

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías
Industriales

Análisis de los procesos de digitalización de las
empresas del sector del transporte

Autor: Inés Caballos Torroba

Tutor: Miguel Torres García

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Análisis de los procesos de digitalización de las empresas del sector del transporte

Autor:
Inés Caballos Torroba

Tutor:
Miguel Torres García
Profesor titular

Dpto. Máquinas y Motores Térmicos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2021

Trabajo Fin de Grado: Análisis de los procesos de digitalización de las empresas del sector del transporte

Autor: Inés Caballos Torroba

Tutor: Miguel Torres García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

*A mi familia y amigos por
apoyarme y animarme en todo
momento*

GRACIAS

Resumen

En la actualidad, casi todos los aspectos de nuestras vidas están ligados a la tecnología. Las nuevas tecnologías están transformando la forma de vivir y como, es lógico, esto también afecta a las empresas. Estas buscan beneficiarse de las innovaciones tecnológicas. Por este motivo están surgiendo numerosos estudios que centran su atención en explicar en qué consisten estas nuevas tecnologías y como implementarlas.

Para comprender mejor de lo que son capaces estas tecnologías este documento hace un estudio de la metodología que nos permite la transformación digital, es decir, estudia la Industria 4.0 y sus tecnologías. El negocio tal y como lo conocemos está cambiando con la ayuda de las nuevas tecnologías tales como las aplicaciones móviles, el Big Data, la computación en la nube o el Internet de las cosas. La descripción de las tecnologías que dan forma a la Industria 4.0 permitirá conocer los diferentes beneficios que obtienen los negocios tras su implementación. Lo que hace que estas tecnologías sean tan revolucionarias es su capacidad de cooperación y comunicación, posibilitando que se pueda trabajar con ellas conjuntamente y así ampliar sus aplicaciones y aumentar los beneficios.

Este documento no solo se centrará en la Industria 4.0 sino que también analizará el papel de esta dentro del sector automotriz. El sector automotriz ha sido siempre pionero en el uso de las nuevas tecnologías, por este motivo se considera un sujeto de estudio interesante. Este estudio comenzará planteando los nuevos objetivos que la industria automotriz pretende alcanzar dentro de la era digital. En segundo lugar, estudiará los aspectos fundamentales que harán posible la transformación digital de este sector. También se analizará la evolución de la producción de vehículos en los territorios con mayor influencia en el sector automotriz, como son Europa, Estados Unidos y Japón. Finalmente, este documento se centra en el desarrollo y la fabricación de vehículos limpios que con la ayuda de las nuevas tecnologías están haciendo posible la disminución de la contaminación ambiental.

Abstract

Today, almost every aspect of our life is linked to technology. New technologies are transforming the way of life and of course this also affects business. Companies seek to benefit from technological innovations. For this reason, numerous studies are emerging to explain these new technologies and how to implement them.

To better understand what these technologies are capable of, this document makes a study of the methodology that allows us to digital transformation, Industry 4.0. New technologies such as mobile applications, Big Data, cloud computing or the Internet of Things are changing the business as we know it. The description of the technologies that shape Industry 4.0 will allow us to know the different benefits that companies obtain after their implementation. What makes these technologies so revolutionary is their ability to cooperate and communicate, which makes it possible for the technologies to work together to expand their applications and increase profits.

This document will not only focus on Industry 4.0 but will also analyze its role within the automotive sector. The automotive sector has always been a pioneer in the use of new technologies, for this reason it is considered an interesting subject of study. This study will begin by setting out the new objectives that the automotive industry intends to achieve within the digital age. Secondly, it will study the fundamental aspects that will make the digital transformation of this sector possible. Also, this study is going to analyze the evolution of vehicle production in the territories with the greatest influence in the automotive sector, such as Europe, the United States and Japan. Finally, this document focuses on the development and manufacture of clean vehicles that, with the help of new technologies, are making it possible to reduce environmental pollution.

Índice

Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	9
1 Introducción	10
1.1 <i>Objetivos del documento</i>	10
1.2 <i>Estructura del documento</i>	11
2 Industria 4.0	12
2.1 <i>Antecedentes</i>	13
2.2 <i>Tecnologías que la impulsan</i>	19
2.2.1 <i>Análisis de datos (Big Data)</i>	20
2.2.2 <i>Internet de las cosas (IoT)</i>	27
2.2.3 <i>Tecnología en la nube</i>	30
2.2.4 <i>Ciberseguridad</i>	33
2.2.5 <i>Realidad Aumentada</i>	34
2.2.6 <i>Simulación</i>	37
2.2.7 <i>Sistemas para la Integración vertical y horizontal</i>	39
2.2.8 <i>Robótica Avanzada e Inteligencia Artificial (IA)</i>	40
2.2.9 <i>Fabricación Aditiva (Impresión 3D)</i>	42
3 El sector automovilístico	43
3.1 <i>Objetivos</i>	44
3.2 <i>Transformación digital de la industria automotriz</i>	45
3.2.1 <i>Fábrica inteligente</i>	49
3.2.2 <i>Cadena de suministro digital</i>	54
3.1 <i>Estado del arte de la industria automotriz</i>	58
3.1.1 <i>Estados Unidos</i>	60
3.1.2 <i>Japón</i>	61
3.1.3 <i>Europa</i>	64
3.1.4 <i>Influencia del COVID-19 en el sector automotriz</i>	67
3.2 <i>Sostenibilidad</i>	71
3.2.1 <i>Vehículos limpios</i>	72
3.2.2 <i>Producción ecológica en Europa</i>	84
4 Conclusiones	87
Índice de Tablas	89
Índice de Figuras	90
Referencias	92
Índice de Conceptos	97
Glosario	98

1 INTRODUCCIÓN

Las redes sociales, los dispositivos móviles, la computación en la nube y el análisis del Big Data están transformando la forma de vivir. El impacto es brutal y se adentra en todos los sectores. Los mercados y la sociedad están influenciados por esta revolución tecnológica haciendo inevitable que aparezcan nuevas necesidades. Las empresas deben cambiar porque sus consumidores no son los mismos y deben adaptarse a la nueva realidad o desaparecer. El mercado competitivo tradicional cambia para dejar paso a un complejo ecosistema digital. Esta nueva forma de existir impulsa la aparición de negocios digitales.

El mundo occidental es ahora digital, es decir, que para las empresas ya no es una opción ni una ventaja el ser digital, sino que es una medida que deben adoptar para poder sobrevivir. Hasta las relaciones sociales están vinculadas a lo digital.

Las personas usan dispositivos digitales continuamente en su día a día, están en permanente conexión con lo digital, lo que ha precipitado la transición del mundo analógico al mundo digital. Para acceder a sus consumidores las empresas han transformado la forma de trabajar de igual manera que las personas han transformado su forma de vivir.

En las últimas décadas, los productores y proveedores de bienes y servicios han mejorado la calidad de sus organizaciones mediante el uso de tecnologías innovadoras. Esto se debe a que la industria está experimentando una transformación y evolución hacia la digitalización completa y la inteligencia de los procesos de producción para garantizar una alta eficiencia. Para lograr estos objetivos, es necesario implementar nuevas tecnologías para la automatización de los procesos industriales. Esto es la base de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0.

Teniendo en cuenta que la industria automotriz es pionera en la adopción de nuevas tecnologías, analizar la influencia que tiene la Industria 4.0 en este sector puede ser muy revelador. La industria automotriz tiene la oportunidad de dar forma a esta reestructuración fundamental. Deben determinar qué conjunto de capacidades necesitaran para tener éxito. Centrarse en la solución tecnológica no podría ser suficiente y la industria automotriz global requerirá una reinención de todos los aspectos del negocio, incluido el proceso de fabricación, el modelo comercial y la experiencia del cliente. La transformación solo se logrará cuando las tecnologías digitales estén conectadas con un diseño organizativo integrado.

1.1 Objetivos del documento

El objetivo principal de este documento es el de proporcionar una serie de nociones básicas sobre lo que implica para las empresas la transformación digital. Trata de explicar la Industria 4.0 y su enfoque dentro de la industria automotriz. Este documento es interesante para aquellos que quieran introducirse en el mundo digital o que simplemente quieran conocer un poco más sobre este tema.

Se presentarán los aspectos más relevantes que se necesitan para comprender el significado de Industria 4.0. Se pretende proporcionar una descripción de las tecnologías más importantes, tanto una visión general como otra más centrada en las posibles aplicaciones para el sector automotriz.

La motivación fundamental es concienciar de la importancia de adoptar nuevas tecnologías para subsistir en una sociedad tan conectada al mundo digital. Están surgiendo nuevas empresas innovadoras y organizaciones digitales que están cambiando el modelo de negocio. Para entrar en competencia con estas nuevas empresas es necesario evolucionar con la misma rapidez. Para ello es imprescindible la adopción de tecnologías digitales.

Con la ayuda de múltiples documentos de bibliografía se recoge en un solo documento los conocimientos necesarios para entender los efectos de las nuevas tecnologías y sus posibles aplicaciones. Además, usando como referencia a la industria automotriz, se puede mostrar el alcance de estas tecnologías en la práctica.

Es importante entender que cuando se habla de practicidad no se refiere a la exposición de un caso de uso real, sino más bien al estudio de los cambios que ha sufrido la industria automotriz en los últimos años, influenciados no solo por la introducción de nuevas tecnologías sino también por cambios en el entorno y la sociedad.

1.2 Estructura del documento

El documento consta de tres capítulos. En el primero se hace un análisis general, en el segundo se especifican las características de la Industria 4.0 y el tercero trata de la aplicación de la Industria 4.0 en el sector automotriz.

En el capítulo 2 se presentará la Industria 4.0. Primero se hace un análisis de cómo se ha llegado a la Cuarta Revolución Industrial a través de las diferentes Revoluciones Industriales que la preceden. A continuación, se estudian las tecnologías más destacables, como funcionan y sus posibles aplicaciones.

En el capítulo 3 se hará hincapié en la necesidad de implantar la Industria 4.0 para el desarrollo de las empresas y en especial en la industria automotriz. Además, se estudia en que consiste la transformación digital, así como sus soluciones tecnológicas. Y para poder hacer una comparativa adecuada y realista, se analiza la industria automotriz desde sus inicios en los tres territorios más representativos de este sector: Europa, Japón y Estados Unidos. También en este capítulo se analiza el impacto positivo sobre el medio ambiente gracias a las nuevas exigencias de la sociedad, que han obligado a las empresas automotrices a implantar medidas que reducen la contaminación tanto de sus vehículos como de sus fábricas.

2 INDUSTRIA 4.0

El término "Industria 4.0" es usado por primera vez en la Feria de Hannover de 2011 en Alemania. La Industria 4.0 define una metodología para generar una transformación que de paso a la era digital. Para lograr una transformación exitosa, el estándar de la Industria 4.0 debe entenderse bien y se debe generar e implementar una hoja de ruta clara. La evaluación de los componentes de la Industria 4.0 y las características respectivas son importantes para definir los pilares básicos.

Sin embargo, sigue siendo necesaria una definición clara. Aunque hay algunos esfuerzos para proporcionar una definición básica, aún no se ha publicado una definición generalmente bien aceptada de Industria 4.0. Mientras que algunos de los investigadores centran su atención en la digitalización, otros consideran que domina el aspecto de la comunicación y la información. Los demás optan por la inteligencia y la autonomía de los sistemas como las principales características de la Industria 4.0.

Hoy en día, se está abriendo la puerta a tecnologías innovadoras como el internet portátil, máquinas cooperadoras y coordinadoras, sistemas de toma de decisiones personales, solucionadores de problemas de autonomía, máquinas de aprendizaje, etc. Estas cuentan con el potencial para mejorar la construcción, la atención médica, la fabricación, el transporte, la seguridad y una amplia gama de otras aplicaciones.

El estudio de la Industria 4.0 y sus tecnologías se ha convertido en una prioridad para las empresas que buscan un posible camino hacia su futuro. La computación en la nube, aprendizaje conjunto, Big Data, software de código abierto, el internet de las cosas (IoT), las ciudades inteligentes, las fábricas inteligentes y los sistemas ciberfísicos son algunos conceptos que ayudan a la comprensión de la Industria 4.0.



Figura 2.1 – Industria 4.0 [12]

2.1 Antecedentes

Para poder comprender la Industria 4.0 es necesario dar un paso atrás, y estudiar las revoluciones industriales que la precedieron. En este apartado se analizará las diferentes revoluciones industriales, sus motivos y sus consecuencias. Los avances tecnológicos de cada etapa fueron esenciales para llegar a la era digital. La ciencia y la tecnología no serían las mismas sin estos sucesos.

Las revoluciones se definen por cambios profundos en los sistemas económicos y la estructura social; y pueden tardar años en desarrollarse. A lo largo de la historia se han sucedido una serie de revoluciones que han sido decisivos para el avance de la industria. Podemos definir cuatro Revoluciones Industriales hasta la fecha. La Primera Revolución Industrial se relacionó con la máquina de vapor y el uso del carbón como combustible; la Segunda lo hizo con el uso de nuevas fuentes de energía, la electricidad y el petróleo, y con el desarrollo de los medios de comunicación y el transporte; la Tercera con la comunicación, la computación y la búsqueda de nuevas fuentes energéticas alternativas; y en la Cuarta tenemos los datos, la robótica, la inteligencia artificial y el internet de las cosas. La **figura 2.2** describe las principales fases que caracterizaron las distintas Revoluciones Industriales.

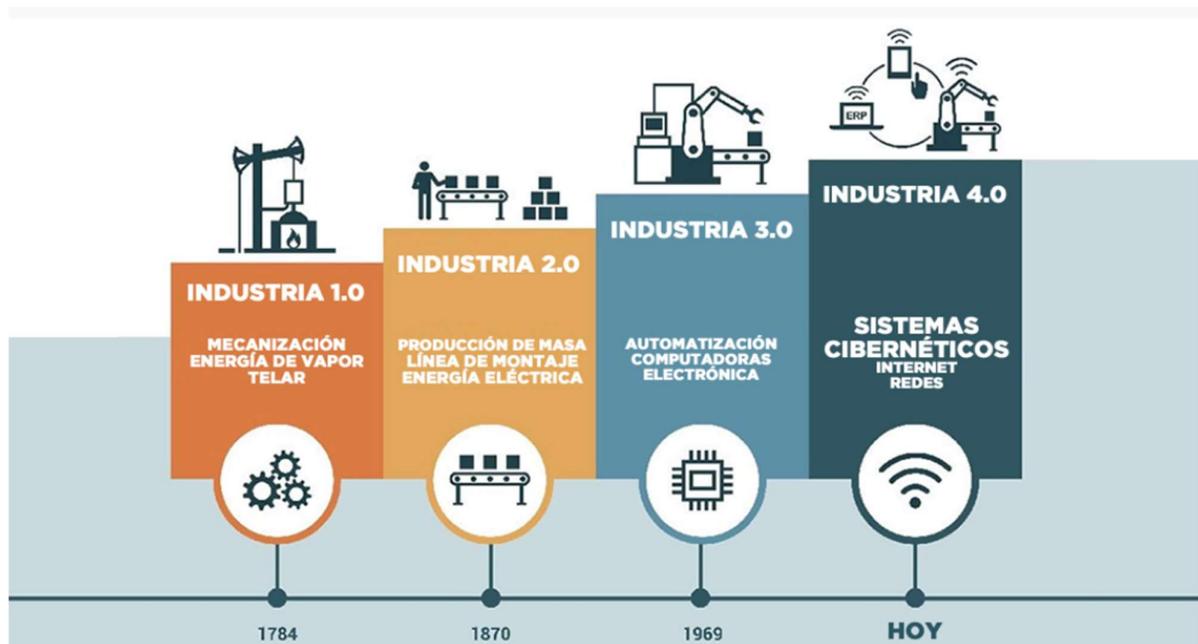


Figura 2.2 – Revoluciones Industriales [1]

La Primera Revolución Industrial nace en Gran Bretaña y se desarrolló en la segunda mitad del XVIII. Se caracterizó por una serie de innovaciones tecnológicas que favorecieron la expansión de las industrias. La introducción de máquinas supuso un gran avance en las técnicas empleadas para la fabricación, hasta entonces manuales.

Se sumaron muchos factores para que las condiciones en Reino Unido fueran adecuadas y así surgiese la Primera Revolución Industrial. Fue necesaria la existencia de materias primas como el hierro y el carbón que servían de combustible para el funcionamiento de las nuevas máquinas.

El principal avance tecnológico de la Primera Revolución Industrial fue la máquina de vapor, invento de Thomas Newcomen (1712) y mejorado por James Watt (1750). La máquina de vapor permitía obtener energía mecánica a partir de la energía térmica, pero fueron las mejoras que hizo Watt lo que trajo consigo el inicio de la Primera Revolución Industrial. Esta nueva máquina era capaz de mover maquinaria pesada, propiciando el surgimiento de fábricas y la producción en masa. (**Figura 2.3**)

Los sectores más destacables de la Primera Revolución Industrial fueron la industria textil y la siderurgia. La primera será un ejemplo de cómo la tecnología puede hacer prosperar un sector. Además, esta abrirá paso a la industrialización de otros sectores. Las innovaciones más destacables que surgieron durante la Primera Revolución Industrial en la industria textil son la máquina de hilado (James Hargreaves, 1764), el telar hidráulico (Richard Arkwright, 1769) y haciendo uso de la máquina de vapor, el telar mecánico (Edward Cartwright, 1785). En cuanto a la minería, gracias a las mejoras tecnológicas se consiguió un hierro de buena calidad y barato, imposible sin la ayuda de la nueva maquinaria. Las aplicaciones prácticas de las máquinas de vapor también llegaron a los medios de transporte tanto por agua, con el barco a vapor (Robert Fulton, 1803), como por tierra, con la locomotora a vapor (Stephenson, 1830).

Estas nuevas tecnologías cambiaron la forma de trabajar lo que se tradujo en un aumento de la capacidad de producción a menor coste. Además, con la producción en serie no solo se disminuye el tiempo de fabricación, sino que al simplificar tareas complejas en otras más simples que no necesita de mano de obra cualificada.

La Primera Revolución Industrial rompió con las estructuras socioeconómicas existentes hasta el momento. Significó un cambio sin precedentes tanto en la economía, los medios de transportes y la comunicación e, incluso, las estructuras sociales.

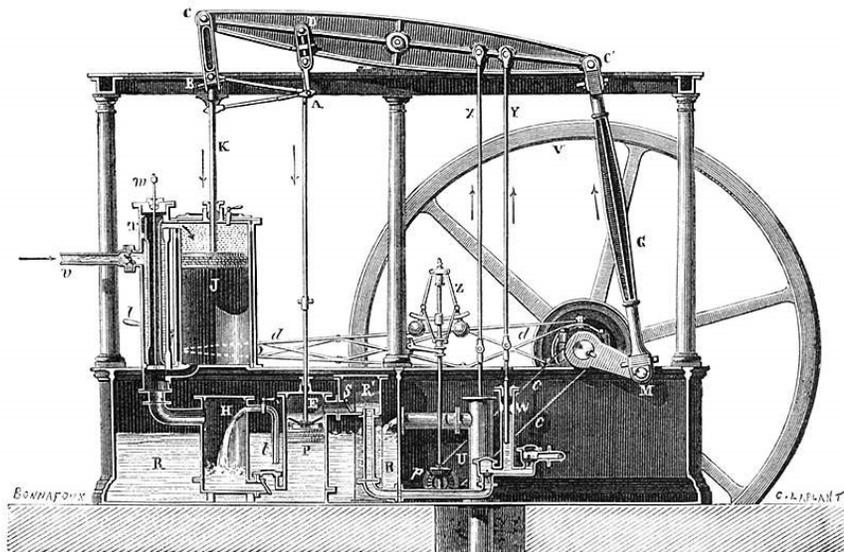


Fig. 59. — Machine à balancier de Watt.

e. Tuyau de prise de vapeur; T, tiroir; J, cylindre; H, condenseur; PE pompe d'épuisement; WY pompe alimentaire de la chaudière; UX pompe d'alimentation de la bûche R; p Z régulateur; dd excentrique; ABCD parallélogramme; GM bielle et manivelle; V volant.

oldbookillustrations.com

Figura 2.3 – Máquina de vapor (James Watt) [8]

La Segunda Revolución Industrial fue, en muchos sentidos, la continuación de la Primera. Se establece entre 1870 y 1914 aunque algunos acontecimientos que se achacan a este periodo ocurrieron en 1850. Se desplazó el enfoque geográfico del liderazgo tecnológico a otros territorios. Los avances tecnológicos propios de la Primera Revolución Industrial llegaron a países como Francia, Alemania, Bélgica, Japón y Estados Unidos para luego expandirse por el resto de los países occidentales.

La Primera Revolución Industrial, y la mayoría de los desarrollos tecnológicos que la precedieron, tuvieron poca o ninguna base científica. A menudo era difícil eliminar errores, mejorar la calidad y hacer que los productos y procesos fueran más fáciles de usar pues era necesario profundizar en la comprensión de los procesos naturales involucrados. Sin embargo, la Segunda Revolución Industrial se caracterizó por avances tanto tecnológicos como científicos. La efectividad de la investigación y el desarrollo de técnicas novedosas se debió al constante estudio que pretendía comprender el funcionamiento de las nuevas tecnologías y mejorarlas.

