



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Nuevas tecnologías en la industria automotriz. Una transformación hacia la movilidad inteligente.

Araceli Rendón Trejo¹
Irene Juana Guillén Mondragón²
*Andrés Morales Alquicira **

Resumen

Las nuevas tecnologías han llevado a una transformación profunda de la actividad económica y de la sociedad. La industria automotriz ha sido una de las primeras en incorporar los avances tecnológicos y hoy en día son las que incorporan, entre otras, la digitalización, automatización, Machine Learning (ML), robótica, gemelos digitales e inteligencia artificial (IA) con el fin de hacer frente a la creciente competencia marcada por la incertidumbre, presión ambiental, conflictos políticos y bélicos y la fuerte presencia de China en la economía mundial. Este trabajo tiene como objetivo destacar la importancia que tienen las nuevas tecnologías, entre ellas la IA, para la industria automotriz en un contexto caracterizado por una fuerte competencia, la creciente necesidad de migrar a prácticas y tecnologías más amigables con el medio ambiente y la incertidumbre derivada de conflictos políticos y bélicos en distintas partes del mundo.

Palabras clave: industria automotriz, nuevas tecnologías, inteligencia artificial.

Abstract

New technologies have led to a profound transformation of economic activity and society. The automotive industry was one of the first to incorporate technological advances and today incorporates, among others, digitalization, automation, machine learning (ML), robotics, digital twins, and artificial intelligence (AI) to face growing competition marked by uncertainty, environmental pressure, political and military conflicts, and China's strong presence in the global economy. This paper aims to highlight the importance of new technologies, including AI, for the automotive industry in a context characterized by intense competition, the growing need to migrate to more environmentally friendly practices and technologies, and the uncertainty arising from political and military conflicts in different parts of the world.

Keywords: automotive industry, new technologies, artificial intelligence

¹* Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco

² Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa

Introducción

Desde 2012, en varios países se establecieron programas de apoyo y desarrollo tecnológico con el fin de impulsar el crecimiento industrial; la cuarta revolución industrial (también llamada industria 4.0) se hizo presente. El avance en el procesamiento informático y su aplicación práctica, se ha expandido gracias a la aplicación del Big Data, la inteligencia artificial (IA), la automatización, los gemelos digitales, y el aprendizaje autónomo; ha cambiado el paradigma tradicional (Kapileswar & Narendra, 2024). La adopción de la digitalización ha mejorado la productividad y ha contribuido a un mejor manejo de los recursos. Con la pandemia en 2020, la creciente presión por la sostenibilidad ambiental y necesidades de un consumidor digital, los cambios se aceleraron aún más.

Los rápidos y constantes avances en la tecnología se han incorporado a la cadena de suministro. En gran cantidad de actividades económicas se redefinen los modelos de producción, la experiencia del usuario e incluso, el concepto mismo de movilidad con la conducción autónoma – en lugares. La sociedad ha cambiado y tiene otras necesidades.

La industria automotriz atraviesa por una de las transformaciones más disruptivas de su historia, impulsada por tecnología asociada con la Cuarta Revolución Industrial y por la necesidad y exigencia de tecnologías más amigables con el medio ambiente. Puesto que esta industria es muy importante para la economía en México - ya que en 2024 su aportación al PIB a nivel nacional representó el 4.7% del PIB nacional, el 22.8% del PIB manufacturero mientras que las autopartes representaron el 12.1% de las exportaciones totales del país, y que además fue el séptimo productor a nivel mundial de vehículos ligeros, el tercer mayor exportador de vehículos, el cuarto mayor exportador de autopartes (Deloitte, 2024)-, es relevante conocer lo que sucede en esa industria relacionado con los cambios tecnológicos, en particular con la inteligencia artificial, en un contexto de cambios geopolíticos y económicos, cuáles son sus principales retos y acciones implementadas.

El objetivo de este trabajo es destacar la importancia que tienen las nuevas tecnologías para las empresas y la economía en general, en particular para la industria automotriz, en un contexto caracterizado por un rápido avance tecnológico, una fuerte competencia, la creciente necesidad de migrar a prácticas y tecnologías más amigables con el medio ambiente y la incertidumbre derivada de conflictos políticos y bélicos en distintas partes del mundo. El trabajo se estructura de la siguiente manera: en el primer apartado se aborda brevemente la importancia que tienen las tecnologías de la industria 4.0, incluida la inteligencia artificial (IA), se plantean sus ventajas. En el segundo se revisan los desafíos que tiene la industria automotriz en el actual entorno mundial; en el tercero se trata de las nuevas tecnologías en la industria automotriz; en el cuarto se presentan las áreas en las que las empresas en la industria utilizan la inteligencia artificial. Finalmente se presentan las conclusiones.

La metodología de trabajo se basa en una amplia revisión de materiales de organismos internacionales, entre otras, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de la Información (AMITI), información de empresas relacionadas a la industria y de organizaciones empresariales. Así mismo se revisaron artículos de investigación en distintas revistas académicas.

Tecnologías de la industria 4.0 y la inteligencia artificial.

La industria 4.0³, también llamada cuarta revolución industrial, se caracteriza por la integración de tecnologías avanzadas como el internet de las cosas (IoT), la computación en la nube, la inteligencia artificial aplicada a procesos industriales, fabricación aditiva, robótica colaborativa, ciberseguridad industrial, gemelos digitales, sistemas ciberfísicos y Big Data y analítica avanzada. Cuando toda la cadena de suministro —fabricación, almacenamiento y logística— está interconectada con la planificación de recursos empresariales, es claro el uso del término de industria 4.0, el cual se relaciona también con la fábrica inteligente (Dutrenit, 2023).

Esta revolución industrial se ve impulsada por los desarrollos tecnológicos existentes y la capacidad de recolectar y procesar una gran cantidad de datos con el objetivo de mejorar la eficiencia, la productividad y la competitividad en la producción. Estas tecnologías han transformado la forma en que las organizaciones y las empresas manufactureras y de servicios operan y se relacionan con otras en los distintos entornos. Favorecen la comunicación, el almacenamiento, análisis de datos y generación de conocimiento a lo largo de las cadenas de valor, lo que estimula la innovación, la disminución de los errores, la reducción de costos, mejorando la productividad y la competitividad (Rupp et al., 2021). Entre los beneficios de la tecnología 4.0 está “la interconexión y descentralización de las empresas y sus tecnologías para apoyar el impulso a la innovación abierta” ya que la digitalización permite la apertura de las empresas al conectarlas con sus proveedores y sus clientes lo que, además de la obtención de más datos, favorece su análisis y mejor conocimiento de los clientes y del mercado. “La innovación abierta también puede aumentar la implementación de tecnologías y el impulso de la industria 4.0”. La creación de fábricas inteligentes es uno de los productos de la aplicación de estas tecnologías. Dichas tecnologías se aplican ya a los procesos industriales y de

³ El término fue utilizado por primera vez en 2011, por Siegfried Dais y Henning Kagermann en la “Feria Hannover Messe 2011”. Ambos impulsores del proyecto que lideraba la estrategia de alta tecnología del gobierno alemán.

manufactura avanzada. Están orientados a la automatización, interconexión y digitalización de los procesos productivos.

