



VET4CHAINS



European Union



## ANÁLISIS COMÚN DE CONTEXTOS VET4CHAINS EN LOS PAÍSES:

ALEMANIA, COLOMBIA, ESPAÑA, MÉXICO

Septiembre, 2024

# VET4CHAINS

**Aliados:** Centro de Ciencia y Tecnología (CTA), Colombia, INFODEF Instituto para el Fomento del Desarrollo y la Formación (INFODEF), España, Cámara de Comercio México – Alemania (CAMEXA), México.

## Autoría:

### Fir Rwth- Aachen - Alemania

Amanda Aranda  
Karol Puscus  
Luis Duarte

### CAMEXA – México

Carolin Antoni  
Jan Esslinger  
Omar Trujillo  
Pablo Camacho  
Sarah Lalee

### CTA – Colombia (editores/as)

Juan Fernando Palacio  
Mayra Alejandra Suárez  
Mercedes Arrieta Cohen

### Infodef – España

Lukas Brunbauer

## Presentación

Realizar un análisis común de contextos en la industria automotriz de carácter multinacional es crucial en un período de transformación sin precedentes, impulsado por la necesidad urgente de transitar hacia cadenas de valor más sostenibles. Este ejercicio integral permite comprender los desafíos y oportunidades que enfrenta la industria, facilitando la toma de decisiones estratégicas que promuevan la sostenibilidad y competitividad en los mercados globales.

Este documento ha sido desarrollado bajo el liderazgo del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), en colaboración con los aliados estratégicos en el marco del programa VET4CHAINS de la Unión Europea. Con una duración de tres años, este programa articula a cuatro países clave en la industria automotriz: dos en Europa (Alemania y España) y dos en América Latina (Colombia y México). Esta co-creación multinacional garantiza que el análisis refleje una amplia gama de perspectivas y realidades, enriqueciendo las conclusiones y recomendaciones, con el propósito de impulsar la excelencia formativa en el aprendizaje basado en el trabajo para apoyar a las Pymes de América Latina y Europa en su transición hacia cadenas de valor sostenibles en la Industria Automotriz.

Con el objetivo de materializar este ejercicio, recurrimos a actores estratégicos que brindaron información valiosa, la cual fue complementada con informes y reportes existentes del sector. Estos aportes fueron fundamentales para la elaboración de este documento, permitiendo identificar la complejidad de la industria automotriz en diferentes contextos nacionales, así como sus necesidades, barreras, y las estrategias necesarias para facilitar la transición hacia cadenas de valor más sostenibles. Extendemos nuestro agradecimiento a todos los que contribuyeron y esperamos que este documento sea de gran utilidad en su labor.

Finalmente se considera que este análisis no solo es una herramienta estratégica para los actores involucrados en el programa, sino que también se convierte en un insumo de consulta esencial para gremios y asociaciones del sector automotriz y entidades interesadas en comprender la situación actual de la industria. Esperamos que sirva como una guía para tomar decisiones informadas y para apoyar la transformación sostenible del sector.

## Resumen

En este análisis se presenta el estado actual de las necesidades formativas que tienen las Pymes de la industria automotriz en relación con el WBL y las cadenas de valor sostenibles, entre países de la Unión Europea, España, Alemania, y países latinoamericanos Colombia y México.

Los procesos de sostenibilidad se han reconocido y establecido fuertemente posterior al anuncio de los ODS en el 2015, donde cada uno de los países se han comprometido en la implementación de nuevos procesos y estrategias en todos los sectores. El sector automotriz reconocido como uno de los sectores punta de lanza para el desarrollo económico y empleabilidad, es considerado como pieza clave en la adopción de estos procesos por medio de estrategias formativas dirigidas a los colaboradores de grandes, medianas y pequeñas empresas.

Para conocer el estado actual de las necesidades formativas que tienen las Pymes de la industria automotriz se realizó un diagnóstico basado en la revisión de la literatura y en entrevistas con actores claves del sector como las empresas, los formadores, los colaboradores, y las instituciones técnicas que ofrecen programas para la industria.

Dentro de los hallazgos encontrados, los elementos que han limitado la transición hacia procesos sostenibles en las Pymes son:

**En las cadenas de valor sostenibles** es fundamental que los colaboradores amplíen sus conocimientos sobre los procesos sostenibles. Actualmente, la sostenibilidad se enfoca en la dimensión ambiental, principalmente en la gestión de residuos, mientras que otros aspectos, como los incentivos gubernamentales, son poco conocidos y aplicados. Aunque la transición hacia la movilidad eléctrica y la eficiencia energética es reconocida, existe una oferta limitada de programas de formación y escasez de mano de obra especializada. La reducción de emisiones está en marcha, pero su implementación es lenta. Se destaca que, en México, los proveedores de nivel 1 (TIER 1) ya están obligados a adoptar procesos sostenibles, y en Alemania se han logrado avances en la formación de empleados(as) mediante la promoción de micro certificaciones.

**En los procesos formativos:** La aplicación del WBL depende del tamaño de la empresa. Las grandes empresas pueden implementarlo con mayor facilidad, mientras que las Pymes enfrentan dificultades. Existe una oferta limitada de formación procesos sostenibles, enfocándose más en mantenimiento y reparación. Además, los temas de formación se priorizan por necesidad, considerándolo como un gasto en lugar de una inversión, la falta de tiempo para capacitar a los operarios es común. La escasez de personal capacitado en Industria 4.0 también es un desafío. Se recomienda la inclusión de mecanismos para una certificación ágil, incentivada por las empresas y homologada internacionalmente.

**En cuanto a la Industria 4.0,** la principal barrera para las Pymes es el costo de implementación, junto con la necesidad de capacitadores y formaciones. La resistencia al cambio, especialmente por razones generacionales, sigue siendo un obstáculo. A pesar de los avances en digitalización tras la pandemia de COVID-19, aún se requiere mayor preparación en este ámbito.

Palabras clave: industria automotriz, cadenas de valor sostenibles, Industria 4.0, Work Based Learning (WBL), Pymes, formación, certificaciones, implementación tecnológica.

## Contenido

<b>Presentación</b> .....	3
Resumen .....	4
<b>Introducción</b> .....	9
<b>Contexto y antecedentes del proyecto</b> .....	10
<b>1 Objetivo del Análisis.</b> .....	12
<b>2 Metodología</b> .....	13
<b>3 Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en Alemania</b> .....	15
<b>3.1 Marco Normativo</b> .....	15
3.1.1 Sostenibilidad.....	16
3.1.2 Formativa .....	18
3.1.3 Certificación .....	20
<b>3.2 Industria/Empresa</b> .....	23
3.2.1 Cadenas de valor sostenible.....	24
3.2.2 Recurso humano .....	25
3.2.3 Contenidos.....	27
3.2.4 Tecnología .....	27
<b>3.3 Instituciones Técnicas</b> .....	28
3.3.1 Oferta de Programas .....	29
3.3.2 Estándares/Marcos de referencia.....	30
3.3.3 Recurso Humano.....	30
3.3.4 Tecnología .....	31
<b>3.4 Conclusiones y recomendaciones de Alemania</b> .....	31

<b>4</b>	<b>Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en México</b> .....	33
<b>4.1</b>	<b>Marco Normativo</b> .....	35
4.1.1	Sostenibilidad.....	36
4.1.2	Formativo.....	41
4.1.3	Certificaciones.....	42
<b>4.2</b>	<b>Industria/Empresa</b> .....	42
4.2.1	Cadenas de Valor Sostenible .....	43
4.2.2	Recurso Humano.....	44
4.2.3	Tecnología .....	47
<b>4.3</b>	<b>Instituciones Técnicas</b> .....	48
4.3.1	Oferta de Programas .....	49
4.3.2	Estándares/Marcos de Referencia.....	50
4.3.3	Recurso Humano.....	50
4.3.4	Tecnología .....	52
<b>4.4</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones de México</b> .....	54
<b>5</b>	<b>Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en Colombia</b> .....	32
<b>5.1</b>	<b>Marco Normativo</b> .....	34
5.1.1	Sostenibilidad.....	34
5.1.2	Formativo.....	37
5.1.3	Certificación .....	39
<b>5.2</b>	<b>Industria/Empresa</b> .....	39
5.2.1	Cadenas de valor sostenible.....	40
5.2.2	Recurso humano .....	42
5.2.3	Tecnología .....	44



<b>5.3</b>	<b>Instituciones Técnicas</b> .....	47
5.3.1	Oferta de programas .....	48
5.3.2	Estándares/Marcos de referencia.....	48
5.3.3	Recurso Humano.....	49
5.3.4	Tecnología .....	51
<b>5.4</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones de Colombia</b> .....	51
<b>6</b>	<b>Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en España</b> .....	54
<b>6.1</b>	<b>Marco Normativo</b> .....	56
6.1.1	Sostenibilidad.....	56
6.1.2	Formativo.....	58
<b>6.2</b>	<b>Industria/Empresa</b> .....	60
6.2.1	Cadenas de valor sostenible.....	61
6.2.2	Recurso humano .....	62
6.2.3	Contenidos.....	63
6.2.4	Tecnología .....	63
<b>6.3</b>	<b>Instituciones Técnicas</b> .....	64
6.3.1	Oferta de programas .....	65
6.3.2	Estándares/Marcos de referencia.....	66
6.3.3	Recurso Humano.....	66
6.3.4	Tecnología .....	67
<b>6.4</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones de España</b> .....	68
<b>7</b>	<b>Conclusiones Generales</b> .....	93
<b>8</b>	<b>Anexos</b> .....	95
<b>9</b>	<b>Referencias</b> .....	98



## Introducción

La industria automotriz es un pilar fundamental en la economía global, destacándose no solo por su capacidad para generar empleo y desarrollo tecnológico, sino también por su influencia en las cadenas de valor internacionales. En un contexto marcado por la creciente necesidad de sostenibilidad y la integración de tecnologías avanzadas, tanto las grandes como las pequeñas y medianas empresas (Pymes) se enfrentan a desafíos significativos. Para abordar estos retos, se requiere una formación profesional de excelencia que prepare a la fuerza laboral para adaptarse a las nuevas exigencias del mercado, particularmente en el marco del Aprendizaje Basado en el Trabajo (WBL).

Este documento presenta un análisis común de la situación actual de la industria automotriz en cuatro países clave: Colombia, Alemania, México y España. En cada uno de estos contextos se analizaron cuatro actores fundamentales en el proceso formativo: 1) la industria, 2) los operarios, 3) las instituciones técnicas que ofrecen programas a la industria, 4) los formadores. A través de esta revisión, se identifican los principales hallazgos en cuanto a necesidades, desafíos, y oportunidades en el sector. Estos configuraron los insumos esenciales para el diseño de un plan de estudios orientado a mejorar la Formación Profesional de Excelencia en WBL.

El objetivo de este plan de estudios es facilitar la transición de las Pymes hacia cadenas de valor sostenibles, promoviendo un enfoque que integra la sostenibilidad, la innovación tecnológica y la competitividad. Al comprender las particularidades y similitudes en los contextos de estos países, se podrá diseñar un programa de formación que no solo responda a las necesidades actuales de la industria, sino que también anticipe y prepare a las Pymes para los desafíos futuros.

En conclusión, este documento busca ser una herramienta estratégica para quienes están comprometidos con la transformación sostenible de la industria automotriz, mediante la capacitación de una fuerza laboral capaz de liderar el cambio hacia un futuro más verde y competitivo en ambas regiones.

## Contexto y antecedentes del proyecto

VET4CHAINS es un proyecto de asociación multilateral entre organizaciones activas en el campo de la Educación y Formación Profesional VET (Vocational Education and Training) en Alemania, España, Colombia y México. Este proyecto se centra en elevar la excelencia de la formación profesional basada en el trabajo Work Based Learning (WBL), reconocido como la formación continua en la empresa, para facilitar la transición de las pequeñas y medianas empresas (Pymes) hacia cadenas de valor sostenibles en la industria automotriz en América Latina y Europa.

El proyecto se alinea con la creciente necesidad de que las empresas adopten prácticas sostenibles, contribuyendo directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, en particular aquellos relacionados con la industria, la innovación, y la infraestructura (ODS 9), así como la producción y el consumo responsable (ODS 12) y con la acción por el clima (ODS 13).

Las soluciones de formación desarrolladas están diseñadas para apoyar tanto a los profesionales de la formación profesional (VET) como a los y las empleadas de las Pymes en el sector automotriz de los países participantes. El objetivo es mejorar sus competencias en prácticas sostenibles, contribuyendo al desarrollo de una industria automotriz más responsable y orientada hacia el futuro.

Además, el proyecto incluye el desarrollo de un plan de estudios ECVET (European Credit System for Vocational Education and Training) centrado en la excelencia en WBL para cadenas de valor sostenibles. Este plan no solo mejorará la formación técnica, sino que también integrará principios de sostenibilidad, alineándose con las mejores prácticas internacionales y los compromisos ambientales globales.

Para maximizar el alcance y la eficacia de la formación, VET4CHAINS creará contenido educativo abierto en línea con recursos digitales innovadores, que se combinarán con un ejercicio práctico. Esto permitirá un acceso más amplio y flexible a la formación, asegurando que las Pymes y sus empleados(as) estén certificados para afrontar los desafíos de la sostenibilidad en un entorno competitivo.

Finalmente, se establecerá una Comunidad de Práctica entre América Latina y la Unión Europea que, además de reforzar los vínculos entre las regiones, también aumentará significativamente el impacto de los resultados obtenidos, fomentando un intercambio continuo de conocimientos y buenas prácticas en sostenibilidad.

## 1 Objetivo del Análisis.

Identificar las necesidades formativas en relación con la oferta educativa, el diseño de los planes de estudio, el marco regulatorio y la demanda de las Pymes, además de las brechas existentes y las áreas de mejora, mediante la recopilación de fuentes primarias y secundarias que permitan avanzar hacia el diseño de un plan de estudio ECVET a nivel nacional e internacional, en el marco de WBL Excellence y las cadenas de valor sostenible de la industria automotriz en España, Alemania, Colombia y México.

La pregunta principal en la que se enmarca el siguiente análisis es:

¿Cuáles son las necesidades formativas que tienen las Pymes de la industria automotriz en relación con el WBL y las cadenas de valor sostenibles, además de la pertinencia, similitudes y diferencias entre España, México, Alemania y Colombia?

## 2 Metodología

La metodología que se utilizó para el análisis común de contextos se inspiró en el enfoque PESTEL, una herramienta de planificación que permite identificar de forma integral los factores clave para comprender el entorno de un negocio de manera clara, estructurada y oportuna [1].

De otro lado, el análisis realizado tuvo un enfoque explicativo y descriptivo [2], ya que buscó recopilar información de manera independiente o conjunta sobre diversas variables. A partir de los resultados obtenidos, se integraron los elementos clave en el diseño curricular. Para garantizar la relevancia y efectividad de las soluciones propuestas, desde la iniciativa VET4CHAINS se definió la utilización de recursos cualitativos y cuantitativos en la recolección de datos, involucrando la participación interdisciplinaria de distintos actores.

En línea con lo anterior, se adaptó el esquema PESTEL al análisis de contextos, partiendo de los cuatro actores del proceso: Hacedores de política, Instituciones VET (Vocational Education Training), Industria Automotriz, Formadores VET y Operarios o Aprendices y sus respectivas categorías pertinentes que permitieron conocer el estado actual de la industria y proyectar el diseño curricular.

Posteriormente, a partir de lo planteado en la propuesta de VET4CHAINS y en la revisión de la literatura, para cada grupo de actores, y sus categorías, (con excepción de los hacedores de política), se construyó una matriz de preguntas que ayudaron a indagar y analizar el estado de la industria automotriz y los procesos de formación VET. Esta se sintetizó en una encuesta online estandarizada para recolectar datos de manera estructurada incluyendo ítems con preguntas cerradas (la mayor parte), tipo Likert y algunas preguntas abiertas. Este instrumento se aplicó a una muestra determinada en cada país (ver anexo de matriz de preguntas).

Los actores indagados debían cumplir el siguiente perfil:

- Industria automotriz: representantes, directores, jefes, coordinadores del talento humano en las industrias que tuvieran la capacidad de brindar información de su empresa.
- Instituciones VET: representantes, directores, jefes, coordinadores del talento humano de las instituciones que tienen a cargo el equipo de formadores de los programas de la industria automotriz.

- Formadores: entrenadores quienes diseñan los planes de estudio para la industria automotriz tanto en las empresas como en las instituciones VET.
- Operarios-aprendices: colaboradores o estudiantes que se forman tanto en las industrias como en las instituciones VET.

En total se recibieron 55 respuestas válidas para el análisis, lo que evidencia la complejidad de contactar y lograr el diligenciamiento de las encuestas. Algunas fueron diligenciadas de manera autónoma por cada actor y, en otras ocasiones, se programaron espacios de conversación tipo entrevistas, Esto último permitió ampliar la información e indagar por aspectos adicionales a los planteados en el instrumento. La recolección y tabulación de los datos fue automática, a través de aplicación Formulario de Microsoft que arroja una base de datos organizada en Microsoft Excel para el análisis de los datos.

Por último, la información recolectada por medio de las entrevistas con los actores se complementó con el análisis de información secundaria como informes, estudios y artículos del gremio automotriz de cada país, así como la búsqueda de la oferta académica para la industria. Con estos insumos, se logró consolidar un conjunto de datos suficientes y válidos para cumplir con el objetivo del análisis.

## 3 Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en Alemania

*Autoría: Amanda Aranda, Karol Puscus, Luis Duarte*

El sector automotriz en Alemania es un componente crucial de la economía nacional, representando una importante fuente de ingresos y empleo. En 2021, este sector generó más de 411.000 millones de euros y proporcionó empleo directo a casi 786.000 personas. Las regiones de Baviera, Baden-Württemberg y Renania del Norte-Westfalia son centros industriales estratégicos, donde grandes fabricantes como Volkswagen, Daimler, y BMW, junto con proveedores clave como Bosch y Continental, impulsan la innovación y la producción.

En 2023, la producción de vehículos aumentó en un 18%. No obstante, estas cifras siguen por debajo de los niveles de 2019, toda vez que la industria enfrenta desafíos persistentes. Alemania lidera en la adopción de políticas de sostenibilidad, promoviendo tecnologías limpias y la responsabilidad social corporativa a través de iniciativas como la electromovilidad y la eficiencia energética. Estos esfuerzos están apoyados por incentivos gubernamentales que facilitan la transición hacia una economía más verde y sostenible, subrayando el compromiso del país con la sostenibilidad y la innovación tecnológica en el sector automotriz.

A continuación, se presenta un análisis de los actores clave en los ámbitos industrial y formativo del sector automotriz en Alemania, y su papel en la transición hacia cadenas de valor sostenibles. Este estudio resalta los avances logrados, así como los desafíos que enfrentan en este proceso de transformación.

### 3.1 Marco Normativo

La industria automotriz en Alemania se enfrenta continuamente a desafíos y oportunidades derivados de las demandas cambiantes en sostenibilidad y tecnología. En este contexto, tanto el marco normativo como las certificaciones juegan roles cruciales en la dirección y la forma en que las empresas abordan estos cambios. A continuación, se presenta cómo las políticas y regulaciones específicas, junto con las certificaciones ambientales y de gestión, influyen en las prácticas de las Pymes, así como en las grandes empresas dentro del sector automotriz alemán. Este análisis proporcionó una comprensión profunda de las estrategias que están modelando



el futuro de la industria automotriz en un entorno cada vez más enfocado en la reducción de la huella de carbono y la eficiencia energética.

En el contexto del marco normativo de la industria automotriz en Alemania, particularmente en relación con las Pymes, las políticas están diseñadas para apoyar la integración de prácticas sostenibles de manera que sean viables y beneficien tanto a la economía como al medio ambiente.

Para el análisis de contextos se seleccionaron dos de los dieciséis estados federados de Alemania: Baden-Württemberg y Nordrhein-Westfalen (NRW). El primero se seleccionó por conveniencia, dado que una de las cámaras industriales del país nos proporcionó un informe que contenía una lista de empresas automotrices alemanas de este estado, junto al número de empleadas y empleados, lo que permitió identificar de forma clara y directa las Pymes del estado. NRW se seleccionó porque el Instituto de Investigación (FIR) -actor que participa en este proyecto- se sitúa en este estado y colabora con varias empresas que conforman la cadena de valor, situación que favoreció el acceso a información relevante para este estudio.

Así, en Baden-Württemberg y Nordrhein-Westfalen (NRW), las Pymes juegan un papel crucial en la cadena de valor automotriz, desde proveedores de piezas hasta servicios de postventa y reciclaje, ya que las empresas y el empleo de la industria del automóvil se concentran en el oeste y el suroeste de Alemania [3].

### 3.1.1 Sostenibilidad

El marco normativo analizado es aplicable a nivel nacional, pero ha de tenerse presente que en Alemania cada estado tiene cierto grado de libertad a la hora de llevar a cabo sus actuaciones y ejecutar las políticas.

El marco normativo en ambos estados está alineado con las políticas más amplias de la Unión Europea, que busca promover la economía verde y la digitalización en todos los sectores, incluyendo el automotriz. Esto se refleja en requisitos como los estándares *Euro 6*, que imponen límites estrictos a las emisiones de vehículos y son especialmente significativos para las Pymes que deben cumplir estos estándares para poder competir en el mercado.

En Baden-Württemberg, la industria automotriz se enfoca en proporcionar apoyo a las Pymes para adaptarse a las nuevas tecnologías y estándares de emisiones mediante programas de subvenciones y financiamiento para innovación. Esto incluye ayudas para implementar sistemas de gestión ambiental que cumplan con normativas internacionales, lo que no solo mejora la sostenibilidad, sino también la competitividad en el mercado global [3].

En NRW, se promueven iniciativas similares, como la *NRW.Energy4Climate* [4] o los programas que se describen a continuación, con un énfasis adicional en la formación y capacitación de los y las empleadas de las Pymes para asegurar que el personal esté bien versado en las últimas tecnologías y prácticas sostenibles. El estado también fomenta colaboraciones entre Pymes y grandes empresas, así como con instituciones académicas, para facilitar el flujo de conocimiento y tecnología.

El Estado de Baden-Württemberg puso en marcha en el 2017 una iniciativa *Strategic Dialogue for the Automotive* que juega un papel fundamental en este contexto, proporcionando una plataforma para que los diversos stakeholders, incluyendo las Pymes, participen en el desarrollo de políticas que promuevan la sostenibilidad y la innovación tecnológica en la industria automotriz. Este diálogo facilita la creación de estrategias colaborativas que abordan los desafíos de sostenibilidad y buscan integrar soluciones innovadoras a lo largo de toda la cadena de valor [5].

Existen una serie de incentivos que proporciona el Gobierno para aquellas empresas automotrices que aplican políticas de sostenibilidad y transformación digital. Estos son algunos ejemplos de programas y fondos que fomentan, apoyan y financian iniciativas para la transición a cadenas de valor sostenibles:

- Programa "Digital Jetzt": Este programa de financiación ha sido diseñado para apoyar a las Pymes, incluyendo a las empresas artesanales y profesionales liberales, en la adopción de la digitalización mediante la oferta de subvenciones financieras. Estas ayudas están destinadas a impulsar las inversiones necesarias para la digitalización en estas empresas. Aunque ya no se aceptan nuevas inscripciones en el programa, este

sigue activo para la presentación de informes de implementación de los proyectos completados [6].

- EU-Innovationsfonds: Con una dotación de aproximadamente 40 mil millones de euros generados a través del Régimen Comunitario de Comercio de Derechos de Emisión desde 2020 hasta 2030, el Fondo de Innovación busca ofrecer apoyo financiero a empresas y entidades públicas. El objetivo es fomentar la inversión en tecnologías avanzadas de baja emisión de carbono y facilitar la transición de Europa hacia una economía climáticamente neutra. Hasta la fecha, se han asignado cerca de 6,500 millones de euros a más de 100 proyectos de vanguardia. Actualmente, también se está llevando a cabo la primera subasta piloto del Banco Europeo de Hidrógeno, disponiendo de 800 millones de euros para los desarrolladores de proyectos en el Espacio Económico Europeo [7]

Por último, es importante añadir que el *Informe de IW Consult de 2021* [8], que analiza el futuro de la industria automotriz en NRW, subraya la importancia de las evaluaciones continuas y el ajuste de las políticas para responder eficazmente a los rápidos desarrollos tecnológicos y a los imperativos ambientales. Se destaca la implementación de tecnologías avanzadas como la electromovilidad y los sistemas de conducción autónoma, que están transformando significativamente el paisaje automotriz. Estos desarrollos requieren una reevaluación constante de las políticas existentes para garantizar que las regulaciones sigan siendo pertinentes y efectivas en la promoción de un sector automotriz más sostenible y tecnológicamente avanzado.