El hierro forjado, tan importante para la Primera Revolución, no era lo suficientemente tenaz y elástico, además el desgaste de las piezas de las máquinas y los rieles hizo que su uso fuera caro. Haciendo un estudio más complejo de los materiales, otros metales como el acero ganaron importancia y sustituyeron al hierro. El crecimiento de la industria del acero es considerado uno de los aspectos más destacable de la Segunda Revolución Industrial. El acero fue esencial para la construcción de máquinas, puentes, fábricas y rieles.

Sin embargo, la marca más característica de esta revolución es la aplicación de nuevas fuentes de energía, la electricidad y el petróleo. El uso de la electricidad permitió el desarrollo de innovaciones tales como la lámpara incandescente (1881). Además, surgieron inventos revolucionarios como el telégrafo (Samuel Morse, 1837), el teléfono (Graham Bell, 1876), la radio (1897) o la televisión que cambiaron la forma de comunicarnos.

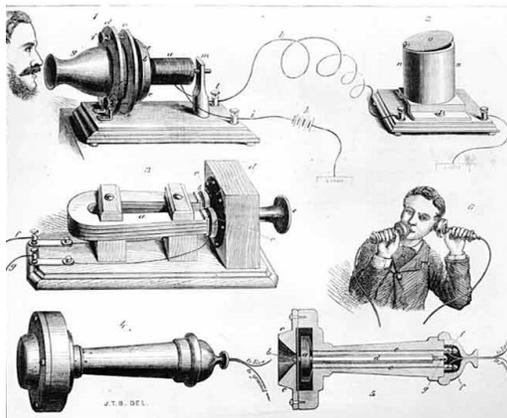


Figura 2.4 – Teléfono [9]

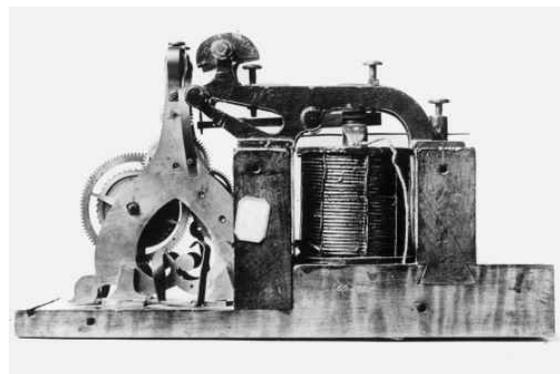


Figura 2.5 – Telégrafo [10]

Las máquinas de vapor alimentadas por carbón se sustituyen por los motores diésel y de gasolina, mejoraban el rendimiento térmico de manera que necesitaba de menos combustible, lo que supone un gran ahorro. Aunque la idea del motor de combustión interna era antigua, el primero en construir un motor de combustión interna fue Joseph Etienne Lenoir en 1860 dos tiempos y en 1863 de cuatro tiempos. Sin embargo, el rendimiento no era comparable a la máquina de vapor. Para mejorar su eficacia Nikolaus Otto diseñó en 1876 el motor Otto. Usando un ciclo distinto al de Otto, Rudolf Diesel desarrolla un motor con mejor rendimiento térmico en 1893. En 1883 Gottlieb Daimler introduce el motor de gasolina que funcionaba según el ciclo de Otto. También se desarrolla una alternativa al motor de explosión, el motor eléctrico que verá su auge más adelante. **(Figura 2.6)**

Surgen nuevos medios de transporte con la llegada del automóvil con motor de combustión interna (1886, Karl Friedrich Benz) y el avión. En cuanto a los ferrocarriles, su tecnología no constituía ninguna novedad. Sin embargo, su expansión revolucionó la forma de desplazarse, se hicieron más rápidos, más seguros y cómodos durante la Segunda Revolución Industrial. El transporte de mercancías a través del ferrocarril permitió relaciones comerciales que antes no resultaban viables. Además, este medio de transporte hizo asequible el viaje para todos y sus extensas líneas conectó muchos mercados. Por ello la Segunda Revolución Industrial es considerada como la era del ferrocarril.

La Segunda Revolución Industrial cambió la forma de relacionarnos con el conocimiento y las prácticas tecnológicas, lo que se aprendió en estos años preparó el camino para las siguientes Revoluciones Industriales.

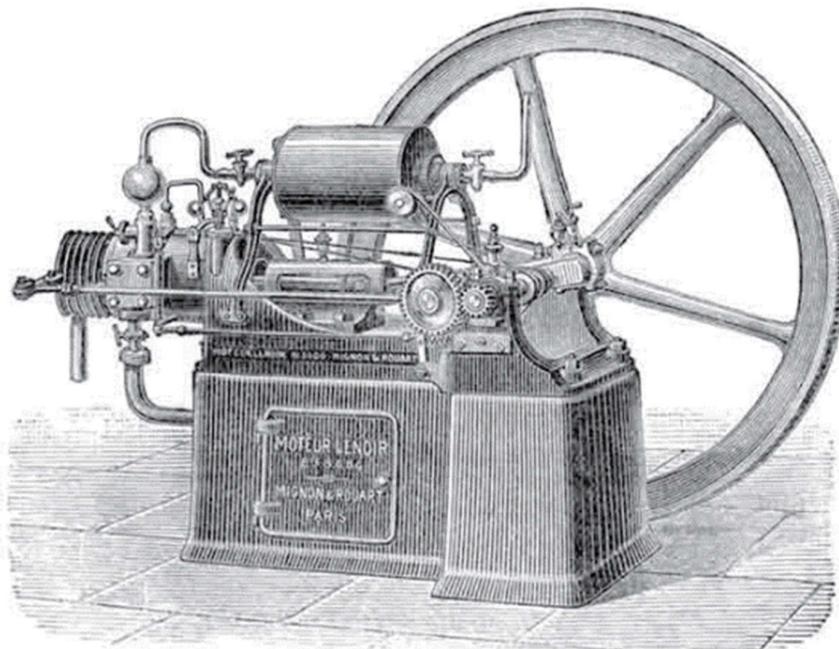


Figura 2.6 – Motor combustión interna (Étienne Lenoir) [11]

Tras la Segunda Guerra Mundial comienza la Tercera Revolución Industrial, liderada por Estados Unidos, Japón y la Unión Europea. Esta Revolución se caracteriza por el progreso de la tecnología de la información, con la creación de internet; permitiendo la interconexión mundial. Además, se desarrollan tecnologías muy diferentes lo que supuso grandes cambios en diversas áreas.

Además del internet la Tercera Revolución Industrial se relaciona con avances en la robótica y la electrónica, y con los procesos de automatización. En 1969 surge el primer controlador lógico programable (PLC) que permitía la programación digital de los sistemas de automatización. En la **figura 2.7** podemos observar el primer PLC conocido como Modicon (Modular Digital Controller). La programación todavía gobierna la ingeniería moderna de sistemas de automatización y conduce a una alta flexibilidad y eficiencia en los sistemas de automatización.

Otros sectores adquieren una gran importancia, como es el caso de la industria química. Los avances científicos en la química fueron esenciales para el progreso en distintos campos. Por ejemplo, la industria textil se vio favorecida con las nuevas técnicas de teñido, y gracias a diferentes estudios se dieron los primeros pasos de las fibras artificiales. Las nuevas aleaciones metálicas mejoraron los medios de transporte, permitiendo la construcción de aviones más ligeros. En la agricultura también tuvo una gran influencia; por ejemplo, con la introducción de nuevos abonos se mejoraron los cultivos. Además de estos sectores muchos otros se beneficiaron de la industria química.

La medicina también se ve favorecida por el uso de la ciencia y las nuevas tecnologías, lo que la mantendrá constantemente innovando. El desarrollo de la ingeniería genética y la biotecnología cobra mucha importancia en esta época.

Aunque principalmente se hace uso de fuentes de energía no renovables durante la Tercera Revolución Industrial, se comienza a buscar otras alternativas. Las innovaciones permiten la utilización de energías renovables, como por ejemplo hidráulica, solar o eólica. Además, se mejoran los medios y procesos de almacenamiento de energía, como baterías recargables o pilas de hidrógeno.

La Tercera Revolución Industrial impulsa el desarrollo tecnológico en todos los ámbitos. El estudio constante en los diferentes campos deriva en un progreso continuo. Mediante la utilización de tecnologías de información y automatización, comienza la era digital que crece vibrante y vertiginosamente.



Figura 2.7 – Modicon del grupo Schneider Electric [13]

La línea que separa la Tercera Revolución de la Cuarta Revolución Industrial es muy fina se dice que la Cuarta comenzó a principios de este siglo y se basa en la Revolución digital. Se caracteriza por una Internet mucho más amplio y móvil, por sensores más pequeños y potentes que se han abaratado, y por la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la robótica colaborativa (**figura 2.8**).

Las tecnologías digitales que tienen hardware, software y redes de computadoras en su núcleo no son nuevas, pero en una ruptura con la Tercera Revolución Industrial, se están volviendo más sofisticadas e integradas y, como resultado, están transformando las sociedades y la economía global.

Sin embargo, la Cuarta Revolución Industrial no se trata solo de máquinas y sistemas inteligentes y conectados; su alcance es mucho más amplio. Proporciona importantes avances en áreas que abarcan desde la secuenciación de genes hasta la nanotecnología, desde las energías renovables hasta la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios físico, digital y biológico lo que hace que la Cuarta Revolución Industrial sea fundamentalmente diferente de las revoluciones anteriores.

En esta Revolución, las tecnologías emergentes y las innovaciones se están difundiendo mucho más rápido y más ampliamente que en las anteriores, que continúan desarrollándose en algunas partes del mundo. El 17% del mundo aún no ha experimentado plenamente la Segunda Revolución Industrial, ya que casi 1.300 millones de personas aún carecen de acceso a la electricidad. Mientras los avances de la Primera Revolución Industrial tardaron casi 120 años en extenderse fuera de Europa, el Internet impregnó todo el mundo en menos de una década. [14]

La adopción de las innovaciones tecnológicas es un factor determinante para el progreso. El gobierno y las instituciones públicas, así como el sector privado, deben hacer su parte y sumarse a la Cuarta Revolución Industrial.



Figura 2.8 – Robot colaborativo [62]

2.2 Tecnologías que la impulsan

La principal tecnología utilizada en el contexto de la Industria 4.0 son los sistemas ciberfísicos (CPS). Los CPS se consideran una tecnología habilitadora clave en la Cuarta Revolución Industrial.

Los CPS son un conjunto de diferentes tecnologías habilitadoras, que generan un sistema autónomo, de intercomunicación e inteligente y, por lo tanto, pueden facilitar la integración entre sujetos diferentes y físicamente distantes. Los CPS puede definirse como un sistema en el que los objetos físicos deben estar flanqueados por su representación en el mundo digital, están integrados con elementos capaces de computar, memorizar y comunicarse y además están conectados entre sí. La funcionalidad de un CPS se puede resumir en tres niveles, como se define a continuación:

- > Nivel 1. **Comunicación:** permiten una conexión inteligente, es decir, tienen la capacidad de administrar y adquirir datos disponibles en tiempo real gracias a sensores inteligentes y transferirlos con comunicación específica.
- > Nivel 2. **Computación:** para la conversión de datos a información de valor tienen la capacidad de agregar datos y procesarlos. Además, los CPS permiten representar en tiempo real una realidad digital. Esto se conoce como gemelo digital y una de las funcionalidades con más potencial.
- > Nivel 3. **Control:** la capacidad de identificar diferentes escenarios y apoyar un proceso adecuado de toma de decisiones. Proporciona retroalimentación sobre la realidad física de la realidad virtual y aplica acciones correctivas al nivel anterior.



La cuarta revolución industrial se caracteriza por el uso de tecnologías habilitadoras específicas que permiten el desarrollo de CPS. Varios autores definen nueve tecnologías principales (**Figura 2.9**) que están transformando la industria manufacturera: el Big Data, la nube, automatización, sistemas de integración, IoT, seguridad cibernética, fabricación aditiva, realidad aumentada y simulación. De todas estas tecnologías, IoT, o más precisamente IIoT (Internet industrial de las cosas) es lo que permite a la fábrica conectar realmente todas las funciones. Al integrar todos los aspectos del proceso de producción, podemos construir un ecosistema a partir de él y redefinir la relación entre proveedores, fabricantes y consumidores, así como entre humanos y máquinas.

El efecto es una transformación radical de las industrias tradicionales. Significa el uso de nuevas tecnologías de producción, nueva maquinaria, y nuevos materiales. En este contexto, el conocimiento se ha convertido en un aspecto crucial. Además, se produce una integración completa entre las dimensiones cibernética y física.



Figura 2.9 – Nueve pilares de la Industria 4.0 [21]

2.2.1 Análisis de datos (Big Data)

Para impulsar su desarrollo y mejorar su eficiencia, las empresas están aprovechando los datos, estos les permiten adelantarse a las nuevas necesidades provocadas por las permanentes transformaciones en el sector de la industria. En este apartado se hace un análisis de la importación de los datos para una empresa y como las nuevas tecnologías están cambiando la forma de obtener y gestionar dichos datos para que sean de utilidad.

Las empresas conviven en un entorno de permanente competencia para por lo que deben estar en constante evolución y adaptarse a los cambios. El desarrollo de una empresa viene ligado a la de la toma de decisiones, estas se basan en la información que toma de su entorno. Para garantizar su supervivencia la organización debe conseguir los datos necesarios, procesarlos y realizar las acciones correspondientes.

Actualmente las nuevas tecnologías nos permiten la obtención de datos precisos. Las organizaciones cuentan con la ventaja de saber lo que está ocurriendo en su entorno lo que les permite mejorar continuamente su estrategia de negocio y anticiparse a las necesidades de sus clientes.

“Sin datos usted será simplemente una persona más con su opinión”.

W. Edwards Deming.

Para explotar datos, se requiere un análisis de datos avanzado. Usando la computación en la nube y a través de análisis avanzados, métodos y herramientas, se analizan y extraen datos fuera de línea y en tiempo real. El conocimiento se extrae de la enorme cantidad de datos que permiten a los fabricantes comprender el ciclo de vida del producto en varias etapas [27].

El Big Data ofrece la oportunidad de mutar del paradigma de fabricación actual a la fabricación inteligente. Por lo tanto, Big Data puede ayudar a los fabricantes a tomar decisiones de manera más racional, informada y receptiva. La competitividad de fabricación en el mercado global se ve reforzada por estas características del Big Data.

El Big Data exige formas innovadoras y rentables de procesamiento de la información para obtener conocimientos mejorados. De acuerdo con las primeras definiciones investigadas, el Big Data se relacionó con el Volumen, Variedad y Velocidad, las tres V.



Figura 2.10 – Big data: Volumen, Variedad y Velocidad

Estas fueron las tres dimensiones que surgieron como un marco común de desafíos en la gestión de datos. Al procesar continuamente grandes cantidades de datos heterogéneos no estructurados recolectados en diferentes formatos como videos, audios, textos u otros, se ha intentado asignar otras dimensiones para mejorar su caracterización, como: Veracidad, Visión, Volatilidad, Verificación, Validación, Variabilidad y Valor [22,24,25,26]. Según varios autores [22,24,25,26], la descripción de las dimensiones es la siguiente:

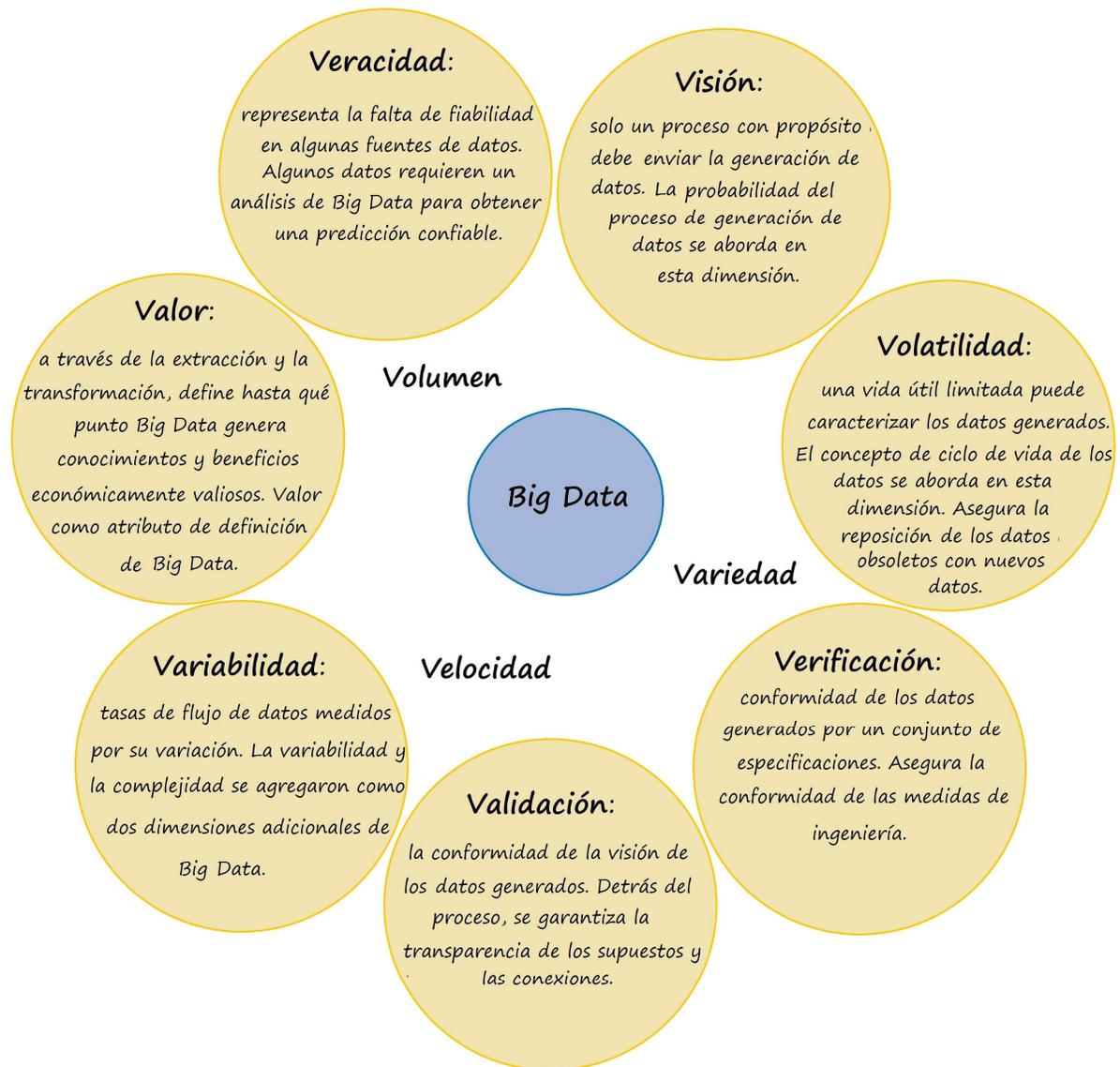


Figura 2.11 – Características del Big Data

Los datos son un factor clave para la fabricación inteligente. Sin embargo, los datos no son útiles a menos que se “traduzcan” en un contexto y un contenido de información concretos que los usuarios puedan entender directamente. Generalmente, antes de obtener la información concreta de los datos, los datos deben pasar por varios pasos. El viaje completo de recopilación, transmisión, almacenamiento, preprocesamiento, filtrado, análisis, minería, visualización y aplicación de datos puede denominarse “ciclo de vida de los datos” [28].

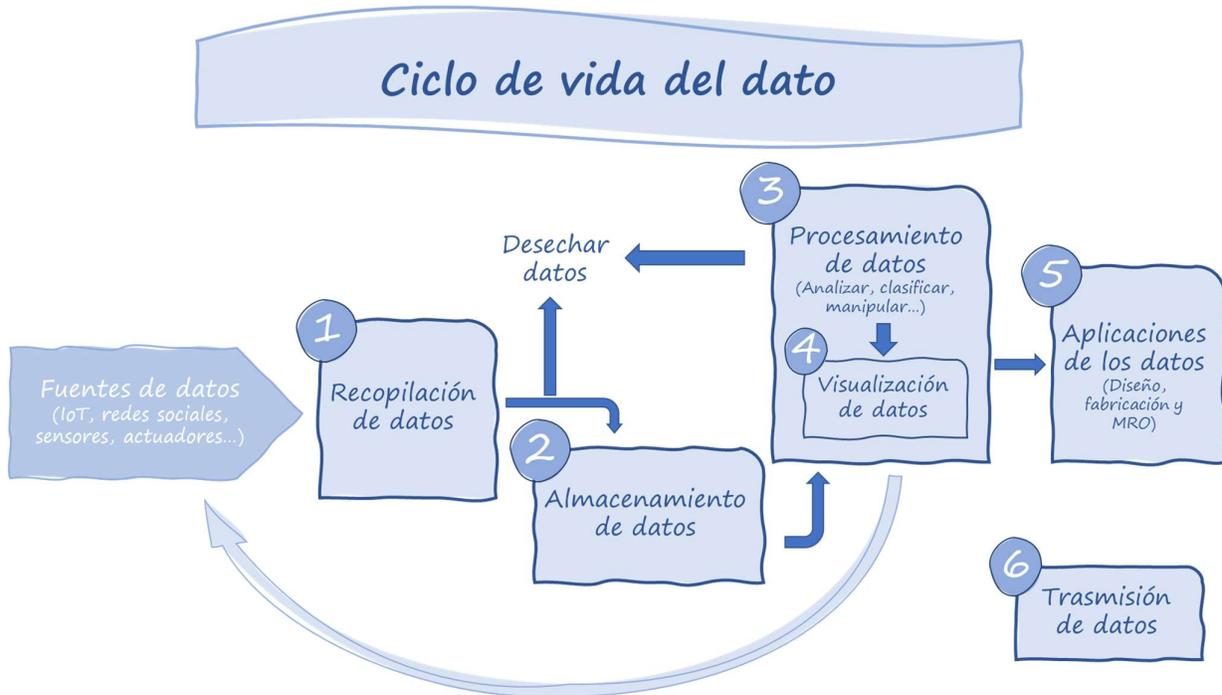


Figura 2.12 – Ciclo de vida de los datos

1. Recopilación de datos

El volumen de datos recopilados a lo largo de toda la cadena de valor de fabricación y el ciclo de vida del producto está aumentando a un ritmo sin precedentes. Todo lo que se encuentra en los alrededores genera continuamente datos. Los datos pueden provenir tanto de fuentes internas como externas. Los primeros se generan y almacenan en la propia empresa mientras que los segundos poseen varias vías de obtención. Cada proceso digital e intercambio de redes sociales produce datos; los sistemas, sensores y dispositivos móviles los transmiten. Los macrodatos llegan de múltiples fuentes a una velocidad, volumen y variedad alarmantes. Para extraer un valor significativo de los macrodatos, es necesario contar con una potencia de procesamiento óptima, capacidades analíticas y habilidades de gestión de la información [17,20].