En el conjunto de estas tecnologías, la inteligencia artificial (IA) ha cobrado mucha importancia por las ventajas que se le atribuyen⁴ en todos los ámbitos de la economía y sociedad. Hay varias definiciones, entre ellas las siguientes:

-“Un sistema computacional que puede, para un determinado conjunto de objetivos definidos por humanos, hacer predicciones y recomendaciones o tomar decisiones que influyen en entornos reales o virtuales. Los sistemas de IA están diseñados para operar con distintos niveles de autonomía” (OCDE en Soto, 2023).

-“La IA abarca una amplia gama de tecnologías que pueden definirse como "sistemas adaptativos de autoaprendizaje". Puede clasificarse en función de las tecnologías, los propósitos (como el reconocimiento facial o de imágenes), las funciones (como la comprensión del lenguaje y la resolución de problemas) o los tipos de agentes (incluidos los robots y los coches autoconducidos)” (Naciones Unidas , S/F).

Su objetivo es crear sistemas para realizar tareas que normalmente son llevadas a cabo por los seres humanos, como el aprendizaje. Esta inteligencia puede abordar desafíos complejos en varias áreas del conocimiento y en actividades de la vida económica y social, asimismo puede impulsar la innovación científica y la acción climática (OCDE, S/F). Mediante la IA las máquinas aprenden a partir de la información que se encuentra disponible y ayudan a la resolución de problemas complejos, lo que permite automatizar procesos y mejorar la eficiencia.

En el sector automotriz, la IA mediante algoritmos de aprendizaje automático, redes neuronales y modelos de visión computarizada permite tanto la optimización de los procesos industriales como el desarrollo de los vehículos autónomos. En la producción la automatización es avanzada, la gestión de la cadena de suministro es eficiente y se pueden detectar con antelación las fallas. En el producto terminado, la IA está presente en los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS), en los algoritmos de conducción autónoma y en la interacción hombre-máquina, mediante asistentes virtuales y sistemas de personalización del entorno del auto (PwC, 2016). En particular, el vehículo autónomo ha sido posible por el crecimiento y desarrollo de tecnologías como el internet de las cosas, los sensores de precisión, la visión artificial de 360 grados, la inteligencia artificial.

⁴ Aunque también se han planteado los riesgos y los peligros derivados de su uso tanto a nivel de formación de los estudiantes, la pérdida de empleo y usos en actividades ilícitas.

La IA puede ayudar en gran cantidad de actividades humanas, sin embargo, hay estudios que señalan que sus efectos en la productividad son aún modestos. De acuerdo a Acemoglu⁵, su impacto en la productividad puede darse “a través de cuatro vías: automatización, que es que la IA haga tareas que suelen hacer las personas y se reduzcan costos; complementariedad de tareas, que significa aumentar la productividad al trabajar con la ayuda de la IA; profundización de la automatización, que se logra al aumentar la productividad de tareas que ya estaban automatizadas y, por último, nuevas tareas que puedan ser creadas gracias a la IA”. En uno de sus trabajos que el crecimiento del PIB en Estados Unidos desde 1947 ha sido de 3% anual y estima que en la próxima década el PIB crecerá de manera modesta (producto de la IA) entre 1.1 y 1.6%, esto es, aproximadamente un 0.05% anual se ganará en productividad, cantidad positiva pero menor a la esperada (Acemoglu, 2024). El estudio realizado en 2024 por MIT FutureTech y el Instituto de Productividad e IBM, “revela que aproximadamente el 23 % de las tareas de visión artificial que podrían automatizarse podrían realizarse de forma rentable en los próximos 10 años. Otras investigaciones sugieren que el ahorro promedio de costos de la IA ronda el 27 % (Dizikes, 2024). También se abordan la desigualdad, el aumento de la brecha entre capital y trabajo, la pérdida de empleos y la reasignación o recolocación de los trabajadores en otras actividades. En 2023 investigadores de OpenAI y la Universidad de Pennsylvania, plantearon que cerca del 20% de los trabajos estarían expuestos a la IA.

Hacia el futuro hay posiciones optimistas. “Un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sugiere que, para 2030, la IA podría contribuir al Producto Interno Bruto (PIB) de la región en hasta 5.4%”[...] “A través de proyectos innovadores en sectores como la salud digital, la educación adaptativa y la agricultura inteligente. La tecnología basada en la IA se está posicionando como un catalizador de cambio y progreso en la región.” (ANIA, 2024, pág. 11)

En México, aún es insuficiente el impulso a la creación y desarrollo de habilidades en el manejo de las tecnologías 4.0, incluida la IA en la población en general y, en la formación de profesionales en áreas de tecnologías de la información y de desarrollo tecnológico. Sigue siendo un reto la educación tecnológica; hacen falta programas de capacitación adecuados y de actualización en habilidades digitales, todo ello limita el desarrollo de talento local (AMITI, 2025, pág. 9). Según la UNESCO, México aún no cuenta con una estrategia definida con relación a la Inteligencia artificial. El Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial⁶ sobre el uso de la IA por parte de la empresa

⁵ Daron Acemoglu. Profesor del Instituto MIT, ganó el Premio Nobel de Economía en 2024. En su artículo “The simple Macroeconomics of AI” evalúa las implicaciones macroeconómicas de los avances de la IA centrándose en el impacto en la productividad, salarios y desigualdad Para ello se centra en la automatización y complementariedad de tareas.

⁶ ILIA es un índice que “entrega datos cuantitativos y cualitativos sobre el estado del avance de la Inteligencia artificial en 19 países de América Latina y el Caribe, y que permite identificar logros, brechas y oportunidades de mejora en los ecosistemas de IA”. Se estructura en torno a tres dimensiones: factores habilitantes;

privada en México es bajo (12.5 puntos) comparándolo con el índice de otros países de la región (25 puntos); se encuentra después de Argentina y Uruguay.

A pesar de su baja producción científica en IA en comparación a estándares internacionales, México y Brasil representan el 95% de las patentes de IA de la región. “México ocupa el sexto lugar en América Latina en el número de investigadores que trabajan específicamente en IA, después de Chile, Ecuador, Brasil, Uruguay y Colombia...” de acuerdo al índice mencionado. El gasto total de México en I+D (público y privado) fue de 0.28% del PIB en 2021, mientras que el promedio de América Latina y el Caribe fue de 0.56 y de 2.72% en los países miembros de la OCDE (UNESCO, S/F). En 2023, en el Índice de Preparación del Gobierno para la IA, México ocupó el lugar 68 respecto a un total de 193 países debido a “debilidades en su visión estratégica, regulación, adecuación y capacidades digitales internas”⁷ (UNESCO, S/F).

En el uso de la IA también hay otras problemáticas con relación a la privacidad, la seguridad, la autonomía, por lo que, entre otros aspectos, es importante una gobernanza eficaz de la IA en la que tienen responsabilidad los gobiernos, las organizaciones internacionales, nacionales e individuos.

Por tanto, las nuevas tecnologías han llevado a una transformación profunda en la forma de producir, de comunicarse, de relacionarse tanto en el ámbito económico como en la sociedad en general debido a la convergencia de tecnologías digitales y la interconexión de sistemas y dispositivos. Estos cambios continúan y avanzarán rápidamente, lo que tendrá impactos en todas las áreas del conocimiento y de la vida de la economía y de la sociedad.