### 3.1.2 Formativa

La agencia o entidad estatal en Alemania encargada de la normalización de la educación para el trabajo, específicamente en el campo de la educación y formación profesional (VET), es el Instituto Federal de Formación Profesional (BIBB, por sus siglas en alemán Bundesinstitut für Berufsbildung). Este instituto es responsable de desarrollar estándares de formación profesional y realiza investigaciones en el área de educación vocacional. El BIBB también

trabaja en conjunto con el gobierno federal, los Länder, empleadores y sindicatos para asegurar y mejorar la calidad de la formación profesional en Alemania [9].

En Alemania, las principales leyes marco que rigen la formación para el trabajo, alineadas con el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF), incluyen:

- Ley de Formación Profesional (Berufsbildungsgesetz - BBiG):

Esta ley proporciona la base legal para la formación profesional dual y continua en Alemania. Regula las condiciones de formación en empresas y escuelas profesionales y establece los estándares para los exámenes de formación [9]

- Ley de Capacitación en el Trabajo para los Sectores Públicos (Ausbildungsförderungsgesetz - BAföG):

Esta ley ofrece apoyo financiero a los y las estudiantes que participan en programas de formación profesional, incluidos los relacionados con la industria automotriz [10].

- Ley del Sistema Alemán de Cualificaciones (Deutscher Qualifikationsrahmen - DQR):

El DQR se alinea con el EQF y categoriza las cualificaciones según niveles de competencia, conocimiento y habilidades. Facilita la comparación y transferibilidad de las cualificaciones en Europa [11].

En Alemania, las entidades oficiales avaladas por el Ministerio de Educación para generar procesos de certificación en formación para el trabajo, específicamente en el ámbito de la educación y formación profesional (VET), son:

- Instituto Federal de Formación Profesional (BIBB - Bundesinstitut für Berufsbildung): Este es el principal organismo encargado de la investigación y el desarrollo de políticas en la educación y formación profesional en Alemania. BIBB colabora con el gobierno

federal, los estados federales, y los socios sociales para establecer estándares nacionales en VET [7].

- Cámaras de Comercio e Industria (IHKs - Industrie- und Handelskammern): Las IHKs juegan un papel crucial en la certificación de la formación profesional dual en Alemania. Gestionan los exámenes y certifican las competencias adquiridas en diversos oficios y profesiones bajo el sistema dual. Para cada estado federado alemán existe una IHK [12].

Estas entidades están directamente involucradas en la configuración y aseguramiento de la calidad de la formación profesional en Alemania, garantizando que los estándares educativos cumplan con los requisitos de las industrias y el mercado laboral.

### 3.1.3 Certificación

Las certificaciones de la serie *ISO 14000* juegan un papel vital en la industria automotriz, proporcionando un marco para sistemas de gestión ambiental que ayudan a las empresas a gestionar sus impactos ambientales de manera efectiva. La certificación *ISO 14001* es particularmente relevante, ya que establece criterios específicos para un sistema de gestión ambiental, ayudando a las organizaciones a mejorar su desempeño ambiental, cumplir con las obligaciones legales y alcanzar objetivos ambientales [13].

Además de las certificaciones *ISO 14000*, hay varias otras certificaciones importantes que pueden ser promovidas por hacedores de política y stakeholders en la industria automotriz, especialmente en el contexto de mejorar la sostenibilidad y garantizar prácticas responsables:

1. *ISO 50001*: Esta norma sobre sistemas de gestión de energía es ampliamente implementada en Alemania, donde muchas empresas automotrices buscan optimizar su consumo energético y reducir sus costos operativos a la vez que disminuyen su impacto ambiental [14].

2. ISO 26000: Aunque no es una norma certificable, la guía de responsabilidad social empresarial ISO 26000 es utilizada por empresas en Alemania para orientar sus prácticas hacia una mayor sostenibilidad y responsabilidad social [15].
3. EMAS (Eco-Management and Audit Scheme): Es particularmente popular en la Unión Europea y tiene una fuerte presencia en Alemania. EMAS garantiza que todos los aspectos medioambientales, desde el consumo de energía hasta los residuos y las emisiones, se aplican de forma transparente y conforme a la legislación [16].
4. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): Aunque es más común en el sector de la construcción, las instalaciones industriales en Alemania también buscan obtener certificaciones LEED para mejorar su sostenibilidad y eficiencia energética [17].
5. Certificaciones específicas de la industria: Alemania, siendo un líder en la industria automotriz, tiene varias certificaciones específicas que se centran en la seguridad, calidad y sostenibilidad del automóvil, que son adoptadas por fabricantes y proveedores.

Estas certificaciones no solo cumplen con las normativas locales e internacionales, sino que también responden a las expectativas de las y los consumidores y stakeholders que demandan prácticas más sostenibles y responsables. La adopción de estas normas en Alemania es un reflejo de su liderazgo en la promoción de la sostenibilidad y la eficiencia en la producción y el consumo.

En Alemania, el sistema de certificación en la formación para el trabajo (VET) se caracteriza por su enfoque dual, combinando el aprendizaje práctico en empresas con la educación teórica en escuelas especializadas. Este sistema está estructurado de la siguiente manera [7]:

- Créditos y Horas: el sistema VET no se basa en un sistema de créditos como en la educación superior, sino en un número definido de horas de formación tanto en la empresa como en la escuela vocacional. Las duraciones de los programas de formación pueden variar entre dos y tres años y medio, dependiendo del campo y nivel de cualificación.

- **Certificación:** al final de la formación, las personas aprendices deben superar un examen final que está estandarizado a nivel nacional. Al aprobar este examen, reciben un certificado reconocido oficialmente, que confirma su cualificación en una profesión específica.
- **Marco de Cualificaciones:** el sistema VET alemán está alineado con el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF), facilitando la comparación y el reconocimiento de las cualificaciones a nivel internacional. Esto ayuda a los profesionales a moverse y trabajar en toda la Unión Europea con reconocimiento de sus habilidades y educación.

Las certificaciones otorgadas en Alemania dentro del sistema de formación profesional (VET) están específicamente diseñadas para ser reconocidas internacionalmente, facilitando la movilidad laboral de las personas tituladas, especialmente dentro de la Unión Europea. Esto se logra a través del *Marco Alemán de Cualificaciones* (DQR) [18], que está alineado con el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF). La alineación con el EQF permite que las competencias y habilidades adquiridas en Alemania sean entendidas y valoradas en otros países europeos, haciendo más sencillo el proceso de búsqueda de empleo y el cambio de residencia entre los estados miembros de la UE. Además, Alemania participa en el *Sistema Europeo de Créditos para la Educación y la Formación Profesionales* (ECVET) [19], que tiene como objetivo facilitar la transferencia y el reconocimiento de los resultados del aprendizaje de personas que se mueven entre diferentes países. ECVET permite que los aprendizajes y habilidades adquiridos en Alemania se traduzcan en puntos, los cuales pueden ser acumulados y validados en otros sistemas educativos dentro de Europa.

Este enfoque hacia la estandarización y reconocimiento mutuo de las certificaciones asegura que los y las trabajadoras con formación profesional alemana puedan ejercer sus profesiones y continuar su desarrollo profesional en otros países sin barreras significativas, aunque es importante mencionar que la validez de los títulos obtenidos en otros países depende de si la profesión está o no regulada en el país en el que se quiere ejercer [20].



Por último, para que una formación en Alemania sea certificable y homologable con la Unión Europea (UE) o con América Latina, debe cumplir con varios requisitos esenciales que aseguran su reconocimiento y equivalencia internacional. Estos incluyen:

1. **Alineación con el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF):** La formación debe estar alineada con el EQF, lo que facilita la comparabilidad y reconocimiento de las cualificaciones en toda la UE. Esto implica que las certificaciones deben describir claramente los resultados de aprendizaje en términos de habilidades, competencias y conocimientos.
2. **Cumplimiento de los estándares del Sistema Alemán de Cualificaciones (DQR):** En Alemania, las cualificaciones deben cumplir con los estándares definidos por el DQR, que está sincronizado con el EQF. Esto asegura que la formación cumpla con los criterios de calidad europeos y sea transparente a nivel internacional.
3. **Reconocimiento oficial por Parte de las Autoridades Competentes:** La formación debe ser reconocida oficialmente por las autoridades competentes en Alemania, como el Instituto Federal de Formación Profesional (BIBB) o las cámaras de comercio e industria (IHKs), que son responsables de validar y certificar los programas de formación profesional.
4. **Documentación y Certificación Adecuada:** Los participantes deben recibir un certificado o diploma que detalle claramente el nivel de EQF/DQR alcanzado, garantizando así que la certificación es reconocible y comparable fuera de Alemania.

## 3.2 Industria/Empresa

El sector automotriz en Alemania es fundamental para la economía del país, caracterizándose por su constante innovación y capacidad de adaptación a las nuevas exigencias del mercado global. Las empresas automotrices alemanas, desde grandes fabricantes hasta pequeñas y medianas empresas (Pymes), están cada vez orientadas a la sostenibilidad y la adopción de

tecnologías avanzadas para mantenerse competitivas y alineadas con las regulaciones ambientales y las expectativas de los consumidores(as), pero se observa una brecha entre la intencionalidad y la ejecución real de prácticas sostenibles, debido a la falta de recursos (humanos, económicos) y una des-priorización de esta temática, que atribuyen a las grandes empresas y empresas dedicadas exclusivamente a la sostenibilidad.

### 3.2.1 Cadenas de valor sostenible

Las empresas automotrices en Alemania están cada vez más conscientes de la importancia de las cadenas de valor sostenible. Tras la lectura de informes y varios encuentros con empresas, se observa un creciente conocimiento y promoción de estas cadenas, con acciones que incluyen la incorporación de tecnologías 4.0 para facilitar los procesos sostenibles, la utilización de materiales reciclados, la producción de vehículos eléctricos y la aplicación de procesos de economía circular. Las políticas ambientales están presentes en la gran mayoría de Pymes, dado que las regulaciones ambientales de la Unión Europea, como las normas Euro 6, obligan a las empresas a adoptar prácticas sostenibles, como las ya mencionadas. No obstante, el compromiso de muchas empresas se limita al mínimo exigido por el marco normativo, debido a las barreras que en el siguiente apartado se identifican.

Se incluye a continuación una cita directa de una de las empresas encuestadas, dado que ilustra muy bien el motivo por el cual, aunque hay empresas que comprenden la importancia de la formación en cadenas de valor sostenibles, a nivel práctico no realizarían formaciones:

“Aunque la sostenibilidad es importante, disponemos de recursos limitados y nos gustaría centrarlos específicamente en la formación y los avances que son directamente aplicables en la fabricación de herramientas. Además, ya existen instituciones especializadas que trabajan intensamente en la sostenibilidad en la industria del automóvil.”

Por otro lado, el conocimiento sobre las cadenas de valor sostenible está creciendo entre los trabajadores del sector automotriz, pero sigue habiendo desconocimiento, sobre todo en las empresas más pequeñas. A nivel general, existen empresas que implementan formaciones

específicas sobre sostenibilidad para alinear sus operaciones con las nuevas regulaciones ambientales y las expectativas del mercado, pero la encuesta aplicada y las conversaciones mantenidas con algunas de las empresas muestran que en las Pymes no se están realizando este tipo de formaciones y que incluso existe un desconocimiento general acerca de qué tipo de formaciones hay disponibles, relacionadas con la sostenibilidad en el sector automotriz.

### 3.2.2 Recurso humano

El sector automotriz alemán depende en gran medida de la formación y competencias de sus operarios y colaboradores, cuya educación varía desde primaria hasta postgrados. Muchos trabajadores y trabajadoras poseen estudios técnicos específicos del sector, como mecánica automotriz y electrónica, aunque las certificaciones especializadas aún no son universalmente accesibles debido a barreras económicas y de tiempo. A pesar de un creciente conocimiento sobre cadenas de valor sostenibles, especialmente en grandes empresas, las Pymes muestran un menor grado de implementación y formación en sostenibilidad. La adopción de tecnologías de Industria 4.0, como IoT y big data, es crucial para avanzar hacia fábricas inteligentes, aunque también enfrenta desafíos significativos en términos de capacitación y recursos.

En cuanto al nivel educativo de las empleadas y los empleados varía considerablemente, abarcando desde educación primaria hasta postgrados. Según datos secundarios, una proporción significativa ha completado estudios técnicos o de formación vinculados específicamente al sector, como mecánica automotriz, electrónica automotriz, ingenierías y gestión de la producción automotriz. Estas formaciones son cruciales para mantener la competitividad y la innovación dentro del sector. Además, las certificaciones juegan un papel importante en la validación de competencias especializadas, aunque no todos los trabajadores/as optan por certificarse, a menudo debido a barreras como el costo o la falta de tiempo.

Las Pymes consultadas frecuentemente adoptan el modelo WBL para mejorar las capacidades técnicas de sus empleados(as), principalmente en cuanto a la adquisición de conocimientos necesarios para estar actualizados y actualizadas en los procesos que llevan a cabo dentro de la cadena de valor. Existen también formaciones para el desarrollo de *soft skills* necesarios para

el desarrollo de la labor de liderazgo, entre otros. En cuanto a la formación en cadenas de valor sostenibles y gestión ambiental, las personas a las que se les han aplicado los instrumentos desconocen si cuentan con personal capacitado en cadenas de valor sostenible. Encontramos aquí una brecha en las cadenas de valor sostenibles: ausencia o escasez de personal formado en cadenas de valor sostenibles para la industria automotriz.

Aunque existen empresas que cuentan con formadores/as internas, dependen de capacitaciones externas para especializarse en áreas en las que no son expertas ellas mismas, como puede ser la elaboración de un tipo de pieza específica o la utilización de una maquinaria que no dominan.

El perfil del formador suele exigir un conocimiento profundo en tecnologías emergentes. Hemos podido detectar que las Pymes acostumbran a priorizar el dominio y experiencia técnicas a la capacidad pedagógica (formación y conocimiento de metodologías pedagógicas, dominio de *soft skills*, etc.). No obstante, identificamos varias barreras:

- Coste económico: la transición a cadenas de valor sostenibles requiere del apoyo de últimas tendencias tecnológicas (industria 4.0), así como de capacitaciones, hecho que supone un coste económico elevado.
- Resistencia al cambio: la transición a las cadenas de valor sostenibles implica necesariamente un cambio, no solo en los procesos de producción, sino en las maneras de hacer y comportarse, en los hábitos, de los y las empleadas, así como en la cultura de la organización.
- Falta de la formación necesaria para poder realizar la transición a cadenas de valor sostenibles se identifica como una temática compleja, requiriendo de una formación y especialización específicas en prácticas medioambientales, economía circular, optimización de procesos, etc.
- Escasez de recursos humanos y económicos de las Pymes en general, y las pequeñas empresas en particular.

### 3.2.3 Contenidos

Los contenidos de WBL deberían cubrir aspectos esenciales de la Industria 4.0 y la sostenibilidad para preparar al personal para los retos actuales y futuros. La necesidad de formación está creciendo, especialmente en áreas que abarcan desde la robótica hasta la inteligencia artificial, para alinear las operaciones con las demandas del mercado. Sin embargo, se requiere de la creación de programas formativos que permitan cumplir con la normativa de sostenibilidad, preparando trabajadores y trabajadoras capaces de gestionar y promover cadenas de valor sostenibles.

En varias empresas, la formación que se recibe depende de las necesidades que se identifican o de los proyectos que las empresas estén gestionando en el momento. Encontramos que en las Pymes se detectan y/o priorizan necesidades que van más enfocadas al conocimiento técnico y tecnológico, y no tanto a la sostenibilidad. No obstante, hay un interés creciente en incluir contenidos que permitan desarrollar procesos más sostenibles dentro de la cadena de valor.

Se detecta que las capacitaciones basadas en WBL acostumbran a ser bimodales y surgen a raíz de una identificación de necesidades. En cuanto al WBL destacan como elementos a mejorar la aplicabilidad en la empresa y la metodología utilizada. Una de las empresas menciona, además, las certificaciones.

### 3.2.4 Tecnología

Si bien la implementación de este tipo de tecnologías ha presentado diferentes desafíos, en algunas Pymes se vienen realizando algunos intentos por implementar soluciones en la Industria 4.0, entre los que se destaca el uso de la inteligencia artificial, la robótica avanzada y el internet de las cosas (IOT). Estas tecnologías son fundamentales para responder a las necesidades del mercado y facilitar la transición hacia prácticas más sostenibles. Sin embargo, existen diversas barreras tecnológicas que están obstaculizando su implementación actual como son el coste de implementación: elevados gastos económicos, formación e infraestructura, la seguridad cibernética, la interoperabilidad y estandarización, y el cambio cultural y resistencia al cambio.

Estas barreras tecnológicas se ven acentuadas en las pequeñas empresas, que cuentan con menor mano de obra y recursos para la implementación de soluciones de Industria 4.0 para la transición a cadenas de valor sostenibles.

Estos puntos reflejan un panorama complejo donde las Pymes automotrices en Alemania están haciendo esfuerzos significativos para adaptarse y prosperar en un entorno que demanda cada vez más sostenibilidad y adaptación tecnológica. La colaboración continua entre los stakeholders y los hacedores/as de políticas es crucial para superar estos desafíos y aprovechar las oportunidades emergentes en la industria automotriz.

Por otro lado, la comprensión y adopción de tecnologías de la Industria 4.0 está avanzando, con un enfoque particular en la integración de soluciones como IoT, big data, inteligencia artificial, y automatización de procesos. Las formaciones específicas en estas tecnologías están diseñadas para preparar a los trabajadores/as para un entorno de producción cada vez más digitalizado y automatizado, lo que es crucial para la evolución hacia fábricas inteligentes y la mejora de la eficiencia operativa. No obstante, debido al desconocimiento y la despriorización generalizadas, las tecnologías de la Industria 4.0 debe potenciarse más en las prácticas que faciliten la transición a cadenas de valor sostenibles.

Este análisis revela un panorama dinámico en la industria automotriz, donde la educación continua y la adaptación a nuevas tecnologías y prácticas sostenibles son esenciales para el desarrollo profesional de los y las colaboradoras y la competitividad de las empresas dentro del sector.

### **3.3 Instituciones Técnicas**

Las instituciones técnicas juegan un papel vital en la formación de profesionales para la industria automotriz, ofreciendo una gama de programas educativos orientados a la sostenibilidad y las tecnologías emergentes. Estos programas incluyen desde formación

continua hasta diplomas especializados, con un énfasis creciente en integrar módulos sobre cadenas de valor sostenibles y tecnologías de producción para vehículos eléctricos. Además, las instituciones siguen el enfoque de Work-Based Learning (WBL) promovido por la Unión Europea, asegurando que los estándares de formación estén alineados con marcos como el EQF (European Qualifications Framework). Pese a contar con formadores/as calificadas, estas instituciones enfrentan desafíos relacionados con la necesidad de más formación en WBL y sostenibilidad, y con la incorporación de tecnologías avanzadas como IoT y Big Data, debido a los altos costos de implementación y la necesidad de capacitación especializada.

### 3.3.1 Oferta de Programas

La formación para el sector automotriz en Alemania está evolucionando para incluir la sostenibilidad como un componente central. Este enfoque es fundamental para preparar a los formadores en competencias en sostenibilidad y gestión de recursos, como se observa en el *informe sobre el futuro de la industria automotriz en NRW*. Las empresas muestran un creciente interés en programas que integran prácticas sostenibles, aunque persisten desafíos en la implementación y comprensión del modelo WBL en las Pymes. La adopción de tecnologías de la Industria 4.0, aunque esencial, enfrenta barreras significativas, destacando la necesidad de actualizar constantemente los contenidos formativos y superar obstáculos como el alto costo y la resistencia al cambio.

Las instituciones técnicas ofrecen una variedad de programas orientados a la industria automotriz, incluyendo cursos de formación continua y diplomas especializados. Enfocándose en la sostenibilidad, algunos programas integran módulos que abordan directamente las cadenas de valor sostenibles, como procesos sostenibles y tecnologías de producción para vehículos eléctricos. Esta oferta refleja un compromiso con la formación en prácticas que promueven la sostenibilidad ambiental, pero se hace necesaria la creación de programas más específicos, íntegramente centrados en las cadenas de valor sostenibles basadas en WBL.

Los planes de estudios de formación para VET en la industria automotriz en Alemania están cada vez más enfocados en incorporar la sostenibilidad como un componente clave. Según el informe sobre el futuro de la industria automotriz en NRW [8], la preparación de formadores/as



deberá incluir competencias en sostenibilidad y gestión de recursos. Esto se ve reflejado en las respuestas del formulario, donde las empresas indican un creciente interés por programas que integran prácticas sostenibles, tales como el uso eficiente de recursos y la minimización de desechos. Estos programas deben estar diseñados no solo para cumplir con regulaciones ambientales más estrictas, sino también para mejorar la competitividad en el mercado global.

A pesar de que la formación en el lugar de trabajo está presente en muchas empresas alemanas, el concepto de WBL no parece conocerse o entenderse del todo y parece no estar tan a la orden del día en el caso de las Pymes.

Entre las habilidades que se fomentan, destacan el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la resolución de conflictos y entre los cursos que se han impartido, destacan aquellos teóricos, basados en procesos de producción y otros aspectos más técnicos relacionados con las tareas que lleva a cabo la empresa. Esta información concuerda con la recabada en el instrumento anterior, en el que concluíamos que existe la necesidad de realizar cursos más aplicados que se centren en las cadenas de valor sostenibles.

### 3.3.2 Estándares/Marcos de referencia

Las instituciones siguen el enfoque de WBL promovido por la Unión Europea, que combina teoría y práctica en entornos laborales reales. Los estándares de formación están alineados con marcos como el EQF (European Qualifications Framework), asegurando que los contenidos sean pertinentes y actualizados con las demandas y avances tecnológicos de la industria automotriz.

### 3.3.3 Recurso Humano

Las instituciones cuentan con formadoras y formadores calificados en áreas técnicas y pedagógicas, algunos de los cuales poseen certificaciones en sostenibilidad aplicada a la industria automotriz. Sin embargo, enfrentan desafíos como la necesidad de más formaciones en WBL y cadenas de valor sostenibles para satisfacer las crecientes demandas del mercado. La formación de los formadores/as es fundamental y se realiza tanto interna como externamente, a través de colaboraciones con consultores o instituciones especializadas.

### 3.3.4 Tecnología

La adopción de tecnologías de Industria 4.0 es prominente, con un enfoque en cómo estas herramientas pueden facilitar prácticas de producción más sostenibles. Las respuestas de las Pymes en el formulario sugieren que la capacitación en tecnologías avanzadas, como IoT y Big Data, es esencial para optimizar los procesos y reducir el impacto ambiental. Sin embargo, enfrentan desafíos significativos como el alto costo y la complejidad de integrar estas nuevas tecnologías en sus operaciones actuales.

Las barreras tecnológicas identificadas se asemejan a las destacadas en el primer instrumento son: Coste de implementación, Resistencia al cambio, Interoperabilidad, Seguridad Cibernética, Falta de capacitación (habilidades).

En cuanto a las barreras evidencia del diseño de un plan de estudios con enfoque en cadenas de valor sostenible, destacan la necesidad constante de actualización de los contenidos para poder seguirle el ritmo a los avances tecnológicos y de mercado. Encontramos también la necesidad de crear contenidos multidisciplinarios y el contar con suficientes recursos (económicos, humanos -profesorado).

En respuesta a las necesidades tecnológicas de la industria 4.0, las instituciones incorporan en sus currículos tecnologías como IoT, Big Data e Inteligencia Artificial. Sin embargo, enfrentan barreras como el alto costo de implementación y la necesidad de mayor capacitación especializada para integrar plenamente estas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje, asegurando así una transición efectiva hacia prácticas sostenibles en la industria automotriz.

## 3.4 Conclusiones y recomendaciones de Alemania

El análisis del sector automotriz en Alemania revela brechas y recomendaciones para abordar los diferentes desafíos:

## Marco Normativo

- Brechas: Necesidad de políticas más específicas para promover cadenas de valor sostenibles y apoyar a las Pymes en la adopción de tecnologías avanzadas con ese fin.
- Recomendaciones: Implementar regulaciones que incentiven la formación en sostenibilidad y tecnologías 4.0, y ofrecer subsidios para su implementación.