Una fuente de datos que está cobrando importancia es el llamado Open Data, es una iniciativa global que pretende que los datos y la información sean publicados de forma abierta, es decir, sin restricciones de acceso. Elimina las barreras tradicionales como el copyright, patentes u otros mecanismos de control y se centra, especialmente, en la transparencia de las administraciones públicas. Las políticas de transparencia que han adoptado algunos países como en España, a través de plataformas como dato.gob.es, permiten el acceso a datos de mucha utilidad. Facilita los procesos de información de clientes, por ejemplo, en una comunidad puedo obtener información estratégica a través de la plataforma del ayuntamiento y saber la disponibilidad de aparcamiento en la ciudad [17].

Además, el rastreo web es una técnica de adquisición de datos ampliamente utilizada para recopilar datos públicos basados en ciertas condiciones predefinidas por ingenieros. El rastreo web se refiere a la tecnología de implementación de "rastreadores" (es decir, programas informáticos) para navegar por páginas web públicas y recopilar información deseable. La tecnología de rastreo web permite a los fabricantes adquirir datos públicos de forma automática y eficiente.[28]

Sin embargo, la mayoría de los datos llegan a través del IoT, mediante el cual los datos de equipos y productos se pueden recopilar instantáneamente a través de sensores inteligentes, RFID (identificación por radiofrecuencia) y otros dispositivos de detección, lo que hace posible monitorear el estado de los equipos y productos en tiempo real. Por ejemplo, los sensores incorporados permiten medir, monitorear e informar de manera continua el estado operativo continuo de los equipos y productos de fabricación, como la temperatura, la presión y la vibración. RFID permite la identificación, seguimiento y gestión automáticos de un gran número de piezas de trabajo, así como de los materiales necesarios para la producción. [28]

2. Almacenamiento de datos

Actualmente el progreso de las tecnologías de información y comunicación permite el acceso a un volumen de datos digitales que crece exponencialmente debido a las diversas fuentes. Es posible procesar y almacenar gran cantidad de datos. En los últimos años hemos pasado de hablar de “megas”, “gigas” y “teras” a usar petabytes estos equivalen a una capacidad de almacenaje de 13 años de video en alta definición. Google, por ejemplo, almacena 24 petabyte por día. Esta enorme cantidad de datos estructurados, semiestructurados y no estructurados puede describir el Big Data. Para obtener el valor correspondiente, estos datos necesitarían demasiado tiempo y dinero para almacenarse y analizarse [18].

El gran volumen de datos recopilados de los procesos de fabricación debe almacenarse de forma segura e integrarse de forma eficaz. En términos generales, los diversos tipos de datos de fabricación se pueden clasificar en estructurados (por ejemplo, dígitos, símbolos, tablas, etc.), semiestructurados (por ejemplo, árboles, gráficos, documentos XML, etc.) y datos no estructurados (por ejemplo, registros, audios, videos, imágenes, etc.). [28]

Tradicionalmente, las empresas de fabricación se centraban en gran medida en el almacenamiento de datos estructurados, ya que era difícil administrar directamente datos no estructurados dentro de las bases de datos empresariales. Sin embargo, actualmente la arquitectura de almacenamiento basada en objetos permite colecciones de datos para almacenar y gestionar como objetos; esto proporciona una solución más flexible que permite integrar datos semiestructurados y no estructurados. Además, a través de la computación en la nube, el almacenamiento de datos se puede lograr de una manera altamente rentable y eficiente.[28]

3. Procesamiento de datos

La recopilación o el almacenamiento de datos caracterizan a Big Data, pero la característica principal del Big Data es el análisis de datos y sin él, Big Data no tiene mucho valor. El Big Data puede proporcionar orientación sistemática para las actividades de producción relacionadas dentro de todo el ciclo de vida del producto, logrando un funcionamiento rentable del proceso y libre de fallos, y ayuda a los gerentes en la toma de decisiones y a resolver problemas relacionados con la operación. El uso de Big Data proporciona una ventaja empresarial a través de la oportunidad de generar valor añadido [18].

Para aprovechar las ventajas de la analítica del Big Data en una sociedad cada vez más impulsada por el conocimiento, existe la necesidad de desarrollar soluciones que reduzcan la complejidad y la carga cognitiva al acceder y procesar estos grandes volúmenes de datos tanto en hardware integrado como en analítica de datos basada en software [19].

El procesamiento de datos se refiere a una serie de operaciones realizadas para descubrir conocimiento a partir de un gran volumen de datos. Los datos deben convertirse en información y conocimiento para que los fabricantes tomen decisiones informadas y racionales. Sobre todo, los datos deben limpiarse y procesarse cuidadosamente para eliminar información redundante, engañosa, duplicada e inconsistente. La reducción de datos es el proceso de transformar el volumen masivo de datos en formas ordenadas, significativas y simplificadas mediante la selección de características o casos. Una vez completada la reducción de datos, los datos limpios y simplificados se explotan mediante el análisis de datos y la minería de datos (data mining) para generar nueva información [19]. A este conjunto de técnicas se le conoce como ciencia de datos (data science).

La ciencia de datos, se asocia al nuevo negocio. Se vale de la inteligencia artificial (IA), como el aprendizaje automatizado o aprendizaje profundo (Deep learning), para desarrollar procesos de análisis que sean capaces de afrontar los datos masivos. Además, también posibilita el uso de datos desestructurados y procesa la información en tiempo real.[20]

Los objetivos que persiguen las empresas no son siempre los mismos por ello el proceso para transformar los datos en conocimiento útil no siempre consistirá en un proceso estandarizado. Los datos se procesarán y analizarán usando diferentes estrategias para alcanzar los objetivos específicos de cada empresa.

Los procesos de análisis son complejos lo que supone un coste adicional para la empresa y por tanto antes de proceder es necesario hacer un balance para saber si beneficiará a la organización.

El tipo de técnicas que se aconsejaría abordar dependerá de las características de la empresa. Existe un amplio rango de procesos analíticos con diferentes herramientas y utilidades. A la hora de elegir un proceso de análisis se debe estudiar, qué grado de inteligencia poseen dichos procesos y que ventaja competitiva obtendrás.

El tiempo de reacción se ha convertido un punto decisivo para la ventaja competitiva. Pues al encontramos en un mundo globalizado los cambios ocurren con mucha rapidez, todo lo que ocurre en el entorno afecta. Un análisis muy lento de los datos podría trasladarse en acciones que no se adecuarían al momento y por tanto supondrá grandes pérdidas. [20]

La implementación de aplicaciones en tiempo real es cada vez más compleja. Esta complejidad se deriva de una variedad de factores.

Un factor es el alto grado de dimensionalidad que puede poseer un conjunto de datos, lo que aumenta la dificultad de procesar y analizar los datos. Las interacciones, correlaciones y efectos causales de estos parámetros de datos de alta dimensión en relación con los comportamientos y resultados específicos de estos sistemas son a menudo demasiado complejos para ser analizados y comprendidos por usuarios humanos. Además, los datos se pueden acumular de diversas fuentes y canales de entrada, lo que hace que el procesamiento en línea sea muy exigente debido a la variedad de entrada de señal, que debe sincronizarse y los diversos tipos de datos, que deben analizarse simultáneamente. Sin olvidar que, los datos recopilados a menudo se componen de múltiples tipos de entradas que tampoco siempre son precisas o completas debido a diversas fuentes de imprecisión, incertidumbre junto con datos faltantes (por ejemplo, sensores que funcionan mal o inexactos).

Otro factor que debe tenerse en cuenta es que el método utilizado para la analítica del Big Data debe extraer conocimiento de los datos de forma interpretable. Las técnicas computacionales implementadas para realizar esta tarea deben hacer que los patrones, que existen en los datos, sean transparentes para la persona que intenta utilizarlos y comprenderlos.[19]

Finalmente, existe la necesidad de que las técnicas de adaptación en línea incorporen elementos contextuales y específicos del usuario en su diseño y mecanismo de toma de decisiones, de una manera fácil de usar y computacionalmente factible. Todos los factores anteriores deben reflejarse en las técnicas computacionales y de aprendizaje automático utilizadas para procesar y analizar el Big Bata para que se puedan construir aplicaciones y modelos exitosos [19].

Para implementar tiempos cortos de reacción ante los conocimientos obtenidos en los procesos analíticos se hace uso de sistemas automáticos que detectan datos más relevantes en forma de alertas. El uso de alertas permite al usuario actuar en consecuencia con mayor rapidez, siendo una buena estrategia de inteligencia.

Otra técnica utilizada a la hora de analizar los datos es optimización y simulación. Son técnicas muy avanzadas que simulan diferentes escenarios y ayudan a que la toma de decisiones resulte más segura.

Pero no solo interesa entender el presente, sino que también se quiere predecir qué pasaría si actuó de una manera u otra y así estimar que ruta de acción es más recomendable. Los análisis estadísticos se encargan de predecir el curso de los acontecimientos en función de diferentes parámetros.

Para saber qué tipo de análisis es más conveniente ayuda clasificarlos en diferentes tipos. [20]

- **Análisis descriptivo:** se basa en el uso de técnicas tradicionales lo que le permite proporcionar un estudio profundo de la situación pasada y presente
- **Análisis predictivo:** permite a las empresas anticiparse a la demanda.
- **Análisis prescriptivo:** usa de técnicas de predicción y proporciona un diagnóstico de posibles acciones a realizar para maximizar el beneficio.

4. Visualización de datos

Las empresas y organizaciones almacenan y analizan grandes cantidades de datos, que deben procesarse de forma que los usuarios puedan acceder a la información recopilada [19]. La utilización de Big Data plantea una serie de desafíos, como problemas de seguridad, la complejidad de su análisis y almacenamiento de datos masivos.

Para reducir la complejidad en el análisis de datos existen herramientas que permiten al usuario ser capaz de comprender los datos y realizar un análisis adecuado, como los paneles de informes o dashboards. Los dashboards son interactivos, flexibles y personalizables. Esto quiere decir que el usuario puede elegir que datos quiere generar, la forma de visualización de dichos datos y así adecuarse a sus necesidades. El proceso de construcción de estas plataformas es complejo por ese motivo han surgido los científicos de datos, encargados de desarrollar estos servicios.

Este tipo de modelo recibe el nombre de as-a-service (como servicio) y cada vez es más común. A la ventaja de poder personalizar el proceso de análisis, se le suma que no es necesario instalar un software en tu equipo, pues puedes trabajar en la nube. Esta herramienta permite obtener datos de diferentes fuentes, tanto los propios de la organización, como datos desestructurados de las redes sociales; y hacer un análisis eficiente que obtenga la información deseada.

La visualización está destinada a transmitir y comunicar información de forma clara a través de medios gráficos, lo que permite a los usuarios finales comprender los datos de una manera mucho más explícita. Las técnicas de visualización más utilizadas incluyen declaraciones, cuadros, diagramas, gráficos y realidad virtual. Los datos en tiempo real se pueden visualizar en línea a través de los terminales inteligentes de los usuarios. A través de la visualización, los resultados del procesamiento de datos se hacen más accesibles, sencillos y fáciles de usar.

En los últimos años se han creado muchos servicios que nos permite hacer los análisis desde la nube. Estas herramientas de visualización interactiva son capaces de procesar gran cantidad de datos provenientes de la arquitectura Big Data. Encontramos servicios como DaaS for Customer intelligence de Oracle que se dedica a analizar las necesidades de sus clientes. Otro ejemplo de dashboard es Google Analytics, analiza las interacciones online.

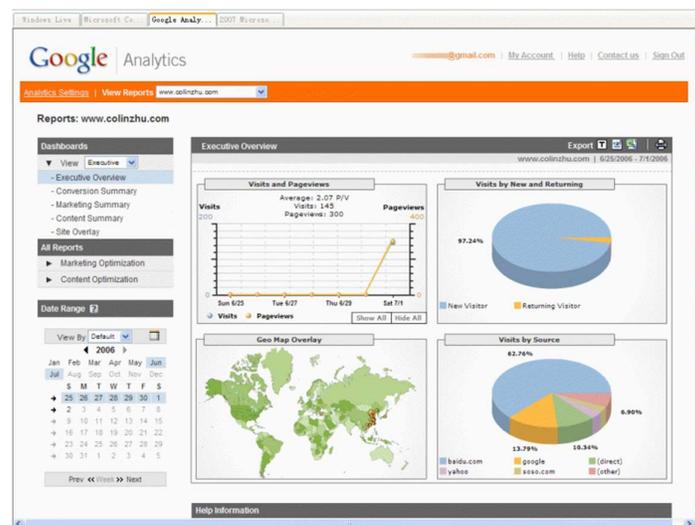


Figura 2.13 – Google Analytics

Sin embargo, para el análisis de datos el servicio más usado sigue siendo Excel que ha añadido nuevos componentes que permite el uso de dashboards interactivos como PowerPivot, PowerView, PowerMap, PowerQuery o PowerBI.

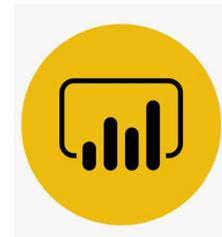
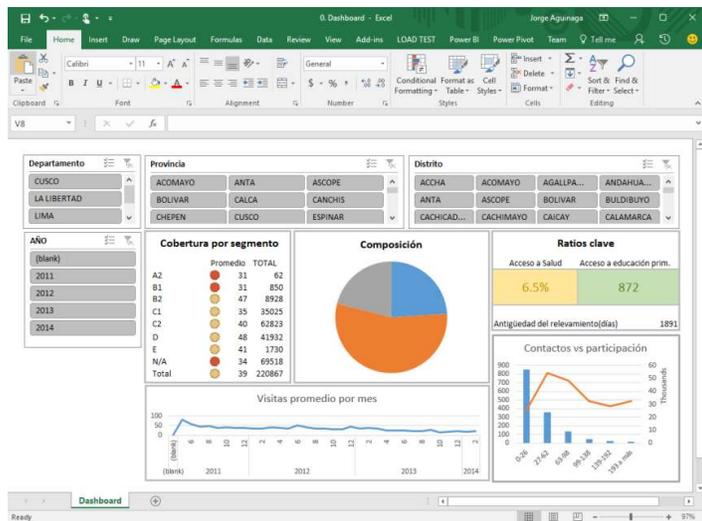


Figura 2.14 – Excel

5. Aplicaciones de datos

Los datos han entrado en casi todos los aspectos de la producción y el funcionamiento diarios en las empresas manufactureras.

Primero, durante la fase de diseño, a través del análisis de datos, se revelan nuevos conocimientos sobre clientes, competidores y mercados. Sobre la base de la comprensión desarrollada a través del análisis de datos, los diseñadores pueden traducir de manera precisa y rápida las voces de los clientes en características del producto y requisitos de calidad. Como resultado, los fabricantes conocen mejor las necesidades de los clientes y serán más ágiles en términos de hacer frente a un mercado dinámico y cambiante.

En segundo lugar, durante la producción, el proceso de fabricación y el equipo se supervisan y se rastrean en tiempo real. De esta forma, los fabricantes pueden estar al tanto de los cambios. El análisis de datos puede llevar a tomar decisiones informadas sobre, cuándo y cómo ajustar los procesos y equipos de fabricación. Además, los datos pueden facilitar el control y la mejora de la calidad del producto. En consecuencia, los sistemas de fabricación se pueden ajustar de manera oportuna para controlar la calidad del producto.

Por último, con respecto a la utilización del producto y MRO (Mantenimiento, reparaciones y operaciones) los posibles fallos del producto pueden identificarse en una etapa temprana, lo que hace posibles acciones de precaución, como el mantenimiento preventivo, la predicción de fallos y la actualización automática [28].

6. Transmisión de datos

Los datos fluyen continuamente entre diferentes sistemas de información, sistemas CPS y operadores humanos. La transmisión de datos, por lo tanto, juega un papel crítico en el mantenimiento de las comunicaciones y las interacciones entre los sistemas y recursos de fabricación distribuidos. Los avances recientes en IoT, Internet y redes de comunicación consolidaron sustancialmente la base tecnológica de la transmisión en tiempo real, confiable y segura de diferentes tipos de datos. Como resultado, los recursos de fabricación distribuidos se pueden integrar de manera efectiva casi en cualquier momento y en cualquier lugar.

2.2.2 Internet de las cosas (IoT)

Uno de los puentes principales entre las aplicaciones físicas y digitales habilitadas por la Cuarta Revolución Industrial es el Internet de las cosas (IoT). En su forma más simple, se puede describir como una relación entre “cosas” (productos, servicios, lugares, etc.) y personas que es posible gracias a tecnologías conectadas y varias plataformas. IoT permite que los objetos se detecten o controlen de forma remota a través de la infraestructura de red existente, creando oportunidades para una integración más directa del mundo físico con el digital.

Los sensores y muchos otros medios que conectan cosas en el mundo físico a redes virtuales están proliferando a un ritmo asombroso. Se están instalando sensores más pequeños, baratos e inteligentes en hogares, ropa y accesorios, ciudades, redes de transporte y energía, así como en procesos de fabricación. Hoy en día, hay miles de millones de dispositivos en todo el mundo, como teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras que están conectados a Internet. Se espera que su número aumente drásticamente en los próximos años, con estimaciones que oscilan entre varios miles de millones y más de un billón. [29]

Esto tendrá un impacto transformador en todas las industrias. Por ejemplo, con el monitoreo remoto, que es una aplicación generalizada de IoT, se están transformando las empresas que operan con cadenas de suministro largas y complejas. Cualquier paquete, paleta o contenedor ahora puede equiparse con un sensor, transmisor o etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) que permite a una empresa rastrear dónde se encuentra a medida que avanza en la cadena de suministro: cómo se está desempeñando, cómo se está utilizando, etcétera. Del mismo modo, los clientes pueden realizar un seguimiento continuo (prácticamente en tiempo real) del progreso del paquete o documento que esperan.

Los sistemas de fabricación basados en IoT toman decisiones que son más rápidas y efectivas que las de otros porque sus sistemas de producción están interconectados con sistemas conectados a la web. Se espera que IoT aporte innovaciones y beneficios a la industria que conducen al concepto de Internet industrial de las cosas (IIoT). El sistema IIoT permite a la industria recopilar y analizar una gran cantidad de datos que se pueden utilizar para mejorar el rendimiento general de los sistemas industriales, proporcionando varios tipos de servicios. La implantación del IIoT en las fábricas se traduce en un monitoreo y control optimizados más eficientes con reducción de costos. [17]

IoT tiene una amplia gama de beneficios en muchas aplicaciones, como hogares inteligentes, atención médica, transporte y medio ambiente. La revolución digital está creando enfoques radicalmente nuevos que revolucionan la forma en que las personas y las instituciones se involucran y colaboran. Por ejemplo, la cadena de bloques (blockchain). En esencia, la cadena de bloques es un libro de contabilidad compartido, programable, criptográficamente seguro y, por lo tanto, confiable que ningún usuario controla y que puede ser inspeccionado por todos.

Bitcoin es hasta ahora la aplicación blockchain más conocida, pero la tecnología pronto dará lugar a innumerables otras. Si, en este momento, la tecnología blockchain registra transacciones financieras realizadas con monedas digitales como Bitcoin, en el futuro servirá como registrador de cualquier tipo de transacción que pueda expresarse en código como certificados de nacimiento y defunción, títulos de propiedad, licencias de matrimonio, procedimientos médicos, etcétera. Algunos países o instituciones ya están investigando el potencial de blockchain.

En una escala más amplia, las plataformas habilitadas por la tecnología hacen posible lo que ahora se llama economía bajo demanda o colaborativa. Estas plataformas, que son fáciles de usar en un teléfono inteligente, reúnen personas, activos y datos, creando formas completamente nuevas de consumir bienes y servicios. Reducen las barreras para que las empresas y las personas creen riqueza, alterando los entornos personales y profesionales.

El modelo de Uber personifica el poder de estas plataformas tecnológicas. Estos negocios de plataformas se están multiplicando rápidamente para ofrecer nuevos servicios que van desde la lavandería hasta las compras, desde las tareas del hogar hasta compartir viajes de larga distancia.