La industria automotriz y sus desafíos en el actual entorno mundial

Entre 2020 y 2025 la industria automotriz ha experimentado cambios significativos debido a factores económicos, políticos, y algunos inesperados como los de salud por la pandemia y los ocasionados por conflictos bélicos. Entre los primeros está el crecimiento de la economía china, de su industria automotriz y su creciente aceptación en el mercado -con precios competitivos y mejores diseños-; ha aumentado la competencia. Hoy en día, la región Asia-Pacífico, en específico China, lidera la expansión y se coloca como uno de los principales productores y vendedores, mientras que Estados Unidos y Europa enfrentan desaceleración y pérdida de mercado.

investigación, desarrollo y adopción: gobernanza. Estas a su vez se componen de subdimensiones, indicadores y subindicadores. De acuerdo a la madurez de sus ecosistemas pueden ser pioneros, adoptantes y exploradores. El índice se considera un bien público impulsado por CENIA y la CEPAL y apoyado por la CAF, el BID, la OEA y la UNESCO (ILIA, S/F).

⁷ México en América Latina ocupa el octavo lugar en un conjunto de 33 países. En el país hay 362 empresas dedicadas a la inteligencia artificial. ENDEAVOR encontró que un 83% de las empresas que utilizan la IA reportaron aumentar su ventaja competitiva, aunque sólo el 37% ofrece soluciones de IA generativa (ENDEAVOR, 2024)

La pandemia en 2020, además de pérdida de vidas, ocasionó problemas en la actividad productiva mundial al causar disrupciones en la cadena de suministro. China, como principal proveedora de insumos,⁸ interrumpió el suministro de piezas y componentes importantes para la industria automotriz que se vio afectada por la escasez de semiconductores y el aumento de precio de las materias primas, situación que había iniciado años antes con los conflictos comerciales de Estados Unidos y China en el primer mandato de Trump⁹. Estos conflictos crearon incertidumbre en la inversión de tecnología, construcción de nuevas fábricas de baterías, componentes eléctricos.

Los conflictos bélicos también han tenido efectos adversos. La invasión de Rusia a Ucrania en febrero de 2022 afectó nuevamente el precio de las materias primas al afectarse la disponibilidad y el costo de metales esenciales —como el níquel y el litio— para la fabricación de vehículos eléctricos. Por otro lado, el triunfo de Trump en 2024 aumentó los problemas en el mundo al establecerse, como parte de su política, el aumento de aranceles como el instrumento recurrente y amenaza ante diversas situaciones. A estos desafíos se suma la necesidad, desde hace tiempo, de avanzar en la transición energética hacia vehículos más sostenibles, lo que ha incentivado la adopción de tecnologías emergentes¹⁰ que permitan hacer frente a los retos de una alta competencia. Es en este contexto de alta volatilidad, que la tecnología tiene un papel fundamental, de ahí la necesidad de inversiones sostenidas en investigación, innovación y formación de talento con el fin de mantener la competitividad ante una transformación estructural en el modelo automotriz global.

Nuevas tecnologías en la industria automotriz (2020-2024)

La industria automotriz ha sido de las primeras en incorporar los avances tecnológicos, esto ha sido fundamental para poder competir. Algunos datos sobre la industria en el mundo a continuación.

Cuadro 1

Producción mundial de vehículos automotores (unidades)

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2023 Participación |
|--|------|------|------|------|--------------------|
| | | | | | |

⁸ China restringió la exportación de magnetos permanentes de neodimio, los cuales son esenciales para motores eléctricos de alto rendimiento. Este país es un gran productor de autos eléctricos a nivel mundial que ha llegado a otros países mediante exportaciones y con inversiones directas; es el caso de Brasil, Hungría, Uzbekistan y Tailandia (Studer, 2025).

⁹ China, además de producir más del 75% de las baterías del mundo, controla el suministro de litio, cobalto, grafito y tierras raras -insumos necesarios para la producción de vehículos eléctricos. Era importante disminuir la dependencia de China mediante la relocalización.

¹⁰ En Estados Unidos, la aprobación de la Ley de reducción de la inflación introdujo incentivos fiscales agresivos en la manufactura y compra de vehículos eléctricos, sobre todo si los componentes eran de socios comerciales estratégicos y eran ensamblados localmente (IRS, 2022).

| | | | | | de Mercado % |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Asia-Pacífico | 43,395,552 | 45,874,502 | 48,957,002 | 53,927,366 | 57.65 |
| Europa | 15,394,969 | 14,861,498 | 14,680,192 | 16,654,056 | 17.80 |
| América del Norte | 13,374,404 | 13,467,065 | 14,795,419 | 16,166,628 | 17.28 |
| América del Sur | 2,318,523 | 2,723,770 | 2,958,117 | 2,970,263 | 3.18 |
| Medio Oriente y África | 2,955,123 | 3,077,740 | 3,439,646 | 3,828,286 | 4.09 |
| Global | 77,438,570 | 80,004,575 | 84,830,376 | 93,546,599 | 100 |

Fuente: (Bosson Research, 2024)

La región Asia Pacífico es la más importante productora de autos con más del 57% de la producción global; en ella destaca China. le sigue Europa y después América del Norte. En 2023 se produjeron 93 millones de automotores en el mundo. Las empresas, en otro tiempo líderes, han perdido participación ante el avance de las empresas asiáticas. En la siguiente tabla se presentan los principales países productores de vehículos de combustión interna.

Cuadro 2

Principales países productores de vehículos automotores 2023-2024

| | País | Producción 2023 (millones) | Producción 2024 (millones) |
|---|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | China | 30.16 | 31.28 |
| 2 | Estados Unidos | 10.61 | 10.56 |
| 3 | Japón | 8.99 | 8.23 |
| 4 | India | 5.85 | 6.01 |
| 5 | México | 4.02 | 4.203 |
| 6 | Corea del Sur | 4.24 | 4.12 |
| 7 | Alemania | 4.109 | 4.069 |

Fuente: (Reporte económico: Industria Automotriz 2024. Mundo y México, 2025).
(International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, 2025).

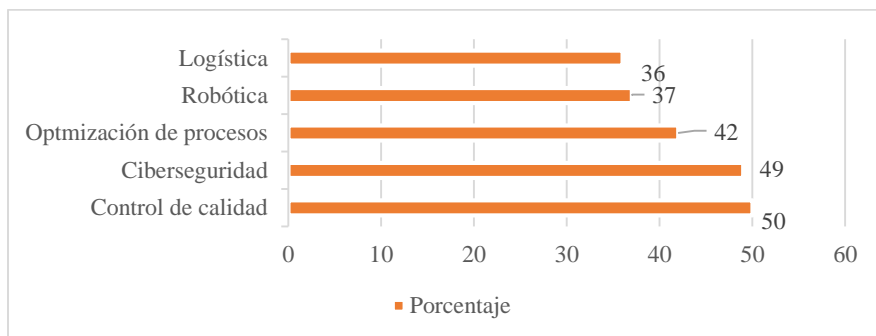
China fue la principal productora seguida de Estados Unidos y Japón; India cobra cada vez mayor importancia, ya ocupa el cuarto lugar. México se encuentra en la quinta posición y Alemania retrocede. En 2024 entre las empresas más importantes están: Tesla, Toyota, Xiaomi, BYD, Ferrari, Mercedes Benz, BMW, VW, General Motors, Porsche.