## Industria/Empresas

- Brechas: Falta de formación específica en sostenibilidad, resistencia al cambio y despriorización, variedad en los niveles de educación y falta de certificaciones en sostenibilidad,
- Recomendaciones: Desarrollar programas de formación continua accesibles y económicos, proporcionar incentivos para facilitar la transición a prácticas sostenibles, ofrecer programas de formación accesibles y relevantes para todos los niveles educativos, con un enfoque en la certificación en sostenibilidad.

## Instituciones técnicas

- Brechas: Necesidad de contar con formadores y formadoras, así como la creación de formaciones en WBL dedicadas a la sostenibilidad.
- Recomendaciones: Establecer colaboraciones con instituciones educativas y consultores para mejorar la formación de formadores/as en áreas críticas como la sostenibilidad y las tecnologías de la Industria 4.0.

Para abordar eficazmente las brechas identificadas, es esencial implementar una estrategia integral que incluya políticas gubernamentales de apoyo, programas de formación accesibles y continuos, y la creación de un entorno que facilite el cambio hacia prácticas más sostenibles y tecnológicamente avanzadas.

## 4 Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en México

*Autoría: Carolin Antoni, Jan Esslinger, Omar Trujillo, Pablo Camacho, Sarah Lalee*

México es el primer productor automotriz en América Latina y se encuentra entre los diez más importantes del mundo. Justo por detrás de Alemania está en el séptimo lugar con 4 millones de unidades producidas en 2023 [21]. Se estima que México podría convertirse en 2025 en el quinto más grande productor de vehículos. La contribución del sector automotriz al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, según la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) es del 3.5% y en el año 2021 generó 986,576 empleos directos a noviembre de 2022 [22]. Estos números hablan de la importancia del sector en la economía del país.

Es importante mencionar que en la presente investigación se hace una clasificación general de vehículos en base a información del Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI), la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT) y la AMIA, antes mencionada. Es de suma importancia partir de una clasificación del sector automotriz, ya que para un desarrollo sostenible del sector y con el fin de identificar las necesidades o mejores prácticas a todos los niveles (gobierno, industria y academia), se deben involucrar todos los tipos de vehículos y sus diferentes usos. Dicha clasificación se conforma de tres categorías y se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Categorización Común de Automóviles en México*

Categoría 1: Combustible	Categoría 2: Peso o Tipo	Categoría 3: Uso
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diesel</li> <li>• Gasolina</li> <li>• Eléctricos (EV)</li> <li>• Híbridos – gasolina y electricidad (HEV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos ligeros: automóviles, camionetas, Sport Utility Vehicles (SUVs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos de Pasajeros.</li> <li>• Vehículos de carga.</li> <li>• Vehículos para usos específicos (equipos)</li> </ul>

- 
- Vehículos pesados: agrícolas, maquinaria, camiones, autobuses y tractocamiones. etc.).
- 

*Nota.* Elaboración propia basada en INEGI, ANPACT y AMIA [23], [24], [22].

México ha consolidado su posición como un actor clave en la industria automotriz mundial, con marcas como Toyota, General Motors, Nissan, Volkswagen, Ford, Mercedes-Benz, BMW, entre otras, estableciendo plantas de ensamble de vehículos ligeros, con un total de 39 plantas distribuidas en la República Mexicana [25]. Actualmente, en base a información de enero a julio de 2024 se han exportado casi 2 millones de unidades, principalmente a Estados Unidos (79.1%, seguido de Canadá (8.5%) y en tercer lugar a Alemania (3.6%) [26].

La electromovilidad ha ganado relevancia en México. En 2023, se vendieron más de 73 mil vehículos eléctricos e híbridos (14 mil eléctricos), lo que representó un aumento del 44.28% con respecto al año anterior. Las ventas de vehículos totalmente eléctricos crecieron un 149.4% durante ese mismo periodo [27]. Se espera que el parque de vehículos eléctricos alcance las 757,969 unidades para 2030, lo que resalta la necesidad de formar personal capacitado para la instalación y mantenimiento de estas tecnologías [28].

Es por ello que el *Estándar de Competencia EC1547: Manejo del sistema de alto voltaje en vehículos con fuentes eléctricas* es crucial para la transición hacia la electromovilidad en México. Este estándar define las competencias necesarias para operar, mantener y reparar vehículos eléctricos, garantizando el manejo seguro de sistemas de alto voltaje. En México, es crucial para fortalecer el sector automotriz, promoviendo la seguridad laboral, la creación de empleos calificados y la adaptación de la industria a las tecnologías eléctricas. Esto es clave para el desarrollo sostenible y la competitividad en un mercado global enfocado en energías limpias [29].

En términos de empleabilidad, el sector automotriz es crucial, empleando a más de un millón de personas. Se proyecta que el sector generará el 49% de los empleos directos en 2024,

impulsado por tendencias como el *nearshoring*, que busca optimizar las cadenas de suministro y aprovechar las ventajas competitivas de México, incluyendo su fuerza laboral capacitada y acuerdos comerciales favorables [30].

En 2023, México ha atraído importantes inversiones derivadas del *nearshoring*, con más de 23 anuncios de inversión que representan aproximadamente 2.5 mil millones de USD. El *nearshoring* ha beneficiado al sector automotriz al reforzar su presencia en el mercado norteamericano. La inversión constante mejora la infraestructura y logística de la cadena de suministro, y aumenta la creación de empleos en manufactura, ensamblaje y desarrollo tecnológico [31].

A continuación, se presenta un análisis de los actores clave en los ámbitos industrial y formativo del sector automotriz en México, y su papel en la transición hacia cadenas de valor sostenibles. Este estudio resalta los avances logrados, así como los desafíos que enfrentan en este proceso de transformación.

## 4.1 Marco Normativo

La industria automotriz en México enfrenta un contexto de transformación tecnológica y sostenibilidad, influenciado por políticas nacionales e internacionales que fomentan la innovación y la reducción de la huella de carbono. En este apartado, se analiza el marco normativo y las certificaciones vigentes en el país, así como la colaboración entre el gobierno, la industria automotriz y la academia. Esta cooperación garantiza que tanto las grandes como las pequeñas y medianas empresas (Pymes) puedan adaptarse a los nuevos retos.

En el sector automotriz mexicano, el gobierno de México bajo políticas públicas como el T-MEC,<sup>1</sup> impulsa la integración de tecnologías limpias y la formación de capital humano para responder a las nuevas demandas del mercado global. Además, la industria privada y empresas multinacionales colaboran con instituciones académicas y técnicas para desarrollar programas

---

<sup>1</sup> T-MEC: Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá

de capacitación que alineen las habilidades de los trabajadores con los objetivos de sostenibilidad del sector [32] [33]. Las siguientes secciones de este informe exponen cómo colaboran los distintos actores de estos grupos de interés.

#### 4.1.1 Sostenibilidad

El marco normativo que regula la sostenibilidad en la industria automotriz en México está compuesto por diversas leyes y políticas que buscan la protección ambiental y la transición hacia tecnologías más limpias. Estas regulaciones están alineadas con estándares internacionales y responden a compromisos como la Agenda 2030. El gobierno ha implementado incentivos fiscales y financieros, como la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*, que establece normas para reducir las emisiones vehiculares. En su artículo 111, se involucra a la Secretaría de Economía (SE) en la emisión de normas oficiales que establecen límites permisibles de contaminantes en vehículos nuevos y en circulación.

Adicionalmente, la *Ley General de Cambio Climático* introduce el reporte de emisiones federal y local, lo que obliga a las empresas automotrices a monitorear y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. A nivel estatal, las leyes ambientales locales juegan un papel crucial en la evaluación del impacto ambiental, regulación de emisiones, y manejo de residuos.

En la siguiente tabla se presentan las principales leyes en México junto con su información general:

**Tabla 2**

*Principales Leyes Federales en Materia Ambiental en México*

Nombre de la ley con hipervínculo	Objetivo	Nivel	Vinculación con el sector automotriz	Vinculación con la academia
<a href="#">Ley General del Equilibrio</a>	Preservación y restauración del	Federal	Regula las emisiones de contaminantes de	Promueve la investigación en la



<a href="#">Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)</a>	equilibrio ecológico y reducción de emisiones vehiculares.		los vehículos, lo que afecta directamente a la producción automotriz.	academia sobre tecnologías limpias para vehículos.
<a href="#">Ley General de Cambio Climático</a>	Metas de mitigación y adaptación al cambio climático, obligando a reportes de emisiones.	Federal	Las empresas automotrices deben monitorear y reducir sus emisiones.	Colabora con universidades para desarrollar tecnologías de vehículos eléctricos y estudios sobre el cambio climático.
<a href="#">Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)</a>	Manejo sustentable de recursos forestales.	Federal	Incentiva el uso de materiales sustentables en la producción de vehículos y sus componentes.	Fomenta proyectos de investigación en materiales ecológicos y reciclaje.
Leyes Ambientales Locales (sin liga)	Regulan el impacto ambiental, emisiones a la atmósfera, manejo de residuos y agua.	-	Las regulaciones locales de emisiones y residuos afectan a las plantas automotrices.	Las universidades locales contribuyen en estudios y soluciones ambientales para la industria.

*Nota.* Elaboración propia con base en textos legales de acceso público en México. Fuentes incluidas en la tabla.

A pesar de que existen unas leyes federales, también se generan unas leyes locales las cuales se registran en el anexo del documento y representan los estados con mayor importancia al sector automotriz mexicano. Los estados seleccionados para el análisis de las leyes ambientales locales en el sector automotriz son estratégicos debido a su relevancia en la producción y manufactura de vehículos y autopartes.

- Ciudad de México y el Estado de México destacan como centros clave de regulación de emisiones y distribución vehicular, siendo fundamentales para el consumo interno.
- Guanajuato, Puebla, y San Luis Potosí son reconocidos como polos de producción automotriz, albergando plantas de ensamblaje de marcas globales como General Motors, Volkswagen y BMW.
- Nuevo León y Coahuila, por su cercanía a la frontera con Estados Unidos, son vitales para la exportación automotriz, con grandes fábricas de ensamblaje.
- Por otro lado, Querétaro y Jalisco tienen un crecimiento acelerado en la producción de autopartes, siendo centros tecnológicos y logísticos importantes para la cadena de valor automotriz.
- Aguascalientes, con su importante planta de Nissan, es otro estado que juega un papel crucial en la manufactura y ensamblaje de vehículos.

Estos estados conforman el "corredor automotriz" de México, gracias a su infraestructura, inversión extranjera directa y la cantidad de empleos generados por el sector.

México ha desarrollado diversas políticas de sostenibilidad que buscan abordar los desafíos ambientales y promover un desarrollo equilibrado y responsable. Una de las políticas más destacadas es la *Política Nacional de Cambio Climático*, que establece objetivos y estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático, integrando acciones en sectores como energía, transporte, y uso de suelo [34]. Además, la *Estrategia Nacional de Energía* promueve el uso de fuentes de energía renovable y la eficiencia energética, con el objetivo de reducir la dependencia de combustibles fósiles y fomentar un desarrollo energético sostenible [35].

Otra política relevante es el *Programa Nacional de Manejo de Residuos Sólidos*, que busca promover la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, así como la gestión adecuada de los mismos para minimizar su impacto ambiental [36]. Estas políticas son fundamentales para avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible que contemple las dimensiones económica, social y ambiental en el país.

Las empresas de la industria automotriz en México están implementando diversos planes de acción para promover la sostenibilidad y mitigar su impacto ambiental. Uno de los enfoques clave es la transición hacia la electromovilidad, que busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la producción y adopción de vehículos eléctricos e híbridos [37]. Este cambio no solo se centra en la fabricación de vehículos, sino también en la descarbonización de los materiales utilizados en su producción, ya que las emisiones generadas durante la fabricación de componentes son significativas [38].

Adicionalmente, muchas empresas están adoptando prácticas de producción más limpia que buscan optimizar recursos, reducir el consumo de energía y minimizar la generación de residuos [39]. La implementación de tecnologías renovables, como la energía solar y eólica, se ha convertido en una prioridad para disminuir la huella de carbono de las plantas de producción [38].

La colaboración entre empresas y proveedores también es fundamental para establecer una economía circular, donde el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos y otros componentes se convierte en una práctica esencial para reducir el uso de recursos y evitar la contaminación [32]. Este enfoque integral no solo ayuda a las empresas a cumplir con regulaciones ambientales más estrictas, sino que también responde a la creciente demanda de los consumidores por productos más sostenibles.

En los últimos años, el sector financiero se ha involucrado activamente a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), que ha liderado la emisión de la *Taxonomía Sostenible* de México. Este marco de referencia nacional incluye 124 actividades en seis sectores económicos clave para cumplir compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático. Además, establece lineamientos transversales para integrar la igualdad de género en los proyectos sostenibles. La publicación de la *Taxonomía Sostenible* marca el inicio de su difusión e implementación, especialmente en el sector financiero, para asegurar que las actividades sostenibles sigan estos lineamientos. [40].

Por otro lado, en México, no existen incentivos financieros significativos por parte del gobierno para reforzar la sostenibilidad en el sector automotriz. Sin embargo, hay marcos regulatorios y

programas que indirectamente fomentan prácticas más sostenibles. Uno de los principales marcos regulatorios es el *Decreto Automotriz*, que busca apoyar la competitividad del sector automotriz incentivando inversiones en infraestructura productiva para la fabricación de vehículos ligeros. Aunque este decreto no se centra específicamente en tecnologías sostenibles como los vehículos híbridos, permite a las empresas que realicen ciertas inversiones beneficiarse de exenciones fiscales y de la importación libre de aranceles de vehículos en algunos casos, lo que puede fomentar la modernización de sus procesos productivos [41].

El decreto anterior sólo pretende reforzar la actividad económica en el sector del automóvil, no la sostenibilidad dentro de ello. Acercarse a objetivos de sostenibilidad en relación con los automóviles mediante programas gubernamentales está más dirigido al uso de los automóviles que a su producción. Se trata, por tanto, de un incentivo indirecto: todo aquel que pretenda fabricar coches para el mercado mexicano deberá producirlos de forma que cumplan esas normativas.

A nivel estatal, existen leyes y normativas que pueden influir en la sostenibilidad en el contexto de automóviles. Por ejemplo, en la Ciudad de México, el *Programa de Vehículos Contaminantes (PVC)* busca regular y reducir las emisiones de los vehículos en la región. Aunque no se ofrecen incentivos financieros directos a las empresas automotrices, este tipo de normativas presiona indirectamente a las compañías para que adopten tecnologías más limpias y reduzcan las emisiones en la cadena de valor automotriz, alineándose con los objetivos de sostenibilidad urbana [42].

Asimismo, programas como el *Programa de Gestión Federal para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire) de la Megalópolis 2017 – 2030* establecen objetivos específicos para reducir la contaminación del aire y promueve el uso de tecnologías más limpias en todos los sectores industriales, incluyendo el automotriz [43]. Este programa también se está aplicando en otras zonas de México. México también está introduciendo gradualmente Programas de Verificación Vehicular (PVV), que clasifican los vehículos en diferentes categorías de emisiones, hacen obligatoria la verificación de las emisiones de los vehículos y motivan el uso de vehículos con combustibles alternativos [44].

Otros ejemplos de programas similares que afectan al sector automotriz incluyen:

- Programa para el Uso Racional y Eficiente del Agua (PUERA)
- Programa para el Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica (PRONUREE)
- Programa para el Control y Manejo Integral de Residuos Sólidos
- Programa para Control y Manejo de Residuos Peligrosos (sustancias CRIT y RPBI)

#### 4.1.2 Formativo

En cuanto a la formación, ha sido clave la cooperación entre el gobierno, las instituciones educativas y el sector privado en México, para el desarrollo de una fuerza laboral competente y alineada con las necesidades del mercado. Un ejemplo de esta colaboración es el Sistema de Formación Dual, promovido por la *Secretaría de Educación Pública* (SEP), que articula la enseñanza teórica con la práctica profesional en empresas, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades técnicas especializadas [45].

A nivel nacional, la Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo [46] coordina y regula los servicios de capacitación a través de los Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (CECATI) y los Institutos de Capacitación para el Trabajo (ICAT), ofreciendo formación en diversas áreas profesionales, adaptadas a las necesidades del sector productivo [46]. Además, el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER) gestiona el Sistema Nacional de Competencias, que establece estándares laborales y promueve la certificación de competencias en diferentes sectores, impulsando la competitividad y sostenibilidad en el país [47].

La equivalencia entre el Marco Común Europeo de Referencia para las Cualificaciones (MCE o EQF) y el marco normativo de México presenta un nivel de relación intermedio en comparación con el MCE. Aunque México ha realizado esfuerzos significativos para alinear sus políticas educativas con estándares internacionales, existen diferencias en la implementación y reconocimiento de las cualificaciones. A nivel de competencias, México ha adoptado un enfoque basado en competencias que busca equiparar sus niveles educativos con los del MCE,

lo que facilita la homologación de perfiles de competencia con países como Colombia, España y Alemania. Sin embargo, aún se requieren mejoras en la articulación y reconocimiento de las cualificaciones entre los sistemas educativos de estos países para lograr una integración más efectiva y coherente [48].

### 4.1.3 Certificaciones

En México, las certificaciones son fundamentales para validar las competencias de la fuerza laboral y asegurar que cumplan con los estándares de calidad requeridos por el mercado. Además de las certificaciones ofrecidas por CONOCER, la Cámara Mexicano-Alemana de Comercio e Industria (CAMEXA) ofrece programas de certificación que se centran en la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial. CAMEXA promueve certificaciones en áreas como gestión ambiental, eficiencia energética y desarrollo sostenible, alineando así la capacitación laboral con las necesidades del mercado y los estándares internacionales.

Universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM o Tecnológico de Monterrey) también ofrecen programas de certificación en sostenibilidad, que abarcan temas como la gestión ambiental y la innovación sostenible. Además, instituciones privadas y organismos como el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC) proporcionan certificaciones específicas que promueven prácticas sostenibles en diversos sectores. La colaboración entre el sector empresarial, las instituciones educativas y las entidades gubernamentales es crucial para desarrollar programas de certificación que respondan a las necesidades del mercado y contribuyan a una economía más sostenible y competitiva [49].

## 4.2 Industria/Empresa

El sector automotriz en México es uno de los pilares de la economía nacional, representando casi el 4% del PIB y un impresionante 20.5% del PIB manufacturero, lo que lo convierte en el sector más importante de la manufactura en el país. Con una producción prevista de 4 millones de vehículos en 2024, la industria no solo es vital para la economía interna, sino también para

la exportación, especialmente hacia Estados Unidos y Canadá, que son los principales destinos de estos vehículos [50]. Dentro de este sector clave, las Pymes juegan un papel importante para el dinamismo económico, impulsando la innovación y el empleo local.

Para comprender el papel de las Pymes en México y su participación en la cadena de valor del sector automotriz es necesario conocer la estratificación de las empresas en México, lo cual arroja que el 52.8 % son micro, 35.3 % son pequeñas, 6.9 % son medianas y 5.1 % son grandes empresas (según el último censo del 2019) [51]. Dado este panorama general, en este capítulo se analiza cómo las Pymes participan en la cadena de valor del sector automotriz, considerando el impacto de la tecnología y la formación sostenible en su desarrollo y competitividad.

#### 4.2.1 Cadenas de Valor Sostenible

La sostenibilidad es un tema de gran importancia en el sector automotriz mexicano y las organizaciones empresariales pertinentes están formulando tanto directrices genéricas como objetivos y demandas específicas. Entre ellos se incluyen, en particular, el establecimiento de un marco normativo común para las prácticas de sostenibilidad, incentivos y estímulos fiscales, opciones de financiación sostenible, soluciones de eficiencia energética y el desarrollo de una infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica [52]. Sin embargo, una mirada al pasado reciente muestra que estas ambiciones todavía no se han materializado mucho en forma de medidas concretas [53], [54]. El impulso para aplicar prácticas sostenibles tiende a provenir de las mismas empresas más que de organismos multilaterales, y más de las medianas hasta grandes empresas del sector que de las Pymes [55]. Aquí, la atención se centra en evitar materiales perjudiciales para el medio ambiente, reducir los residuos y minimizar las emisiones del vehículo acabado.

Por otro lado, México están adoptando la transición hacia la electromovilidad para promover la sostenibilidad y reducir su impacto ambiental que busca disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la producción y adopción de vehículos eléctricos (VE) e híbridos. Esta transición se acompaña de la necesidad de desarrollar la infraestructura

adecuada para la carga de estos vehículos y optimizar las cadenas de suministro, asegurando así una producción más limpia y eficiente [56].

Además, se están implementando prácticas de producción más limpia, que incluyen la adopción de tecnologías renovables, como la energía solar y eólica, para reducir la huella de carbono de las plantas de producción [57]. Por ejemplo, algunas empresas están invirtiendo en el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos, lo que no solo ayuda a mitigar el impacto ambiental, sino que también promueve la economía circular. La colaboración entre empresas, proveedores y el gobierno es fundamental para alcanzar estos objetivos. Se enfatiza la importancia de políticas públicas que favorezcan la sostenibilidad y la inversión en tecnologías limpias, así como el fortalecimiento de las regulaciones en materia de movilidad sostenible. Estos esfuerzos son esenciales para posicionar a México como líder en sostenibilidad dentro de la industria automotriz global.

De acuerdo con la experiencia de CAMEXA algunos proveedores de grandes empresas automotrices alemanas muestran interés en formarse en estrategias de sostenibilidad y en implementar sistemas de gestión sostenible, impulsados por las auditorías derivadas de la *Ley de Debida Diligencia en las Cadenas de Suministro* (LkSG) desde Alemania. También se nota un creciente interés en los derechos humanos en los eventos informativos y de capacitación “de empresas para empresas” de CAMEXA, como respuesta a los nuevos requisitos de las empresas alemanas y europeas. Sin embargo, es importante destacar que se trata de un número reducido de Pymes, ya que muchas enfrentan obstáculos como la falta de personal capacitado, tiempo y recursos financieros para profundizar en estos temas.

#### 4.2.2 Recurso Humano

Las empresas y asociaciones industriales del sector automotriz mexicano reconocen la importancia de la formación orientada a la práctica. Por ello, las empresas grandes apoyan y participan a los programas de formación dual que están en auge en México [58]. En efecto, desde 2014 existe una iniciativa de la Secretaría de Educación Pública (SEP) para impulsar en



México programas de formación dual basados en el modelo alemán [59]. En consecuencia, hay un reconocimiento evidente de lo importante que es la pertinencia práctica de la formación. Sin embargo, esto se refiere principalmente a la formación preprofesional. La formación continua en el sentido de WBL va a la zaga de los requisitos del sector en México; esto parece afectar a las Pymes en particular, donde la formación continua tiende a ser poco estructurada y dinámica [60]. Por lo tanto, mucho sugiere que WBL sólo se practica escasamente en las empresas en cuestión.

Según INEGI (2019), sólo el 15.3% de las Pymes mexicanas invierten en la capacitación continua para sus empleados(as), aunque cabe señalar que este dato está distorsionado por la sobrerrepresentación (97.3%) de las microempresas (1-15 empleados(as) para INEGI) dentro de este grupo. Sólo el 14.2% de las microempresas invierten en formación continua, frente al 55.1% de las pequeñas y medianas empresas. La razón más importante, por mucho, por la que las Pymes no invierten en capacitación es que consideran que su personal está suficientemente capacitado, seguida por el hecho de que ya prestan atención al nivel de capacitación cuando contratan y, por último, pero no menos importante, que la capacitación es costosa [61]

Debido a los limitados recursos de las Pymes, es más habitual que éstas recurran a proveedores externos en lugar de tener sus propios centros de formación. El mantenimiento de centros de formación propios es más típico de las grandes empresas [62]. En México, el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) ofrece cursos y programas de formación que también están abiertos a las Pymes. También existen proveedores privados de formación. Tanto el CONALEP como los proveedores privados que tienen cursos destinados a la formación de formadores en las mismas empresas. Sin embargo, resulta complicado averiguar hasta qué punto los formadores calificados son frecuentes en las empresas y, como sugiere la sección anterior sobre la familiarización de las Pymes con WBL, es probable que sean poco frecuentes, al menos entre las Pymes.

En cuanto a los niveles formativos que tiene el recurso humano, en el sector de la transformación, al que pertenece el sector automotriz, el 17.5% de la mano de obra tenía escolaridad primaria, el 36.9% escolaridad secundaria, el 27.2% escolaridad profesional media

y el 18.4% escolaridad superior en el primer trimestre de 2024. El 96.1% de la mano de obra de este sector son operarios, el resto se reparte entre mandos medios y ejecutivos [63].