Las plataformas digitales han reducido drásticamente los costos de transacción al hacer coincidir la oferta y la demanda de una manera muy accesible. Con las plataformas digitales se proporcionan a los consumidores bienes diversos y se permite que ambas partes interactúen y brinden retroalimentación lo que se traduce en ganancias económicas para todas las partes involucradas. Además, cuando se utilizan plataformas digitales, el costo marginal de producir cada producto, bien o servicio adicional tiende a cero.

La obtención de beneficios a través de IoT depende de la arquitectura y la inteligencia incorporada en el sistema. Está en manos de la inteligencia y el conocimiento humanos que integra de manera óptima tanto la Industria 4.0 como el IoT para que sea lo más eficiente y efectiva posible. Los sistemas basados en 4.0 se ven afectados por la calidad de los sistemas de IoT [17]. Por lo tanto es necesario una implementación adecuada de IoT.

Se han realizado varias investigaciones para diseñar la arquitectura más optimizada. Sin embargo, no existe una arquitectura de referencia estándar única para IoT, ya que abarca una variedad de tecnologías. Esto significa que no hay un plan sencillo que se pueda seguir para todas las implementaciones posibles. La arquitectura de IoT puede variar significativamente según la implementación; debe ser lo suficientemente flexible con protocolos abiertos para que pueda admitir múltiples aplicaciones.[68]

El formato más básico y ampliamente aceptado es una arquitectura de tres capas. Se introdujo por primera vez cuando se estaban llevando a cabo las primeras investigaciones sobre Internet de las cosas. Propone tres capas: Percepción, Red y Aplicación.



Capa de percepción

Esta es la capa física de la arquitectura. Aquí es donde entran en juego los sensores y los dispositivos conectados, ya que recopilan diversas cantidades de datos según la necesidad del proyecto. Estos pueden ser los dispositivos de borde, sensores y actuadores que interactúan con su entorno.

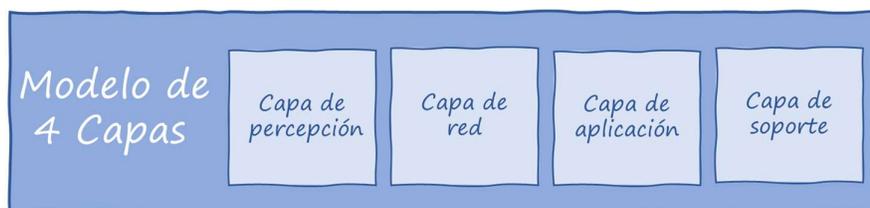
Capa de red

La capa de red transmite y procesa los datos recopilados por todos estos dispositivos. Conecta estos dispositivos a otros objetos inteligentes, servidores y dispositivos de red. También maneja la transmisión de todos los datos.

Capa de aplicación

La capa de aplicación es con la que interactúa el usuario. Es el responsable de brindar servicios específicos de la aplicación al usuario. Por ejemplo, una implementación de hogar inteligente donde los usuarios presionan un botón en la aplicación para encender una cafetera.

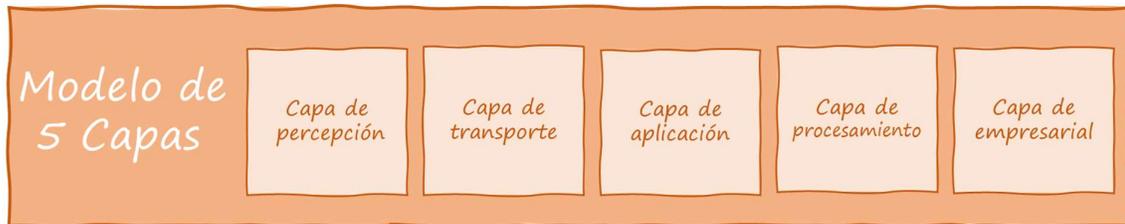
Debido al desarrollo continuo en IoT, la arquitectura de tres capas no pudo cumplir con todos los requisitos. La principal razón para hacer una cuarta capa es la seguridad en la arquitectura de IoT. La información se envía directamente a la capa de red en una arquitectura de tres capas. Debido al envío de información directamente a la capa de red, aumentan las posibilidades de recibir amenazas. Por tanto, los investigadores propusieron una arquitectura con cuatro capas. Tiene tres capas como la arquitectura anterior, pero también tiene una capa más llamada capa de soporte.



Capa de soporte

La capa de soporte recibe la información que se obtiene de la capa de percepción. Esta capa de apoyo tiene que confirmar que la información es enviada por usuarios auténticos y protegida de amenazas. Hay muchas formas de verificar los usuarios y la información. El método más utilizado es la autenticación. Se implementa mediante el uso de claves y contraseñas previamente compartidos. Además, es la encargada de enviar información a la capa de red. El medio para transmitir información desde la capa de soporte a la capa de red puede ser inalámbrico y por cable.

También hubo algunos problemas relacionados con la seguridad y el almacenamiento en la arquitectura de cuatro capas. Por lo tanto, algunos investigadores propusieron una arquitectura de cinco capas. Como las anteriores arquitecturas consta de tres capas cuyos nombres son: capa de percepción, capa de transporte y capa de aplicación. A estas se le suman dos más: la capa de procesamiento y la capa empresarial.



Capa de procesamiento

La capa de procesamiento también se conoce como capa de middleware. Recopila la información que se envía desde la capa de transporte. Realiza el procesamiento de la información recopilada. Tiene la responsabilidad de eliminar la información adicional que no tiene significado y extrae la información útil. También elimina el problema del Big Data en IoT.

Capa empresarial

La capa empresarial actúa como un administrador del sistema. Tiene la responsabilidad de administrar y controlar las aplicaciones, los modelos comerciales y de ganancias de IoT. Esta capa también gestiona la privacidad del usuario y tiene la capacidad de determinar cómo se puede crear, almacenar y modificar la información.

La **figura 2.15** muestra las posibles arquitecturas diseñadas del Internet de las cosas.

Arquitecturas de IoT



Figura 2.15 – Arquitecturas de IoT

2.2.3 Tecnología en la nube

El término "nube" se utiliza para aplicaciones como servicios remotos, gestión y aplicaciones de evaluación comparativa del rendimiento. Ha captado la atención notable de la comunidad de tecnología de la información y su papel en otras áreas comerciales seguirá creciendo. Junto con las continuas mejoras tecnológicas, la maquinaria, la gestión de datos y la funcionalidad continuarán cambiando de los enfoques tradicionales a las soluciones basadas en la nube.

La nube permite la entrega de sistemas mucho más rápidos que los sistemas independientes, actualizaciones rápidas, modelos de rendimiento actualizados y otras opciones de entrega. La industria ha experimentado un cambio importante en el uso de soluciones en la nube y esto seguirá creciendo y representará un gran desafío para otros medios de almacenamiento de datos. La tecnología en la nube es el servicio de almacenamiento en línea más simple que brinda conveniencia operativa con aplicaciones basadas en la web que no requieren ninguna instalación. El sistema de almacenamiento de todas las aplicaciones, programas y datos en un servidor virtual se denomina computación en la nube. Facilita la operación al garantizar que los clientes y los empleados accedan a los mismos datos al mismo tiempo. Los sistemas en la nube reducen los costos, elimina la complejidad de la infraestructura, amplía el área de trabajo, protege los datos y brinda acceso a la información en cualquier momento.

Hay cuatro tipos de sistemas en la nube:

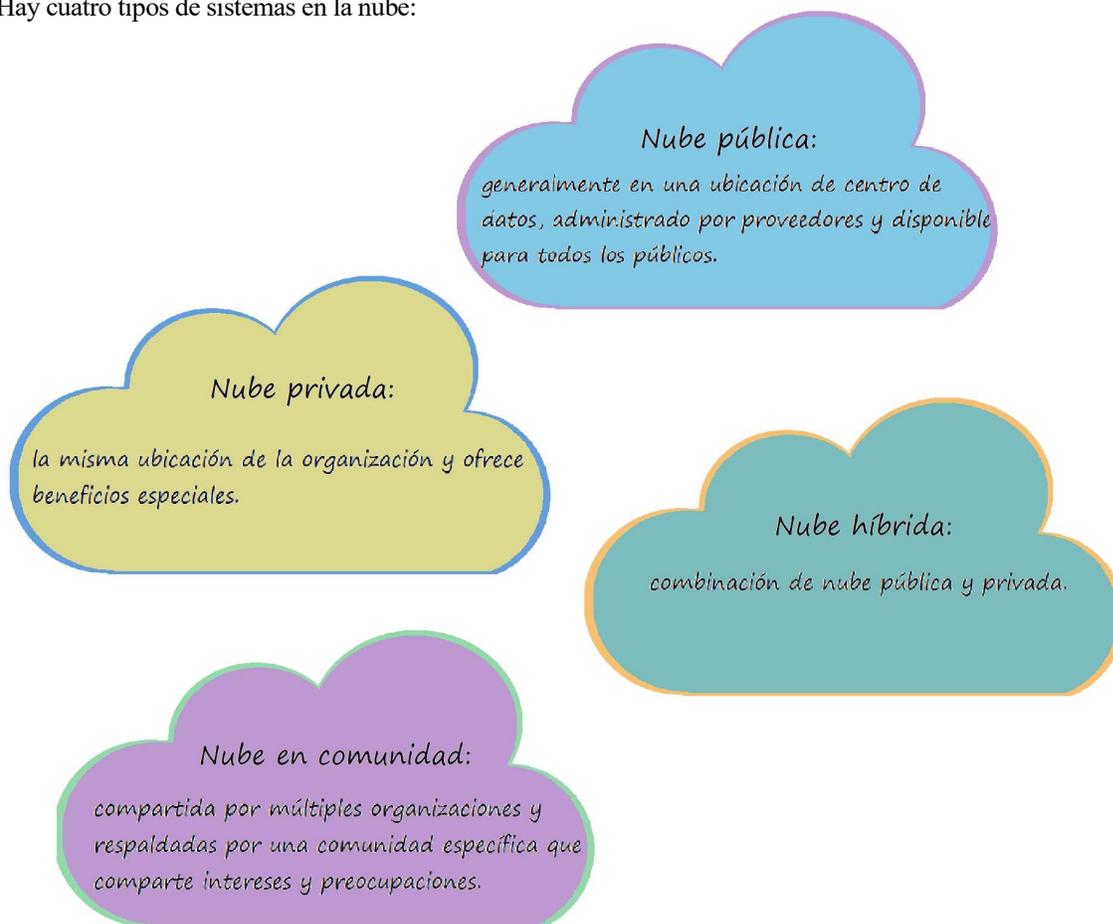


Figura 2.16 – Tipos de nubes

Los servicios en la nube (cloud computing) son una buena fuente de solución para manejar Big Data. Tenga en cuenta que los macrodatos pueden estar estructurados o no estructurados. Dado que los ordenadores tradicionales pueden no ser capaces de manejar Big Data, sería mucho más fácil y eficiente realizar el análisis respectivo con el sistema en la nube. Por lo tanto, el análisis de datos y el sistema en la nube deberían ser componentes inevitables dentro de la Industria 4.0. La integración de robots conectados a la nube en la vida real conducirá a la alta eficiencia de las plantas. Con este paso hacia la Cuarta Revolución Industrial no solo se benefician del aumento en calidad y en la velocidad de producción las grandes empresas sino también las pequeñas.

Los servicios en la nube cobran cada vez más relevancia en las empresas debido, principalmente, a la ventaja de no tener que hacer grandes inversiones en infraestructuras que mantengan aplicaciones, plataformas o servidores propios. Se distingue tres modelos de servicios en la nube:

Infraestructura como Servicio (IaaS) es donde los proveedores de servicios en la nube proporcionan a los usuarios recursos informáticos fundamentales, con infraestructuras virtuales, por ejemplo, servidores virtuales, redes o almacenamiento y donde los usuarios en la nube pueden implementar y ejecutar software arbitrario, que puede incluir, por ejemplo, aplicaciones de sistemas operativos.

La plataforma como servicio (PaaS) es donde los usuarios desarrollan y ejecutan aplicaciones utilizando lenguajes de programación en las infraestructuras de la nube. Por tanto, se puede conseguir escalabilidad, servidor de alta velocidad y almacenamiento. Los usuarios pueden crear, ejecutar e implementar sus propias aplicaciones con el uso de plataformas de IT remotas. En esta capa, no hay preocupación por la disponibilidad y el mantenimiento del recurso [18].

El software como servicio (SaaS) es donde residen las aplicaciones y se ejecutan en una infraestructura en la nube. Accesible desde varios dispositivos del cliente a través de una interfaz como un navegador web y programas. El enfoque es eliminar las aplicaciones de servicio en dispositivos locales de usuario individual, logrando una alta eficiencia y rendimiento para los usuarios. Esta categoría habilita aplicaciones de software como el software de diseño asistido por ordenador (CAD) y el software de planificación de recursos empresariales (ERP), con un coste total de propiedad más bajo [18].

Estos servicios definen un sistema en capas o tipos de modelos de servicio estructurados para la computación en la nube como se observa en la **Figura 2.17**

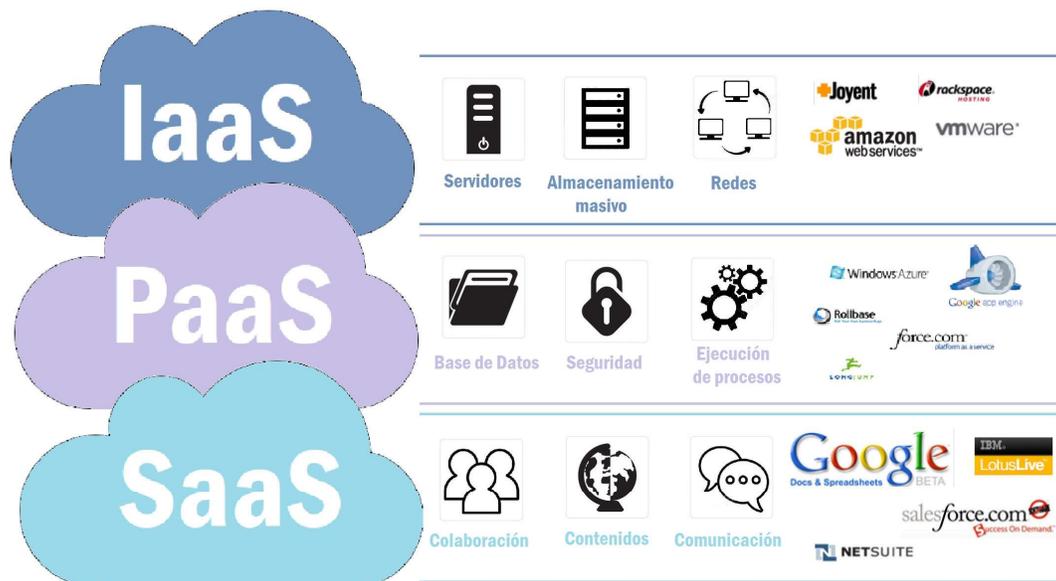


Figura 2.17 – Servicios en la nube

En entornos de fabricación, se propuso el concepto fabricación en la nube (Cloud Manufacturing) para hacer uso de la tecnología en la nube, con el fin de mejorar los sistemas de fabricación actuales. La fabricación relacionada con la nube tiene dos enfoques:

- 1) El uso de aplicaciones en la nube en la industria manufacturera directamente, las aplicaciones de fabricación basadas en la web o asistidas por computadora son ejemplos de posibles implementaciones en el sistema en la nube. Estas aplicaciones se implementan en dos niveles de servicio en la nube, igualando los niveles de SaaS y PaaS.
- 2) Los sistemas fabricación en la nube como un tipo completamente nuevo de servicio en la nube, basado en Arquitectura orientada a servicios (SoA) en el entorno de nube que proporciona capacidades de fabricación. Refleja el nivel IaaS en la computación en la nube.

La fabricación en la nube permite a los usuarios solicitar servicios en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde el diseño, la fabricación, la gestión, etc. El modelo de fabricación en la nube se mantiene en funcionamiento gracias a la cooperación entre proveedores, operadores y consumidores.

Proveedores: poseen y proporcionan las capacidades y los recursos de fabricación. Dentro de todo el ciclo de vida del producto, para propósitos de compartir, los proveedores publican recursos de fabricación en la plataforma de fabricación en la nube y también reciben tareas de fabricación desde la plataforma en la nube. Todo se transforma en servicios, bajo la gestión exclusiva del operador [36].

Operadores: se encargan de operar la plataforma de fabricación en la nube y brindar servicios a proveedores, consumidores e incluso a terceros. De manera bajo demanda, los consumidores de la plataforma en la nube pueden lograr servicios de fabricación sostenibles y de alta calidad. Los proveedores tienen permiso para publicar sus recursos y capacidades con el uso de herramientas proporcionadas por la plataforma en la nube [36].

Consumidores: bajo la gestión exclusiva del operador, los consumidores, incluidas las empresas y los consumidores individuales, presentan sus tareas requeridas a la plataforma de fabricación en la nube y reciben los resultados de ejecución de sus órdenes [36].

Algunos de los mejores servicios de computación en la nube son:



2.2.4 Ciberseguridad

Cada año, cada vez más, los dispositivos se conectan a la red global: Internet. Por esto, IoT, entornos virtuales, acceso remoto, datos almacenados en sistemas en la nube, etc., son muchas oportunidades abiertas que representan nuevas vulnerabilidades crecientes que conducen a una información comprometida para personas y empresas. A esto se le suma que los límites de las empresas actuales no están claros y están desapareciendo [18].

Se define Ciberseguridad como un nuevo término de alto nivel de seguridad de la información, y a través de la palabra "ciber" se difunde para aplicarse también en entornos industriales e IoT. Ciberseguridad es una tecnología que se basa en proteger, detectar y responder a los ataques [18].

Las tecnologías de Industria 4.0 deben permitir la creación de un entorno cibernético seguro. Los ataques directos de personas malignas y / o software pueden representar un grave peligro para los Sistemas de control industriales. Estos Sistemas de control industriales son tales como Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA), sistemas de control de procesos, sistemas de control distribuido, CPS o PLC). Además, el aumento de dispositivos conectados se traduce en más posibilidades de ciberataques. [18]

Los dispositivos industriales son pirateados porque se ejecutan durante demasiado tiempo (semanas o meses) sin actualizar las herramientas de seguridad o antivirus. Además, existe un número considerable de controladores antiguos utilizados en las redes de los sistemas de control industrial, diseñados cuando la ciberseguridad no era una preocupación. Las amenazas de ciberseguridad pueden entrar debido a la existencia de múltiples vías de acceso, esto también provoca una rápida propagación del malware.

La Industria 4.0 crea información valiosa que debe protegerse. La seguridad de la información y los datos es fundamental para el éxito de la industria. Es importante que los datos estén disponibles solo para personas autorizadas. Se deben verificar la integridad y las fuentes de información. La Industria 4.0 ha planteado dos demandas de Ciberseguridad para asegurar los sistemas de fabricación inteligentes: Arquitectura de seguridad y Seguridad por diseño.

Los sistemas deben detectar automáticamente los ataques, las amenazas y el malware. Las operaciones de fabricación pueden ser interrumpidas por un ciberataque, por lo tanto, las empresas tienen pérdidas de dinero, pero el problema principal son los ciberataques dirigidos a sistemas que requieren operaciones de seguridad y representan un riesgo grave para la seguridad de los operadores [18].

Un ciberataque puede provenir de una fuente interna como un operador que accede físicamente a un puerto de datos o una fuente externa como un canal de comunicación externo o también una transmisión inalámbrica.

La seguridad de los sistemas de control industrial es urgente, por lo que se necesita una respuesta automática a incidentes. Para una variedad de ataques industriales, las redes definidas por software y la virtualización de funciones de red pueden facilitar la respuesta automática a incidentes. La respuesta a incidentes en los sistemas de control industrial se puede lograr utilizando una arquitectura de nube privada. Estas tecnologías sirven para mejorar los siguientes aspectos: la visibilidad de la red; las capacidades de la red (permite flujos de tráfico de red con una mejor gestión); y la implementación y control de funciones de red mediante software, en lugar de cajas intermedias de hardware específicas.

La actualización continua de los controles de seguridad implementados es obligatoria, manteniendo la protección al día, en todos los niveles:

Nivel de dispositivo: con la instalación de nuevos parches de seguridad;

Nivel de red: con las firmas de firewall de nuevas amenazas actualizadas;

Nivel de planta / fábrica: con el análisis y el seguimiento de las fuentes de registros reales.

2.2.5 Realidad Aumentada

La realidad aumentada (RA) es una versión mejorada de la realidad en la que las vistas en directo o indirectas de entornos físicos del mundo real se aumentan con imágenes superpuestas generadas por ordenador. Esta tecnología es una de las más revolucionarias dentro de la Industria 4.0.

Esta nueva tecnología proporciona herramientas poderosas. La tecnología de RA se puede encontrar en una amplia gama de sectores, por ejemplo, entretenimiento, marketing, turismo, cirugía, logística, manufactura, mantenimiento, etc. Como tecnología en evolución creciente, recientemente, el uso de RA se está extendiendo a diferentes campos de fabricación. Se ha demostrado que el uso de la RA en los procesos de fabricación relacionados con la simulación, la asistencia y la orientación es una tecnología eficaz que ayuda a solucionar problemas. La tecnología de RA aumenta la percepción del operador de la realidad mediante el uso de información artificial sobre el entorno, donde el mundo real se completa con sus objetos. Mientras interactúe con los sentidos humanos, la RA puede hacer uso de cualquier tipo de hardware [37].