Los primeros países interesados en el impulso al desarrollo y uso de tecnologías avanzadas fueron Estados Unidos y Alemania desde los primeros años de la década pasada. Como lo plantea el Foro Económico Mundial, “aunque América Latina accede a las herramientas digitales, en el continente no existe una visión estratégica para su uso y el enfoque industrial de las nuevas tecnologías está poco desarrollado” “Se requieren mayores esfuerzos de inversión y reflexión para combinar la necesidad de desarrollo económico más allá del sector primario” (World Economic Forum, 2023).

Conocer la importancia que se le da a las nuevas tecnologías y en particular a la IA de parte de gobiernos y organizaciones diversas ha sido un tema que se ha abordado en varios foros. Rockwell Automation en asociación con Sapio Research realizaron una encuesta a finales de 2024 sobre la fábrica inteligente, que se aplicó a 1560 dirigentes y líderes de empresas, responsables de la toma de decisiones de hardware, software y servicios que trabajan en diferentes tipos de fabricación. Estas empresas se encuentran en 17 países ubicados en Europa, Oriente Medio, África (en conjunto 42%), la región Asia-Pacífico (27%) y América (30%)¹¹. El 20% de ellas eran empresas de alta tecnología, electrónica y semiconductores, el 12% fabricantes de metales y formadores de metales, el 12% se encontraba en alimentos y bebidas, hogar y cuidado personal, el 9% en transición energética y energía renovable (Rockwell Automation, 2025). Entre los principales riesgos que estas empresas identifican en el presente año están —además de la inflación y el crecimiento económico— la ciberseguridad, la competencia y los desafíos relacionados con la mano de obra. El 41% de los encuestados afirmó estar introduciendo tecnología de IA y Machine Learning (ML) y una gran parte (83%) indicó que para la contratación consideran que los aspirantes tienen un pensamiento analítico y que pueden comunicarse bien y trabajar en equipo. Aumentar la eficiencia se considera un factor clave para lograr la sostenibilidad (55%) (Rockwell Automation, 2025). Estos aspectos son importantes ya que se ha identificado que incluso en los países desarrollados no se invierte lo suficiente en tecnologías innovadoras. John Broadbent, fundador y director de Realise Potential -firma de asesoría en Industria 4.0- plantea "Los empleados de manufactura de bajo rendimiento siguen trabajando con información obsoleta e inoportuna, con papeles que circulan entre las diferentes capas de la planta y con equipos, como dijimos, que podrían ser de los años 70, 80 o 90, que no están informatizados ni se pueden conectar a una red para extraer datos" (Vinoski, 2025). Del total de empresas, el 23% de las organizaciones carece de tecnología para superar la competencia y más organizaciones planean utilizar la IA y ML para su ciberseguridad en los próximos 12 meses, ya que con las nuevas tecnologías también hay más amenazas. Los principales usos de la IA y ML son los siguientes.

Gráfico 1 *Principales usos que se dará a la IA/ML en 2025*

¹¹¹¹ En América, el 30% era de Estados Unidos, el 6% de México, el 6% de Brasil y el 5% de Canadá. En Asia las empresas de China y Japón representaron el 6% cada una, India el 5% al igual que Corea del Sur. En Europa el mayor porcentaje fue del Reino Unido (13%).



Fuente: Elaboración propia con información de (Rockwell Automation, 2025)

Se identifican los factores externos e internos que afectan la competencia; en los primeros están la inflación y la falta de crecimiento por un lado y, la interrupción en las cadenas de suministro y la ciberseguridad por el otro. En los segundos están: atraer a empleados con destrezas específicas, desplegar e integrar nuevas tecnologías, restricciones presupuestarias internas, equilibrar calidad y crecimiento y, capturar y contextualizar los datos para mejorar. El 81% de los encuestados afirma que los obstáculos internos y externos están acelerando la transformación digital (Rockwell Automation, 2025, pág. 11) y que con las nuevas tecnología se obtienen muchos más datos, sin embargo, menos de la mitad (44%) los usan de manera eficaz; “el 37% usa datos de tecnología, procesos y dispositivos para la protección de ciberseguridad, mientras que el 29% usa la analítica para monitorear el riesgo de la cadena de suministro”, el 38% plantea que usará los datos para mejorar la protección de ciberseguridad (Rockwell Automation, 2025, pág. 11). Más de la mitad (55%) afirma que mejorar la eficiencia es la principal razón para buscar una mejor sostenibilidad -lo que representa un aumento del 14% con respecto a la última encuesta-. La calidad y seguridad del producto (43%) y la gestión energética (42%) son los factores más importantes para los programas de sostenibilidad organizacionales (Rockwell Automation, 2025, pág. 15).

Por lo que se refiere a la IA, en la encuesta se encontró que, a diferencia de hace años en el que se le consideraba para fines predictivos, ahora es importante para el ahorro de costos y tiempo, para crear procesos eficientes y agilizadores, control de calidad, ciberseguridad y optimización de procesos¹². El 15% de los encuestados citó a la nube/SaaS y la IA generativa o la IA causal para agilizar las operaciones y mejorar las capacidades de toma de decisiones y como las de mayor retorno de la inversión en el último año. Se deriva de ello que las organizaciones dan cada vez más prioridad a las tecnologías que ofrecen el mayor retorno de la inversión (Rockwell Automation, 2025, pág. 17).

¹² Esto es un cambio respecto a 2020 cuando el 80% de los casos de uso de la IA se centraba en mantenimiento predictivo.

La siguiente tabla proporciona información sobre inversiones en tecnología que han realizado algunas empresas en la industria automotriz en 2024.

Cuadro 3

Empresas Automotrices. Inversiones realizadas en Tecnología en 2024

| Empresa | Inversión | Tecnología | Tipo (Ind. 4.0 / Emergente) |
|------------------------|---|---|---|
| GM | Aprox. \$4 mil millones de USD (2024-2025) | Modernización de plantas, electrificación | Industria 4.0 (infraestructura EV) |
| Volkswagen / Rivian JV | Hasta USD \$5,0 mil millones (inversión comprometida) | SDV, arquitectura eléctrica y software | Emergente (vehículos definidos por software) |
| BMW Group | Máximos niveles de inversión / I+D 2024 | Digitalización, IA, producción inteligente | Industria 4.0 / IA |
| Stellantis | 50 mil millones de euros (en 2024) | Electrificación, baterías LFP, planta digital | Emergente / Industria 4.0 |
| Toyota | Aprox. 1400 millones USD en planta EV* EUA + ~\$3.26 mil millones USD en I+D para autonomía. En México, 1450 millones de dólares para plantas en Guanajuato y Baja California | Smart manufacturing / IA para conducción autónoma | Industria 4.0 (manufactura inteligente) / Emergente (IA autónoma) |

*Vehículos eléctricos

Fuente: elaboración con base a datos de (VW Group, 2024) (Stellantis, 2024) (GM, 2025) (Toyota, 2024).