Para completar el panorama, en México, el 53,6% de la mano de obra es informal [64]. Esto contrasta con el hecho de que el sector automotriz es el más formalizado en México, incluyendo una tasa de 93% de contratos colectivos de trabajo; algunos otros sectores sólo llegan al 5% [65]. También existe una amplia oferta de formación y capacitación técnica en el sector automotriz ofrecida por instituciones como el CONALEP, así como certificaciones reconocidas por las asociaciones más importantes de la industria. Sin embargo, es difícil determinar en qué medida las Pymes mexicanas aprovechan estos programas de formación generalmente disponibles; la información anterior sobre la formación en las Pymes y las experiencias de CAMEXA tienden a sugerir que son poco aprovechados.

Un experto de CAMEXA señaló que en el sector automotriz es común la formación informal, donde empleados(as) con más antigüedad transmiten sus conocimientos sin haber recibido capacitación formal. Este fenómeno ocurre en pequeñas, medianas e incluso grandes empresas, aunque es difícil estimar cuántos empleados(as) no están cualificados. Además, las pequeñas y microempresas enfrentan la falta de recursos financieros para invertir en formación continua, especialmente en temas de sostenibilidad.

Al analizar la capacitación del personal en temas de sostenibilidad, las empresas se enfrentan varias barreras: la falta de inversión, ya que las empresas suelen priorizar inversiones con retornos más inmediatos [66]. Desde la perspectiva académica, las instituciones enfrentan limitaciones presupuestarias que dificultan la expansión de programas especializados en sostenibilidad [67], mientras que el gobierno a menudo no proporciona el financiamiento necesario para integrar este tema en la educación a nivel nacional [68]. Además, la información sobre sostenibilidad no está homogenizada, lo que complica la creación de programas de capacitación consistentes y relevantes tanto en la industria como en la academia, y limita la capacidad del gobierno para implementar políticas coherentes [69].

### 4.2.3 Tecnología

La inclusión de tecnología relativa a Industria 4.0 enfrenta muchos retos porque se ha considerado de difícil acceso para las Pymes debido a sus altos costos iniciales o plazos de recuperación de la inversión muy largos. Además de la falta de personal capacitado para implementar las últimas tecnologías, en las áreas responsables de educación no existe mucha agilidad para actualizar el currículo al ritmo que el mercado en la industria lo requiere. Por ello, el sector privado ha llevado a cabo mecanismos transversales a la formación de personal que han requerido inversión y vinculación con actores específicos de la academia, cámaras o asociaciones empresariales.

En México, la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 tanto en Pymes como en grandes empresas automotrices está en diferentes niveles de avance. Aunque la implementación ha sido más rápida en grandes empresas, que cuentan con mayores recursos para inversiones en automatización y análisis de datos, las Pymes también han comenzado a adoptar estas tecnologías debido a la necesidad de aumentar su competitividad y adaptarse a las exigencias del mercado global. Algunas de las tecnologías más implementadas incluyen robótica avanzada, Internet de las Cosas (IoT), y análisis de Big Data para optimizar la producción y la toma de decisiones en tiempo real, lo que ayuda a reducir costos y mejorar la eficiencia operativa. No obstante, la capacitación del personal y la actualización tecnológica siguen siendo desafíos importantes para muchas empresas [70]. Se estima que muchas empresas mexicanas aún tienen un largo camino por recorrer, ya que nueve de cada diez compañías en el país tienen oportunidades de mejoras a través de Industria 4.0 [71] .

En el contexto de la Industria 4.0, la formación del personal en las Pymes es crucial para satisfacer las demandas del mercado y facilitar una transición hacia cadenas de valor sostenibles. El personal necesita adquirir competencias técnicas en tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, Big Data, el IoT y la ciberseguridad, así como desarrollar habilidades blandas como el pensamiento crítico y la capacidad de adaptación.

La implementación de la formación en Industria 4.0 puede ser compleja para las Pymes debido a la resistencia al cambio que pueden mostrar los operarios ante la adopción de nuevas

tecnologías. La falta de estándares dificulta la interoperabilidad entre diferentes sistemas y tecnologías, y también plantea preocupaciones relacionadas con la seguridad y privacidad de la información, lo que implica riesgos asociados a la ciberseguridad y la protección de [72].

Las barreras tecnológicas para la transición hacia la industria 4.0 en México, especialmente en la creación de cadenas de valor sostenibles, son diversas y complejas. Uno de los principales desafíos radica en la falta de formación del capital humano para el manejo de nuevas tecnologías, lo cual es fundamental para adoptar herramientas como inteligencia artificial, IoT, y análisis de Big Data, además, se señala la insuficiente conectividad y el bajo nivel de inversión tecnológica como obstáculos críticos. Estas barreras limitan la capacidad de las empresas para aprovechar las ventajas de la digitalización, tales como la optimización de recursos y la descentralización de la toma de decisiones, que son clave para una industria más eficiente y sostenible [73].

Por otro lado, existen barreras organizacionales significativas que afectan la implementación de tecnologías avanzadas. Estas incluyen la ausencia de capacidad tecnológica, la incapacidad financiera, la falta de capacitación de los trabajadores, y una débil identificación de los y las empleadas con la cultura organizacional [74]. Estas barreras están impulsadas tanto por presiones del mercado como por una visión estratégica limitada de los operadores y clientes. La combinación de estos factores muestra que, para lograr una transición efectiva hacia cadenas de valor sostenibles en México, se requiere no solo de inversión en infraestructura tecnológica, sino también en la capacitación y alineación estratégica de todos los actores involucrados.

### 4.3 Instituciones Técnicas

Cuando se habla de formación continua en el sentido del WBL, cabe suponer que la sostenibilidad no es un tema omnipresente que recorra todos los programas de formación continua, sino que habría que seleccionar cursos específicos para abordar el tema de la sostenibilidad. Según la experiencia de CAMEXA, la sostenibilidad está más presente en las

universidades privadas, que a menudo pueden organizar su plan de estudios de forma más ágil y alinearlos más con las tendencias internacionales.

Como se ha descrito en los apartados anteriores, las asociaciones industriales que representan a la industria automotriz mexicana coinciden en que la formación de los trabajadores cualificados de hoy y de mañana debe ser práctica, dinámica y orientada al futuro. Enfoques como la formación dual antes de acceder a la profesión y el WBL durante la profesión apoyan esta idea. Como parte del *Diálogo con la Industria Automotriz 2024*, las asociaciones de la industria identificaron el enfoque y la formación técnica para la e-movilidad, la comprensión de las aplicaciones de IA y el uso seguro del idioma inglés como habilidades clave que la formación contemporánea debe impartir [75]. Un diálogo más estrecho entre la industria y las instituciones educativas para alinear esta demanda con la oferta educativa es de vital importancia. Para las instituciones educativas, esto significa sobre todo que el desarrollo de sus programas debe ser más ágil y dinámico para satisfacer los requisitos prácticos.

#### 4.3.1 Oferta de Programas

En 2024, las universidades en México están adaptando sus programas académicos en ingeniería automotriz para alinearse con las demandas actuales de sostenibilidad y electromovilidad. Instituciones como el ITESM, el IPN y la UDEM están incorporando materias relacionadas con vehículos eléctricos, tecnologías limpias y responsabilidad social dentro de sus planes de estudio en ingeniería automotriz.

Al mismo tiempo, varias compañías automotrices han establecido centros de capacitación especializados en México, como el Centro de Entrenamiento Técnico de Nissan en Aguascalientes, el Centro de Capacitación de Volkswagen en Puebla, y el Centro de Capacitación de Toyota en Guanajuato [76]. Estos centros no solo capacitan a sus empleados(as) en tecnologías avanzadas y sostenibles, sino que también colaboran con instituciones educativas para preparar a la próxima generación de profesionales del sector automotriz [68]. Este enfoque integral asegura que los estudiantes y trabajadores estén mejor

equipados para liderar un sector en constante evolución, priorizando la sostenibilidad y las tecnologías limpias [69].

Las carreras académicas más comunes en el sector automotriz incluyen conocimientos en ingeniería mecánica/industrial, diseño industrial, tecnología mecánica automotriz, ingeniería del automóvil, e incluso en informática, telecomunicaciones y electrónica. Los roles más demandados abarcan operarios, mecánicos, técnicos de mantenimiento, especialistas digitales, gerentes de centros de desarrollo de negocios, gestores de relaciones con clientes, y expertos en marketing digital y experiencia de usuario [77]. Se desconocen los datos específicos sobre los porcentajes de estas calificaciones y la demanda en el sector automotriz, particularmente en Pymes.

#### 4.3.2 Estándares/Marcos de Referencia

En México, el diseño de programas académicos en las instituciones educativas se basa en varios marcos de referencia clave. Entre ellos se encuentran el *Marco Curricular Común* (MCC) proporcionado por la SEP, que establece los estándares nacionales de aprendizaje [48], y el Modelo Educativo Basado en Competencias (MEBC), que guía el desarrollo de habilidades esenciales para el mercado laboral [78]. Además, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y los criterios de acreditación de organismos como los *Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior* (CIEES) y COPAES juegan un papel crucial en la estructura y evaluación de los programas [79] [80]. Las instituciones también se alinean con el Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) y se inspiran en perspectivas internacionales, como las promovidas por la UNESCO y la OCDE, para asegurar la pertinencia global de sus programas [81], [82].

#### 4.3.3 Recurso Humano

Las instituciones técnicas de formación en México, como los CECATI y los ICAT anteriormente mencionados, han implementado programas específicos para asegurar que sus formadores, tanto mujeres como hombres, estén calificados en áreas técnicas y pedagógicas para la

industria automotriz. Según la SEP, estos centros ofrecen capacitaciones actualizadas en tecnologías y pedagogía para garantizar que los instructores puedan formar eficazmente a los futuros trabajadores del sector. Sin embargo, se ha observado que algunos formadores carecen de conocimientos básicos y experiencia práctica, lo que puede afectar la calidad de la formación que reciben los estudiantes, repercutiendo en su preparación para el mercado laboral [57].

Los CIEES anteriormente mencionados establecen criterios de acreditación que fomentan la capacitación continua de los formadores en instituciones técnicas [78]. No obstante, a pesar de estos avances, persiste el desafío de garantizar una formación homogénea y equitativa en todo el país, especialmente en la inclusión de mujeres en roles técnicos [83].

En cuanto a la sostenibilidad, aunque es un tema relevante para las empresas, rara vez se integra de manera efectiva en los planes de estudio, lo que limita la capacidad de los futuros profesionales para abordar estos desafíos en el ámbito laboral. CONOCER, anteriormente mencionado, juega un papel fundamental en la promoción de estándares de competencia laboral, asegurando que los formadores cuenten con las habilidades técnicas y pedagógicas necesarias para la industria. Estos estándares son esenciales para mantener la calidad en la capacitación técnica.

Además, la colaboración entre Alemania y México en la formación dual ha sido clave para mejorar la formación técnica. Este modelo, basado en el sistema alemán, combina teoría y práctica en entornos reales de trabajo, permitiendo a los estudiantes adquirir experiencia directa en la industria. CAMEXA ha sido un pilar en la implementación de este modelo, ayudando a capacitar formadores con competencias alineadas a los estándares internacionales.

En México, la capacitación de entrenadores en Work-Based Learning (WBL) y en cadenas de valor sostenibles para la industria automotriz ha avanzado, aunque aún enfrenta desafíos significativos. Se han establecido programas específicos mediante colaboraciones entre el gobierno, la industria y el sector académico, con el objetivo de alinear la formación de entrenadores con las necesidades emergentes del sector automotriz. Por ejemplo, en Querétaro, un clúster automotriz ha implementado un modelo de colaboración que involucra

a empresas, universidades y el gobierno para desarrollar programas de capacitación que integren nuevas tecnologías y prácticas sostenibles. Este enfoque incluye la actualización de habilidades en áreas críticas como la eficiencia energética y la economía circular [84].

Volkswagen México ha liderado iniciativas de transformación sostenible, enfocándose en la producción de vehículos eléctricos y tecnologías más limpias, lo que ha requerido capacitar a sus entrenadores en prácticas sostenibles [85]. A nivel global, la industria automotriz está tomando medidas para mejorar la transparencia y la sostenibilidad de sus cadenas de valor, lo cual es crucial para que los entrenadores enseñen a los trabajadores cómo implementar prácticas sostenibles a lo largo de toda la cadena de suministro automotriz [86].

#### 4.3.4 Tecnología

En México, las instituciones educativas públicas están comenzando a incorporar temas como Inteligencia Artificial (IA), Big Data e IoT en sus programas educativos, especialmente a nivel de educación superior y posgrado. Sin embargo, la integración en la educación técnica y en programas para operarios en el sector automotriz sigue siendo limitada, tomando como ejemplo algunos de los planes de estudio del CONALEP.

Para los programas de Educación Superior, diversas universidades públicas mexicanas, como la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), han desarrollado maestrías y programas especializados en inteligencia artificial (IA) y ciencia de datos para ingenieros y profesionales interesados en tecnologías emergentes en el sector automotriz y otros. Estos programas se enfocan en modelos de IA, algoritmos de aprendizaje automático y análisis de datos, preparando a los estudiantes para los desafíos tecnológicos futuros [87].

A nivel de formación técnica y para operarios en el sector automotriz, la integración de estos temas es menos evidente. Las instituciones como el CONALEP y los *Tecnológicos Nacionales de México* han iniciado algunos esfuerzos para incorporar las tecnologías emergentes, pero aún no se habían centrado específicamente en la IA, Big Data o IoT dentro de los programas de capacitación para técnicos y operarios [88]. La mayoría de estas instituciones priorizan la



enseñanza de habilidades básicas relacionadas con la mecatrónica, la automatización industrial y el mantenimiento de maquinaria.

En 2023 CONALEP firmó un convenio con la empresa de tecnología Intel para convertir a la institución en un semillero de técnicos en IA. La instauración del nuevo tramo técnico es resultado de esta alianza, que también contempla la integración de 10 colegios del sistema de Educación Media Superior al programa “*Al For Youth*.” Se impartirá en la etapa inicial de la carrera Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial en cuatro planteles ubicados en el Estado de México, Jalisco, Nuevo León y Querétaro y con el tiempo gradualmente a nivel nacional y en otros programas académicos del CONALEP [89].

A nivel gubernamental y normativo, la SEP ha implementado estrategias como la *Agenda Digital Educativa*, que propone integrar tecnologías como la robótica, la IA, y la realidad virtual en el sistema educativo [90]. Sin embargo, esta agenda aún se encuentra en las primeras etapas de implementación, y se enfrenta a desafíos en términos de conectividad, infraestructura tecnológica y capacitación docente, especialmente en áreas fuera de los centros urbanos y en instituciones de educación técnica.

En cuanto a las barreras para integrar tecnologías 4.0 en los currículos, las instituciones técnicas requieren la adaptación de los modelos pedagógicos y académicos, pasando por una reconversión de la infraestructura educativa y el desarrollo de nuevas estrategias didácticas que combinen aprendizaje presencial y virtual. Además, la falta de una definición teórica concreta sobre cómo implementar la educación 4.0 complica su adopción, sumado a la resistencia entre los docentes que no son nativos digitales. La necesidad de fortalecer las competencias tecnológicas y transversales entre los educadores y estudiantes también es crucial para maximizar los beneficios de las tecnologías 4.0, fomentando la creación de materiales virtuales y estrategias de autoaprendizaje y aprendizaje colaborativo [91].

En conclusión, si bien hay avances en la incorporación de tecnologías avanzadas en la educación para ingenieros y profesionales en instituciones públicas, el desarrollo de programas específicos de IA, Big Data e IoT para la formación de técnicos y operarios en el sector automotriz aún es limitado. Se necesita una expansión más enfocada y equitativa de estos

temas en la educación técnica para satisfacer las crecientes demandas de la industria automotriz en México.

## 4.4 Conclusiones y recomendaciones de México

### Marco Normativo

- **Conclusión:** Las políticas actuales no están completamente alineadas con las necesidades de electromovilidad y sostenibilidad. A pesar de tener buenos marcos normativos, estos no se cumplen adecuadamente. La inversión en infraestructura de carga y la adopción de vehículos eléctricos es insuficiente.
- **Recomendación:** El gobierno debe implementar y hacer cumplir políticas que impulsen la infraestructura para vehículos eléctricos, como cargadores, y crear incentivos fiscales para empresas que desarrollen tecnologías limpias. También se deben fortalecer alianzas entre gobierno, industria y academia para promover innovación y sostenibilidad.

### Industria/Empresas

- **Conclusión:** Aunque la industria automotriz en México ha avanzado en electromovilidad y sostenibilidad, las Pymes enfrentan barreras debido a la falta de recursos y capacitación, lo que limita la transición hacia prácticas sostenibles.
- **Recomendación:** Crear programas de apoyo para que las Pymes accedan a tecnología avanzada y capacitación. Las grandes empresas deben liderar y colaborar con proveedores y Pymes para que toda la cadena de valor se beneficie de los avances en sostenibilidad.

### Instituciones técnicas

- **Conclusión:** La formación de operarios en tecnologías emergentes como vehículos eléctricos y sostenibilidad es limitada, lo que puede afectar la competitividad del sector

a largo plazo, La transición tecnológica del sector requiere formadores capacitados, pero actualmente hay una falta de expertos en tecnologías avanzadas y sostenibilidad.

- Recomendación: Implementar programas de formación especializados en mantenimiento y manejo de vehículos eléctricos, así como en adopción de prácticas sostenibles, invirtiendo en la capacitación de talento técnico, promover programas de actualización y formación continua para entrenadores en electromovilidad, sostenibilidad y tecnologías 4.0, asegurando que cuenten con las herramientas necesarias para preparar adecuadamente a la fuerza laboral.

En síntesis, el análisis del sector automotriz en México muestra una industria dinámica y en crecimiento, con una fuerte contribución al PIB nacional y un papel crucial en las exportaciones. Sin embargo, también enfrenta importantes desafíos en áreas clave como la sostenibilidad, la innovación tecnológica y la formación de talento especializado.

## 5 Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en Colombia

---

*Autoría: Juan Fernando Palacio, Mayra Alejandra Suárez, Mercedes Arrieta*

El sector automotriz en Colombia es objeto de continuo estudio debido a su importancia en la generación de empleo, dinamizando la economía, especialmente del sector industrial. Su contribución al PIB total de Colombia es de aproximadamente el 1.7% [92], y para el PIB industrial, que incluye la industria manufacturera y otras actividades industriales, es del 6.2% [93]. Colombia es el cuarto país productor de vehículos en Latinoamérica, aportando cerca de 160 billones de pesos a la economía. En términos de empleo, el sector automotriz generó el 2.5% de los empleos formales en 2022 [94], con un total de 45,000 puestos de trabajo directos y más de 330,000 empleos indirectos [95].

El medio de transporte más común y vendido en Colombia es la moto, debido a su costo-beneficio para el consumidor. Solo en abril de 2024, se registraron en el país 68,748 motos nuevas, mostrando un crecimiento del 18.97% frente al mes de marzo del mismo año [96]. Esto contrasta con la situación de los autos, ya que en enero de 2024 se vendieron 11,581 vehículos nuevos, presentando una disminución del 16.4% respecto a enero de 2023 [97]. Las motos eléctricas, más económicas y accesibles, han ganado popularidad. Según el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), en 2023 circulan más motos que carros en el país, de los más de 18 millones de vehículos, el 61% son motocicletas, el 38% vehículos livianos y el 1% vehículos pesados [98].

El país cuenta con una serie de fabricantes y ensambladoras tanto de carros como de motos, así como una red de concesionarios y proveedores de autopartes, de allí que varias compañías automotrices internacionales tienen operaciones o socios estratégicos en Colombia. Actualmente, hay siete grandes ensambladoras de autos, ubicadas en los departamentos de Antioquia y Cundinamarca: Sofasa (Renault); Hino Motors Manufacturing S.A. (Grupo Toyota); Fotón; Carrocerías Non Plus Ultra (con marca propia y CKD Volkswagen); Compañía de Autoensamble Nissan; Navitrans y Daimler [94]. En cuanto a las motos, Antioquia es el departamento que encabeza la lista de ensambladoras de motos en el país. Las principales

ensambladoras ubicadas allí son Auteco, UMA, Suzuki, Royal Enfield, AKT, Honda y Incolmotos Yamaha [99].

El sector de autopartes y ensamblaje es clave para el programa de transformación productiva, siendo un líder exportador con ingresos anuales de 10 mil millones de dólares [100]. En 2021, Sofasa, Hino Motors y Colmotores (General Motors) produjeron el 99% de la producción nacional, con Sofasa exportando el 90% de sus vehículos a México, Argentina, Ecuador, Perú y Chile. Otros mercados de exportación incluyen Venezuela, Guatemala y Panamá [101]. El 51% de las exportaciones son a países con industrias competitivas, destacándose los vehículos de pasajeros, piezas de repuestos, vehículos comerciales y motos como manufactura de tecnología intermedia [100].

La articulación entre sectores es clave para que la industria automotriz siga creciendo y atienda las dinámicas y las tendencias globales que se vienen adoptando, tales como la transición hacia vehículos eléctricos, la implementación de tecnologías de inteligencia artificial y automatización, la reducción de la huella de carbono a lo largo de la cadena de valor, y la integración de principios de economía circular. En Colombia se reconocen organismos como la ANDI<sup>2</sup>, Fenalco<sup>3</sup>, Asopartes<sup>4</sup>, Clúster Automotriz de Bogotá y Antioquia, que facilitan la colaboración entre empresas, gobierno y academia, promoviendo políticas públicas, competitividad y formación técnica alineada con las necesidades de la industria. Además, la Red de Ensamble<sup>5</sup> que reúne a empresas clave para impulsar el desarrollo regional del sector.

Finalmente, el sector automotor, tanto en su actividad industrial como comercial, impulsa diversas actividades económicas gracias a la incorporación de nuevas tecnologías en todos los niveles de fabricación. Estas innovaciones no solo están orientadas a la producción, el comercio y el consumo final, sino que también son cruciales para reducir el impacto ambiental, lo que ha llevado a un cambio significativo en el diseño automotriz [94].

---

<sup>2</sup> ANDI: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

<sup>3</sup> FENALCO: Federación Nacional de Comerciantes Empresarios.

<sup>4</sup> ASOPARTES: Asociación del Sector Motriz y sus Partes.

<sup>5</sup> Red de Ensamble: Auteco, Sofasa, Incolmotos Yamaha, AKT, Mitsubishi Electric.

A continuación, se presenta un análisis de los actores clave en los ámbitos industrial y formativo del sector automotriz en Colombia, y su papel en la transición hacia cadenas de valor sostenibles. Este estudio resalta los avances logrados, así como los desafíos que enfrentan en este proceso de transformación.

## 5.1 Marco Normativo

La industria automotriz en Colombia se enfrenta a un entorno cada vez más exigente en términos de sostenibilidad y eficiencia energética. En este contexto, las políticas gubernamentales juegan un papel crucial en la promoción de prácticas sostenibles y la integración de tecnologías más limpias que están diseñadas para apoyar la transición hacia una industria más sostenible, incentivando la adopción de tecnologías como la electromovilidad y reduciendo las emisiones contaminantes. Estas iniciativas buscan no solo beneficiar al medio ambiente, sino también mejorar la competitividad y el crecimiento económico del sector, lo que es esencial para que las empresas colombianas puedan mantenerse a la vanguardia en un mercado global cada vez más enfocado en la reducción de la huella de carbono y la eficiencia energética. A continuación, se evidencia cómo estas políticas y regulaciones específicas influyen en las prácticas de las Pymes y de las grandes empresas dentro del sector automotriz colombiano.

### 5.1.1 Sostenibilidad

En Colombia, el desarrollo sostenible se rige por la *Ley 99 de 1993*, la cual define las buenas prácticas sostenibles y cómo estas pueden mejorar el bienestar social, ambiental y económico sin comprometer los recursos naturales involucrados en los procesos [102]. El Gobierno colombiano, en su compromiso con los acuerdos internacionales, tras la firma del Acuerdo de París en 2015 y la adopción de los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* de la ONU en el mismo año, ha trabajado para alcanzar el desarrollo sostenible en 2030. Este esfuerzo se enfoca en promover la sostenibilidad, facilitar la transición económica hacia la neutralidad en carbono, fomentar el crecimiento empresarial y mejorar las cadenas de suministro, haciéndolas más eficientes, digitales y tecnificadas [103].

