Me%CC%81xico_1.pdf
- SEMARNAT. (1993). Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. *Norma Oficial*.
- SEMARNAT. (2012). *Plan de Manejo de Vehículos al Final de su Vida Útil 2012*. México: Gobierno Federal.
- Seymour, R. B., & Carraher Jr., C. E. (2015). *Introducción a la ciencia de los polímeros*. En: *Introducción a la química de polímeros*. Barcelona: Reverte.
- Sonil Nanada, S. S. (2010). *Studies on the biodegradation of natural and synthetic polyethylene by Pseudomonas*. India: JASSEM.
- sunnyday.mx. (2021). *Tarifa Comercial de CFE ¿Cómo afecta a tu empresa o negocio?* Obtenido de [sunnyday.mx/](https://www.sunnyday.mx/tarifa-comercial-de-cfe/): <https://www.sunnyday.mx/tarifa-comercial-de-cfe/>
- Swapnil K. Kale, A. G. (04 November 2015). *Microbial degradation of plastic: a review*. Singapor: J Biochem Tech.
- Swapnil K. Kale, A. G. (2015). *Microbial Degradation of Plastic : a review*.
- Syed Umair Ullah Jamil, S. Z. (2017). *Biodegradation of polyethylene by bacterial strains isolated from kashmir cave, buner, pakistan*. Pakistan: Journal of Cave and Karst Studies,

- Tavares Barderi, M., & Saraiva de Souza, M. (2023). *Revista Gestión y Secretaría (GeSec)*. Obtenido de La economía circular en la remanufactura de piezas de vehículos comerciales: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2466/1322>
- The World Foundation for Natural Science. (2015). *El plástico material problematico*. Europa, Colombia.
- Thiri6n, J. M. (1994). *Nueva manufactura, globalizaci6n y producci6n de autom6viles en M6xico*. M6xico: Universidad Nacional Aut6noma de M6xico.
- Totomons, T. G. (2012). *Qu6mica org6nica*. 3^o Edici6n, LIMUSA WILEY.
- Van Hoof, B., Nu6ez, G., & de Miguel, C. (2023). *Metodolog6a para la evaluaci6n de avances en la econom6a circular en los sectores productivos de Am6rica Latina y el Caribe*. Comisi6n Econ6mica para Am6rica Latina y el Caribe (CEPAL).
- vanguardia.com.mx. (28 de septiembre de 2015). *Mercado ilegal de refacciones usadas de auto deja 1,000 mdd*. Obtenido de vanguardia.com.mx:
<https://vanguardia.com.mx/motor/autos/2630259-mercado-ilegal-de-refacciones-usadas-de-auto-deja-1000-mdd-OMVG2630259>
- Vargas Isaza, C. A., Posada Correa, J. C., Jaramillo Zapata, L. Y., & Alberto Garc6a, L. (2015). Consumos de energ6a en la industria del pl6stico: revisi6n de estudios realizados. *Revista CEA*, , 93-107.
- Virgilio Lucas Ramos Rivero. (20 de 08 de 2018). Evoluci6n del Uso de los Materiales Pl6sticos en la Industria Automotriz. *INNOVA Research Journal 2018, Vol 3, No. 12, 17-27.*, p6gs. 17-27.
- Weerasekara, A. W. (2016). *Polyethylene biodegradation by a developed Penicillium–Bacillus*. University of Western Australia: ReseartschGet.
- Welle, F. (2011). Twenty years of PET bottle of bottle recycling. Resources, conservation and recycling. *American Chemistry Council*.
- World Economic Forum. (2020). *Raising Ambitions: A new roadmap for the automotive circular economy*. Obtenido de https://www3.weforum.org/docs/WEF_Raising_Ambitions_2020.pdf
- Yang, S., & Michielsen, S. (2002). Determination of the orientation parameters and the Raman tensor of the 998 cm⁻¹ band of poly(ethylene terephthalate). *Macromolecules*. . ACS Publications.
- ZEO Zero Emissions Objective. (21 de enero de 2020). *¿Cu6nto CO2 emite el pl6stico?* Obtenido de [plataformazeo.com](https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-emite-el-plastico/): <https://plataformazeo.com/es/cuanto-co2-emite-el-plastico/>

Zozaya, J. (29 de 03 de 2021). *Red Forbes*. Obtenido de T-MEC, una oportunidad para el sector automotriz: <https://www.forbes.com.mx/red-forbes-t-mec-una-oportunidad-para-el-sector-automotriz/>