Rivian Automotive y Volkswagen Group en joint venture firmaron un acuerdo para crear la empresa Rivian and Volkswagen Group Technologies; planean incorporar arquitectura eléctrica de última generación y tecnología de software de vanguardia para los futuros vehículos eléctricos de ambas compañías, abarcando todos los segmentos relevantes, incluyendo los vehículos subcompactos. En la alianza se conjuntan y aprovechan las respectivas ventajas: la tecnología de software y hardware eléctrico líder en la industria de Rivian y, la escala global y las competencias líderes en la industria de plataformas de vehículos del Grupo Volkswagen (VW Group, 2024).

Stellantis y CATL por su parte, anunciaron a finales de 2024 un acuerdo de participación de 50% cada una para invertir hasta 4,100 millones de euros en la creación de una empresa conjunta para producir baterías de fosfato de hierro y litio (LFP) a gran escala en Zaragoza, España; la planta será completamente neutra en carbono. Con ello se aumentará la oferta de vehículos de turismo, crossovers y SUV eléctricos de batería de alta calidad, duraderos y asequibles en los segmentos B y C con autonomías intermedias (Stellantis, 2024). Desde noviembre de 2023 ambas empresas firmaron “un memorando de entendimiento no vinculante para el suministro local de celdas y módulos de batería LFP para la producción de vehículos eléctricos en Europa y establecieron una colaboración a largo

plazo en dos frentes estratégicos: crear una hoja de ruta tecnológica audaz para respaldar los vehículos eléctricos de batería (BEV) avanzados de Stellantis e identificar oportunidades para fortalecer aún más la cadena de valor de la batería”. (Stellantis, 2024).

General Motors planea invertir 4.000 millones de dólares en los próximos dos años en sus plantas de fabricación en Estados Unidos para aumentar la producción de vehículos de gasolina y eléctricos (GM, 2025). Con base a los conocimientos desarrollados en su Centro Técnico en Warren, Michigan, desarrolla sus propias tecnologías de calidad basadas en IA para abordar problemas específicos en sus plantas de producción¹³ (Vinoski, 2025). Actualmente la emplea en analizar la enorme cantidad de datos que genera la ensambladora para discernir patrones que el personal no puede detectar. Hará uso de tres nuevas tecnologías con IA para el control de calidad en la planta de producción, una de ellas “...es un sistema robótico de visión envolvente que inspecciona automáticamente las soldaduras láser en los ensamblajes de las puertas, identificando tanto anomalías como sus posibles causas en la producción. La segunda realiza una función similar para las soldaduras por resistencia eléctrica utilizadas para unir láminas metálicas, pero lo hace monitoreando la curva de potencia de la corriente eléctrica para cada soldadura, utilizando aprendizaje automático para documentar y especificar las causas exactas de las soldaduras problemáticas, como la colocación incorrecta de los electrodos”. La última tecnología “detecta fugas en las bandejas de baterías de vehículos eléctricos, presurizando un lado de la bandeja con gas inerte y utilizando una combinación de un sistema de visión y un software personalizado para detectar la minúscula columna de gas en la fuga e identificar su ubicación para su reparación” (GM, 2025).

Las inversiones de la japonesa Toyota se dirigen al desarrollo de vehículos de hidrógeno y eléctricos, soluciones climáticas y tecnológicas, desarrollo de baterías. Para los eléctricos considera el desarrollo de baterías de estado sólido, la inversión continua en tecnologías híbridas y la exploración del potencial de las pilas de combustible de hidrógeno¹⁴, estas últimos con tiempo de carga muy rápido y mayor autonomía que un auto eléctrico convencional. Toyota prevé para 2030 un importante crecimiento en el mercado de pilas de combustible de hidrógeno, en especial en China, Europa y Estados Unidos (Toyota Europa, S/F) (Toyota, S/F).

La Inteligencia Artificial en la Industria Automotriz

El uso de las nuevas tecnologías ha permitido la implementación de líneas productivas más eficientes y seguras. La IA en combinación con otras tecnologías se utiliza en la producción de vehículos automotores, híbridos, eléctricos y autónomos.

¹³ General Motors fue quien instaló los primeros robots industriales en 1969 (Vinoski, 2025)

¹⁴ Desde 1992 Toyota ha invertido en tecnología de pilas de combustible

Cuadro 4

Aplicaciones de la IA en la Industria Automotriz

| Aplicación | Tipo de IA | Ejemplo de uso |
|----------------------------|------------------|--|
| Regulación pública global | IA general / ML* | Automóviles autónomos, ADAS**, ciberseguridad, actualizaciones |
| I+D y diseño | IA generativa | Diseño automático, documentación, simulaciones, testing y homologación |
| Innovación EV/HEV | IA generativa | Diseño de materiales, personalización, gestión de carga |
| Productividad industrial | IA generativa | Automatización de montaje, mantenimiento predictivo |
| Investigación académica EV | IA generativa | Simulaciones, optimización de baterías, seguridad en IoEV |
| Autonomía y conducción | IA generativa | Generación de escenarios extremos, planificación de trayectoria |

*ML- Machine Learning

**Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (Advanced Driver Assistance Systems)

Fuente: elaborado con base a información de (UNECE, S/F) (SCRIBD, 2024) (EY, 2025).

En la producción, “los algoritmos de aprendizaje automático optimizan los procesos de producción, identificando y corrigiendo posibles defectos antes de que se conviertan en problemas. Además, los robots colaborativos equipados con IA trabajan junto a los humanos en la línea de montaje, aumentando la eficiencia y la precisión en la fabricación de componentes clave.” (LTH, S/F). Estos robots realizan tareas repetitivas y delicadas por lo que se reducen errores humanos y la producción puede realizarse en un menor tiempo. Se ha empleado en el mantenimiento predictivo de la maquinaria lo que evita que se incurra en mayores costos si las fallas no se identificaran a tiempo. “Los algoritmos de diseño generativo utilizan datos de entrada para explorar una amplia gama de posibles soluciones y crear diseños optimizados en términos de aerodinámica, seguridad y eficiencia. Como resultado, los autos modernos son más aerodinámicos, eficientes y estéticamente atractivos que nunca” (LTH, S/F). Otros usos son: la inspección automatizada, la optimización logística, el diseño de baterías, mejora en la calidad y en la eficiencia mediante algoritmos predictivos.

La IA también se aplica en la conducción autónoma y la experiencia del usuario. En el primer caso, los vehículos se encuentran equipados con sensores, cámaras y sistemas de percepción que les permiten identificar el entorno y tomar decisiones en tiempo real, lo que aumenta la seguridad vial y, por ende, hay una menor cantidad de accidentes producto de errores humanos. En el segundo caso, los usuarios disminuyen sus distracciones al poder controlar la navegación y la música mediante comandos de voz. También, se puede personalizar la configuración de los asientos, la temperatura e incluso puede hacer reconocimiento facial y de voz, todo ello ofrece una mejor experiencia.

Para ilustrar el uso de la IA en esta industria se presenta lo realizado por Toyota. Esta empresa inició en 1937, como la división de autos de la empresa textil Toyoda Automatic Loom¹⁵. El modelo Toyota se basa en la mejora continua y el respeto a la gente y busca crear una atmósfera de aprendizaje continuo y un entorno que estimule y favorezca el cambio (Liker, 2023). Esto no significa actuar sola, por el contrario, a lo largo de su expansión ha establecido alianzas diversas para, entre otros fines, impulsar la innovación, la eficiencia, la expansión global o para poder ingresar a actividades relacionadas a la industria. Las colaboraciones se han centrado en el desarrollo de tecnologías, la producción conjunta y la sostenibilidad. Entre las aplicaciones en las que se usa la IA están las siguientes.