Actualmente, el Gobierno colombiano, en su *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia, Potencia Mundial de la Vida"*, propone la transformación productiva, la internacionalización y la acción climática para una transición energética justa, segura, confiable y eficiente. Este plan incentiva la transición hacia economías limpias que reemplacen el uso del carbono y promuevan la sostenibilidad, así como alternativas de desarrollo con energías limpias. Dentro de este plan, el Gobierno apoya a las Pymes, apostando por su fortalecimiento y crecimiento mediante la reducción de trámites y costos, así como la simplificación de sus obligaciones tributarias desde el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, partiendo de la premisa de conocer a profundidad las realidades de las unidades productivas. Este, promueve la acción conjunta de diferentes sectores para avanzar en la reducción de emisiones de GEI, la descarbonización y la resiliencia climática hacia 2050 [104].

Dada la importancia de la transición energética, el actual plan del Gobierno contempla en cuanto a movilidad el fortalecimiento y la creación de incentivos, especialmente para la movilidad eléctrica [104]. Estos incentivos incluyen descuentos en el impuesto sobre vehículos automotores eléctricos, que no podrán superar el 1% del valor comercial del vehículo, descuentos del 10% en el SOAT y exenciones de restricción vehicular. El incentivo para vehículos eléctricos e híbridos, establecido en el *Decreto 1116 de 2017*, reduce el arancel de importación del 35% al 0% para vehículos eléctricos y del 35% al 5% para vehículos híbridos, asignando estos aranceles reducidos a contingentes anuales [105].

*La Ley 2294 de 2023* promueve el avance tecnológico orientado a sistemas de transporte masivo, carga liviana y volquetas, carga pesada y taxis hacia tecnologías preferiblemente de cero emisiones, mediante la generación de incentivos económicos para propietarios de vehículos en el transporte público de pasajeros por carretera [104].

Desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se han establecido varios beneficios tributarios para cualquier tipo de empresa que contribuya a proteger el medio ambiente y avanzar hacia una economía baja en carbono. Estos beneficios en las inversiones en proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) determinados en la Ley 1715

de 2014 incluyen la deducción del 50% sobre el impuesto de renta, exclusión de IVA para equipos y servicios nacionales o importados. Por otro lado, las inversiones en proyectos de Gestión Eficiente de la Energía también reciben beneficios como la deducción del 50% sobre el impuesto de renta [106].

Otro aspecto relevante en materia de transporte y movilidad es la *Mesa Interinstitucional de Transporte Sostenible (MITS)*, en la cual participan los Ministerios de Ambiente, Energía, Transporte, el Departamento Nacional de Planeación y la Unidad de Planeación Minero-Energético con el objetivo de definir acciones para la transición del transporte hacia el uso de energías y tecnologías con bajo contenido de azufre teniendo en cuenta la importancia de avanzar en la transición energética en Colombia. En el marco de esta mesa se formuló la *Estrategia Nacional de Transporte Sostenible (ENTS)* en 2022, que integra la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME). Esta estrategia establece lineamientos habilitantes para la transición energética en los modos carretero, férreo y fluvial, contemplando tecnologías eléctricas, con celda de combustible, gas, híbridos y los de combustión convencional de estándares Euro 6 o superiores. El objetivo es contribuir al cumplimiento de la meta de 600 mil vehículos eléctricos para 2030 [105].

El MADS junto con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MINCIT) y el MHCP lograron, mediante el *Decreto 2051 de 2019*, reducir de forma permanente a un 0% el arancel para todos los vehículos eléctricos y bajar del 35% al 5% el gravamen arancelario para la importación de vehículos a gas natural [107].

En cuanto a economía circular, desde la implementación de la *Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC)* en 2019, se ha incrementado la importancia de las cadenas de valor sostenibles. Estas cadenas promueven conexiones entre proveedores y clientes, facilitando el cierre de ciclos mediante la participación de diversos actores como fabricantes, importadores, distribuidores, comercializadores, recicladores y transformadores que revitalizan los materiales reciclados [108].

Lo anterior refleja un cúmulo de políticas que favorecen la sostenibilidad en el sector automotriz, sin embargo, las Pymes en Colombia enfrentan desafíos significativos en su camino



hacia la sostenibilidad, especialmente en términos económicos. Sus cadenas de suministro y los costos de producción y operación se ven directamente afectados por la volatilidad del precio del petróleo. Además, estas empresas, que no están inicialmente diseñadas para la exportación, enfrentan retos estructurales al intentar adaptarse a las nuevas demandas, sumado la volatilidad de la tasa de cambio y a las dinámicas económicas del país que pueden impactar su estabilidad a largo plazo [109].

### 5.1.2 Formativo

En 2015, se publicó el *Decreto 1072 de 2015*, Sector Trabajo, que para la actualización del año 2024 incorpora todas las actualizaciones al respecto. Esta recopilación es muy importante, porque incorpora elementos como el *Subsistema de Formación para el Trabajo y su Aseguramiento de la Calidad*, que funciona adscrito al Ministerio del Trabajo desde el año 2022. Dicha incorporación se hace por medio del *Decreto 1650 de 2021*, en el que entre otros se establecen:

- Las definiciones generales que se deben tener en cuenta en la formación para el trabajo.
- Las disposiciones del subsistema de formación para el trabajo como una vía de cualificación y su aseguramiento de la calidad SFT – ACFT.
- Los niveles de la oferta de programas del Subsistema de Formación para el Trabajo. Adicional, se determina que la oferta de programas del Subsistema de Formación para el Trabajo estará en correspondencia con las cualificaciones diseñadas de los niveles 1 al 7 del Marco Nacional de Cualificaciones.
- Las denominaciones de los niveles de la oferta del Subsistema de Formación para el Trabajo: Nivel 1, Certificado de habilitación laboral, nivel 2, Certificado de Ayudante, nivel 3, Técnico Básico, nivel 4, Técnico Intermedio, nivel 5, Técnico Avanzado, nivel 6, Técnico Especialista y nivel 7, Técnico Experto. [110]
- Los Componentes del Aseguramiento de Calidad de la Formación para el Trabajo

Adicionalmente, en este Decreto se establecen los marcos de referencia y las relaciones entre los diferentes componentes del subsistema, como son el *Marco Nacional de Cualificaciones* y *el Sistema nacional de cualificaciones*. En resumen, lo que se planteó es el procedimiento para

generar en Colombia procesos formativos que mejoren los productivos, que sean inclusivos y de calidad, todo con el objetivo de mejorar la competitividad, la productividad y la pertinencia de la oferta educativa [111], [112].

Las entidades que ofrecen Formación para el Trabajo en Colombia según las disposiciones expuestas por el Subsistema de Formación para el Trabajo y el MEN, las entidades avaladas en Colombia para ofrecer programas certificados de Formación para el trabajo son: El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), las Instituciones de Educación para el Trabajo y Desarrollo Humano (IETDH) con certificación de calidad NTC 5555, Instituciones de Educación Superior.

En cuanto al Modelo VET, si bien no se implementa de manera explícita, en Colombia se hace referencia a Formación para el Trabajo y al Subsistema de Formación para el trabajo y sus vías de cualificación, en especial el Reconocimiento de Aprendizajes Previos – RAP. Estos elementos son fundamentales ya que gracias al Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) se logra dar comienzo a procesos formativos articulados y en línea con las necesidades sectoriales del país.

En el MNC se especifica qué uno de los referentes conceptuales que guiaron el diseño del Marco es el *VET-CARICOM* o marco de cualificaciones de la formación profesional de los países de la *Caribbean Community* [113]. El MNC, adicional a los referentes conceptuales se alinea con los estándares latinoamericanos y europeos, incorporando una estructura de 4 componentes: Identificación de la cualificación, perfil profesional, referentes para la educación y formación y parámetros de calidad[113], con el fin de garantizar procesos formativos homogéneos y pertinentes con las necesidades actuales del país.

Respecto a la aplicación del modelo Work Based Learning (WBL), en Colombia se implementan los programas de formación dual, en el que se busca el desarrollo de resultados de aprendizaje, en la institución educativa y en el espacio laboral, adicional se implementan los mecanismos de evaluación de aprendizajes propios de las personas, por evidencias en el contexto laboral [111].

### 5.1.3 Certificación

El proceso de certificación en Colombia del modelo de Formación para el Trabajo está determinado en los *Lineamientos para la implementación del Esquema de Movilidad Educativa y Formativa – EMEF* [115]. En estos lineamientos se establecen los sistemas de créditos y los procedimientos para obtener las certificaciones que permitan la movilidad entre todos los niveles que propone el MNC.

Los tipos de certificación en el ámbito educativo y profesional son diversos y responden a las necesidades específicas de diferentes sectores y niveles de formación. En Colombia, se pueden identificar varios tipos de certificación que incluyen certificados académicos, certificados de competencias laborales, y certificaciones profesionales. Los certificados académicos se otorgan al completar programas educativos formales en instituciones reconocidas, abarcando desde la educación básica hasta la educación superior. Estos certificados validan el logro de ciertos niveles de conocimiento y habilidades, preparando a los individuos para continuar con estudios superiores o ingresar al mercado laboral[115].

Por otro lado, los certificados de competencias laborales se enfocan en validar habilidades específicas adquiridas en el contexto laboral o mediante formación técnica y profesional. Estas certificaciones son especialmente valiosas en sectores donde la experiencia práctica y la destreza técnica son fundamentales. Además, existen certificaciones profesionales otorgadas por organismos especializados que acreditan el dominio de conocimientos y competencias en campos específicos, como la ingeniería, la medicina, o la tecnología. Estas certificaciones no solo aumentan la empleabilidad de los individuos, sino que también aseguran que los profesionales cumplen con estándares de calidad y ética establecidos por sus respectivas profesiones [115].

## 5.2 Industria/Empresa

Colombia posee un ecosistema empresarial automotriz conformado por empresas dedicadas al ensamblaje y la fabricación de partes y accesorios, con amplias posibilidades de convertirse

en una plataforma comercial para el sector por su estratégica posición geográfica, sin embargo, su competitividad es baja comparada con otros países de la región, pues a nivel latinoamericano se encuentra por debajo de grandes productores como México, Brasil y Argentina.

Las empresas del sector en Colombia están avanzando hacia la sostenibilidad mediante la adopción de tecnologías limpias y prácticas ambientales responsables, prioridad del Gobierno Nacional actual. Empresas del sector están integrando vehículos eléctricos e híbridos en sus líneas de producción, impulsadas por normativas gubernamentales y la demanda de consumidores más conscientes. Además, estas empresas están implementando iniciativas para reducir su huella de carbono, como el uso de energías renovables y la optimización de procesos para disminuir residuos y emisiones contaminantes. Sin embargo, todavía enfrentan desafíos en términos de infraestructura y costos. A continuación, se evidencian algunas situaciones.

### 5.2.1 Cadenas de valor sostenible

Las grandes empresas en Colombia conocen los temas relacionados con las cadenas de valor sostenibles, como lo revelan las 16 entrevistas realizadas a Pymes y grandes empresas. Estas organizaciones aplican las políticas medioambientales, fomentan una cultura de reciclaje y son conscientes de los niveles de contaminación que generan. Sin embargo, ninguna de las empresas encuestadas aplica procesos de economía circular.

Por el contrario, las Pymes concentran sus acciones de sostenibilidad principalmente en cultura de reciclaje, materiales reciclados, políticas medioambientales, conciencia ambiental, sin embargo, según las encuestas carecen de la incorporación de las tecnologías 4.0. para mejorar sus procesos sostenibles y de producción de partes para vehículos eléctricos.

Las barreras para las Pymes en la implementación de cadenas de valor sostenibles pueden atribuirse a varios factores, principalmente las limitaciones financieras. Según CENSA<sup>6</sup> las grandes empresas tienen mayor acceso al financiamiento, lo que no es el caso para las Pymes, muchas de las cuales operan en la informalidad o dependen de financiamientos informales

---

<sup>6</sup> Colegio de Estudios Superiores de Administración. Colombia

como préstamos de familiares y amigos. La informalidad impide que estas empresas accedan a créditos nacionales e internacionales y dificulta la implementación de cadenas de valor sostenibles [116].

Pese a los esfuerzos del Gobierno colombiano, reflejados en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 para fortalecer a las MiPymes [104], muchas de estas empresas siguen enfrentando dificultades para acceder al crédito y carecen del conocimiento necesario para implementar prácticas sostenibles. Un estudio del Banco de la República de diciembre de 2023 revela que solo las grandes empresas tienen un acceso significativo a instrumentos financieros como bancos, cooperativas y compañías de financiamiento [117].

Los esfuerzos de las Pymes están principalmente dirigidos a mantenerse en el mercado y sobrevivir en el sector, lo que les dificulta hacer cambios significativos que no ofrezcan un retorno inmediato. Esto se refleja en que solo el 50% de las MiPymes que se crean sobreviven el primer año y, de ese porcentaje, solo el 20% llega al tercer año [116]. También, el desconocimiento y la falta de especialización son factores críticos, ya que la mayoría de las micro y pequeñas empresas no están familiarizadas con el concepto de cadenas de valor sostenibles. Implementar acciones sostenibles requiere personal especializado y áreas dedicadas, algo que las MiPymes encuentran difícil de mantener debido a sus limitados recursos.

Finalmente, entidades como Asopartes y la Universidad ECCI destacan la necesidad de beneficios e incentivos para que las Pymes y emprendedores puedan integrarse efectivamente en la cadena de valor del sector automotriz. Es fundamental un esfuerzo conjunto entre el Gobierno, grandes empresas y el sector académico para fomentar la investigación y la formalización del sector automotriz, permitiendo así mayores oportunidades para las MiPymes en términos de sostenibilidad [118].

### 5.2.2 Recurso humano

A partir de la aplicación del instrumento a la industria, se observa, que tanto las grandes empresas como las Pymes conocen y aplican el modelo WBL. Solo el 37% de las Pymes no lo conocen, por lo tanto, no lo aplican.

Las Pymes y las grandes empresas suelen contar con formadores(as) dentro de sus organizaciones. Sin embargo, en las Pymes, el equipo formativo son generalmente miembros del personal con experiencia técnica, encargados de apoyar a sus compañeros debido a la falta de personal, recursos financieros y estructura adecuada. En contraste, las grandes empresas suelen tener un equipo formativo que cumplen con perfiles específicos y, a menudo, cuentan con centros de formación dedicados para este propósito.

Entre los operarios de este sector que participaron en la encuesta, el 43% posee estudios técnicos en áreas como sistemas y electrónica automotriz, el 29% son tecnólogos en soldadura, y el restante ha completado únicamente la educación secundaria.

De las entrevistas se dedujo que el 56% de las empresas encuestadas realizan formaciones o capacitaciones a sus proveedores. Los perfiles del equipo formativo en estas empresas se basan principalmente en la experiencia técnica, y en algunas Pymes no se tiene una política definida para el perfil. En cuanto al conocimiento de las cadenas de valor sostenibles, 69% empresas reportaron que no cuentan con personal certificado en este ámbito, y el resto no sabe si poseen dicho personal certificado. Además, los resultados revelaron que el 100% de los operarios encuestados en este sector no están certificados en cadenas de valor sostenible.

Una de las principales barreras para la capacitación del personal en cadenas de valor sostenibles es la falta de recursos financieros y la disponibilidad de tiempo. Destinar tiempo al personal durante sus jornadas laborales para estas capacitaciones no es una práctica habitual y, a menudo, se necesita tiempo adicional. Además, el 57% de los colaboradores encuestados indicaron que no han recibido formación específica en sostenibilidad dentro de la industria automotriz.

A partir de las entrevistas, se ha reconocido la importancia de potenciar las capacidades internas de las organizaciones de la industria automotriz. Las Pymes suelen aplicar elementos clave del modelo WBL, como el apoyo profesional, la comunicación con los empleadores y, en algunos casos, en el seguimiento y la evaluación. Esto demuestra una menor prioridad en el desarrollo curricular y en las alianzas con instituciones técnicas. Sus preocupaciones y prioridades están orientadas hacia otros procesos esenciales para su sostenimiento en el mercado, lo que limita su capacidad para enfocarse en la formación [119].

La estructura del proceso de formación en las organizaciones incluye principalmente la identificación de necesidades, con un 81% del total. También realizan formaciones grupales, presenciales, y bimodales (combinando modalidades virtuales y presenciales). Por otro lado, solo el 23% de las Pymes, según las entrevistas, no realizan formación alguna o tienen un proceso formativo menos estructurado. La informalidad prevalente en muchas MiPymes colombianas impide alcanzar ciertos objetivos, como el fortalecimiento del capital humano, y su administración es generalmente empírica y no especializada [119].

Las necesidades de formación para responder a las demandas del mercado y lograr una transición hacia cadenas de valor sostenibles, según las empresas entrevistadas, el 68% se centran en áreas como el desarrollo e innovación, seguido de habilidades tecnológicas 4.0, habilidades técnicas, la gestión de recursos, energía limpia, gestión de cambio y nivel de servicio. Las grandes empresas mencionan la necesidad de formación en gestión del cambio y fomento al empleo de calidad, sin embargo, enfrentan barreras como la financiación para promover la adopción de nuevas tecnologías, aunque se reconoce que adaptarse a los cambios tecnológicos, económicos, políticos y sociales es crucial para sobrevivir en un mercado competitivo y altamente cambiante. Las Pymes, en general, no contratan personal especializado y capacitado y no pueden absorber los costos de capacitaciones y actualizaciones del personal. Además, estas empresas cuentan con niveles limitados de desarrollo tecnológico e innovación [120].

El 100% de las empresas entrevistadas afirma no conocer ofertas curriculares o planes de estudio en el mercado orientados a las cadenas de valor sostenibles. Además, el 75% no cuenta

con módulos o contenidos formativos específicos para las cadenas de valor sostenibles en la industria automotriz, limitados principalmente por el factor económico. El 75% de las organizaciones sugiere que, para mejorar los programas formativos es necesario adaptar los contenidos formativos para que sean más pertinentes y aplicables a las necesidades específicas. Además, asegurarse de que el equipo formativo tengan la experiencia técnica y pedagógica necesaria, y emplear metodologías innovadoras como la gamificación, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Aprendizaje Basado en Retos (ABR).

Por último, en cuanto a la inclusión, el sector automotriz en Colombia enfrenta retos significativos, tanto en términos de género como de personas con discapacidad. La percepción de que ciertos trabajos son "para hombres" y que las mujeres no encajan en la industria limita su participación y perpetúa la brecha de género. Además, la escasa visibilidad de mujeres en roles de liderazgo y la discriminación, a menudo implícita, en la contratación, promoción y cultura laboral, desalientan su integración. De igual manera, las personas con discapacidad enfrentan barreras debido a la falta de adaptaciones adecuadas y una cultura organizacional que no siempre es inclusiva. A pesar de la existencia de políticas para promover la diversidad, es necesario fortalecer estos esfuerzos para abordar la desigualdad salarial y crear un entorno laboral más accesible para todos [121].

### 5.2.3 Tecnología

En cuanto a usos de tecnología, la industria automotriz en Colombia, especialmente el área de manufactura se ha visto obligada a adquirir nuevas tecnologías para mantenerse competitiva y satisfacer a sus clientes, sin embargo, la retención y adquisición de nuevos clientes es un reto por los sistemas obsoletos que muchas empresas aún manejan. En este contexto, las organizaciones consideran que lo más importante para lo anteriormente planteado, es la cadena de suministro, la innovación y la tecnología 4.0, como la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las cosas (IoT) [93].

A partir de las encuestas, se reveló que el 61% de las Pymes y el 100% de las grandes empresas han implementado tecnologías 4.0, como la automatización de procesos. La digitalización es utilizada por el 53% de las Pymes y el 33% de las grandes empresas, mientras que la inteligencia



artificial (IA) es aplicada por el 31% del total de las empresas encuestadas. En cuanto al diseño e impresión en 3D, el 66% de las grandes empresas y el 23% de las Pymes han adoptado esta tecnología.

Algunas tecnologías presentan una menor adopción, como el Blockchain, que solo una gran empresa entre las 16 entrevistadas ha implementado. La electromovilidad es utilizada por dos grandes empresas, representando el 13% del total. La realidad aumentada y la realidad virtual también tienen una presencia limitada, siendo aplicadas por el 13% del total de las empresas. La robótica avanzada es otra tecnología de baja adopción, con solo una gran empresa y una pyme reportando su uso.

Las grandes empresas están mejor equipadas y organizadas para implementar y mantener prácticas sostenibles, reflejándose en su uso de tecnologías de la industria 4.0 y en la claridad de sus políticas medioambientales. Por otro lado, las Pymes enfrentan mayores desafíos debido a la falta de recursos financieros, conocimiento especializado y una estructura organizacional adecuada [122].

No todas las tecnologías cumplen con los mismos objetivos ni requieren los mismos recursos. Las tecnologías blandas, como la IA y el IoT, son más conocidas debido a su amplia adopción y accesibilidad. Las respuestas obtenidas del instrumento indican que las empresas utilizan tanto tecnologías blandas como tecnologías duras, sin embargo, aunque las Pymes aplican estas tecnologías 4.0, lo hacen con ciertas restricciones. Las Pymes se inclinan por lo general más hacia el uso de tecnologías blandas debido a su flexibilidad y capacidad de adaptación a diversas tareas y objetivos según las necesidades del mercado [120].

Aunque estas empresas ya utilizan algunas tecnologías de la industria 4.0, también reportan necesidades tecnológicas adicionales para responder a las demandas del mercado y lograr una transición hacia cadenas de valor sostenibles. La Inteligencia Artificial y el Big Data se destacan como tecnologías cruciales, identificadas como necesarias por el 75% y el 63% de las empresas, respectivamente. La adopción de Big Data está distribuida tanto en grandes empresas como en Pymes, lo que subraya su importancia transversal en la industria.

Asimismo, el Internet de las Cosas (IoT) es considerado una tecnología clave para la conectividad y automatización, con el 63% de las empresas reconociéndola como una necesidad. En cuanto a las tecnologías 4.0 orientadas a la sostenibilidad, el uso eficiente de recursos es prioritario para el 63% de las empresas, y la reducción de emisiones para el 50%, con una mención especial a las grandes empresas, donde el 100% identificó la reducción de emisiones como una necesidad crucial.

Las tecnologías más implementadas, como la automatización de procesos y la digitalización, no coinciden directamente con las tecnologías que se reportan como más necesitadas para responder a las demandas del mercado y lograr una transición hacia cadenas de valor sostenibles. Esto indica que las empresas ya han alcanzado un nivel de implementación adecuado en las áreas mencionadas y están enfocando sus necesidades en nuevas tecnologías, como la Inteligencia Artificial, Big Data y el IoT, que, aunque se están implementando, aún tienen un camino considerable para recorrer en términos de adopción completa. Además, las tecnologías de menor adopción, pero de alta necesidad, como la robótica avanzada y la electromovilidad, podrían representar áreas críticas para futuras inversiones, ya que son vistas como esenciales para la sostenibilidad y la competitividad.

En cuanto a las barreras tecnológicas relacionadas con la industria 4.0, que dificultan la respuesta a las demandas del mercado y la transición hacia cadenas de valor sostenibles, el costo de implementación es la más significativa, afectando al 88% de las empresas. Le siguen el cambio cultural y la resistencia al cambio, cada una señalada por el 63% de las organizaciones. Estas barreras no solo son económicas, sino también organizacionales y culturales, lo que indica que la adopción de nuevas tecnologías depende tanto de la disponibilidad tecnológica como de la preparación interna de las empresas para adoptarlas y adaptarlas.

Otro de los principales obstáculos para la adopción de las nuevas tecnologías 4.0 es la falta de conocimiento entre los operarios; según la encuesta realizada, el 86% de los encuestados no está familiarizado con el concepto de Industria 4.0, y el 100% no conoce las tecnologías específicas que se implementan en una industria automotriz o que forman parte de este

concepto. Además, el 100% de los operarios encuestados no ha recibido ninguna formación relacionada con estas tecnologías, lo que limita significativamente su capacidad para adaptarse a las innovaciones del sector.

Las Pymes enfrentan desafíos adicionales, como la falta de habilidades y capacidades, con un 38% de las Pymes señalando esta barrera, en contraste con las grandes empresas, donde el 100% no considera esto un obstáculo. Además, preocupaciones sobre el impacto en el empleo también limitan su capacidad para competir en un mercado cada vez más tecnológico.

Finalmente, aunque menos mencionadas, las barreras relacionadas con la ciberseguridad y los costos también persisten, afectando al 19% de las empresas. Estas limitaciones, aunque menos comunes, siguen siendo relevantes para un grupo significativo de organizaciones

### 5.3 Instituciones Técnicas

En el diagnóstico realizado, se contactaron siete instituciones educativas que ofrecen programas técnicos y tecnológicos para el sector. Estas instituciones proporcionaron información detallada sobre su oferta curricular, así como sobre las necesidades, amenazas y oportunidades que actualmente enfrentan. Las instituciones participantes fueron el área de técnicas y tecnologías de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), CESDE, ITM, Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA), CEDENORTE Institución Técnica, el SENA, y la Corporación Academia Tecnológica de Colombia (ATEC) ubicadas en el área metropolitana del Valle de Aburrá.