Estas técnicas proporcionan grandes beneficios, especialmente en el diseño de productos y sistemas de producción. La realidad aumentada es una de las tecnologías de vanguardia implicadas en la tendencia de la Industria 4.0, especialmente en la generación de funcionalidades de fabricación inteligente. Esta tecnología ahora ha alcanzado el nivel adecuado de madurez para ser empleada en un entorno de producción. Ahora, hay tantas inversiones y proyectos piloto en marcha que están acelerando el proceso de refinamiento de la tecnología y preparando a las empresas para mejorar sus procesos. Esta tecnología evita errores que podrían verse en varias etapas de fabricación, principalmente en el diseño del producto y las mejoras de productividad. [17]

El uso de RA puede ayudar a cerrar algunas brechas, por ejemplo, entre el desarrollo de productos y la operación de fabricación, debido a la capacidad de reproducir y reutilizar información y conocimientos digitales al mismo tiempo que respalda las operaciones de montaje [37].

El principio de RA es la combinación de realidad procesada digitalmente con objetos artificiales agregados digitalmente dentro de la escena. Para ello RA necesita de tres capacidades:

- 1) La capacidad de combinar objetos reales y virtuales en un entorno real.
- 2) La capacidad de alinear los objetos reales y virtuales entre sí.
- 3) La capacidad de ejecutar enterrar-activamente, en 3D y en tiempo real.



Figura 2.18 – RA en la industria [63]

El software del sistema RA puede seleccionarse en función de las consideraciones del entorno, por ejemplo, en el entorno militar, el uso adecuado es la conectividad cero para garantizar la ciberseguridad, a diferencia del entorno comercial que requiere proporcionar conectividad de asistencia remota.

Para que el usuario visualice la información, estos dispositivos de RA utilizan los siguientes tipos de óptica:

- Video: mundos fusionados (reales y virtuales) en la misma vista digital.
- Óptico: mundo real con objetos virtuales superpuestos directamente en la vista.
- Retina: proyección directa de objetos virtuales en la retina con el uso de luz láser de baja potencia.
- Holograma: mezcla del mundo real con objetos virtuales utilizando una emulsión fotométrica.
- Proyección: proyección de objetos virtuales directamente sobre objetos del mundo real con el uso de un proyector digital.

Con esta tecnología, los gráficos, los sonidos y la retroalimentación táctil se agregan al mundo natural. Es un concepto diferente al de la realidad virtual que requiere habitar un entorno totalmente virtual. Utiliza el entorno natural existente y simplemente superpone información virtual sobre él. Dado que los mundos virtual y real coexisten armoniosamente, los usuarios de la realidad aumentada experimentan sistemas de fabricación nuevos y mejorados en los que la información virtual se utiliza como herramienta para proporcionar asistencia en las funcionalidades de fabricación diarias. La realidad aumentada claramente implica la máxima utilización de la tecnología digitales para los beneficios de la fabricación [17]. (Figura 2.19)



Figura 2.19 – RA en la industria [64]

Los sistemas basados en realidad aumentada admiten una variedad de servicios, como seleccionar piezas en un almacén y enviar instrucciones de reparación a través de dispositivos móviles. Estos sistemas están actualmente en su infancia, pero en el futuro cercano, las empresas harán un uso mucho más amplio de la realidad aumentada para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo. Por ejemplo, los trabajadores pueden recibir instrucciones de reparación sobre cómo reemplazar una pieza en particular, ya que están mirando el sistema real que necesita reparación. Esta información puede mostrarse directamente en el campo de visión de los trabajadores utilizando dispositivos como gafas de realidad aumentada.

Otra aplicación es la formación virtual. Siemens ha desarrollado un módulo de formación de operadores de plantas virtuales para su software Comos que utiliza un entorno 3D realista basado en datos con gafas de realidad aumentada para capacitar al personal de la planta para manejar emergencias. En este mundo virtual, los operadores pueden aprender a interactuar con las máquinas haciendo clic en una ciber-representación. También pueden cambiar los parámetros y recuperar datos operativos e instrucciones de mantenimiento.[18]

Algunas aplicaciones de RA en la fabricación:

- ✓ Operaciones como instalación, montaje, cambio de herramienta de maquinaria, etc.
- ✓ Mantenimiento y Asistencia Remota para reducir los tiempos de ejecución, minimizar los errores humanos y enviar las analíticas de desempeño relevantes a los gerentes de mantenimiento.
- ✓ Formación tanto para personas con experiencia como para nuevos técnicos al inicio de su curva de aprendizaje.
- ✓ Control de calidad que permite comprobar si los artículos producidos respetan o no los mejores estándares de fabricación.
- ✓ Gestión de la seguridad poniendo a disposición las herramientas para gestionar el riesgo y la seguridad de los operarios y equipos que trabajan en las instalaciones.
- ✓ Diseño y visualización en el suministro de herramientas que mejoran el diseño y la creación de prototipos.
- ✓ Logística para mejorar la eficiencia de las operaciones de gestión de almacenes y los operadores de apoyo logístico durante la navegación interior y las operaciones de picking.

Además de la fabricación, la realidad aumentada también crea nuevas oportunidades para museos, bibliotecas, escuelas, industria del entretenimiento, etc.



Figura 2.20 – Entretenimiento con RA [66]



Figura 2.21 – Construcción con RA [65]

2.2.6 Simulación

Para la implementación exitosa de la fabricación digital, una herramienta indispensable y poderosa es la simulación por computadora, se está convirtiendo en una tecnología para comprender mejor la dinámica de los sistemas empresariales [39].

Los desafíos actuales de la industria manufacturera pueden ser abordados por esta tecnología, abordando la complejidad de los sistemas, solucionando problemas que no se pueden resolver con los modelos matemáticos habituales. En un entorno de fabricación de productos personalizado, el valor de la simulación es notable y evidente. La simulación permite experimentos para la validación de productos, procesos o diseño y configuración de sistemas [38].

El modelado de simulación ayuda a reducir costes, disminuir los ciclos de desarrollo y aumentar la calidad del producto [39]. Para analizar sus operaciones y apoyar la toma de decisiones, los fabricantes han estado utilizando algunos modelos y la simulación. Las tecnologías de simulación ya han demostrado su eficacia en el enfoque de varios problemas prácticos del mundo real en el sector de la fabricación [40].

La simulación se define como una imitación de la operación, a lo largo del tiempo, de un sistema o un proceso del mundo real. El modelado de simulación es el método que hace uso de modelos reales o modelos de sistemas imaginarios. El modelado de simulación permite obtener información sobre sistemas complejos y posibilita probar nuevas operaciones, conceptos o sistemas, antes de su implementación real, lo que permite recopilar información y conocimiento sin interferencias en el sistema de funcionamiento real [38]. La **figura 2.22** muestra una recopilación de imágenes donde se aplica la simulación a través del software de simulación SIMIO.



Figura 2.22 – SIMIO: software de simulación [67]

El tipo de modelo de simulación más adecuado dependerá del sistema real que se va a representar, por ejemplo, modelos estáticos para modelar una estructura sin actividad y modelos dinámicos para investigar el comportamiento de un sistema que evoluciona a través del tiempo [41].

La simulación ha desempeñado un papel destacado en la evaluación del diseño (denominada fuera de línea) y el rendimiento del proceso operativo (denominada en línea) durante un sistema de fabricación [40].

Es habitual la existencia de decisiones a largo plazo sobre el proceso de diseño, por ejemplo, diseños de instalaciones, configuraciones de capacidad del sistema, sistemas de manipulación de materiales, sistemas de fabricación flexibles y sistemas de fabricación celular [40]. El tiempo de ejecución de la simulación fuera de línea no es significativo en el proceso de simulación, ofreciendo las ventajas a la hora de estudiar y analizar los escenarios hipotéticos [41].

En el proceso operativo del sistema de fabricación se encarga de la planificación y programación de las operaciones de fabricación, el control en tiempo real, las políticas de operación y las operaciones de mantenimiento, la toma de decisiones es a corto plazo, lo que hace que el tiempo de ejecución de la simulación sea un aspecto muy importante [40].

En entornos dinámicos e inciertos, esta herramienta tiene el potencial de optimizar las decisiones de control y de apoyar la toma de decisiones en tiempo real. Esto puede ser posible cuando se alcanza la eficiencia computacional requerida. En comparación con la simulación convencional, la simulación en tiempo real, en línea, puede analizar el comportamiento del usuario y del sistema en milisegundos, lo que permite al usuario desarrollar y producir "virtualmente" un prototipo del producto o servicio. Una simulación en tiempo real es cuando una computadora funciona a la misma velocidad que el sistema físico, por lo que el modelo de simulación debe alimentarse con datos en tiempo real que se pueden alcanzar utilizando IoT.[18]

Un entorno de colaboración industrial centrado en la representación de realidad virtual de una fábrica [42] o una instalación de emulación puede considerarse una fábrica virtual. La visión fábrica virtual considera modelos de simulación de fábricas reales validados para generar datos y trabajar en formatos de condiciones reales en una fábrica real [18].

El nuevo paradigma de modelado de simulación se basa en el concepto de gemelo digital (Digital Twin) [39]. El concepto gemelo digital proporciona una simulación de ultra alta fidelidad y juega un papel importante en Industria 4.0. Extiende la simulación a todas las fases del ciclo de vida del producto, combinando datos de la vida real con modelos de simulación para obtener mejores resultados en productividad y mantenimiento basados en datos realistas [39].

Las tecnologías basadas en la simulación son el papel central en el enfoque de la fábrica digital, ya que permiten experimentos y validaciones sobre diferentes patrones, procesos y productos del sistema de fabricación.

2.2.7 Sistemas para la Integración vertical y horizontal

Ingeniería, producción, marketing, proveedores y operaciones de la cadena de suministro, todo lo conectado debe crear un escenario colaborativo de Integración de Sistemas, de acuerdo con el flujo de información y considerando los niveles de automatización. En general, la Integración de Sistemas de la Industria 4.0 tiene dos enfoques: Integraciones horizontales y verticales. Estos dos tipos de integración permiten el intercambio de datos en tiempo real.

La Integración horizontal es la integración entre empresas y es la base para una colaboración estrecha y de alto nivel entre varias empresas, utilizando sistemas de información para enriquecer el ciclo de vida del producto, creando un ecosistema interconectado dentro de la misma red de creación de valor. Es necesaria una plataforma independiente para lograr la interoperabilidad en el desarrollo de estos sistemas, basados en estándares industriales, que permitan el intercambio de datos o información.[18]

La Integración vertical es un sistema de fabricación en red, la integración dentro de la empresa y es la base para el intercambio de información y la colaboración entre los diferentes niveles de la jerarquía empresarial, como la planificación corporativa, la programación de la producción o la gestión. La Integración vertical "digitaliza" todo el proceso dentro de toda la organización, considerando todos los datos de los procesos de fabricación, por ejemplo, la gestión de la calidad, la eficiencia del proceso o la planificación de operaciones que están disponibles en tiempo real. De esta manera, de una manera flexible y de alto nivel, proporcionando la producción de lotes pequeños y productos personalizados, la Integración vertical permite la transformación digital. La **figura 2.23** muestra la relación entre los dos tipos de integración en un sistema de fabricación, considerando la integración vertical como corporación, la integración horizontal entre corporaciones.

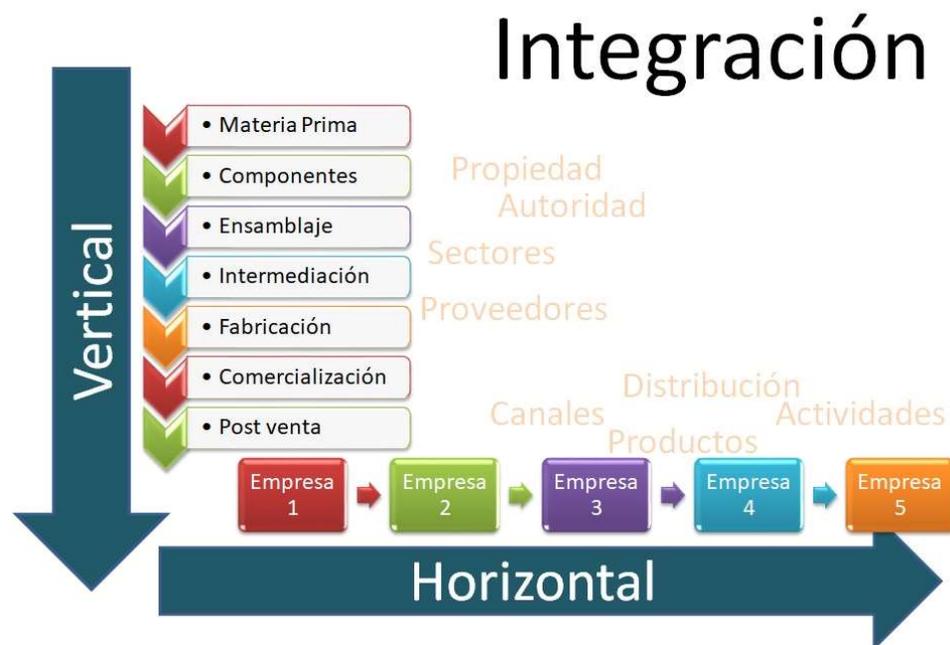


Figura 2.23 – Sistemas de integración vertical y horizontal [69]

Algunos autores añaden otra dimensión entre la Integración horizontal y vertical considerando todo el ciclo de vida del producto. Este tipo de Integración se basa en Integraciones verticales y horizontales. Para alcanzar de un extremo a otro toda la vida del producto la Integración digital debe cerrar las brechas entre el diseño y la fabricación del producto y el cliente, por ejemplo, desde la adquisición de materia prima para el sistema de fabricación, uso del producto y su fin de vida. La fase del producto al final de su vida útil comprende la reutilización, la recuperación y eliminación, el reciclado y el transporte entre todas las fases.

2.2.8 Robótica Avanzada e Inteligencia Artificial (IA)

Hasta hace poco, el uso de robots se limitaba a tareas estrictamente controladas en industrias específicas como la automotriz. Hoy, sin embargo, los robots se utilizan cada vez más en todos los sectores y para una amplia gama de tareas, desde la agricultura de precisión hasta la enfermería. El rápido progreso en robótica pronto hará que la colaboración entre humanos y máquinas sea una realidad cotidiana. Además, debido a otros avances tecnológicos, los robots se están volviendo más adaptables y flexibles, con su diseño estructural y funcional inspirado en estructuras biológicas complejas (una extensión de un proceso llamado biomimetismo, mediante el cual se imitan los patrones y estrategias de la naturaleza).

Los avances en sensores permiten a los robots comprender y responder mejor a su entorno y participar en una variedad más amplia de tareas, como las tareas del hogar. Al contrario que en el pasado cuando tenían que ser programados a través de una unidad autónoma, los robots ahora pueden acceder a la información de forma remota a través de la nube y así conectarse con una red de otros robots. Cuando surja la próxima generación de robots, es probable que reflejen un énfasis cada vez mayor en la colaboración hombre-máquina (cobots).

Los fabricantes de muchas industrias han utilizado durante mucho tiempo robots para hacer frente a tareas complejas, pero los robots están evolucionando para una utilidad aún mayor. Son cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos.

El paradigma de fabricación está cambiando rápidamente la producción en masa hacia la producción personalizada, lo que requiere robots, por ejemplo, como tecnología de automatización reconfigurable. El impacto en los sistemas de producción de las empresas de fabricación es que esta tendencia conduce a la adaptación de la producción para una variación del producto más amplia, centrándose idealmente en el tamaño de un lote único. Hoy en día, para alcanzar el nivel de flexibilidad exigido, los robots son esenciales en los sistemas de producción. En ese sentido, las habilidades en computación, comunicación, control, autonomía y sociabilidad se alcanzan en términos de combinar microprocesadores e Inteligencia Artificial (IA) con productos, servicios y máquinas para hacerlos más inteligentes.

Los robots ahora pueden jugar, caminar por cualquier terreno y realizar tareas muy complejas. Las innovaciones recientes han dado lugar a técnicas que permiten a los robots controlar su entorno. La inteligencia artificial contribuirá al progreso de tener equipos de robots cooperando y colaborando en la consecución de determinadas tareas definidas para un fin específico.

Los robots con IA, adaptables y flexibles, pueden facilitar la fabricación de diferentes productos y, en consecuencia, proporcionar costos de producción decrecientes. Además, un robot también puede verse como una de las formas de IA.

Procesos tales como desarrollo de productos, fabricación y fases de ensamblaje, son procesos que los robots adaptativos son muy útiles en los sistemas de fabricación. Es importante mencionar que los robots totalmente autónomos toman sus propias decisiones para realizar tareas en entornos en constante cambio sin la interacción del operador.

El concepto de robots colaborativos también introduce la proximidad de los robots con los humanos (cobots). Con esto, para las empresas de fabricación, la barrera humano-robot se rompe, lo que ofrece una mayor asequibilidad y flexibilidad en las soluciones. Estos robots costarán menos y tendrán una mayor gama de capacidades que las utilizadas en la fabricación actual.

Por ejemplo, Kuka, un fabricante europeo de equipos robóticos ofrece robots autónomos (**figura 2.24**) que interactúan entre sí. Estos robots están interconectados para que puedan trabajar juntos y ajustar automáticamente sus acciones para adaptarse al siguiente producto inacabado en línea. Los sensores de alta gama y las unidades de control permiten una estrecha colaboración con los seres humanos.

Del mismo modo, el proveedor de robots industriales ABB está lanzando un robot de dos brazos llamado YuMi (**figura 2.25**) que está diseñado específicamente para ensamblar productos (como la electrónica de consumo) junto con los seres humanos. Dos brazos acolchados y visión por computadora permiten una interacción segura y el reconocimiento de piezas.



Figura 2.24 – Kuka-cobot [70]



Figura 2.25 – Cobot Yumi de ABB [71]

A medida que avanzan tecnologías como los sensores y la inteligencia artificial, las capacidades de todas estas máquinas autónomas mejoran a un ritmo rápido. El automóvil sin conductor domina las noticias, pero ahora hay muchos otros vehículos autónomos, incluidos camiones, drones, aviones y barcos. Es solo cuestión de unos pocos años antes de que los drones de bajo costo disponibles comercialmente, junto con los sumergibles, se utilicen en diferentes aplicaciones.

A medida que los drones sean capaces de detectar y responder a su entorno (alterando su trayectoria de vuelo para evitar colisiones), podrán realizar tareas, como revisar las líneas eléctricas o entregar suministros médicos en zonas de guerra. En la agricultura, el uso de drones, combinado con el análisis de datos, permitirá un uso más preciso y eficiente de fertilizantes y agua, por ejemplo.

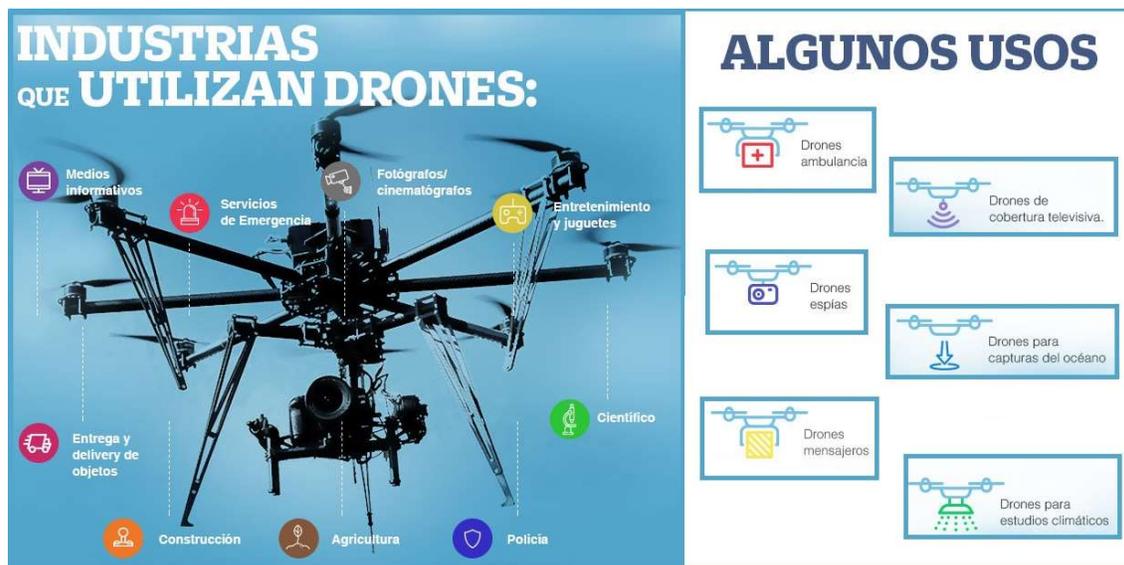


Figura 2.26 – Algunos posibles usos de drones [72]

Es obvio que la robótica es de gran importancia en la Industria 4.0. Los robots pueden realizar cosas difíciles o grandes. También pueden trabajar en condiciones peligrosas o desfavorables. Forman el estándar para las operaciones de rutina. A pesar de los costes de construcción y mantenimiento, los robots parecen convertirse en la principal fuente de mano de obra. Pueden acabar con las hazañas sociales comunicándose razonablemente con la gente. Este será otro de los principales requisitos en los próximos años.