Cuadro 5

Algunas aplicaciones de IA en Toyota

| Aplicaciones | Uso de la IA | Resultado |
|--|---|---|
| Inspección visual | Detectar micro-defectos invisibles al ojo humano. | Garantizar estándares de calidad más elevados |
| Inspección de calidad visual | Se utiliza en 10 plantas para detectar defectos de adhesivos o de piezas inyectadas mediante imágenes | Se reducen errores humanos y mejora la precisión |
| Mantenimiento predictivo y energía | Uso de sensores IoT conectados a IA para mantenimiento predictivo en Toyota Kirloskar Motors*. Gestiona el consumo energético en fábricas globales | Reducción de tiempo de inactividad (30%) y extensión del ciclo de vida del equipo (15%) en operaciones de plantas. Reduce costos (hasta 20%), baja emisiones de CO2 (15%) y optimiza uso de energías renovables y HVAC** |
| Robótica avanzada e inspección automatizada | Toyota integra robots industriales y cobots en soldadura, pintura, ensamblado y elevación de componentes pesados. | Mejora la eficiencia y minimizando riesgos ergonómicos |
| Predicción de defectos (en colaboración con Siemens) | En el proceso de fundición de aluminio, usando edge computing e instant analysis de datos. | Se evitan fallos de calidad |
| Diseño generativo | Toyota en plantas de la República Checa explora la IA aplicada al diseño generativo. Se utilizan con gemelos digitales | Para generar diseños optimizados en peso, costo y resistencia. Se prueban los cambios sin detener operaciones. Se simular y optimizar procesos reales |

*Empresa conjunta india entre Toyota motor Corporation y Grupo Kirloskar que se dedica a la fabricación y venta de vehículos Toyota en la India.

**HVAC: Calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Fuente: Elaborado con información de (Chiefaiofficer, 2025), (Cash-Plataform, 2024) (Toyota, 2021)

A lo largo de su crecimiento y expansión ha llevado a cabo varias alianzas o acuerdos. Una de ellas es la realizada con Siemens para desarrollo de IA para predecir anomalías en la fundición a presión de aluminio -un proceso clave en la producción de compresores de aire acondicionado para

¹⁵ Fue fundada por Kiichiro Toyoda. Se optó por Toyota por requerir menos trazos y más fácil de pronunciar.

automóviles- ya que cambios en las condiciones de producción (como las variaciones de temperatura del aluminio fundido o la velocidad de inyección) pueden afectar la calidad, además de requerir mano de obra muy calificada y experimentada. Esto ha aumentado la productividad, mejorado la calidad y transformado la forma de trabajo de los operadores (Toyota, 2021).

Para ilustrar las acciones que, de manera general, realiza esta empresa en el mundo, se presenta el caso del Joint Venture realizado en la India entre Toyota Motor Corporation y the Kirloskar Group¹⁶, conocido como Toyota Kirloskar Motor Private Limited (TKM). Desde 2021 adoptaron tecnologías de IA para mejorar la eficiencia operativa, la experiencia del cliente y la innovación de productos. En esta organización el uso de IA ha sido crucial para mantener su ventaja competitiva, la cual se ha empleado en los procesos de manufactura, en la gestión de la cadena de suministro y en la relación con los clientes (Cash-Plataform, 2024).

En la manufactura:

-Mantenimiento predictivo. Mediante algoritmos de aprendizaje automático, TKM puede analizar datos de maquinaria y equipos para predecir las fallas antes de que ocurran. Esto minimiza el tiempo de inactividad y optimiza la eficiencia de la producción, lo que se traduce en ahorros de costes y una mayor productividad.

-Control de calidad. Los sistemas de visión basados en IA se implementan en los procesos de control de calidad para inspeccionar componentes y vehículos terminados. Con ello se detectan defectos e inconsistencias que el ojo humano no capta, garantizando que solo los vehículos que cumplen con los altos estándares de calidad de Toyota lleguen a los compradores finales. La implementación de la IA acelera el proceso de inspección, permitiendo ciclos de producción más rápidos .

-Robótica y automatización. Se emplea robótica impulsada por IA en sus líneas de montaje, la cual realiza tareas como soldadura, pintura y ensamblaje con precisión y rapidez, lo que aumenta la eficiencia general de la producción. El trabajo conjunto de robots y trabajadores humanos mejora la flexibilidad y la seguridad en el proceso de fabricación (Cash-Plataform, 2024).

En la cadena de suministro:

-Pronóstico de la demanda. Los algoritmos de IA analizan el historial de ventas y las tendencias del mercado para pronosticar la demanda, lo que permite optimizar la gestión del inventario, reducir el exceso de existencias y garantizar que los programas de producción se ajusten a las necesidades del mercado. También permite una respuesta rápida ante cambios en los gustos de los consumidores.

- Gestión de la relación con los proveedores. Las herramientas de IA facilitan la comunicación y la colaboración eficaz con los proveedores. “Al analizar los datos de rendimiento de los proveedores,

¹⁶ TKM, fundada en 1997 ha crecido de manera importante en la India, con altas ventas y redes de servicio.

TKM puede identificar posibles riesgos y oportunidades, reforzando así la resiliencia de su cadena de suministro”. Adicionalmente, se pueden optimizar los procesos de adquisición, lo que garantiza la entrega puntual de los componentes necesarios para el ensamblaje de vehículos.

En la experiencia del cliente:

Para mejorar la experiencia del usuario, la IA se usa en combinación con otras tecnologías de la industria 4.0 como las siguientes:

- Recopilación y análisis de datos de los vehículos en tiempo real. Se usan IA e Internet de las cosas (IoT). TKM consideró la integración de IA aprovechando el IoT para optimizar el rendimiento del vehículo, la seguridad y, también ofrecer servicios personalizados a los clientes¹⁷.

-Mejoras en el servicio al cliente. Mediante los chatbots y asistentes virtuales basados en IA, se brinda soporte instantáneo a los clientes sobre preguntas relacionadas con las características del vehículo, citas de servicio y resolución de problemas. Con ello, el personal de la empresa se ocupa en consultas más complejas.

Los autos autónomos se presentan como uno de los objetivos en esta carrera tecnológica. Entre 2020 y 2024, las empresas líderes fueron Waymo (propiedad de Alphabet) y Tesla, pero hay más trabajando en ello como BMW, Intel, Uber, General Motors, Hyundai Motor, Mercedes Benz, Toyota, Amazon y Volkswagen; también las chinas NIO, Xpeng, Li Auto.