Las instituciones técnicas en Colombia ofrecen programas de formación continua a los colaboradores de las empresas, trabajando en conjunto con estas para diseñar planes curriculares adaptados a las necesidades específicas del sector. Además, se promueve el enfoque de formación dual, que integra la enseñanza teórica en el instituto con la formación práctica en la empresa, garantizando una preparación más completa y alineada con los requerimientos del mercado laboral.

### 5.3.1 Oferta de programas

En Colombia la oferta educativa de las instituciones técnicas está orientada hacia las siguientes temáticas: mecánica automotriz, mantenimiento y reparación, seguida de sistemas eléctricos, electrónica automotriz, mecánica diésel, y tecnologías híbridas y eléctricas. Sin embargo, se observa una escasa oferta de formación en niveles superiores como la ingeniería o en áreas especializadas relacionadas con los vehículos autónomos, el control de calidad, los procesos sostenibles, la seguridad, las regulaciones, la gestión y la comercialización. La brecha identificada permite evidenciar que la formación educativa técnica y tecnológica tienen un nivel de cobertura relativamente alto, mientras que los roles profesionales como las ingenierías son insuficientes en el sector.

Sobre la oferta educativa relacionada con la sostenibilidad en la industria automotriz, se observó que el 29 % de las instituciones consultadas no incluye estos contenidos debido a la necesidad de cumplir con un número limitado de horas, lo que obliga a concentrarse en temas estrictamente técnicos y especializados. Los temas sostenibles son en general abordados por universidades especialmente en materias ambientales que incluyen el uso de materiales reciclados, nuevos combustibles como el hidrógeno, motores eléctricos, filtros, producción de partes para vehículos eléctricos, tecnologías 4.0 para mejorar procesos sostenibles, y la economía circular, entre otros.

En cuanto a los tipos de vehículos abordados en los programas formativos, la mayoría de las instituciones ofrece cursos dirigidos tanto al segmento de motocicletas como al de automóviles lo que refleja la diversidad del mercado automotriz colombiano.

### 5.3.2 Estándares/Marcos de referencia

En Colombia, las instituciones técnicas que ofrecen formación para el trabajo siguen principalmente los estándares del Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) y las directrices establecidas por el SENA, además de cumplir con la normativa del Ministerio de Educación Nacional con el Registro Calificado como un requisito que asegura que los programas cumplen con los estándares mínimos de calidad en cuanto a infraestructura, currículo, profesores y procesos administrativos y las normas, desarrolladas en colaboración con el Sistema Nacional

de Formación para el Trabajo (SNFT). Estos principales estándares buscan alinear la formación con las necesidades del mercado laboral y garantizar la calidad de los programas educativos.

En conversación con las instituciones consultadas, se identifica que el 86% de las instituciones consultadas conoce el modelo WBL, especialmente por la combinación entre el enfoque teórico y práctico, sin embargo, no lo reconocen como el enfoque de formación continua. Este resultado evidencia que el sistema funciona más a manera de modelo curricular y no para un enfoque de prácticas laborales o de aprendizaje situado en la empresa. Se destaca que el elemento más usado de esta metodología se enfoca en la creación de los currículos ajustados a las necesidades de la industria, siendo las prácticas laborales las menos aplicadas.

### 5.3.3 Recurso Humano

El diagnóstico realizado a las instituciones técnicas permite inferir que la cantidad de estudiantes que se forman en relación con el sector automotriz, comparados con los programas formativos de otras industrias, es bajo. Al respecto cinco de las instituciones entrevistadas reportaron tener más de 100 estudiantes en estos programas, mientras que dos de ellas cuentan con entre 50 y 100 estudiantes.

En el informe emitido por la CEPAL en indicó que Colombia tiene un rezago frente a otros países de la región en formación del capital humano en áreas STEAM, solo el 1,77% de los matriculados a nivel superior corresponden a estas áreas[123]. De igual manera, la encuesta de Escasez de Talento en Colombia 2023, hecha por ManpowerGroup, indica que el déficit de mano de obra calificada en la industria de transporte, logística y automotor es del 77% [124]. Por esta razón empresas como Auteco e Incolmotos Yamaha reconocen la escases de mecánicos y aportan con formación y oferta educativa en ese campo.

Las instituciones técnicas también expresaron en cuanto a empleabilidad de los estudiantes formados en el sector automotriz, que la mayoría logra ubicarse laboralmente después de terminar su formación, lo que refleja una alta demanda laboral en este campo, inclusive el sector automotriz es reconocido porque ofrece oportunidades en diferentes áreas como

diseño, desarrollo, fabricación, marketing, las ventas y post ventas que lo hace atractivo para los jóvenes, quienes especialmente en Colombia prefieren ubicarse laboralmente en reparación de vehículos, de ahí que el sector del comercio y reparación de vehículos es en el que más trabajan los jóvenes, con una cuota de 19,2%[125]. Por tal razón, la OIT expresa que uno de los desafíos de la industria es la transformación en los empleos, se debe asegurar una transición justa que contribuya al desarrollo sostenible, y al mismo debe enfocarse en el desarrollo de competencias y aprendizaje permanente en áreas STEAM y TIC. Otro problema es el envejecimiento de la fuerza laboral, especialmente en áreas de servicio y reparación, con muchos empleados(as) cerca de la jubilación[126].

Por otro lado, al identificar las necesidades formativas del sector automotriz en relación con el método WBL y las cadenas de valor sostenible, también se incluyó en la búsqueda de información primaria a lo relacionado con el equipo formativo responsables de la formulación y aplicación de contenidos en las instituciones técnicas. En total, se entrevistó a 17 personas de distintas instituciones técnicas del Valle de Aburrá.

Respecto a los resultados del análisis de las respuestas realizadas al equipo formativo muestran que, el 94.1 % de estos se ubican entre las categorías que no conocen o conocen y no aplican el método WBL, solo el 5.9% lo aplica regularmente en sus programas formativos. Este contraste entre el conocimiento y la implementación sugiere la necesidad de un mayor enfoque en la formación del equipo formativo en la metodología WBL, así como en la creación de oportunidades para su integración en los programas actuales.

Aunque el método WBL es conocido, pero no aplicado entre el equipo formativo de las instituciones técnicas, el 100 % de los encuestados se muestra dispuesto a actualizarse o adquirir conocimientos en WBL y en cadenas de valor sostenible.

En cuanto a las mejoras en los procesos formativos, las instituciones señalaron que la prioridad más alta es la capacitación de los y las formadoras, seguida del diseño de contenidos, la alineación con las tendencias actuales y la implementación de metodologías ágiles como la gamificación y el aprendizaje basado en proyectos.

### 5.3.4 Tecnología

Las tecnologías de la industria 4.0 que se han incorporado en los diseños curriculares incluyen, principalmente, la robótica avanzada, el diseño e impresión 3D y la inteligencia artificial. Tecnologías como la automatización de procesos, blockchain y big data son menos comunes en estos currículos.

En cuanto a la integración de tecnologías avanzadas de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el análisis de big data y la manufactura aditiva, esta sigue siendo limitada en los programas de formación automotriz. El equipo formativo señala que, aunque algunos conceptos tecnológicos han comenzado a incorporarse, persiste una falta generalizada de recursos y conocimientos necesarios para integrar estas tecnologías de manera efectiva en los planes de estudio. Solo un pequeño porcentaje de los programas formativos incluye módulos específicos sobre estas tecnologías. El análisis muestra que el 35.3% de los entrevistados ha incorporado alguna de estas tecnologías, mientras que el 64.7% restante no las ha integrado en sus procesos de enseñanza.

Finalmente, todas las instituciones identificaron el costo de la tecnología como la principal barrera para su implementación, seguido de preocupaciones relacionadas con la seguridad cibernética.

Finalmente, el análisis refleja la necesidad de fortalecer la implementación de métodos como el WBL y las cadenas de valor sostenibles en los espacios formativos de la industria automotriz en Colombia. Es fundamental aprovechar el alto interés del equipo de formadores en actualizar sus conocimientos en estas áreas. Asimismo, se destaca la importancia de que la industria y las instituciones educativas colaboren estrechamente para maximizar los beneficios que ofrece la implementación de estos modelos y avanzar hacia la Industria 4.0 a través de la sostenibilidad.

## 5.4 Conclusiones y recomendaciones de Colombia

### Cadenas de Valor Sostenibles

- Brechas: En Colombia, el conocimiento y la aplicabilidad de las prácticas sostenibles en la industria automotriz son limitados, con un enfoque predominante en aspectos

ambientales. Las Pymes enfrentan obstáculos como el acceso a tecnologías avanzadas y dificultades financieras que impiden la adopción de prácticas sostenibles y tecnologías 4.0.

- Recomendaciones: Es necesario fomentar el acceso a tecnologías y financiamiento, así como la creación de políticas que promuevan la sostenibilidad más allá de los aspectos ambientales.

### **Formación Técnica**

- Brechas: A pesar del conocimiento sobre el modelo WBL, su aplicación es escasa. Las Pymes carecen de currículos ajustados a las cadenas de valor sostenibles, equipo formativo especializado en temas técnicos, y poco tiempo para la capacitación, por lo general se apoyan en las instituciones técnicas para capacitar a su fuerza laboral.
- Recomendaciones: Desarrollar y adaptar currículos a las necesidades de las cadenas de valor sostenibles, y aumentar la oferta de formación especializada en áreas clave.

### **Gestión del Cambio**

- Brechas: La resistencia al cambio, altos costos de implementación, y la falta de compromiso directivo dificultan la adopción de nuevas tecnologías y procesos en las Pymes.
- Recomendaciones: Es crucial fomentar una cultura organizacional que valore la sostenibilidad y facilitar la adopción de nuevas tecnologías a través de incentivos y apoyo directivo.

### **Tecnologías 4.0**

- Brechas: La adopción de tecnologías emergentes como IA, Big Data, e IoT es limitada, debido a la falta de habilidades técnicas y los altos costos de implementación, además de preocupaciones sobre la ciberseguridad.
- Recomendaciones: Se requiere un enfoque en la capacitación técnica y la reducción de costos para impulsar la adopción de tecnologías 4.0.



## Inclusión

- Brechas: La industria automotriz en Colombia enfrenta desafíos importantes en cuanto a inclusión, con barreras significativas para mujeres y personas con discapacidad.
- Recomendaciones: Fortalecer las políticas de inclusión y adaptaciones laborales es esencial para avanzar hacia un entorno más inclusivo.

Finalmente, se recomienda promover la adopción de la sostenibilidad mediante subsidios y alianzas entre grandes empresas y Pymes. Es esencial actualizar los currículos educativos para incluir formación en prácticas sostenibles y tecnologías avanzadas, y ofrecer capacitación continua mediante metodologías innovadoras. Facilitar el acceso a tecnologías 4.0 con subsidios y centros de innovación, al igual que superar barreras de gestión del cambio con educación y planificación estratégica. Reforzar políticas de inclusión y fomentar la colaboración entre sectores, contribuirá a un desarrollo sostenible y competitivo en el sector automotriz.

## 6 Análisis General de Contexto del Sector Automotriz en España

---

*Autoría: Lukas Brunbauer*

El sector automotriz en España es crucial para la economía nacional, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB). En 2022, representó aproximadamente el 8% del PIB, destacándose como una de las principales industrias del país. Este sector no solo genera ingresos sustanciales, sino que también emplea a una gran cantidad de personas, aproximadamente 9% de la población ocupada, fortaleciendo el tejido económico y social de España[127].

Las exportaciones de vehículos y partes automotrices son un componente vital del comercio exterior español. En 2022, España exportó vehículos por un valor de 35.000 millones de euros, siendo sus principales mercados internacionales Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido. Estos mercados representan más del 70% de las exportaciones automotrices del país, destacando la dependencia de España en la demanda europea[128].

En 2023, la producción de vehículos en España alcanzó aproximadamente 2.3 millones de unidades, marcando un incremento del 15% respecto al año anterior, aunque aún por debajo de los niveles pre-pandemia de 2019. Las ventas de vehículos nuevos también mostraron una recuperación, con un aumento del 10% en comparación con 2022, impulsadas por la demanda de vehículos eléctricos e híbridos [129].

La industria automotriz española está en constante evolución, adoptando nuevas tecnologías e innovaciones para mantenerse competitiva. Las principales tendencias incluyen la electrificación, con un aumento significativo en la producción de vehículos eléctricos y híbridos, y la implementación de tecnologías de la Industria 4.0, como la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT) y la automatización avanzada en las fábricas [130].

En cuanto a la distribución geográfica el sector automotriz en España se concentra en varias regiones clave, destacando Cataluña, el País Vasco, y la Comunidad Valenciana como los polos industriales más importantes. Cataluña alberga a SEAT S.A., uno de los principales fabricantes

del país, mientras que el País Vasco es conocido por su red de proveedores y fabricantes de componentes automotrices. La comunidad valenciana también juega un papel crucial con la planta de Ford en Almussafes. Estas regiones cuentan con una infraestructura robusta, incluyendo redes de transporte eficientes y servicios logísticos avanzados que facilitan la operación y expansión de la industria automotriz.

El sector automotriz en España incluye una variedad de actores clave, desde grandes fabricantes hasta proveedores y distribuidores. Entre los principales fabricantes se encuentran SEAT, Ford, Nissan, y Mercedes-Benz, que tienen plantas de producción en el país. Proveedores como Gestamp y CIE Automotive también juegan un papel fundamental, suministrando componentes esenciales para la producción de vehículos. Además, organizaciones gubernamentales como el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, y asociaciones como Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) son cruciales para el desarrollo y regulación del sector.

Si analizamos la incorporación de la sostenibilidad, representa un tema central en la industria automotriz española. Grandes empresas como SEAT y Ford están implementando iniciativas de sostenibilidad, incluyendo la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, el uso de materiales reciclados, y la promoción de la economía circular. Programas de responsabilidad social corporativa también son comunes, enfocándose en la comunidad, el bienestar de los y las empleadas, y la sostenibilidad ambiental [131].

Por último, al revisar la formación Laboral y Empleabilidad, es alta la necesidad en el sector automotriz, especialmente en áreas relacionadas con las nuevas tecnologías y la sostenibilidad. La empleabilidad en el sector es robusta, con una demanda creciente de trabajadores capacitados en tecnologías emergentes y prácticas sostenibles. Según Sernauto [132], las profesiones más demandadas incluyen ingenieros en automoción, técnicos en mecatrónica, especialistas en energías renovables y expertos en sistemas de control y automatización. Las instituciones educativas y las empresas colaboran estrechamente para diseñar programas de formación que respondan a las necesidades del mercado, asegurando una fuerza laboral bien preparada para enfrentar los desafíos futuros.

Además, se subraya la importancia de la formación continua y la actualización de conocimientos para mantenerse al día con los avances tecnológicos y las nuevas normativas ambientales. La colaboración entre las empresas del sector y las instituciones formativas es clave para desarrollar currículos que incluyan prácticas en entornos reales de trabajo, promoviendo el modelo de Work-Based Learning (WBL), que combina la teoría con la práctica. Esto no solo mejora la empleabilidad de los egresados, sino que también facilita la adaptación de las empresas a las nuevas exigencias del mercado y a las políticas de sostenibilidad.

A continuación, se presenta un análisis de los actores clave en los ámbitos industrial y formativo del sector automotriz en España, y su papel en la transición hacia cadenas de valor sostenibles. Este estudio resalta los avances logrados, así como los desafíos que enfrentan en este proceso de transformación.

## 6.1 Marco Normativo

### 6.1.1 Sostenibilidad

El marco normativo en España está diseñado para apoyar la sostenibilidad y la innovación en el sector automotriz. Las políticas nacionales, como *Ley de Cambio Climático y Transición Energética*, *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)*, *la Estrategia Española de Movilidad Sostenible*, *Plan MOVES III*, *Agenda España Digital 2025* o *la Estrategia de Economía Circular (España Circular 2030)* están alineadas con las directrices de la Unión Europea, promoviendo prácticas sostenibles y la adopción de tecnologías avanzadas. El gobierno ofrece incentivos para la electrificación y la digitalización de las empresas automotrices, facilitando la transición hacia una economía más verde y eficiente.

*La Ley de Cambio Climático y Transición Energética*, *el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)*, y *el Plan MOVES III*, están diseñado para promover la sostenibilidad y la innovación en el sector automotriz. Estas políticas fomentan la electrificación del transporte, la adopción de tecnologías avanzadas y la transición hacia una economía circular. Además, *la Agenda España Digital 2025* y *la Estrategia Española de Movilidad Sostenible* impulsan la

digitalización y la movilidad sostenible, alineándose con los objetivos de la Unión Europea para una economía más verde y eficiente.

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España detalla estas políticas en su portal oficial. En más detalle el *Plan MOVES III*, gestionado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), promueve la movilidad eficiente y sostenible a través de incentivos para la compra de vehículos eléctricos y la infraestructura de recarga, disponible en la guía del Plan Moves III [133]. Además, el Programa de Digitalización e Innovación del Ministerio de Economía apoya la transformación digital de las empresas automotrices, facilitando la adopción de tecnologías avanzadas y de descarbonización, como se detalla en su sitio web [134]. Estas medidas están en línea con las directrices de la Unión Europea, como *El Pacto Verde Europeo (European Green Deal)*, *La Estrategia de Movilidad Sostenible e inteligente* y *El Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (NextGeneration EU)*, para el crecimiento verde, subrayando el compromiso de España con la sostenibilidad y la innovación tecnológica en el sector automotriz [135]. Estas directrices establecen metas para lograr la neutralidad climática y una movilidad más sostenible en toda Europa.

El gobierno español ofrece diversos incentivos para apoyar la sostenibilidad y la innovación en el sector automotriz. Algunas de las siguientes referencias ya están referidas en el apartado de los marcos normativos. Los programas clave son:

- Plan Moves III: Este programa ofrece incentivos para la compra de vehículos eléctricos y la instalación de puntos de recarga.
- Plan Renove Industrial: Este plan proporciona ayudas para la renovación de equipos industriales y la adopción de tecnologías más eficientes y sostenibles [136]
- Programa de Digitalización e Innovación: Este programa apoya la transformación digital de las empresas automotrices, facilitando la adopción de tecnologías avanzadas [137].
- Ley de Cambio Climático y Transición Energética: Promueve la sostenibilidad y la reducción de emisiones en todos los sectores, incluyendo el automotriz, fomentando prácticas respetuosas con el medio ambiente y el uso de energías renovables.

Estas referencias evidencian que hay varias iniciativas ya establecidas para apoyar el sector automotriz en la promoción de la sostenibilidad y automatización teniendo en cuenta la dimensión formativa.

Por último, en cuanto a las certificaciones en España, como la ISO 14001 para gestión ambiental y la ISO 50001 para gestión energética, son fundamentales para las empresas automotrices que buscan mejorar su sostenibilidad y eficiencia.

### 6.1.2 Formativo

Las principales entidades encargadas de la regulación y promoción de la educación para el trabajo y las políticas sostenibles son el Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP) y el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Las leyes marco en España regulan diversos aspectos esenciales para la educación, la formación profesional y la sostenibilidad:

- Ley Orgánica de Educación (LOE) y Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE): Regulan la educación y la formación profesional, estableciendo las bases para una educación inclusiva y de calidad que responda a las demandas del mercado laboral.
- Ley de Cualificaciones y de la Formación Profesional (Ley 5/2002): Establece el marco para la formación profesional en España, asegurando que las cualificaciones profesionales sean reconocidas y valoradas tanto a nivel nacional como internacional.

Estas leyes son fundamentales para asegurar que la formación profesional en España esté alineada con las necesidades del mercado y las políticas de sostenibilidad, facilitando así la transición hacia una economía más verde y eficiente.

En cuanto al sistema de certificación profesional, está estructurado de manera modular y se basa en el Sistema Nacional de Cualificaciones y Formación Profesional (SNCP), lo que permite que los certificados de profesionalidad estén alineados con las competencias exigidas por el mercado laboral.

Cada módulo formativo que compone un certificado de profesionalidad está asociado a un número específico de horas de formación, generalmente entre 300 y 600 horas en total, dependiendo de la complejidad de las competencias. Aunque no se utiliza un sistema de créditos estricto como el European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) en la formación profesional, la estructura por horas asegura que las competencias adquiridas sean comparables y reconocibles en otros países, especialmente dentro de la Unión Europea.

Para que la formación proporcionada en el marco de VET4CHAINS sea homologable y reconocida en la Unión Europea o en América Latina, es crucial que esta esté alineada con los estándares internacionales, como el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF). Esta alineación facilita la movilidad y el reconocimiento de las cualificaciones, lo que es esencial para la integración en un mercado laboral globalizado. Además, la formación debe estar acreditada por autoridades oficiales, como el Ministerio de Educación en España, garantizando así que cumple con los estándares de calidad necesarios para su reconocimiento internacional.

En cuanto a la homologación con América Latina, la formación debe cumplir con los requisitos específicos de los países de la región, que a menudo requieren procesos de equivalencia para validar las certificaciones obtenidas en España. Estos procesos aseguran que las competencias y conocimientos adquiridos sean reconocidos en el contexto local, facilitando así la movilidad laboral y la aplicación de las habilidades en diferentes mercados.

Por último, la articulación entre sectores, el empresarial, las instituciones educativas y las entidades gubernamentales se da a través de programas de colaboración y comités consultivos, asegurando que las políticas y programas de formación estén alineados con las necesidades del mercado. Esto significa la colaboración y coordinación entre estos tres actores para asegurar que las políticas y programas de formación estén alineados con las necesidades del mercado. Ejemplos de esta articulación en acción son el Plan Moves III, el programa de Digitalización e Innovación mencionados y citados más arriba.

Las empresas identifican las habilidades y competencias que necesitan sus empleados(as) para ser competitivas y eficientes. Comparten esta información con las instituciones educativas y los organismos gubernamentales.

Los diseñadores de los currículos, las escuelas, universidades y centros de formación profesional desarrollan y ajustan sus programas de estudio y cursos basándose en las necesidades del sector empresarial. De esa forma participan en comités y proyectos de colaboración con empresas y gobiernos para asegurarse de que sus ofertas educativas estén actualizadas y sean relevantes.

En resumen, el sistema de certificación en España, cuando está alineado con los marcos y estándares internacionales, permite que las formaciones del proyecto VET4CHAINS sean certificables y homologables no solo en la Unión Europea, sino también en América Latina, apoyando la movilidad y la empleabilidad de los profesionales en un entorno global.

## 6.2 Industria/Empresa

Los datos económicos demuestran que el sector automotriz en España es uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, con una notable capacidad para generar empleo y contribuir al PIB. Las empresas automotrices, desde grandes fabricantes hasta Pymes, están cada vez más enfocadas en la sostenibilidad y la adopción de tecnologías avanzadas para mantenerse competitivas y cumplir con las regulaciones ambientales impuestas tanto a nivel nacional como europeo. Sin embargo, al igual que en otros países, existe una brecha entre la intención y la ejecución de prácticas sostenibles. Según el informe de la OCDE (2021) sobre el impacto de la sostenibilidad en las pequeñas y medianas empresas [138], muchas Pymes enfrentan importantes limitaciones de recursos humanos y financieros, lo que restringe su capacidad para implementar de manera efectiva estrategias sostenibles, llevándolas a cumplir únicamente con los mínimos requerimientos normativos.

Aunque muchas Pymes enfrentan limitaciones de recursos humanos y financieros, lo que restringe su capacidad para implementar de manera efectiva estrategias sostenibles y las lleva a cumplir únicamente con los mínimos requerimientos normativos, otras empresas están



avanzando significativamente en la adopción de prácticas sostenibles y tecnologías avanzadas. Este progreso es más evidente en empresas con mayor acceso a recursos y tecnología.

Un ejemplo concreto en el sector automotriz es el *proyecto de transición del sector automotriz español hacia la movilidad sostenible y conectada*, que incluye un plan integral de formación y actualización de cualificaciones para los trabajadores del sector. Este plan, anunciado en junio de 2020, destina 95 millones de euros a programas de formación para adaptar la fuerza laboral a las nuevas demandas laborales en tecnologías digitales y sostenibles [139]. Este esfuerzo asegura que las competencias adquiridas sean reconocidas y valoradas en toda Europa, facilitando así la movilidad y la empleabilidad internacional.

### 6.2.1 Cadenas de valor sostenible

Las cadenas de valor en la industria automotriz están integrando cada vez más la sostenibilidad, con un enfoque en la reducción de emisiones y el uso de materiales reciclados.