2.2.9 Fabricación Aditiva (Impresión 3D)

Las empresas acaban de empezar a adoptar la fabricación aditiva, como la impresión 3D, que utilizan principalmente para crear prototipos y producir componentes individuales. Con la Industria 4.0, estos métodos de fabricación aditiva se utilizarán ampliamente para producir pequeños lotes de productos que ofrecen ventajas de construcción, como diseños complejos y ligeros. Por ejemplo, las empresas aeroespaciales ya están utilizando la fabricación aditiva para aplicar nuevos diseños que reducen el peso de las aeronaves, reduciendo sus gastos en materias primas como el titanio.

La impresión 3D consiste en crear un objeto físico imprimiendo capa tras capa a partir de un dibujo o modelo digital en 3D. Esto es lo opuesto a la fabricación sustractiva, que es como se hacían las cosas hasta ahora, retirando capas de una pieza de material hasta obtener la forma deseada. Por el contrario, la impresión 3D comienza con material suelto y luego construye un objeto en una forma tridimensional utilizando una plantilla digital.

La tecnología se está utilizando en una amplia gama de aplicaciones, desde grandes (turbinas eólicas) hasta pequeñas (implantes médicos). Por el momento, se limita principalmente a aplicaciones en las industrias automotriz, aeroespacial y médica. A diferencia de los productos manufacturados producidos en masa, los productos impresos en 3D se pueden personalizar fácilmente. A medida que se superen progresivamente las limitaciones actuales de tamaño, coste y velocidad, la impresión 3D se volverá más generalizada para incluir componentes electrónicos integrados como placas de circuitos e incluso células y órganos humanos. Los investigadores ya están trabajando en 4D, un proceso que crearía una nueva generación de productos automodificables capaces de responder a cambios ambientales como el calor y la humedad. Esta tecnología podría utilizarse en ropa o calzado, así como en productos relacionados con la salud como implantes diseñados para adaptarse al cuerpo humano.

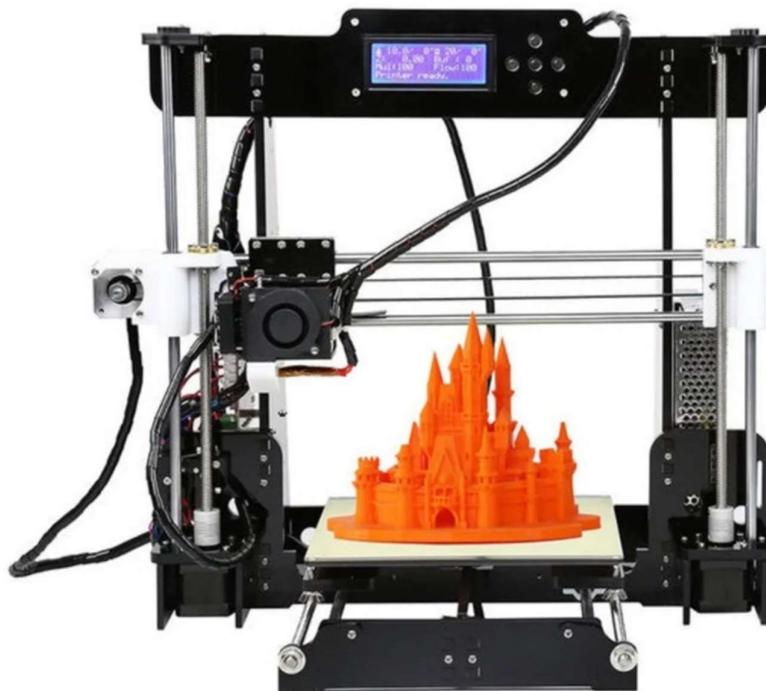


Figura 2.27 – Impresora 3D Anet A8 [73]

3 EL SECTOR AUTOMOVILÍSTICO

La industria automotriz siempre ha estado a la vanguardia cuando se trata de adoptar las últimas tecnologías. Desde la introducción de la línea de montaje por parte de Henry Ford hasta el desarrollo de automóviles eléctricos, la industria del automóvil ha experimentado diferentes innovaciones. En este momento, la industria se enfrenta a la introducción de la Industria 4.0, que está lista para remodelar la industria.

La industria automotriz ya ha adoptado la Industria 4.0. Sin embargo, muchas empresas automotrices aún no han explotado completamente la tecnología para establecer instalaciones conectadas. Pero considerando el vasto potencial de IIoT, se espera que para fines de 2022, más del 25% de las plantas automotrices se conviertan en fábricas inteligentes. Además, a medida que más y más consumidores buscan una mayor conectividad con sus automóviles, la industria automotriz está preparada para hacer un cambio dramático. El deseo de los clientes de una mayor conectividad con los automóviles traerá cambios importantes en la industria automotriz. La Industria 4.0 dará forma al futuro de la industria automotriz.

La aplicación del concepto de Industria 4.0 en la industria automotriz afectará los procesos de fabricación, por lo que la cadena de valor del productor cambiará desde el diseño al servicio postventa. Los procesos se optimizarán a través de sistemas integrados mediante el uso de IIoT a lo largo de la cadena de valor, como resultado, las líneas o células de fabricación actuales serán reemplazadas por líneas de producción totalmente integradas y automatizadas con robots industriales o colaborativos.

Al implementar el uso de robots y productos y máquinas inteligentes que interactuarán y tomarán decisiones entre sí, aumentará la flexibilidad de fabricación del proceso. Los productos, los procesos y la automatización de la producción se diseñarán y representarán virtualmente en un proceso integrado y mediante la colaboración de los proveedores; los prototipos físicos se reducirán al mínimo. La logística utilizará vehículos autónomos y robots, por lo que se automatizará la logística ya que se ajustará automáticamente a las necesidades de producción.

En definitiva, para tener éxito en la era de la innovación, las empresas automotrices deberán aprovechar la variedad de tecnologías avanzadas que ofrece la Industria 4.0 e implementarlas a lo largo de toda la cadena de valor y no únicamente en el proceso de fabricación.



Gráfica 3.1 – Fabricación digital [57]

3.1 Objetivos

Al diseñar estrategias y modelos de negocios, las empresas no solo deben considerar a los compradores directos de productos, sino a todos los usuarios y grupos afectados por problemas de transporte. El automóvil ha cambiado desde hace mucho tiempo de un producto técnico a uno social: garantiza nuestra movilidad personal.

Esta evolución de la industria automotriz se traduce en la búsqueda de nuevos objetivos. Los principales desafíos que deben abordar las empresas automotrices son:

- ✓ **Transformación digital;** al aprovechar los recursos y las capacidades únicas que ofrece las nuevas tecnologías, la industria automotriz tiene la oportunidad de adelantarse a la competencia para satisfacer la demanda futura de los mercados del mundo con una calidad mejorada a menor riesgo y coste.
- ✓ **Sostenibilidad;** la principal tendencia del sector de la automoción con respecto al futuro de la industria es la sostenibilidad. En el sector de la automoción, la sostenibilidad tiene especial importancia dado que los integrantes de la industria tienen que cumplir con los estándares ambientales y cumplir con los requisitos sociales, pero al mismo tiempo, deben mantener un nivel competitivo en un sector que se caracteriza por fluctuaciones en la demanda de los clientes y los constantes cambios en la normativa.
- ✓ **Satisfacer la demanda de los clientes;** la industria automotriz actual se centra tanto en el uso como en la producción de vehículos. Busca satisfacer la demanda de sus clientes, centrándose en hacer la vida de los usuarios más placentera. La variedad de prioridades que tienen los diferentes clientes obliga a los fabricantes a diseñar vehículos con diferentes especificaciones, complicando todo el proceso productivo.

Estos ambiciosos objetivos se pueden alcanzar siguiendo la tendencia de la Industria 4.0. Los objetos físicos se están integrando sin problemas en la red de información. Internet se combina con máquinas inteligentes, sistemas de producción y procesos para formar una red sofisticada. El mundo real se está convirtiendo en un enorme sistema de información. Las ganancias de productividad no solo ocurrirán dentro de la fábrica misma (durante la producción), sino que se pueden esperar a lo largo de la cadena de valor, comenzando con la ingeniería y el desarrollo de productos (por ejemplo, a través de prototipos y pruebas virtuales o impresión 3D), en la gestión de proveedores, logística, y mucho más.

3.2 Transformación digital de la industria automotriz

Para seguir siendo relevantes en este nuevo período tecnológico, las empresas del ecosistema automotriz están invirtiendo en la fabricación de productos y la innovación de procesos. Las empresas están buscando iniciativas de transformación digital para aumentar la eficiencia en el proceso de fabricación, invirtiendo en soluciones tecnológicas como fábricas inteligentes, robótica avanzada o cadena de suministro digital.

“Ser digital ya no es el objetivo final. Lo que en realidad están tratando de descubrir ahora las empresas es en qué quieren convertirse. ¿Qué papel van a jugar en este nuevo ecosistema digital?”.

Michael Blitz

Socio de Accenture Technology

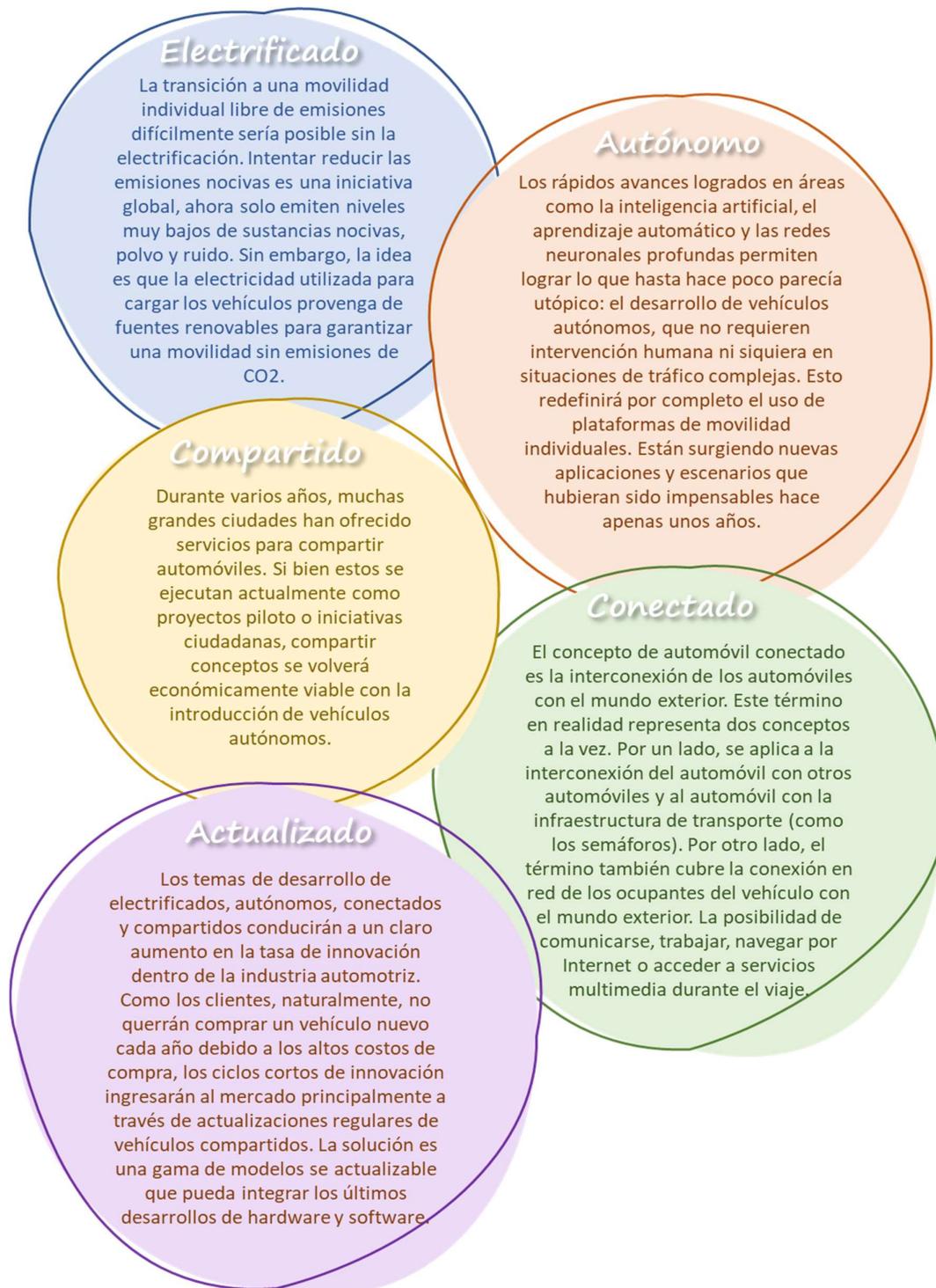
Se necesitan acciones proactivas para iniciar la digitalización de la fabricación. Las empresas de automoción necesitan desarrollar su "propio" ecosistema de fábrica digital como se muestra en la **figura 3.2**. Esto dará lugar a cambios en muchos departamentos y funciones, tal vez en todos. Hay una serie de aspectos fundamentales que ayudan a desarrollar el ecosistema de digital en todos los ámbitos, estos son:

- > **Digitalización y mayor integración de cadenas de valor;** desarrollo de productos personalizados, pedidos digitales del cliente, transferencia automática de datos y sistemas integrados de atención al cliente.
- > **Digitalización de ofertas de productos y servicios;** descripciones completas del producto y sus servicios relacionados a través de redes inteligentes.
- > **Introducción de modelos de negocio digitales innovadores;** el alto nivel de interacción entre sistemas y oportunidades tecnológicas desarrolla soluciones digitales nuevas e integradas. La base de Internet industrial es la disponibilidad y el control integrados y en tiempo real de los sistemas en toda la empresa.



Figura 3.2 – Ecosistema de una fábrica digital [44]

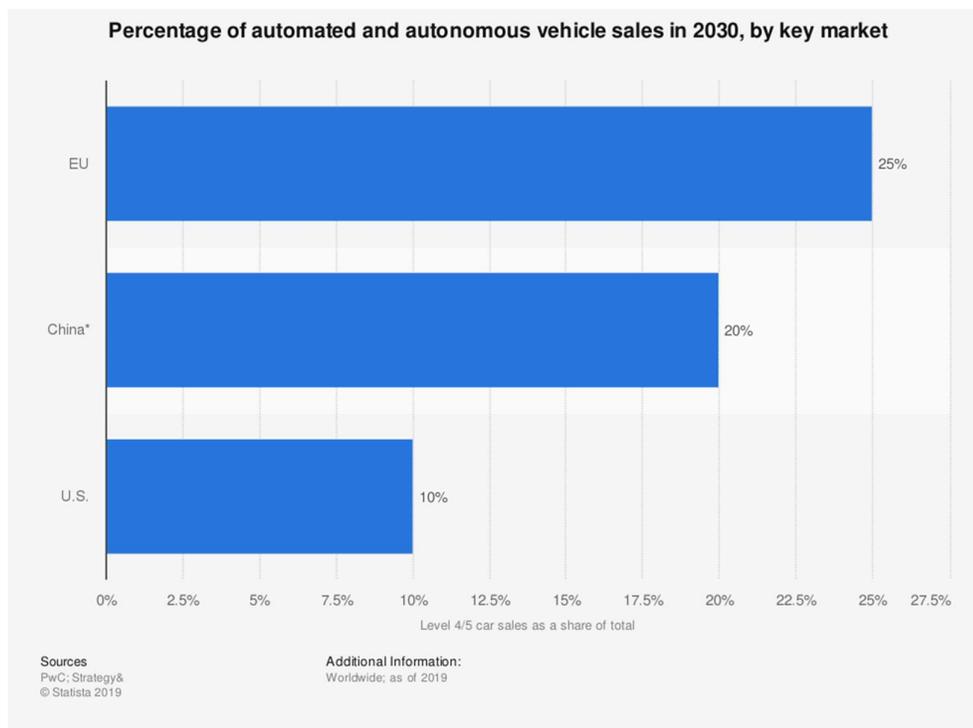
Un equipo de expertos de la industria de PwC, que brindan información y pronósticos automotrices a clientes de todo el mundo, proponen cinco tendencias que están impulsando la transformación de la industria automotriz y cómo las empresas deben aprovecharlas para su prosperidad futura. El futuro de la automoción es electrificado, autónomo, compartido, conectado y actualizado anualmente.[51]



Estas son las perspectivas prometedoras que abrirán el camino a la reestructuración de la industria del automóvil. El sector de la automoción se enfrenta a un cambio sin precedentes con respecto a los efectos de gran alcance que tendrá en la industria y sus usuarios. Para poder alcanzar estos objetivos será necesario la transformación digital de la industria automotriz.

La transición de las empresas automovilísticas a la Industria 4.0 y las fábricas digitales se proyecta para aproximadamente 2030. Se esperan sistemas totalmente autooptimizables y máquinas autoconfigurables en un tiempo de implementación medio de entre cinco y diez años.

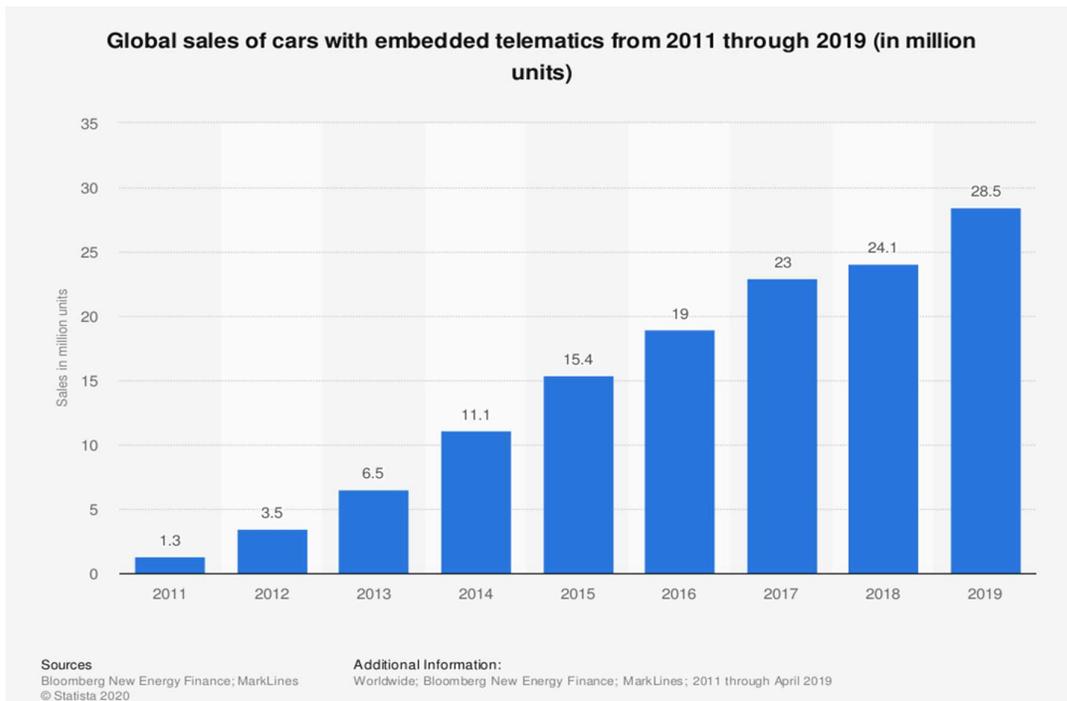
Strategy&, el equipo global de consultoría estratégica de PwC espera para 2030, que las ventas de vehículos autónomos y automatizados representen alrededor del 25% de las ventas de vehículos nuevos en Europa, el 20% de las ventas de vehículos nuevos en China y 10% de las ventas de vehículos nuevos en Estados Unidos. **(Gráfica 3.3)**



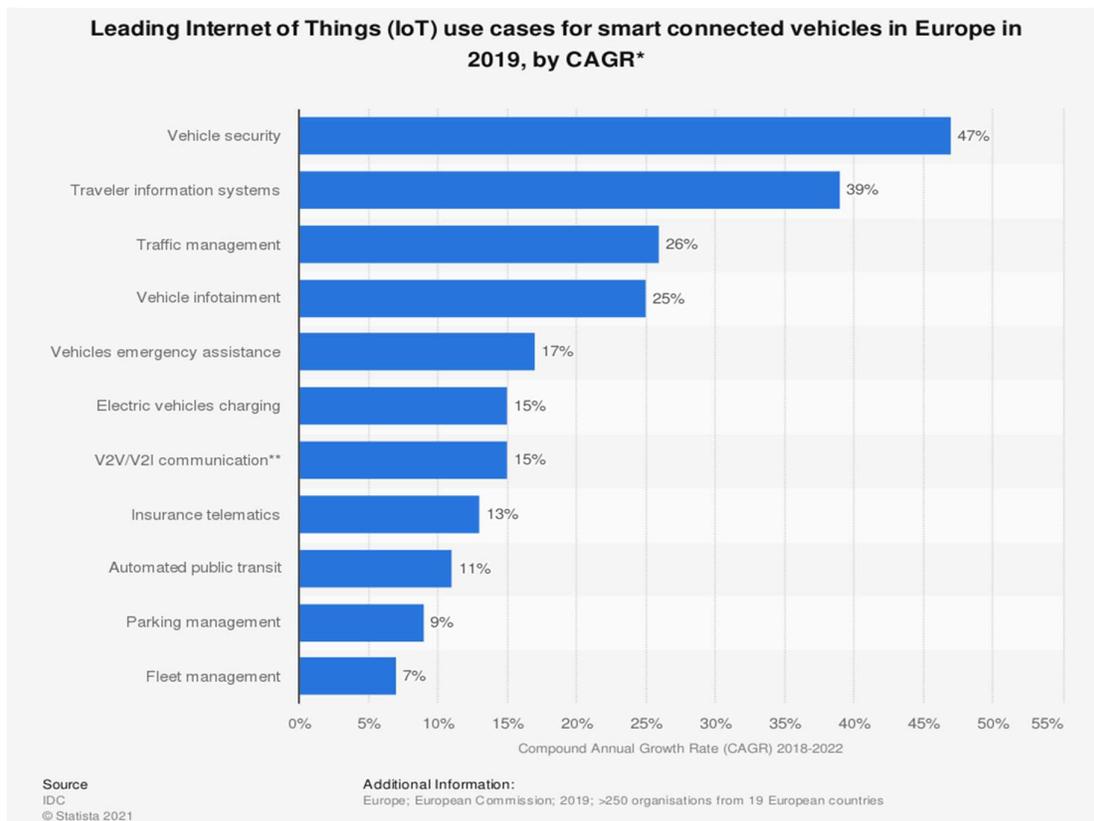
Gráfica 3.3 – Porcentaje de vehículos autónomos y automatizados para 2030 [48]

Podemos observar, en la **gráfica 3.4**, el crecimiento de ventas en los últimos años de los coches con telemática incorporada. Estos vehículos están completamente equipados con sistemas telemáticos que permitan desde conexiones a distancia con otros dispositivos a navegar por Internet desde el propio vehículo. Hoy en día hay diversos sistemas incorporados en los nuevos modelos de casi todas las marcas como las conexiones de navegación por GPS, dispositivos de localización del coche en caso de robo, Bluetooth, aviso a ayudas en caso de accidente, etc...