Por la complejidad que tiene este tipo de vehículos, Toyota ha actuado en dos direcciones. Por un lado, ha invertido fuertemente en el desarrollo interno de tecnología y por otro, se ha aliado con líderes de la industria e innovadores tecnológicos. En el primer caso, en 2018 “Toyota fundó el Instituto de Investigación Toyota para el Desarrollo Avanzado (TRI-AD)¹⁸ con una inversión de 2,800 millones de dólares”. Esta empresa, con sede en Tokio, junto con los proveedores Denso Corp y Aisin Seiki, desarrollará software integrado para vehículos totalmente autónomos” (Toyota, 2025). Esta filial impulsará el desarrollo de la plataforma de software Arene —sistema operativo integral para vehículos— que mejora la inteligencia del vehículo y agiliza el desarrollo de software de movilidad. (Toyota, 2025). Por otro lado busca integrar y desarrollar conocimiento mediante alianzas por lo que en octubre de 2024 Toyota y Nippon Telegraph and Telephone (NTT) anunciaron el desarrollo de una infraestructura y una plataforma de software basadas en IA con el objetivo de reducir accidentes de tráfico y abordar los desafíos de la mala visibilidad en las zonas urbanas y la conducción automatizada en las autopistas; esa plataforma operará en 2028 (Toyota, 2025). No solo eso, en colaboración con Economic Development Queensland (EDQ) y el Instituto Tecnológico de

¹⁷ La IA puede recomendar programas de mantenimiento basados en el comportamiento de conducción, con lo que asegura un rendimiento óptimo y una vida útil más larga al vehículo.

¹⁸ Llamada posteriormente, en 2023, Woven by Toyota, Inc.

Massachusetts (MIT) abordará tecnologías avanzadas de transporte en Brisbane, Australia para 2032 para introducir taxis aéreos, cápsulas personales autónomas, vehículos autónomos y lanzaderas eléctricas sin conductor, con lo que se transformará la movilidad urbana (Toyota, 2025). Además, participará en el desarrollo de movilidad aérea avanzada (taxis aéreos) con Joby Aviation, una startup californiana por lo que competirá con empresas emergentes como Arquero (Estados Unidos), Xpeng Aeroht (China), Lilium y Volocopter (ambas de Alemania) (Joby Aviation, 2024) (Electrive, 2024)

El recurso humano es pilar del crecimiento y éxito de Toyota, quien ha involucrado a sus trabajadores operarios en la IA. Desarrolló una plataforma interna basada en la infraestructura de Google Cloud que permite a los empleados crear modelos de Machine Learning sin necesidad de altos conocimientos técnicos. En 2023 se crearon 8 mil modelos y el siguiente año fueron 10 mil con lo que se ahorró más de 10,000 horas hombre por año (Chiefaiofficer, 2025).

Conclusiones

La industria automotriz está en el centro de una transformación sin precedentes, impulsada por la integración de tecnologías de la Industria 4.0 y la inteligencia artificial (IA). Esta transformación responde no solo a una necesidad de eficiencia y competitividad, sino también a los crecientes retos geopolíticos, ambientales y económicos globales. La IA ha pasado de ser una herramienta experimental a una parte integral de procesos industriales, desde la manufactura hasta la experiencia del usuario y la movilidad inteligente.

La importancia de esta industria para economías como la mexicana es indiscutible, tanto por su aportación al PIB como por su generación de empleos y divisas. No obstante, enfrenta presiones derivadas de factores externos como la competencia china, los conflictos geopolíticos y la dependencia tecnológica. Internamente, el rezago en infraestructura digital y formación de talento en IA representa un obstáculo importante, especialmente en países en vías de desarrollo donde no existe aún una estrategia nacional clara.

Las empresas automotrices líderes han respondido mediante inversiones estratégicas en digitalización, IA, robótica avanzada y automatización. Estas inversiones buscan aumentar la eficiencia operativa, reducir costos, innovar en el diseño y desarrollo de vehículos autónomos y eléctricos, y atender las demandas de sostenibilidad ambiental. Las alianzas entre firmas globales, como Toyota con Siemens o Rivian con Volkswagen, son prueba de que la cooperación tecnológica es esencial para competir en el nuevo paradigma industrial.

Sin embargo, esta transformación también implica riesgos. La automatización intensiva y la digitalización pueden aumentar la desigualdad y crear conflictos si no se acompañan de políticas de inclusión tecnológica y capacitación. Además, la IA plantea desafíos éticos, legales y de gobernanza

que aún no están resueltos, especialmente en áreas como la conducción autónoma, la privacidad de los datos y la ciberseguridad.

La industria automotriz avanza hacia una movilidad sustentable, digital y autónoma. Los retos incluyen garantizar el suministro de materias primas críticas, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos y la estandarización tecnológica a nivel global.

En síntesis, la IA representa una herramienta clave en la redefinición de la industria automotriz, pero su aprovechamiento pleno dependerá de decisiones políticas, inversión sostenida en I+D, colaboración público-privada y una gobernanza ética y responsable. Las empresas y gobiernos que logren integrar estas dimensiones estarán mejor posicionados para liderar el futuro de la movilidad.

La IA es clave para el futuro de la industria, pero su implementación debe ser inclusiva, segura y sostenible.

Referencias

- Acemoglu, D. (Mayo de 2024). The simple Macroeconomics of AI. *NBER Working Paper Series*(32487). Obtenido de NBER Working Paper Series, n.º 32487 : https://www.nber.org/system/files/working_papers/w32487/w32487.pdf
- AMITI. (2025). *Construyendo un futuro tecnológico sostenible*. Obtenido de <https://amiti.org.mx/wp-content/uploads/2025/02/VF-Reporte-ASG-2024-AMITI.pdf>
- ANIA. (2024). *Propuesta de agenda nacional de la inteligencia artificial para México 2024-2030*. Obtenido de Alianza Nacional de Inteligencia Artificial: https://www.ania.org.mx/_files/ugd/447d95_ae0e425d83644651bd19ab4acdfd9007.pdf
- Bosson Research. (6 de Mayo de 2024). *Key Data of Global Auto Market in 2024*. Obtenido de Bosson Research: https://www.bossonresearch.com/productinfo/2687965.html?templateId=1133605&utm_source=chatgpt.com
- Cash-Plataform. (28 de Octubre de 2024). *Future-Ready: Toyota Kirloskar Motor's Strategic Embrace of Artificial Intelligence in Automotive Development*. Obtenido de Cash-Plataform: https://www.cash-platform.com/future-ready-toyota-kirloskar-motors-strategic-embrace-of-artificial-intelligence-in-automotive-development/?utm_source=chatgpt.com
- Chiefaiofficer. (23 de Junio de 2025). *How Toyota Gave AI Tools to Factory Workers and Saved 10,000 Hours*. Obtenido de Chiefaiofficer: https://www.chiefaiofficer.com/post/toyota-ai-factory-workers-democratization-strategy?utm_source=chatgpt.com
- Deloitte. (Diciembre de 2024). *Perspectiva industrial: la industria automotriz en México*. Obtenido de Deloitte:

- www.deloitte.com.mx/documents/2024/Econosignal_Perspectiva_Industrial_Automotriz.pdf
- Dizikes, P. (6 de Diciembre de 2024). *Daron Acemoglu: What do we know about the economics of AI?* Obtenido de MIT Economics: <https://economics.mit.edu/news/daron-acemoglu-what-do-we-know-about-economics-ai>
- Dutrenit, G. (Abril-Junio de 2023). Nuevas tecnologías, industria 4.0 y sociedad. *Ciencia*, 74(2). Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/74_2/PDF/Ciencia74-2.pdf
- Electrive. (5 de Octubre de 2024). *Toyota invierte \$500 millones en la start-up de taxis voladores Joby*. Obtenido de Electrive: <https://www.electrive.com/es/2024/10/05/toyota-invierte-500-millones-de-dolares-en-la-start-up-de-taxis-aereos-joby/>
- ENDEAVOR. (Agosto de 2024). *La era de la IA en México*. Obtenido de ENDEAVOR: <https://mexico.endeavor.org/2024-ia/>
- EY. (2025). *How much productivity can GenAI unlock in India? The Aidea of India: 2025*. Obtenido de <https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/en-in/services/ai/aidea/2025/01/ey-the-aidea-of-india-2025-how-much-productivity-can-genai-unlock-in-india.pdf>
- GM. (10 de Junio de 2025). *GM to invest \$4 billion in its U.S. manufacturing plants*. Obtenido de GM: https://investor.gm.com/news-releases/news-release-details/gm-invest-4-billion-its-us-manufacturing-plants?utm_source=chatgpt.com
- ILIA. (S/F). *Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial*. Obtenido de ILIA: <https://indicelatam.cl/>
- International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. (2025). *2024 Production*. Obtenido de International Organization of Motor Vehicle Manufacturers: <https://www.oica.net/wp-content/uploads/By-country-region-2024.pdf>
- IRS. (2022). *Inflation Reduction Act of 2022*. Obtenido de IRS: <https://www.irs.gov/inflation-reduction-act-of-2022>
- Joby Aviation. (2 de Octubre de 2024). *Toyota To invest 500 Million in Joby Aviation*. Obtenido de <https://www.jobyaviation.com/news/toyota-to-invest-500-million-in-joby-aviation/>
- Kapileswar, R., & Narendra, K. (Julio de 2024). Inteligencia automotriz: cómo liberar el potencial de la IA más allá del sistema avanzado de asistencia al conductor, una revisión exhaustiva. *Ingeniería informática e eléctrica*, 117. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790624001654>

- Liker, J. (2023). *Toyota. Cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito*. México: Paidós Empresa.
- LTH. (S/F). *El impacto de la inteligencia artificial en la industria automotriz*. Obtenido de LTH: <https://www.lth.com.mx/experiencia-LTH/blog/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-automotriz>
- Naciones Unidas . (S/F). *Inteligencia Artificial*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/global-issues/artificial-intelligence>
- OCDE. (S/F). *Inteligencia artificial*. Obtenido de OCDE: <https://www.oecd.org/en/topics/artificial-intelligence.html>
- PwC. (2016). *Industry 4.0: Building the Digital Enterprise*. Obtenido de PwC: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Reporte económico: Industria Automotriz 2024. Mundo y México*. (5 de Mayo de 2025). Obtenido de Guanajuato, Smart Port 4.0: <https://puertointerior.guanajuato.gob.mx/blog/2025/05/05/report-e-economico-industria-automotriz-2024-mundo-y-mexico/>
- Rockwell Automation. (2025). *2025 Informe sobre la situación de la fabricación inteligente*. Obtenido de Rockwell Automation: <https://www.rockwellautomation.com/content/dam/rockwell-automation/documents/pdf/campaigns/state-of-smart-2025/INFO-BR027D-ES-P-noi.pdf>
- Rupp, M., Schneckenburger, M., Merkel, M., Börret, R., & Harrison, D. K. (20 de Febrero de 2021). Industria 4.0: Una definición tecnológica basada en análisis bibliométrico y revisión de literatura. *Journal of Opern Innovation*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2199-8531/7/1/68>
- SCRIBD. (Febrero de 2024). *Automotive R&D transformation: optimizing gen AI's potential value*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/714132051/automotive-r-and-d-transformation-optimizing-gen-ais-potential-value>
- Stellantis. (10 de Diciembre de 2024). *Stellantis and CATL to Invest Up to €4.1 Billion in Joint Venture for Large-Scale LFP Battery Plant in Spain*. Obtenido de Stellantis: https://www.stellantis.com/en/news/press-releases/2024/december/stellantis-and-calt-to-invest-up-to-4-1-billion-in-joint-venture-for-large-scale-lfp-battery-plant-in-spain?utm_source=chatgpt.com

- Studer, I. (7 de Julio de 2025). *La guerra fría de las baterías, ¿en donde quedará México?* Obtenido de Expansión: <https://esg.expansion.mx/opinion/2025/07/07/la-guerra-fria-de-las-baterias-en-donde-quedara-mexico>
- Toyota. (12 de Abril de 2021). *Toyota Industries Corporation and Siemens cooperate on digital transformation for die casting*. Obtenido de Toyota Corporation: https://www.toyota-industries.com/news/2021/04/12/005049/?utm_source=chatgpt.com
- Toyota. (7 de Noviembre de 2024). *Toyota de México anuncia la inversión de 1,450 millones de dólares como parte de su compromiso con el desarrollo económico, medioambiental y social del país*. Obtenido de Toyota: <https://pressroom.toyota.mx/noticias/tyt-NjMz-toyota-de-mexico-anuncia-la-inversion-de-1450-millones-de-dolares-como-parte-de-su-compromiso-con-el-desarrollo-economico-medioambiental-y-social-del-pais>
- Toyota. (24 de Febrero de 2025). *Avances estratégicos de Toyota en la tecnología de conducción autónoma*. Obtenido de Toyota Cleveland Heights: <https://www.toyotaclevelandheights.com/toyotas-strategic-advancements-in-autonomous-driving-technology/>
- Toyota Europa. (S/F). *Tecnología de pila de combustible de Toyota*. Obtenido de Toyota Europa: <https://www.toyota-europe.com/brands-and-services/toyota-fuel-cell/fuel-cell-technology>
- Toyota. (S/F). *¿Qué autonomía tiene un coche de hidrógeno?* Obtenido de Toyota: <https://www.toyota.es/electrificacion/hidrogeno/autonomia-coche-pila-hidrogeno>
- UNECE. (S/F). *Artificial intelligence*. Obtenido de UNECE: <https://unece.org/artificial-intelligence>
- UNESCO. (S/F). *Panorama sociotécnico de la IA en México*. Obtenido de UNESCO. Global AI Ethics and Governance Observatory: <https://www.unesco.org/ethics-ai/es/mexico#:~:text=El%2078%25%20de%20la%20poblaci%C3%B3n,tercera%20posici%C3%B3n%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina>
- Vinoski, J. (10 de Marzo de 2025). *GM desarrolla una nueva tecnología de control de calidad basada en IA*. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/jimvinoski/2025/03/10/gm-develops-new-ai-driven-quality-control-tech/>
- VW Group. (11 de Diciembre de 2024). *Faster, Leaner, More Efficient: Rivian and Volkswagen Group Announce the Launch of their Joint Venture*. Obtenido de https://www.volkswagen-group.com/en/press-releases/faster-leaner-more-efficient-rivian-and-volkswagen-group-announce-the-launch-of-their-joint-venture-18828?utm_source=chatgpt.com
- World Economic Forum. (16 de Marzo de 2023). *Cómo promover la Cuarta Revolución Industrial en América Latina*. Obtenido de World Economic Forum: <https://es.weforum.org/stories/2023/03/como-promover-la-cuarta-revolucion-industrial-en-america-latina/>