Esto se refleja en un aumento del interés por tecnologías que promuevan procesos sostenibles, como la producción de vehículos eléctricos, el uso de materiales reciclados y la aplicación de principios de economía circular. No obstante, se observa que el compromiso con la sostenibilidad a menudo se limita a cumplir con los requisitos regulatorios básicos, como las normativas de emisiones de la Unión Europea, como *la normativa Euro 6*, sin llegar a integrar completamente estas prácticas en su estrategia empresarial debido a las barreras económicas y la falta de formación especializada.

Otro ejemplo concreto en el sector automotriz es el *PERTE Para el Desarrollo del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC)* [140], una iniciativa integral en la cadena de valor del vehículo eléctrico y conectado en España. Este plan, que cuenta con una inversión total de más de 24 mil millones de euros entre 2021 y 2023, incluye una contribución del sector público de 4.3 mil millones de euros y una inversión privada de 19.7 mil millones de euros. Parte de esta inversión está destinada a programas de formación y actualización de cualificaciones para los

trabajadores del sector, asegurando que las competencias adquiridas sean reconocidas y valoradas en toda Europa, facilitando así la movilidad y la empleabilidad internacional.

### 6.2.2 Recurso humano

Las empresas invierten en la formación continua de su personal para mantenerlos actualizados en las últimas tecnologías y prácticas sostenibles. Las Pymes automotrices en España suelen adoptar el modelo de Work-Based Learning (WBL) para mejorar las competencias técnicas de sus empleados(as), especialmente en áreas relacionadas con la actualización tecnológica y la optimización de procesos dentro de la cadena de valor. Sin embargo, respecto a la formación en sostenibilidad y gestión de cadenas de valor sostenibles, hay una notable carencia de personal capacitado. La formación en estas áreas no es prioritaria, y cuando se realiza, suele depender de capacitaciones externas debido a la falta de expertos internos.

El perfil del formador en estas empresas tiende a centrarse más en la experiencia técnica que en las habilidades pedagógicas, lo que puede limitar la efectividad de la formación en temas complejos como la sostenibilidad. Esta situación abre grandes oportunidades para la oferta de VET4CHAINS.

En este contexto cabe mencionar que, en los últimos años, se ha observado una preocupante disminución en el número de estudiantes matriculados en áreas tecnológicas en España, particularmente en disciplinas como la ingeniería. Este descenso es motivo de preocupación para el sector automotriz, que depende de profesionales cualificados en tecnología y sostenibilidad para mantener su competitividad en un mercado global cada vez más exigente. La escasez de talento en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) podría limitar la capacidad del sector para adoptar tecnologías avanzadas, como la Industria 4.0, y avanzar hacia una producción más sostenible. Esta tendencia resalta la importancia de promover la formación en estas áreas y de atraer a más jóvenes hacia carreras tecnológicas, esenciales para el futuro de la industria automotriz en España.

### 6.2.3 Contenidos

Los programas de formación existentes, tanto en las empresas como en las instituciones educativas y técnicas, se centran en la digitalización, la electrificación y la gestión sostenible de recursos. Los contenidos formativos en el modelo de Formación Basada en el Trabajo (WBL) a desarrollar deberían incluir, además de los aspectos técnicos, un enfoque más fuerte en la sostenibilidad y la Industria 4.0 para preparar al personal frente a los retos actuales y futuros. Aunque algunas instituciones técnicas ya han comenzado a incluir contenidos relacionados con la sostenibilidad en sus programas, en muchas Pymes la formación sigue estando más enfocada en el conocimiento técnico y tecnológico. Esto puede ser insuficiente para cumplir con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo. Existe, por tanto, la necesidad de desarrollar programas formativos, tanto en empresas como en instituciones, que no solo cubran las normativas de sostenibilidad, sino que también preparen a los trabajadores para implementar y gestionar cadenas de valor sostenibles de manera efectiva, integrando los principios de la Industria 4.0.

### 6.2.4 Tecnología

La adopción de tecnologías de Industria 4.0 es esencial para mantener la competitividad en el sector automotriz. Estas tecnologías incluyen la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT), la automatización avanzada y la manufactura aditiva. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos significativos, principalmente en términos de costos y la necesidad de una formación especializada. Las empresas deben invertir no solo en la adquisición de estas tecnologías, sino también en la capacitación continua de su personal para asegurarse de que los y las empleadas puedan utilizar y mantener estos sistemas avanzados de manera efectiva.

Además, la transición hacia la Industria 4.0 requiere una adaptación cultural dentro de las empresas, promoviendo una mentalidad de innovación y mejora continua. Esto incluye fomentar la colaboración entre diferentes departamentos y disciplinas, así como la actualización constante de las habilidades de los trabajadores para mantenerse al día con los avances tecnológicos [141].

La adopción de tecnologías de Industria 4.0, como el IoT y la inteligencia artificial, es crucial para la transición hacia una producción más eficiente y sostenible. Las Pymes automotrices en España están comenzando a implementar soluciones de Industria 4.0, como la inteligencia artificial, la robótica avanzada y el Internet de las Cosas (IoT). Estas tecnologías son esenciales para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones. Sin embargo, la implementación de estas soluciones enfrenta barreras significativas, como los altos costos de implementación, la necesidad de formación especializada, la interoperabilidad de los sistemas y la resistencia al cambio organizacional. Estas barreras son especialmente pronunciadas en las pequeñas empresas, que cuentan con menos recursos para adoptar y adaptar estas tecnologías a sus necesidades.

### 6.3 Instituciones Técnicas

En España, las instituciones técnicas desempeñan un papel crucial en la formación de profesionales para el sector automotriz, ofreciendo una amplia gama de programas educativos que abarcan desde la formación continua hasta diplomas especializados. Estas instituciones han comenzado a integrar módulos sobre sostenibilidad y tecnologías emergentes en sus programas, con un enfoque creciente en cadenas de valor sostenibles y la producción de vehículos eléctricos. Además, muchas de estas instituciones han iniciado la adopción del enfoque de Work-Based Learning (WBL), promovido por la Unión Europea, asegurando que los estándares de formación estén alineados con marcos como el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF).

No obstante, aunque se han dado pasos hacia la adopción del modelo WBL en muchas instituciones técnicas, su implementación aún no es completa ni uniforme, especialmente en áreas críticas como la sostenibilidad y la integración de tecnologías avanzadas como IoT y Big Data. Estos esfuerzos se ven obstaculizados por los altos costos de implementación y la falta de capacitación especializada. Si bien existe un compromiso creciente con la sostenibilidad ambiental, se observa la necesidad de desarrollar programas más específicos y profundos, que

se centren en cadenas de valor sostenibles y que fortalezcan el enfoque WBL, para alinearse mejor con las demandas emergentes del mercado.

Basado en el análisis de la situación en España, las instituciones educativas que se especializan en el sector automotriz están inmersas en un proceso constante de adaptación y mejora de sus planes de estudio para responder a las cambiantes demandas del mercado laboral y las nuevas exigencias tecnológicas y en direcciones impulsados por las políticas nacionales y globales. Este esfuerzo incluye la incorporación progresiva de la sostenibilidad como un eje central de la formación, junto con tecnologías avanzadas que están redefiniendo la industria automotriz. Se ha identificado la necesidad de fortalecer la capacitación de los formadores en competencias relacionadas con la sostenibilidad y la gestión de recursos, asegurando que estén preparados para impartir conocimientos actualizados y relevantes.

El modelo de aprendizaje basado en el trabajo (Work-Based Learning, WBL), que combina la teoría con la práctica en entornos laborales reales, se está promoviendo activamente. Este enfoque no solo permite a los estudiantes adquirir conocimientos teóricos, sino que también les proporciona habilidades prácticas aplicables directamente en su entorno profesional. Sin embargo, se enfrenta a desafíos, especialmente en las Pymes, donde la implementación y comprensión del WBL no siempre están plenamente consolidadas.

### 6.3.1 Oferta de programas

Los planes de estudio en el sector automotriz en España están siendo revisados y actualizados para incorporar la sostenibilidad y la tecnología avanzada como componentes clave. Este rediseño busca no solo cumplir con las regulaciones ambientales cada vez más estrictas, sino también mejorar la competitividad de los graduados en un mercado global que demanda innovación constante como se puede leer en la descripción del desarrollo de la industria. Las instituciones educativas están integrando módulos que abordan la gestión eficiente de recursos, la minimización de desechos y las tecnologías de producción sostenibles, como parte de un enfoque integral que se basa en el Work-Based Learning (WBL).

A pesar de estos avances, es evidente que se requiere una mayor alineación entre las necesidades del mercado y los contenidos formativos, especialmente en el contexto de las Pymes, donde el WBL no está plenamente implementado. Es necesario diseñar programas de estudio más aplicados, centrados en las cadenas de valor sostenibles y en las habilidades técnicas y de pensamiento crítico, como el trabajo en equipo y la resolución de problemas, esenciales para afrontar los desafíos del sector.

### 6.3.2 Estándares/Marcos de referencia

Las instituciones técnicas en España siguen el enfoque de WBL, alineándose con las directrices de la Unión Europea para combinar teoría y práctica en entornos laborales reales. Los programas formativos están diseñados conforme al *Marco Europeo de Cualificaciones (EQF)*, lo que asegura que los contenidos sean pertinentes y estén actualizados con los avances tecnológicos y las necesidades de la industria automotriz. Este alineamiento permite que los profesionales formados en estas instituciones cuenten con competencias reconocidas tanto a nivel nacional como europeo.

### 6.3.3 Recurso Humano

Debido a la importancia del sector automotriz en la economía española, las instituciones técnicas en España disponen de formadores adecuadamente capacitados en áreas tanto técnicas como pedagógicas. Algunos de estos profesionales también poseen certificaciones en sostenibilidad aplicada al sector automotriz. Sin embargo, estas instituciones enfrentan desafíos relacionados con la necesidad de una mayor formación en WBL y cadenas de valor sostenibles para poder responder adecuadamente a las crecientes demandas del mercado. La formación continua de los formadores es fundamental y se realiza tanto internamente como a través de colaboraciones con consultores y otras instituciones especializadas, para garantizar que estén equipados con las competencias necesarias para enseñar en un entorno en rápida evolución.

El sector automotriz en España se caracteriza por una fuerza laboral diversa y en constante evolución, adaptándose a las exigencias de un mercado dinámico y tecnológicamente avanzado.

El nivel educativo de los trabajadores en la industria automotriz varía considerablemente. Una alta proporción de estos trabajadores posee estudios técnicos y formación profesional, que son fundamentales para el desempeño en áreas especializadas del sector. La formación profesional dual, que combina la teoría en el aula con la práctica en el lugar de trabajo, es particularmente valorada, proporcionando a los y las empleadas una base sólida en competencias técnicas y prácticas relevantes.

El conocimiento sobre sostenibilidad está creciendo entre los trabajadores del sector automotriz, reflejando una tendencia global hacia prácticas más responsables y ecológicas. Sin embargo, aún persiste una falta de formación específica en sostenibilidad en muchas Pymes. A pesar de los esfuerzos por integrar principios de sostenibilidad en los procesos productivos, es necesario un mayor enfoque en la capacitación específica en áreas como la gestión de residuos, la eficiencia energética y el uso de materiales reciclados.

#### 6.3.4 Tecnología

Para responder a las necesidades de la Industria 4.0, las instituciones técnicas en España han comenzado a incorporar en sus currículos tecnologías como el IoT, Big Data e Inteligencia Artificial. Sin embargo, al igual que en otros países, estas instituciones enfrentan barreras significativas, como los altos costos de implementación y la necesidad de una mayor capacitación especializada para integrar plenamente estas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Superar estos desafíos es crucial para asegurar una transición efectiva hacia prácticas sostenibles en la industria automotriz, y para preparar a los futuros profesionales para los retos que enfrentarán en un mercado cada vez más tecnológico y exigente.

Las instituciones educativas enfrentan desafíos significativos en la plena integración de estas tecnologías en sus currículos. Los principales obstáculos incluyen los elevados costos de implementación, la complejidad de integrar estas nuevas tecnologías en los sistemas existentes, y la necesidad de capacitación especializada tanto para los formadores como para los estudiantes. Además, es crucial actualizar continuamente los contenidos formativos para mantener el ritmo con los rápidos avances tecnológicos y las demandas del mercado.

En resumen, aunque se han dado pasos importantes en la modernización de los planes de estudio y la adopción de nuevas tecnologías, se requiere una inversión sostenida en formación y recursos para garantizar que los futuros profesionales del sector automotriz en España estén completamente preparados para enfrentar los retos de una industria en constante evolución.

## 6.4 Conclusiones y recomendaciones de España

Basado en el análisis del contexto en España podemos presentar las siguientes conclusiones en las respectivas áreas:

### Marco Normativo

- Brechas: Falta de implementación efectiva de políticas, las Pymes carecen de recursos para adoptar medidas de sostenibilidad y digitalización, el modelo Work-Based Learning (WBL) no está plenamente implementado, limitando la formación práctica, se requiere mejor articulación entre gobierno, instituciones educativas y sector privado para implementar políticas sostenibles y digitales.
- Recomendaciones: Fortalecer la colaboración entre gobierno, educación y empresas, Impulsar programas de formación y actualización en WBL, Crear incentivos para que Pymes adopten tecnologías avanzadas y sostenibilidad, Incrementar la información a Pymes sobre programas y fondos disponibles.

### Industria/Empresas

- Brechas: Las Pymes enfrentan altos costos y falta de formación para adoptar tecnologías de Industria 4.0, se cumple con mínimos de sostenibilidad sin integrarla en la estrategia empresarial, la formación actual se centra más en lo técnico que en la sostenibilidad, disminución de estudiantes en áreas tecnológicas, especialmente ingeniería.
- Recomendaciones: Crear programas formativos específicos en sostenibilidad e Industria 4.0 para Pymes, desarrollar financiación para la adopción de tecnologías avanzadas en Pymes, acompañada de formación continua, Integrar la sostenibilidad en



la estrategia empresarial, promover carreras tecnológicas en el sector automotriz con perspectivas atractivas para jóvenes, habilidades avanzadas para Industria 4.0 no están generalizadas entre los trabajadores

### **Instituciones técnicas**

- Brechas: se descuida el desarrollo de habilidades blandas como trabajo en equipo y resolución de problemas.
- Recomendaciones: Invertir en formación continua en sostenibilidad, tecnologías avanzadas y habilidades blandas, Implementar formación específica para la transición hacia Industria 4.0., fomentar una cultura de aprendizaje continuo en las empresas para mejorar las competencias tecnológicas y sostenibles.

El sector automotriz en España enfrenta importantes desafíos para mantener su competitividad en un mercado global que exige sostenibilidad y digitalización. A pesar de su impacto significativo en la economía y el empleo, especialmente las Pymes, tienen dificultades para implementar prácticas sostenibles debido a la falta de recursos. Además, la disminución de estudiantes en áreas tecnológicas complica la disponibilidad de talento cualificado para adoptar tecnologías avanzadas como la Industria 4.0. Aunque las políticas están alineadas con las directrices europeas, se requiere una mayor coordinación entre los actores para asegurar la formación continua y la innovación necesarias en el sector.

## 7 Conclusiones Generales

Los países de Alemania, Colombia, España y México presentan avances y desafíos significativos en la transición hacia cadenas de valor sostenibles dentro de sus respectivas industrias automotrices. Sin embargo, estos avances se dan en diferentes niveles, con enfoques y contextos que varían considerablemente debido a la diversidad en la importancia y robustez del sector automotriz en cada país, en términos de producción, ventas y desarrollo industrial.

El análisis de contexto se enfoca en los principales desafíos y necesidades que son los insumos para la creación del plan de estudios ECVET en cadenas de valor sostenibles.

**Políticas y Enfoques Educativos:** Los principales desafíos identificados en estos países incluyen la necesidad de afinar políticas y enfoques educativos que apoyen y sostengan los procesos de sostenibilidad ya implementados. Aunque todos los países reconocen la importancia de avanzar en prácticas sostenibles, especialmente desde la dimensión ambiental, se hace evidente la necesidad de un enfoque más integrado y adaptativo. Este enfoque debe involucrar de manera coordinada a los gobiernos, la industria y el sector educativo, mediante regulaciones ambientales y sociales más estrictas, que permitan superar las barreras actuales y aprovechar las oportunidades que la sostenibilidad ofrece para el sector automotriz, incluyendo los incentivos gubernamentales específicos de cada país.

**Transición hacia Tecnologías Limpias:** Un desafío clave es la transición hacia tecnologías más limpias. Esto requiere una capacitación especializada de la mano de obra en sostenibilidad y tecnologías avanzadas, además de un acceso adecuado al financiamiento. Aunque la transición hacia la movilidad eléctrica y la eficiencia energética es reconocida y valorada por las empresas, el ritmo de adopción sigue siendo lento. Las empresas deben percibir esta transición como una inversión estratégica y no como un gasto adicional.

**Formación Técnica y WBL:** En el ámbito formativo, se destaca la necesidad de adaptar la formación basada en el trabajo (WBL), especialmente en las pequeñas y medianas empresas (Pymes), a las exigencias de la sostenibilidad. Es crucial desarrollar programas educativos específicos y accesibles, tanto para operarios como para formadores, que incluyan el

reconocimiento y la certificación de conocimientos, promoviendo así una visión de inversión en capacitación dentro de las empresas.

**Resistencia al Cambio y Barreras Inclusivas:** La resistencia al cambio dentro de las organizaciones se presenta como un obstáculo significativo para avanzar hacia la sostenibilidad y la modernización. Este fenómeno responde a diversos factores, como consideraciones de costo-beneficio, diferencias generacionales y estructuras jerárquicas. Además, persisten barreras inclusivas en términos de equidad de género y discapacidad, lo que subraya la necesidad de continuar reforzando políticas inclusivas que reflejen la justicia social como un pilar fundamental de la sostenibilidad.

La transición hacia cadenas de valor sostenibles en la industria automotriz es un proceso complejo que enfrenta múltiples desafíos, pero también ofrece grandes oportunidades. Los países de Alemania, Colombia, España y México deben avanzar hacia un modelo de sostenibilidad que no solo considere la dimensión ambiental, sino también la social y económica, con un enfoque claro en la integración de políticas, educación, y tecnología. La superación de la resistencia al cambio y la implementación de políticas inclusivas serán cruciales para lograr un sector automotriz más sostenible y justo en estos países.

## 8 Anexos

**Tabla 3**

*Principales Leyes Locales en Materia Ambiental de los Estados Pertenecientes al Corredor Automotriz en México*

Estado	Nombre de la ley con hipervínculo	Objetivo	Vinculación con el sector automotriz	Vinculación con la academia
Aguascalientes	<a href="#">Ley de Protección Ambiental para el Estado de Aguascalientes</a>	Establecer las bases para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y control de emisiones.	Regula las emisiones de plantas automotrices y el manejo de residuos industriales.	Universidades locales colaboran en proyectos de investigación sobre reducción de emisiones y reciclaje de materiales.
Ciudad de México	<a href="#">Ley Ambiental de Protección a la Tierra</a>	Regular el impacto ambiental, manejo de residuos y calidad del aire.	Regula las emisiones vehiculares en circulación, impactando directamente al sector automotriz.	Promueve la colaboración con universidades en proyectos de monitoreo de calidad del aire y tecnologías limpias.
Coahuila	<a href="#">Ley de Protección al Ambiente del Estado de Coahuila</a>	Regular la protección al ambiente, emisiones industriales y manejo de residuos.	Regula las emisiones de contaminantes en la industria automotriz y la gestión de residuos.	La academia participa en proyectos de investigación sobre reducción de emisiones y formación de trabajadores en nuevas tecnologías.

Estado	Nombre de la ley con hipervínculo	Objetivo	Vinculación con el sector automotriz	Vinculación con la academia
Estado de México	de <a href="#">Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México</a>	Regular la calidad del aire, control de residuos y la evaluación del impacto ambiental.	Impacta directamente a las plantas de manufactura automotriz regulando las emisiones vehiculares y residuos.	La academia se vincula en la investigación de impacto ambiental y desarrollo de soluciones para reducir emisiones.
Guanajuato	<a href="#">Ley de Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato</a>	Protección de los recursos naturales y regulación de emisiones contaminantes.	Regula las emisiones de las plantas automotrices locales, afectando la producción y operación.	Fomenta la investigación y desarrollo de tecnologías limpias en colaboración con universidades locales.
Jalisco	<a href="#">Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente</a>	Proteger los recursos naturales y regular las emisiones de contaminantes.	Controla las emisiones de plantas automotrices locales, afectando la producción y operación.	Fomenta la participación de la academia en proyectos de investigación en energías limpias y reciclaje.
Nuevo León	<a href="#">Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Nuevo León</a>	Regular la protección al ambiente y la gestión de residuos sólidos, emisiones y descargas hídricas.	Regula las emisiones industriales, afectando a las plantas automotrices.	Universidades locales participan en la capacitación de trabajadores

Estado	Nombre de la ley con hipervínculo	Objetivo	Vinculación con el sector automotriz	Vinculación con la academia
				para tecnologías limpias y proyectos de investigación.
Puebla	<a href="#">Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla</a>	Proteger y restaurar el equilibrio ecológico y controlar las emisiones de vehículos.	Controla las emisiones contaminantes de vehículos en circulación y en plantas de manufactura.	Colaboración con universidades en estudios de impacto ambiental y de tecnologías sostenibles.
Querétaro	<a href="#">Ley Estatal de Protección Ambiental de Querétaro</a>	Regular las actividades que impactan el ambiente, enfocándose en la reducción de emisiones y manejo de residuos.	Fomenta el control de emisiones y el manejo de residuos industriales en plantas automotrices.	Fomenta la colaboración con instituciones académicas para estudios sobre emisiones y tecnologías limpias.
San Luis Potosí	<a href="#">Ley de Protección al Ambiente del Estado de San Luis Potosí</a>	Protección al medio ambiente y control de emisiones en industrias automotrices y otras fuentes de contaminación.	Regula las emisiones contaminantes en plantas automotrices, incluyendo residuos peligrosos.	Promueve la vinculación con universidades para el estudio de impacto ambiental y el desarrollo de soluciones sostenibles.

*Nota.* Elaboración propia con base en textos legales de acceso público en México. Fuentes incluidas en la tabla.

## 9 Referencias

- [1] J. J. Lull Noguera and J. L. Galdón Salvador, "Análisis PESTEL: analizando el entorno para la toma de decisiones," 2024.
- [2] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, *Metodología de la investigación*. Mexico, 2010.
- [3] Z. Nettekoven, "Automotive industry transformation and industrial policy in the EU and Germany: A critical perspective," no. 208, 2023.
- [4] NRW.Energy4Climate, "Die Landesgesellschaft für Energie und Klimaschutz - NRW.Energy4Climate." Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.energy4climate.nrw/>
- [5] e-mobil BW GmbH, "Strategic Dialogue for the Automotive Sector in Baden-Württemberg - e-mobil BW GmbH." Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.e-mobilbw.de/en/network/strategic-dialogue-for-the-automotive-sector-in-baden-wuerttemberg>
- [6] BMWK, "BMWK - „Digital Jetzt“– Förderung für die Digitalisierung des Mittelstands." Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/digital-jetzt.html>
- [7] "EU-Innovationsfonds Europäische Kommission, "EU-Innovationsfonds: 4 Mrd. Euro Förderung für Projekte zu Dekarbonisierungs-Technologien - Europäische Kommission." Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: [https://germany.representation.ec.europa.eu/news/eu-innovationsfonds-4-mrd-euro-forderung-fur-projekte-zu-dekarbonisierungs-technologien-2023-11-23\\_de](https://germany.representation.ec.europa.eu/news/eu-innovationsfonds-4-mrd-euro-forderung-fur-projekte-zu-dekarbonisierungs-technologien-2023-11-23_de)
- [8] J. Ewald and B. Zink, "Zukunft der Automobilwirtschaft in Nordrhein-Westfalen," p. 181, 2021.