El aumento que se produce cada año en las ventas de este tipo de vehículos demuestra la importancia de incorporar nuevas tecnologías para la subsistencia de la industria automovilística. En la gráfica se muestran los principales casos de uso de IoT para vehículos inteligentes conectados en Europa en 2019.



Gráfica 3.4 – Ventas de coches con telemática incorporada de 2011-2019. [48]



Gráfica 3.5 – Casos de uso de IoT para vehículos inteligentes conectados en Europa en 2019.[48]

3.2.1 Fábrica inteligente

La Industria 4.0 se basa en el concepto de fábrica inteligente, donde las máquinas se integran con los hombres a través de sistemas ciberfísicos (CPS). En otras palabras, la fábrica inteligente es un nuevo nivel de organización que gestiona y controla toda la cadena de valor de los productos personalizados para satisfacer las necesidades del cliente

Las fábricas inteligentes o fábricas digitales producirán productos de mayor calidad, incluida una mayor cantidad de derivados, con menos piezas defectuosas, un tiempo de comercialización más rápido y, lo que es más importante, menores costos. Según la consultora Roland Berger [45] la implementación de la fábrica digital reduce los costos en casi todos los sistemas operativos.

El Instituto Fraunhofer de Ingeniería y Automatización de Fabricación ha analizado los beneficios en detalle. En general, los expertos estiman un potencial de ahorro del 10 al 20% de los costos direccionables, que incluyen gastos de fabricación, logística, inventario, calidad, complejidad y mantenimiento:

Ganancias de eficiencia en plantas digitales.

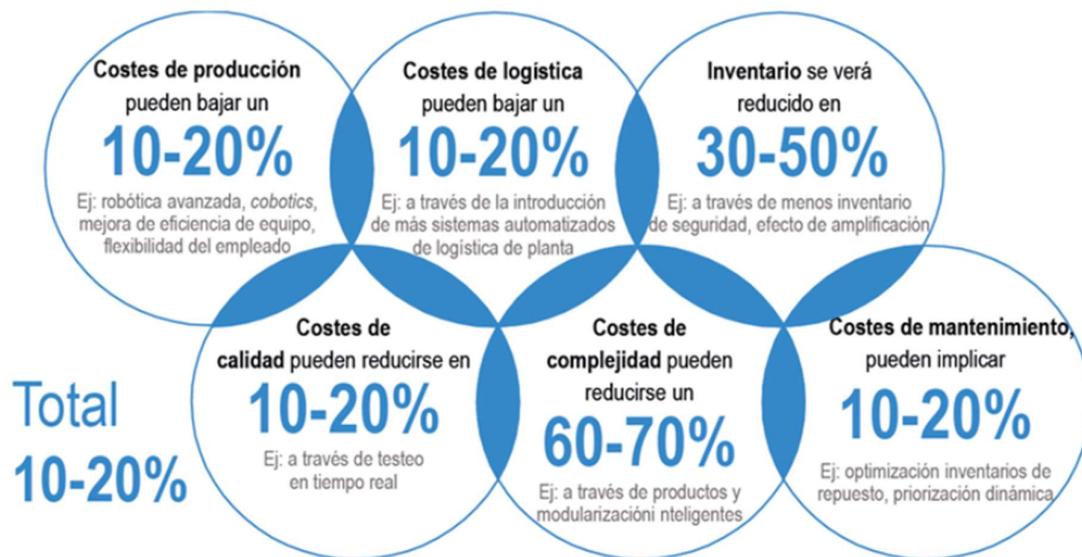


Figura 3.6 – Ahorro en costes al implementar la fábrica digital [45]

FABRICACIÓN

Se espera que las fábricas digitales reduzcan los costos de fabricación en un 10-20% en comparación con los niveles pre-digitales. Un factor importante que impulsará la mejora en la fabricación será la robótica y maquinaria cada vez más avanzada, a medida que tecnologías como las máquinas autoconfigurables y la colaboración humano-robot se vuelvan cada vez más comunes. Otros factores de ahorro de costos incluyen el desarrollo de sistemas autooptimizables y el uso de plantas y productos virtuales (antes y después de que comience la producción física).

Otro factor relacionado con el ahorro de costes será una mayor flexibilidad del personal a medida que las funciones laborales se adapten a los nuevos requisitos. A medida que se implementen estos avances, los efectos positivos variarán desde una mayor eficiencia del equipo operativo y un menor tiempo de inactividad de la máquina hasta tiempos de aceleración de la producción más rápidos, tiempos de cambio más cortos y ciclos de control de procesos mejorados.

LOGÍSTICA

En general, se espera que las cadenas de suministro cada vez más integradas y la logística de la planta altamente automatizada traigan mejoras constantes a la eficiencia de la logística en los próximos años. Estos cambios generales estarán impulsados por tecnologías como el almacenamiento inteligente (que permite una planificación logística interna optimizada) y el suministro de materiales y bienes impulsado por la demanda. En conjunto, se espera que los avances en esta área mejoren los costos logísticos de los fabricantes en un 10-20%.

Además, el análisis de Big Data puede ayudar a predecir el comportamiento del cliente, así como a garantizar la gestión de riesgos, la optimización de recursos y la mejora de procesos. El conocimiento de los datos permite a los fabricantes comprender las tendencias y tomar las decisiones correctas para evitar pérdidas. En un ecosistema conectado, es fácil monitorear cada paso. Los sensores generan datos que indican cuándo y cómo podría fallar el equipo. Esto ayuda a tomar las medidas adecuadas para reducir el tiempo de inactividad.

INVENTARIO

La fábrica digital del futuro brindará a los fabricantes una mejor visibilidad y control tanto de sus niveles actuales de inventario como de sus necesidades futuras de inventario. Se estima que las nuevas tecnologías en este campo brindarán la oportunidad a los fabricantes de producir una reducción del 30-50% en los costos de inventario a lo largo del tiempo. Soluciones como los sistemas CPS que mejoran la interfaz fabricante-cliente y la conexión a las redes de proveedores. Además, el análisis de datos en tiempo real puede ayudar a los fabricantes a la gestión de inventario, la utilización de activos y la reducción del tiempo de inactividad operativo

CALIDAD

La fábrica digital también tendrá ramificaciones importantes en los niveles de calidad del producto y los procesos relacionados, ya que se espera que se pueda encontrar un 10-20% adicional de ahorros de costos en esta área. La tecnología de fábrica digital permitirá a los fabricantes monitorear cada vez más e incluso predecir dónde y cuándo pueden ocurrir problemas de calidad. El análisis de big data ayuda a determinar la causa específica de las fallas de producción para que las empresas puedan tomar las medidas adecuadas para evitar que vuelvan a ocurrir.

El análisis predictivo ayuda a los equipos de producción a identificar defectos e ineficiencias dentro del proceso para que se puedan tomar las medidas oportunas. Además de este control de calidad predictivo mejora de las pruebas de calidad en tiempo real (si es necesario, en cada paso de producción) también funcionará para reducir gradualmente los defectos de fabricación y otros costos relacionados con la calidad. Esta aplicación de IoT puede ser de gran ayuda para la industria automotriz porque puede aumentar el rendimiento y prevenir los fallos de calidad.

COMPLEJIDAD

Las nuevas tecnologías conducirán a una reducción de los costes asociados a la complejidad de la fabricación. Los avances como robots inteligentes, productos inteligentes y producción modular están diseñados para manejar procesos de producción complejos de manera eficiente. De esta manera, se diseñarán fábricas digitales para solucionar problemas de producción y otros problemas relacionados con la complejidad de la fabricación lo más rápido posible. Los ahorros potenciales en esta área se estiman entre el 60 y el 70%.

MANTENIMIENTO

Finalmente, el mantenimiento enfrentará mejoras significativas tanto en la efectividad como en los niveles de costos generales en comparación con eras de fabricación anteriores. Numerosas tecnologías trabajarán para simplificar la tarea de mantener una planta en óptimas condiciones de funcionamiento, lo que en última instancia generará ahorros acumulativos en los costos de mantenimiento de entre el 10 y el 20%. Los ejemplos de casos de uso dentro del área de mantenimiento incluyen el mantenimiento predictivo, la optimización de inventarios de repuestos y la priorización dinámica de las tareas de mantenimiento.

Además de reducir los costes de producción, la fábrica digital también aporta considerables beneficios al cliente con el correspondiente efecto en cadena sobre las ventas. Por ejemplo, los fabricantes pueden ofrecer un vehículo verdaderamente personalizado y hecho a pedido que cumpla exactamente con los requisitos establecidos por los clientes cuando configuraron su automóvil en línea.

El camino hacia las fábricas digitales suele ser un enfoque de tres pasos (Figura 3.7):

1. **ESTRATEGIA:** el equipo de la fábrica digital ayuda a dar forma a la visión y estrategia de Industria 4.0 de la empresa, cuantificando beneficios y definiendo prioridades. Es necesario hacer un análisis para poder identificar las capacidades y aplicaciones de la fábrica digital dentro de la empresa, así como en la cadena de valor. Con una estrategia definida que permita aportar valor al producto y usar las nuevas tecnologías disponibles de forma que obtengamos un modelo de negocio lo más eficiente posible. La fábrica digital tendrá un gran impacto en la producción y la gestión de la cadena de suministro, así como en los procesos de adquisiciones, ingeniería, ventas y gestión general.
2. **MODELO PRODUCTIVO:** definida la estrategia y los retos asociados, hay que poner en práctica dicha estrategia y marcar una hoja de ruta a seguir en el proceso productivo.
3. **TECNOLOGÍAS:** finalmente es importante identificar cuáles son las tecnologías necesarias y como integrarlas. Los fabricantes de equipos originales y los proveedores más importantes deben comenzar a identificar sus competencias y talentos dispersos en sus funciones y divisiones comerciales, y agruparlos en grupos de expertos y equipos de trabajo de fábricas digitales.

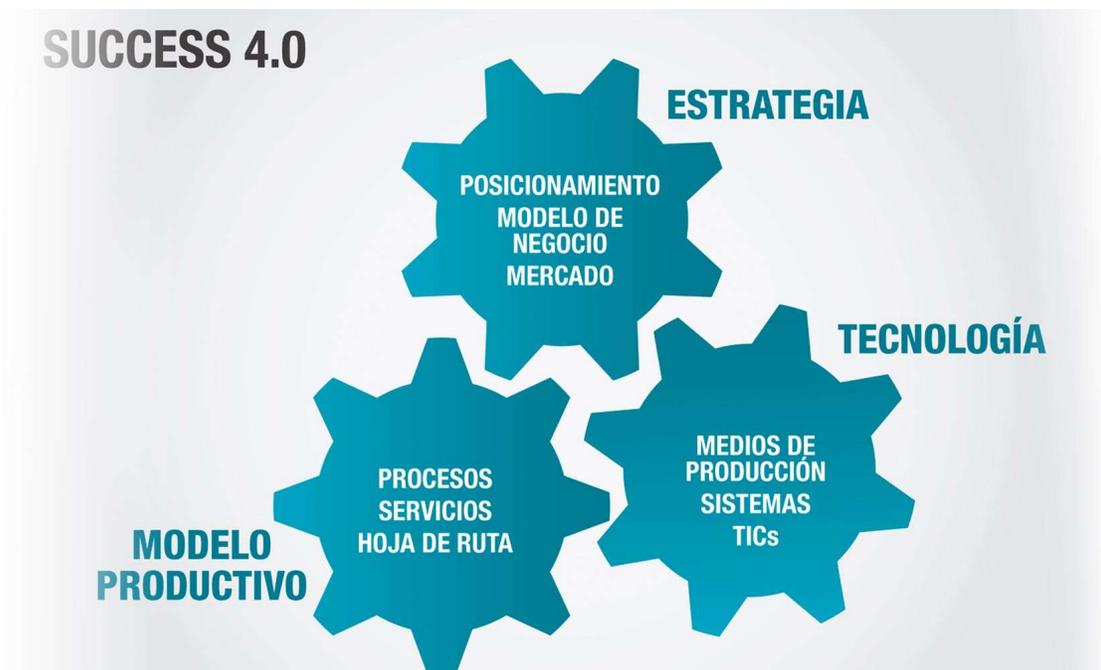


Figura 3.7 – Ahorro en costes al implementar la fábrica digital [46]

La digitalización del proceso de fabricación promete no solo una mayor eficiencia y costos reducidos, sino que permite procesos de producción que sean flexibles y confiables. Los gastos de capital inflexibles son un riesgo en ese entorno. Los equipos de fabricación deben poder adaptarse a los cambios en caso de que los modelos no logren el éxito esperado en el mercado. Los patrones de demanda entre los tipos de vehículos y las opciones están cambiando; es necesario adaptar las nuevas tecnologías. Además, se mejora el tiempo de comercialización con una línea de ensamblaje más rápida.

Es necesario que las fábricas estén en competitividad constante. En la figura se muestran seis características o elementos que deben integrar las nuevas fábricas automotrices para pasar a ser fábricas digitales según la consultora Roland Berger. En ella aparecen algunas de las nueve tecnologías ya descritas en el capítulo anterior, no es necesario implantar todas estas tecnologías para alcanzar la transformación digital, con una combinación adecuada se pueden lograr los objetivos de la empresa de una manera rentable.

ELEMENTOS DE LA FÁBRICA DIGITAL

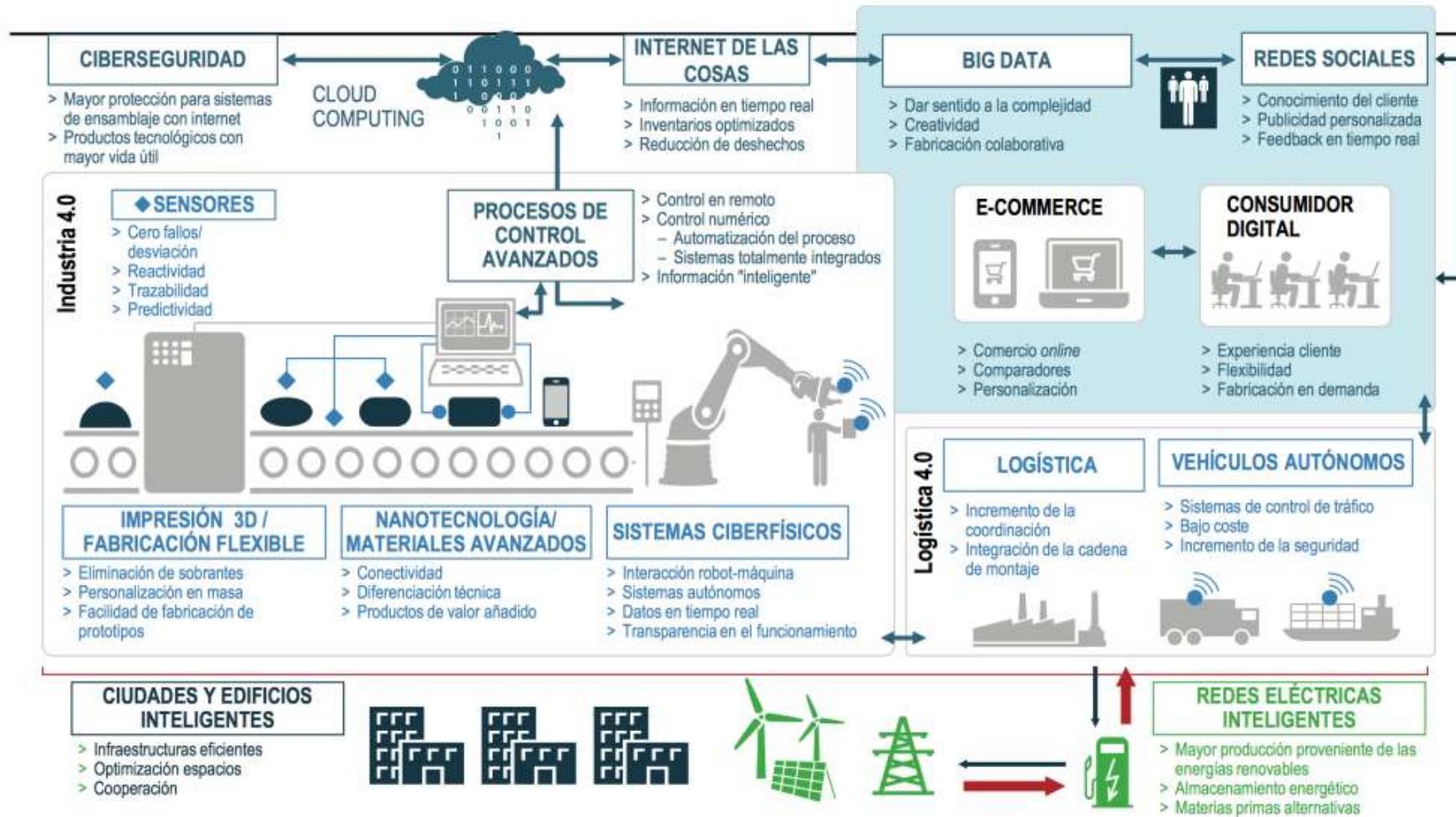
Seis características del nuevo panorama industrial



Source: Roland Berger

Figura 3.8 – Elementos de la fábrica digital [45]

La consultora estratégica Roland Berger a diseñado un esquema en el que se puede observar la integración de las diferentes tecnologías de la Industria 4.0 que da forma al ecosistema digital. Todas ellas están conectadas entre sí y gracias a esta comunicación constante se consigue que funcione correctamente todo el modelo.



Fuente: Roland Berger

3.2.2 Cadena de suministro digital

La Industria 4.0 ofrece numerosos beneficios para la cadena de suministro en todos los sectores. Para la industria automotriz, IIoT tiene algunas ventajas únicas, ya que garantiza una mejor conectividad entre todas las partes de la cadena de suministro. Para la transformación digital completa es necesario la digitalización de todo el proceso.

En la cadena de suministro automotriz existe un grupo de empresas que crean el plan estratégico para la creación del ciclo productivo, este proceso comienza con el suministro de las materias primas y finaliza con la entrega del producto final, el vehículo.

Un automóvil se compone de aproximadamente 15000 piezas, algunas de estas piezas son producidas directamente por la marca del automóvil, otras piezas se fabrican con proveedores directos que a la vez pueden tener otros proveedores.

Los proveedores se clasificarán según la distancia con el Fabricante de Equipos Originales (OEM) [52]:

- **Proveedores de Nivel 1:** proporciona lo necesario para fabricar el producto y configurar la cadena, son los componentes más importantes de la cadena de suministro. A menudo, suministrarán trenes de potencia, suspensiones, chasis y motores completos. En algunos casos, pueden fabricar hasta el 99% de un vehículo completo, convirtiéndose ellos mismos en OEM. Algunos ejemplos de proveedores de nivel 1 son Magna, Bosch, Continental, Denso o Hitachi.
- **Proveedores de Nivel 2:** surgen como consecuencia del éxito del proveedor de nivel 1 de primera línea, que permite la introducción de proveedores de segundo nivel que producen piezas más pequeñas de los componentes que los proveedores de nivel 1 venden a los OEM. Algunos ejemplos pueden ser motores de ventanillas de automóviles o mecanismos de manijas de puertas de intercambiadores de calor. Las empresas de nivel 2 no suelen centrarse únicamente en las piezas de automóvil. Algunos ejemplos de proveedores de nivel 2 son USCO, Minth Group o Zexel.
- **Proveedores de Nivel 3:** proporcionan los componentes más básicos necesarios para fabricar automóviles, por ejemplo, automóviles específicos (interruptores o cables individuales) o una pieza de material de ingeniería, como una gran sección de vidrio o acero.

El IoT industrial permite a las empresas respaldar sus decisiones con datos. El análisis de datos puede eliminar las conjeturas, ya que las empresas pueden usar los datos para conocer la demanda de los clientes y determinar qué sistema debería estar disponible. Además, el análisis de la cadena de suministro es de gran ayuda para la trazabilidad del producto, además de ayudar a planificar y programar el proceso.