- [9] Federal Institute for Vocational Education and Training (BIBB) - Germany, "Federal Institute for Vocational Education and Training (BIBB) - Germany." Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.bibb.de/en/index.php>
- [10] "Einkommen der Auszubildenden - BAföG." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.bafög.de/bafog/de/antragstellen/merkblaetter/einkommen-der-auszubildenden/einkommen-der-auszubildenden>.
- [11] "Startseite - Deutscher Qualifikationsrahmen." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: [https://www.dqr.de/dqr/de/home/home\\_node](https://www.dqr.de/dqr/de/home/home_node)
- [12] "Startseite - IHK\_DE." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.ihk.de/>
- [13] "ISO 14001 Certification – Environmental Management Systems | SGS Germany." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.sgs.com/en-de/services/iso-14001-certification-environmental-management-systems>
- [14] "Energiemanagementsysteme: ISO 50001 | Umweltbundesamt." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/energiemanagementsysteme-iso-50001#iso-50001-aufbau-und-anwendung>
- [15] "ISO 26000 – Leitfaden zur gesellschaftlichen Verantwortung." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.dqsglobal.com/de-de/zertifizieren/iso-26000-leitfaden>
- [16] "Was ist EMAS: Umweltmanagementsystem EMAS." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.emas.de/was-ist-emas>
- [17] "Vorbildlich nachhaltig: LEED-Zertifikat in Gold für Continental-Entwicklungszentrum in Regensburg - Continental AG." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available:



<https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/2021-01-22-lead-zertifikat/>

- [18] GOVET, "Govet / Berufliche Weiterbildung in Deutschland." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.govet.international/de/187255.php>
- [19] "European credit system for vocational education and training (ECVET) | CEDEFOP." Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.cedefop.europa.eu/es/projects/european-credit-system-vocational-education-and-training-ecvet>
- [20] B. für B. (BIBB), "Portal de homologaciones." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/es/indice.php#>
- [21] oica, "2023 production statistics | www.oica.net." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.oica.net/2023-production-statistics/>
- [22] AIMA, "AMIA – Asociación Mexicana de La Industria Automotriz." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.amia.com.mx/>
- [23] INEGI, "Vehículos de Motor Registrados en Circulación (VMRC)." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/>
- [24] ANPACT, "Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.anpact.com.mx/index.php>
- [25] AIMA, "Producción de Vehículos en México – AMIA." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.amia.com.mx/about/vehiculos-mexico/>
- [26] AIMA, "Exportación de Vehículos Ligeros." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.amia.com.mx/exportacion-de-vehiculos-ligeros1/>
- [27] Cluster industrial, "Cluster Industrial – Se vendieron más de 14 mil vehículos eléctricos en México durante 2023." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available:

<https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/7388/se-vendieron-mas-de-14-mil-vehiculos-electricos-en-mexico-durante-2023>

- [28] El Financiero, "México debe invertir mil 731.5 mdd anuales para desplegar electrolineras – El Financiero." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas-ESG/2024/08/08/mexico-debe-invertir-mil-7315-mdd-anuales-para-desplegar-electrolineras/>
- [29] C. Alkalah, "Estándar de Competencia," vol. 19, no. 5, pp. 1–23, 2016.
- [30] Prodensa, "Nearshoring to Mexico: A New Reality." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.prodensa.com/insights/blog/nearshoring-to-mexico-the-new-reality>
- [31] GBM, "¿Cómo va el nearshoring en México? - GBM Academy." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://gbm.com/academy/como-va-el-nearshoring-en-mexico/>
- [32] I. Molina, "Sector automotriz: listo para ser el líder en sostenibilidad." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://mexicoindustry.com/noticia/sector-automotriz-listo-para-ser-el-lider-en-sostenibilidad>
- [33] Reporte Indigo, "Transición automotriz hacia un futuro sostenible - Reporte Indigo." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.reporteindigo.com/energia-industria/volante/industria-automotriz-en-mexico/>
- [34] Gobierno de México, "Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC) | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático | Gobierno | gob.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-cambio-climatico-sinacc>

- [35] Gobierno de México, "Estrategia Nacional de Energía | Secretaría de Energía | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-energia>
- [36] Gobierno de México, "Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-residuos>
- [37] C. Industrial, "Clúster Industrial - Plataforma líder en información de la industria manufacturera en México." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.clusterindustrial.com.mx/>
- [38] ENGIE, "Acteur mondial de l'énergie | ENGIE." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.engie.com/>
- [39] Capgemini, "Capgemini - Get The Future You Want." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.capgemini.com/>
- [40] S. de H. y C. Público, "Taxonomía Sostenible de México | Secretaría de Hacienda y Crédito Público | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/shcp/documentos/taxonomia-sostenible-de-mexico>
- [41] Secretaría de Economía, "Decreto Automotriz | Secretaría de Economía | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/decreto-automotriz>
- [42] Secretaría del Medio ambiente, "Vehículos Contaminantes (PVC)." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/vehiculos-contaminantes-pvc>

- [43] Secretaría del Medio ambiente, "Conoce el PROAIRE de la Megalópolis 2017-2030 | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/conoce-el-proaire-de-la-megalopolis-2017-2030?idiom=es>
- [44] S. del M. Ambiente, "Programas de Verificación Vehicular (PVV) | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-verificacion-vehicular-pvv>
- [45] Gobierno de México, "Subsecretaría de Educación Media Superior¿En qué consiste el Sistema de Educación Dual?" Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: [https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/es\\_mx/sems/en\\_que\\_consiste\\_modelo\\_mexicano\\_formacion\\_dual](https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/es_mx/sems/en_que_consiste_modelo_mexicano_formacion_dual)
- [46] Gobierno de Mexico, "Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT)." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://dgair.sep.gob.mx/dgcft>
- [47] Conocer, "CONOCER - Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://conocer.gob.mx/>
- [48] Secretaría de educación de México, "Séptima Sesión Ordinaria Del Consejo Nacional Para La Coordinación De La Educación Superior CONACES Coordinadora De La Comisión De Trabajo Del CONACES," 2023.
- [49] Conocer, "CONOCER - Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://conocer.gob.mx/>

- [50] Forbes, "Industria automotriz prevé producir más de 4 millones de vehículos en 2024 • Economía y finanzas • Forbes México." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.forbes.com.mx/industria-automotriz-preve-producir-mas-de-4-millones-de-vehiculos-en-2024/>
- [51] INEGI, "Las empresas en los Estados Unidos Mexicanos.," *Inegi*, p. 50, 2019.
- [52] AMDA, "Conduciendo hacia un futuro sustentable. Diálogo con la Industria Automotriz 2024," 2024.
- [53] E. Conraud Koellner and M. G. Arredondo Hidalgo, "Desempeño Sustentable De La Industria Automotriz En México: Nuevas Perspectivas De Creación De Valor Para El Consumidor Millennial," pp. 1–15, 2018.
- [54] Juan Manuel Perez Debrand, "The Sustainable Development of Industries: The Case of the Auto Industry in Mexico," 2015.
- [55] R. M. Rodríguez-González, G. Maldonado-Guzman, and A. Madrid-Guijarro, "The effect of green strategies and eco-innovation on Mexican automotive industry sustainable and financial performance: Sustainable supply chains as a mediating variable," *Corp Soc Responsib Environ Manag*, vol. 29, no. 4, pp. 779–794, 2022, doi: 10.1002/csr.2233.
- [56] Capgemini, "La industria automotriz en la era de la sustentabilidad. - Capgemini Mexico." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.capgemini.com/mx-es/insights/biblioteca-de-investigacion/la-industria-automotriz-en-la-era-de-la-sustentabilidad/>
- [57] Proyecta Impacto, "Sostenibilidad México 2024: tendencias, retos y oportunidades - Proyecta Impacto." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.proyectaimpacto.com/2024/04/sostenibilidad-mexico-2024/>
- [58] M. Pineda, "Destacan importancia de la formación técnica en la industria automotriz | Modern Machine Shop Mexico." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online].

- Available: <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/destacan-importancia-de-la-formacion-tecnica-en-la-industria-automotriz>
- [59] Gobierno de Mexico, "Modelo Mexicano de Formación Dual | Secretaría de Educación Pública | Gobierno | gov.mx." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/modelo-mexicano-de-formacion-dual>
- [60] A. R. Uresti, "Capacitación y mercado laboral en México • Red Forbes • Forbes México." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.forbes.com.mx/capacitacion-y-mercado-laboral-en-mexico/>
- [61] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Inegi Presenta Resultados De La Encuesta Nacional Sobre Productividad Y Competitividad De Las Micro, Pequeñas Y Medianas Empresas (Enaproce)," *Comunicado de prensa*, vol. 448/19, pp. 1–16, 2019.
- [62] D. Luna, "Industria automotriz en México: una red de redes." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://mexicoindustry.com/noticia/industria-automotriz-en-mexico-una-red-de-redes>
- [63] OLA Observatorio Laboral, "Ocupación por sectores económicos | OLA." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: [https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Ocupacion\\_sectores.html](https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Ocupacion_sectores.html)
- [64] G. Hernandez, "Informalidad cierra el 2023 en 53.6%, su nivel más bajo en casi dos décadas." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.eleconomista.com.mx/capitalhumano/Informalidad-cierra-el-2023-en-53.6-su-nivel-mas-bajo-en-casi-dos-decadas-20240125-0128.html>
- [65] Lilia González, "Industria automotriz registra el nivel más alto de legitimación de contratos colectivos." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.eleconomista.com.mx/capitalhumano/Industria-automotriz->

registra-el-nivel-mas-alto-de-legitimacion-de-contratos-colectivos-20230507-0005.html

- [66] Infobae, "Industria automotriz en México espera más empleos por electromovilidad - Infobae." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/america/agencias/2023/04/12/industria-automotriz-en-mexico-espera-mas-empleos-por-electromovilidad/>
- [67] "▷ Mejores Universidades Para Estudiar Ingeniería Automotriz En México." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://universoptimum.com/mejores-universidades-para-estudiar-ingenieria-automotriz-en-mexico/>
- [68] J. Zozaya, "Retos y perspectivas de la industria automotriz en México para 2024." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.forbes.com.mx/retos-y-perspectivas-de-la-industria-automotriz-en-mexico-para-2024/>
- [69] A. Higuera Zimbrón, E. Rivera Gutiérrez, and A. Santamaría Ortega, "Sostenibilidad curricular: construir programas académicos integrales," *Revista Digital Universitaria*, vol. 21, no. 3, 2020, doi: 10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n3.a10.
- [70] Benjamín Cervantes, "La Industria 4.0 en México: Retos y Oportunidades para la Transformación Industrial | México Industry." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://mexicoindustry.com/opinion/la-industria-4-0-en-mexico-retos-y-oportunidades-para-la-transformacion-industrial>
- [71] L. F. Espinosa, "México acelera su camino hacia la Industria 4.0 - SAP News Center Latinoamérica." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://news.sap.com/latinamerica/2021/06/mexico-acelera-su-camino-hacia-la-industria-4-0/>
- [72] IMEEC, "Home - Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://imeec.org.mx/>

- [73] Francisco Rivera, "Estos son los retos de México frente a la industria 4.0." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.forbes.com.mx/estos-son-los-retos-de-mexico-frente-a-la-cuarta-revolucion-industrial-o-industria-4-0/>
- [74] J. A. Galicia Orozco and R. S. Rios Estrada, "Barreras organizacionales para la implementación de la logística 4.0 en una empresa mexicana," *Entretextos*, vol. 15, no. 39, pp. 1–22, Dec. 2023, doi: 10.59057/iberoleon.20075316.202339679.
- [75] AMDA, "Conduciendo hacia un futuro sustentable. Diálogo con la Industria Automotriz 2024," 2024, [Online]. Available: [https://www.amda.mx/wp-content/uploads/asociaciones\\_2024\\_240522.pdf](https://www.amda.mx/wp-content/uploads/asociaciones_2024_240522.pdf)
- [76] Infobae, "Industria automotriz en México espera más empleos por electromovilidad - Infobae." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/america/agencias/2023/04/12/industria-automotriz-en-mexico-espera-mas-empleos-por-electromovilidad/>
- [77] Kilpatrick executive, "Profesiones más demandadas del sector automotriz." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.kilpatrickexecutive.com/es/news/profesiones-mas-demandadas-del-sector-automotriz/>
- [78] CIEES, "CIEES Mejor Educación Superior." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.ciees.edu.mx/>
- [79] COPAES, "Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A.C (COPAES) México," 2007.
- [80] Diario Oficial de la Federación, "DOF - Diario Oficial de la Federación." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5691672&fecha=08/06/2023#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5691672&fecha=08/06/2023#gsc.tab=0)



- [81] OCDE, "Educación y Competencias," 2019.
- [82] UNESCO, "Educación para el Desarrollo Sostenible | UNESCO." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/es/sustainable-development/education>
- [83] U. SITEAL, "Educación y género | SITEAL." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: [https://siteal.iiep.unesco.org/eje/educacion\\_y\\_genero](https://siteal.iiep.unesco.org/eje/educacion_y_genero)
- [84] Neuron Automative Forum, "El Impulso del Clúster Automotriz en Querétaro: Un Modelo de Colaboración para la Competitividad – Neuron Business Media." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://neuronbusinessmedia.mx/el-impulso-del-cluster-automotriz-en-queretaro-un-modelo-de-colaboracion-para-la-competitividad/>
- [85] Ronald Ortega, "Volkswagen México lidera la transformación integral sostenible en la industria automotriz - Latam Mobility." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://latamobility.com/volkswagen-mexico-lidera-la-transformacion-integral-sostenible-en-la-industria-automotriz/>
- [86] World Economic Forum, "Circularidad en la industria automotriz: Cómo la UE, China y EE. UU. impulsan la sostenibilidad | Foro Económico Mundial." Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: <https://es.weforum.org/agenda/2024/03/circularidad-en-la-industria-automotriz-como-la-ue-china-y-ee-uu-impulsan-la-sostenibilidad/>
- [87] R. A. Lira Beltrán, J. A. Orizaga Trejo, C. A. Castañeda González, and H. Cruz Herrera, "La aplicación de la Inteligencia Artificial en la inserción productiva de egresados universitarios," *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, no. 10, pp. 24–36, Jun. 2024, doi: 10.22201/dgtic.26832968e.2024.10.14.
- [88] Gobierno de México, "Programa Institucional 2021-2024 del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica," 2021.

- [89] Fernanda González, "El Conalep impartirá una nueva materia de inteligencia artificial | WIRED." Accessed: Sep. 09, 2024. [Online]. Available: <https://es.wired.com/articulos/conalep-impartira-una-nueva-materia-de-inteligencia-artificial>
- [90] Secretaría de Educación, "Agenda Digital Educativa de México," 2020.
- [91] A. T. Sifuentes Ocegueda, E. L. Sifuentes Ocegueda, and J. M. Rivera Barajas, "Educación 4.0, modalidad educativa y desarrollo regional integral," *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, vol. 13, p. e1452, May 2022, doi: 10.33010/ie\_rie\_rediech.v13i0.1452.
- [92] C. Y. Nonzoque López and W. L. Gutiérrez Mayorga, "Valoración Financiera de GM Colmotores S.A Colombia Trabajo Final: Valoración Financiera," 2023.
- [93] Revista Autos y Partes, "La tecnología de la Industria 4.0 es indispensable en la nueva normalidad en la Industria Automotriz."
- [94] C. Y. Nonzoque López and W. L. Gutiérrez Mayorga, "Valoración Financiera de GM Colmotores S.A Colombia Trabajo Final: Valoración Financiera," 2023.
- [95] R. Caicedo and N. Manrique, "Aunar esfuerzos para la actualización de la Huella Ecológica en la Región Central de Antioquia como aporte a la gestión de planificación y el ordenamiento ambiental," *Corantioquia, Unal*, p. 322, 2017.
- [96] Cámara de la Industria de Motocicletas, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia-ANDI, and Fenalco, "Boletín Registro de Motocicletas Nuevas en Colombia," 2024.
- [97] Asociación Nacional de Empresarios de Colombia-ANDI and Fenalco, "Boletín Vehículos Nuevos," 2024.
- [98] Registro Único Nacional de Tránsito-RUNT, "Balance del sector tránsito y transporte 2023," 2023.

- [99] Óscar Mena, "Estas son las motos que se ensamblan en Colombia," Revista Diners.
- [100] G. R. Peña-Meneses and R. G. García-Cáceres, "Elementos importantes de la cadena de abastecimiento del sector automotriz en Colombia," *INGE CUC*, vol. 15, no. 1, pp. 168–183, Jun. 2019, doi: 10.17981/ingecuc.15.1.2019.15.
- [101] C. A. Manrique, "Sector Automotriz y de Vehículos."
- [102] A. J. Rodríguez Linares, "Sostenibilidad en Colombia: Una práctica difícil de encontrar," BOGOTÁ D.C., COLOMBIA, Sep. 2021. Accessed: Jul. 04, 2024. [Online]. Available:  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39596/RodriguezLinaresAngieJuliet2021.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20Colombia%20el%20desarrollo%20sostenible,lleven%20a%20cabo%20los%20procesos.>
- [103] J. N. Cruz Moreno, S. Rodriguez Bello, C. A. Vanegas Rojas, and M. Rivera Lozano, "Estrategias para la industria automotriz," 2023.
- [104] Departamento Nacional de Planeación, "Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026," Bogotá, May 2023. [Online]. Available: [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)
- [105] Gobierno de Colombia, "Estrategia Nacional de Transporte Sostenible," Bogotá, 2022.
- [106] E. Serna Peña and S. Maestre Gallego, "Democratización de la producción de la energía eléctrica en Colombia a partir de la Ley 1715 de 2014," *Dos mil tres mil*, vol. 20, no. 1, pp. 135–152, Dec. 2018, doi: 10.35707/dostresmil/20106.
- [107] L. del P. Cipagauta Bastos, "Regulación fiscal de los vehículos de energías limpias en Colombia," Jun. 2023, Accessed: Jul. 14, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11634/51354>
- [108] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible and I. y T. Ministerio de Comercio, "Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración

y nuevos modelos de negocio Estrategia Nacional de Economía Circular Contenido," Bogotá D.C., Colombia , 2019.

- [109] C. García de la Torre, L. Portales, and G. Yepes López, *Sostenibilidad en las pymes de América Latina y el Caribe*, 1.<sup>a</sup> ed. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Externado de Colombia, 2021.
- [110] Ministerio del Trabajo, "Decreto 1650 de 2021, Por el cual se adiciona el Capítulo 9 al Título 6 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, en lo relacionado con el Subsistema de Formación para el Trabajo y su Aseguramiento de la Calidad ," Dec. 06, 2021.
- [111] Ministerio del Trabajo, "Subsistema de Formación para el Trabajo y su Aseguramiento de la Calidad." Accessed: Sep. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.mintrabajo.gov.co/subsistema-de-formaci%C3%B3n-para-el-trabajo-y-su-aseguramiento-de-la-calidad>
- [112] Colombia Aprende, "Marco Nacional de Cualificaciones." Accessed: Sep. 22, 2024. [Online]. Available: <https://especiales.colombiaaprende.edu.co/mnc/definicion.html>
- [113] Ministerio de Educación nacional, "Marco Nacional de Cualificaciones: Apuesta de país por los aprendizajes pertinentes y las trayectorias educativas y laborales. Nota técnica," Bogotá , Jun. 2022. Accessed: Jul. 14, 2024. [Online]. Available: [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-363488\\_recurso\\_31.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-363488_recurso_31.pdf)
- [114] Ministerio del Trabajo, "Subsistema de Formación para el Trabajo y su Aseguramiento de la Calidad," <https://www.mintrabajo.gov.co/subsistema-de-formaci%C3%B3n-para-el-trabajo-y-su-aseguramiento-de-la-calidad>.
- [115] Ministerio de Educación, "Lineamientos para la implementación del Esquema de Movilidad Educativa y Formativa – EMEF," Bogotá, Jun. 2022. Accessed: Jul. 14, 2024. [Online]. Available:

[https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files\\_public/2022-06/Lineamientos-esquema-de-movilidad-21-junio-2022.pdf](https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/Lineamientos-esquema-de-movilidad-21-junio-2022.pdf)

- [116] A. F. Forero and E. Pombo, "Financiarse, el verdadero problema de las PYMES en Colombia," Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA, Bogotá D.C, 2019.
- [117] D. Rodríguez-Novoa, A. Rozada Najar, and A. N. Salcedo Gómez, "Reporte de la Situación Del Crédito en Colombia," 2023.
- [118] Universidad ECCI and ASOPARTES, "Retos Económicos y Ambientales del Sector Automotriz," Editorial Universidad ECCI, May 2020. doi: 10.18180/memorias.978-958-8817-37-8.
- [119] J. S. Quintero Reatiga, "Las Pymes en Colombia y Las Barreras Para su Desarrollo y Perdurabilidad," Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá DC, 2018.
- [120] J. Garzón Pardo and L. F. Triviño, "Limitaciones Para la Implementación de Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial en Empresas de Servicios Colombianas: Una Perspectiva Institucional," Universidad de la Salle, Bogotá DC, 2022.
- [121] M. Cundy Pombo and J. S. Villamil Mor, "Y Ellas, ¿Qué? Desafiando la Brecha de Género en el Sector Automotriz: El Papel Crucial de Las Mujeres," Bogotá, Colombia, 2023.
- [122] A. F. Forero and E. Pombo, "Financiarse, el verdadero problema de las PYMES en Colombia," Bogotá D.C, 2019.
- [123] M. Lucía Ramírez Blanco *et al.*, "Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES," 2021. [Online]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3582.pdf>.
- [124] Andrés Villamizar, "Sector de motos le pone el pecho a la falta de formación en mecánica en Colombia." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available:

<https://www.elcolombiano.com/negocios/cual-es-el-deficit-de-mano-de-obra-en-el-sector-automotor-motos-motocicletas-mecanicos-BC23034544>

- [125] Juan David Cano Lopera, "Mercado laboral Colombia: tasa de ocupación de los jóvenes en 2023." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/mercado-laboral-colombia-tasa-de-ocupacion-de-los-jovenes-en-2023-758544>
- [126] El Tiempo, "Nuevos oficios y el futuro del empleo en la industria automotriz." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/nuevos-oficios-y-el-futuro-del-empleo-en-la-industria-automotriz-840231>
- [127] ANFAC, "Datos clave del sector Automoción 2021 – ANFAC." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://anfacs.com/datos-clave-del-sector-automocion-2021/>
- [128] Forbes España, "Las cifras de la automoción en España - Forbes España." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://forbes.es/empresas/51248/las-cifras-de-la-automocion-en-espana/>
- [129] Laura Flórez, "El sector automotriz acumula un 2023 de expansión." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.plastico.com/es/noticias/el-sector-automotriz-acumula-un-2023-de-expansion>
- [130] Raul Moreno, "Seis tendencias que darán forma al futuro de la industria automotriz." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/seis-tendencias-que-dar%C3%A1n-forma-al-futuro-de-la-ra%C3%BAI-moreno-/>
- [131] Centro de Recursos User, "Innovación y sostenibilidad, el futuro del automóvil | Actualidad | Sostenibilidad." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://sostenibilidad.ituser.es/actualidad/2024/03/innovacion-y-sostenibilidad-el-futuro-del-automovil>

- [132] Sernauto, "Profesiones más demandadas del sector automoción | SERNAUTO." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.sernauto.es/blog/que-estudiar-para-trabajar-en-el-sector-automocion-profesiones-mas-demandadas/>
- [133] Gobierno de España, "Guía para acceder a las ayudas del plan MOVES III Ayudas para la compra de vehículos." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://bit.ly/3tnKoch>
- [134] Ministerio de Industria y Turismo, "Industria aprueba de manera definitiva 14 proyectos para la descarbonización de la industria manufacturera." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.mintur.gob.es/es-es/GabinetePrensa/NotasPrensa/2024/Paginas/Industria-aprobacion-definitiva-14-proyectos-PERTE-descarbonizacion-industria-manufacturera.aspx>
- [135] European Commission, "Circular economy." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy_en)
- [136] Ministerio de Industria y Turismo, "Plan RENOVE." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://industria.gob.es/renove/paginas/index.aspx>
- [137] Ministerio de Industria y Turismo, "Plan Estratégico de Apoyo Integral al Sector de la Automoción." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://industria.gob.es/es-es/servicios/paginas/plan-estrategico-apoyo-integral-sector-automocion.aspx>
- [138] OECD, "OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2021 | OECD SME and Entrepreneurship Outlook." Accessed: Sep. 12, 2024. [Online]. Available: [https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-sme-and-entrepreneurship-outlook-2021\\_97a5bbfe-en](https://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/oecd-sme-and-entrepreneurship-outlook-2021_97a5bbfe-en)
- [139] IEA, "Spain auto sector transition plan – Policies - IEA." Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/policies/17839-spain-auto-sector-transition-plan>

- [140] T. y R. G. de España. Plan de Recuperación, “PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectad.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://planderecuperacion.gob.es/como-acceder-a-los-fondos/pertes/perte-del-vehiculo-electrico-y-conectado>
- [141] Confederación Española de Talleres de Reparación de Automóviles y Afines, “CETRAA.” Accessed: Sep. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.cetraa.com/>