Con Industria 4.0, tanto los proveedores como los fabricantes de equipos originales (OEM) de la industria automotriz pueden beneficiarse de procesos más receptivos y del aumento de la eficiencia. La gestión de la cadena de suministro enfocada en el IIoT se centra en:



3.2.2.1 Integración

La integración de la cadena de suministro es un concepto que se refiere al nivel de cooperación entre socios y para lograr flujos eficientes de productos y servicios al cliente final. Muchas empresas han adoptado soluciones innovadoras para la gestión de la cadena de suministro a fin de mejorar los servicios y la calidad de la entrega debido a la presión global y a los cambios en la producción que se han producido en los últimos años. En la industria automotriz, esto supone una transformación de la producción cerrada y técnicamente orientada hacia la innovación abierta y colaborativa. Este enfoque ha generado un rediseño del proceso empresarial para lograr la integración de la cadena de suministro.

La integración interna de la cadena de suministro se centra en cómo integrar y sincronizar los diferentes procedimientos de la firma. La fabricación aditiva, que consiste en un enfoque de la producción industrial para permitir la creación de piezas y sistemas más ligeros y resistentes, será uno de los factores que puede promover la integración en la cadena de suministro gracias al diseño y la producción. Este concepto se puede utilizar para aumentar la importancia del inventario digital que ayudará a atender la demanda dentro de las fábricas. Sin embargo, la fabricación aditiva también puede mejorar el flujo de datos entre departamentos o apoyar la integración vertical en una organización. La fabricación aditiva se considera una tecnología disruptiva dado que puede reducir el espacio del almacén, los costos de transporte e incluir entregas más rápidas. Esta tecnología brindará a la industria la posibilidad de reconfigurar la cadena de suministro dado que los puntos de fabricación pueden ubicarse cerca de los puntos de demanda. Pero también es importante tener en cuenta que la fabricación aditiva se enfrenta a algunas limitaciones y solo se utiliza con prototipos o modelos a escala.

Mejorar la integración de la cadena de suministro tendrá un efecto positivo en el desempeño de la cadena de suministro. La integración de proveedores de Nivel 1 en la fase inicial de la actividad de la cadena de suministro tendrá un efecto positivo en el desempeño de la fabricación de vehículos en términos de costos y calidad.

Para comprender las diferentes formas de integración de proveedores logísticos, es importante conocer los factores que contribuyen a la integración; Estos factores se pueden dividir en cuatro condiciones que caracterizarán la integración en la industria automotriz [54].

1) **Proximidad geográfica;** La alta complejidad de los automóviles modernos había hecho que los fabricantes de vehículos no necesariamente tuvieran el conocimiento y los expertos para construir automóviles modernos por completo. Para mejorar las condiciones del intercambio de trabajo entre los fabricantes de vehículos y el proveedor se requiere proximidad. El establecimiento de proveedores cúbicados supondrá una resolución de problemas, transferencia rápida de conocimientos y mejor comprensión mutua. Las principales ventajas serán la reducción de inventarios, costos de transporte y menores costos de capital y trabajo.

2) **Contenido, volumen y secuencia de la entrega;** El creciente número de variantes de vehículos individuales ha supuesto el aumento de las piezas requeridas por las plantas de montaje. Para resolver estos problemas, se necesita un suministro secuencial en línea. Requiere que los proveedores entreguen componentes y módulos en la misma secuencia y sincronizados con el proceso de la línea de montaje. El automóvil se dividirá en módulos menos complejos, el sistema modular reducirá la cantidad de proveedores de nivel 1 necesarios para coordinar la complejidad del ensamblaje final.

3) **Intercambio de información e integración de sistemas de IT;** Una mayor integración de proveedores significará una mayor importancia del intercambio de información. La visibilidad en la cadena de suministro mediante la integración electrónica será realmente importante para la búsqueda de una ventaja competitiva. La integración de IT permitirá a los fabricantes de vehículos compartir información logística en tiempo real.

4) **Sistema de transporte.** El rol del sistema de transporte tradicional ha cambiado debido a la coordinación de flujos físicos entre ensambladores y proveedores. Los proveedores cúbicados pueden agrupar la mercancía transportada, esto reducirá los costos de transporte. Las frecuencias y el tipo de transporte cambian según los tipos de logística. Por ejemplo, en el caso modular, el transporte no es necesario en general

3.2.2.2 Colaboración

La industria automotriz está ganando un alto nivel de competitividad debido a diferentes factores como la naturaleza de los productos, la naturaleza de los modelos y los requerimientos de los clientes, este nivel de competitividad exige la utilización de la producción Lean (lean manufacturing). La producción Lean es un modelo de gestión enfocado en la mejora continua y optimización del sistema productivo mediante la eliminación de residuos y actividades que no añaden valor al proceso de producción. Otro aspecto que ha ganado mucha importancia es el flujo de sincronización debido a la creciente complejidad y diversidad de componentes.

La colaboración se ha identificado como uno de los principales factores para la implementación exitosa de herramientas y prácticas Lean en la cadena de suministro. Una relación estrecha entre proveedores y fabricantes conducirá a la reducción de riesgos y los costos de transacción. Los impulsores de la colaboración son

- ✓ **El intercambio de información;** es una herramienta importante dada su utilidad para incrementar la eficiencia de toda la red y mejorar el desempeño empresarial y operativo. Tendrá muchos efectos positivos en el rendimiento, pero también será una buena herramienta para reducir la incertidumbre.
- ✓ **La toma de decisiones conjunta;** el rápido crecimiento de la cadena de suministro de producción requiere la interconexión entre las partes interesadas.
- ✓ **El intercambio electrónico de datos;** es otra herramienta importante dado que gracia al Internet es posible que los socios de la cadena de suministro actúen con los mismos datos y al mismo tiempo. El intercambio electrónico de datos proporcionará la visibilidad necesaria a los datos en la red de la cadena de suministro, las aplicaciones de gestión de procesos y los enlaces de servidor a servidor permiten acceder a información verdadera en tiempo real. Este grado de colaboración aumentará la comunicación para facilitar las operaciones conjuntas y la coordinación.

3.2.2.3 *Flexibilidad*

La flexibilidad de la cadena de suministro es el resultado de la enorme contribución que la cadena de suministro hace a la competitividad de toda la organización. La industria automotriz representa una industria exigente que ha sufrido una gran variedad de cambios. La flexibilidad se considera necesaria para responder a los rápidos cambios en la industria sin incurrir en pérdidas excesivas

Dado que el cambio tecnológico es una de las mayores dificultades que debe enfrentar la industria, lograr un sistema flexible es una capacidad clave para enfrentar este problema. Una de las formas de mejorar la flexibilidad es la aceleración del diseño y la producción del producto, dado que permite a las empresas una rápida variación en la producción y las mezclas de producción. Otro punto a tener en cuenta es el aumento de la exigencia de productos personalizados por parte de los clientes, lo que significa que los fabricantes de automóviles deben ampliar la gama de productos ofrecidos.

Para lograr flexibilidad, la fabricación aditiva permite a los fabricantes satisfacer las demandas del mercado. Dado que permite una adaptación rentable del proceso de producción, una configuración rápida de productos y procesos en la cadena de suministro, el desarrollo de nuevos productos y la realización de geometrías de diseño difíciles. En el contexto de la industria automotriz, algunas empresas como BMW utilizaron la fabricación aditiva para fabricar herramientas manuales y el resultado fue un ahorro en el costo del 58% y una reducción del tiempo del proyecto del 92% [55].

En la producción de automóviles, el punto principal es evitar fallas que puedan surgir por un mal diseño y producción o la incapacidad de responder a las necesidades del cliente, por esta razón, las empresas automotrices producen prototipos utilizando el diseño por computadora para reducir el tiempo de configuración del producto.

La flexibilidad puede mejorar la competitividad de la empresa en diferentes campos, especialmente en el proceso de toma de decisiones de aplicación de nuevas tecnologías.

Sin embargo, algunos gerentes no tienen una visión completa de la flexibilidad y se centran solo en la flexibilidad de la máquina sin tener en cuenta la flexibilidad de todo el sistema. La necesidad de diferenciación de productos en la industria automotriz ha supuesto la introducción de nuevos métodos de producción, nuevas piezas y nuevos diseños. Una habilidad importante de la industria es la capacidad de producir diferentes tipos de productos directamente a partir de las materias primas, dado que permitirá a las empresas predecir las dificultades de producción.

Dado que la industria automotriz se caracteriza por una presión constante para crear relaciones con proveedores clave, la inclusión de estos proveedores en las primeras partes del desarrollo del producto mejorará la flexibilidad y reducirá el tiempo y los costos de desarrollo del producto. La fabricación aditiva permite la participación del primer proveedor en el diseño de componentes y productos de acabado. Fabricantes y proveedores de equipos originales (OEM) deben utilizar la fabricación aditiva para respaldar el proceso de toma de decisiones.

Una cadena de suministro flexible permitirá la colocación rápida de productos nuevos y existentes en las cantidades requeridas y también permitirá flexibilidad en el proceso de entrega.

3.1 Estado del arte de la industria automotriz

La historia de la industria del automóvil tiene mucha importancia si se compara con el resto de las industrias. El primer automóvil se originó en Alemania, pero gracias a la producción en masa, Estados Unidos dominó la industria mundial. La situación de la industria cambió por completo durante la segunda mitad del siglo debido al auge de los países de Europa occidental y Japón, que se convirtieron en los mayores productores y exportadores.

La fabricación de vehículos comenzó con los vehículos de carretera a vapor, pero esta tendencia cambió rápidamente en las décadas de 1860 y 70 hacia el motor de gasolina, principalmente en Francia y Alemania, aunque a principios del siglo XX a esos países se unieron Italia, América, e Inglaterra. En 1910 la mayoría de los fabricantes cambiaron al motor de gasolina debido a las altas cantidades de dinero que se necesitaban para crear motores de vapor de calidad.

La introducción de la producción en masa fue considerada uno de los mayores avances tecnológicos en la industria automotriz, un proceso que consistió en estandarización, sincronización y continuidad. Esta técnica se inició en Estados Unidos.

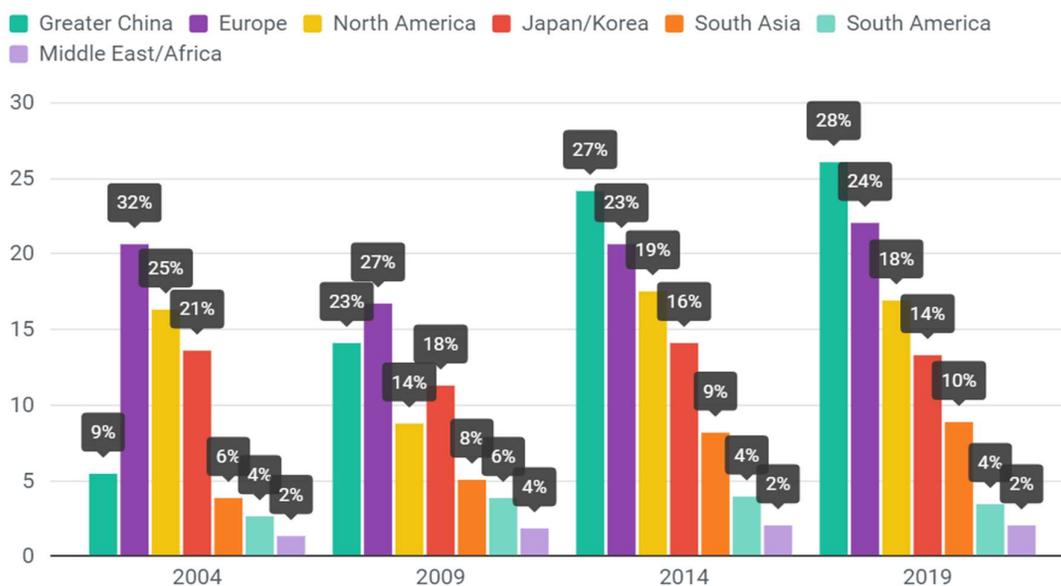
Con el tiempo, el sector automotriz se ha posicionado como uno de los sectores más importantes de las economías desarrolladas. Durante las últimas décadas, el automóvil se ha convertido en el bien de consumo más importante en la economía y la vida social; es un sector clave para la mayoría de los países del mundo. La industria se considera innovadora, invirtiendo más de 74 mil millones en investigación, desarrollo y producción. La industria es intensiva en capital y conocimiento, y juega un papel importante en el desarrollo socioeconómico del país, representando del 5 al 10% del PIB de los países desarrollados y alcanzando porcentajes del 14%, 12% y 10% en Alemania, Japón y Corea del Sur respectivamente.

La producción total de vehículos ha aumentado año tras año en todo el mundo, a excepción de los años 2008, 2009 y 2010 debido a la crisis financiera. Las cifras han aumentado de 63,228,032 vehículos en 2005 a 87,372,851 en 2019.

En la **gráfica 3.9**, donde se muestra la producción mundial de los vehículos a motor, se observa como en los últimos años Asia ha ido incrementando su importancia en el sector, pasando de una representación del 36% en 2004 a representar en 2019 el 52% de la producción total.

World motor vehicle production

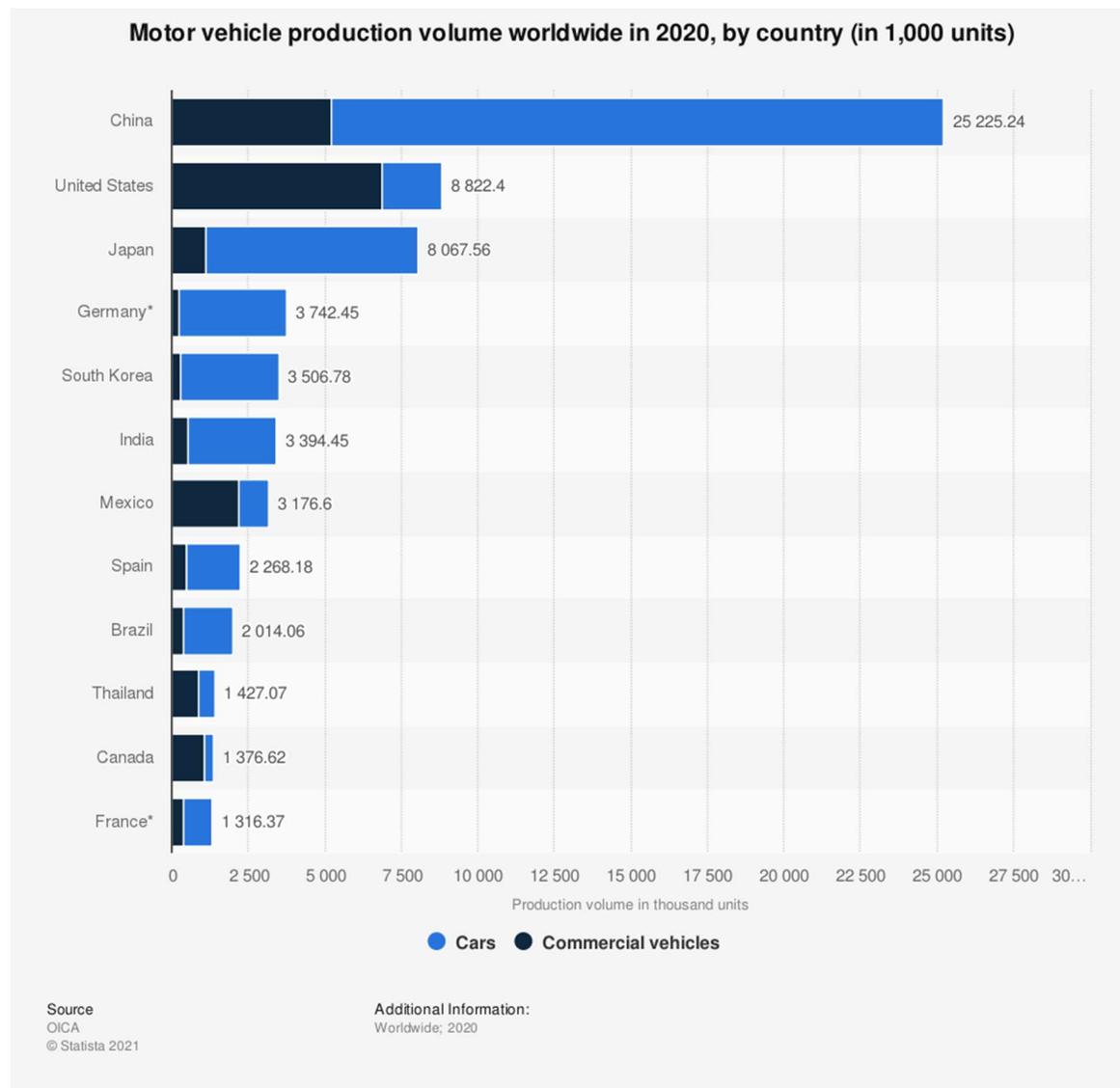
IN MILLION UNITS, % SHARE / 2004 – 2019



Gráfica 3.9 – Producción mundial de vehículos a motor [47]

En cuanto Europa, aunque sigue siendo uno de los principales productores de vehículos a motor, ha pasado de representar el 32% de la producción total en 2004 al 24% en 2019, convirtiéndose en el continente que más importancia ha perdido durante los últimos años. América también disminuye su representación, aunque en menor medida, pasa de representar el 29% en 2004 al 22% en 2019.

En la siguiente **gráfica 3.10** se muestra el ranking de los países que más vehículos produjeron en el año 2020. A la cabeza está China, es el país de mayor importancia para Asia en el sector automovilístico, en el último año representó el 50,8% de la producción total del continente; el segundo país con mayor importancia en el continente es Japón con el 19,9% de la producción total. América se ve representado por Estados Unidos siendo el segundo fabricante mas importante. Finalmente, en Europa el principal fabricante de automóviles es Alemania seguido de España y Francia.

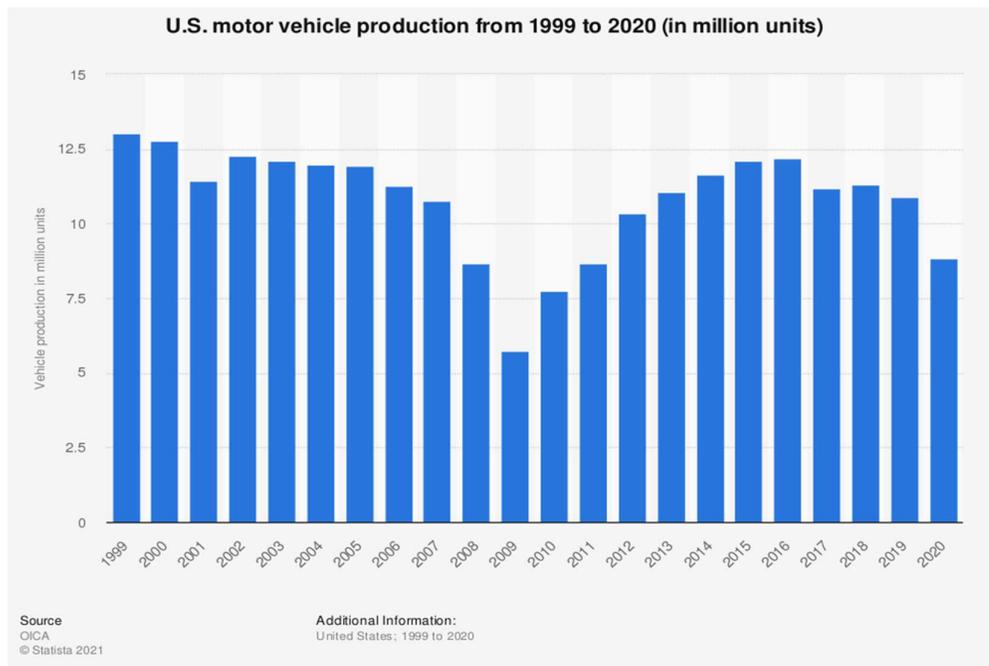


Gráfica 3.10 – Producción de vehículos por país en el año 2020 [48]

3.1.1 Estados Unidos

Desde principios del siglo XX hasta la década de 1980, EE. UU. Fue conocido como el mayor productor de automóviles del mundo. El primer vehículo de gasolina en Estados Unidos fue construido en 1893 por los hermanos Charles y Frank Duryea. Tres fabricantes, incluidos Ford, General Motors y Chrysler, dominaron el sector del automóvil durante varios años. Sin embargo, a medida que los fabricantes de automóviles extranjeros comenzaron a exportar y diseñar diferentes vehículos para satisfacer la demanda de los clientes estadounidenses, la popularidad de los automóviles producidos en Estados Unidos disminuyó.

Sin embargo, tras la crisis financiera de los años 2008, 2009 y 2010 la producción de automóviles estadounidenses ha aumentado gradualmente cada año, donde fue de 5.6 millones en 2009 a 11.3 millones de vehículos en 2017. De 2011 a 2017, se agregaron aproximadamente 130,000 empleos de fabricantes de automóviles y proveedores de automóviles en Estados Unidos. Actualmente, hay 46 plantas de ensamblaje de automóviles en los EE. UU. Contribuye con casi 6 mil millones de dólares al producto interno bruto (PIB) de Estados Unidos cuando se producen 200,000 vehículos en una sola planta. En 2017, los fabricantes de automóviles estadounidenses, incluidos Fiat, Chrysler, Ford y General Motors representaron el 77% de las ventas en los EE. UU. La **gráfica 3.11** muestra la producción de vehículos estadounidenses desde 1999 a 2020.



Gráfica 3.11 – Producción de vehículos en Estados Unidos [48]

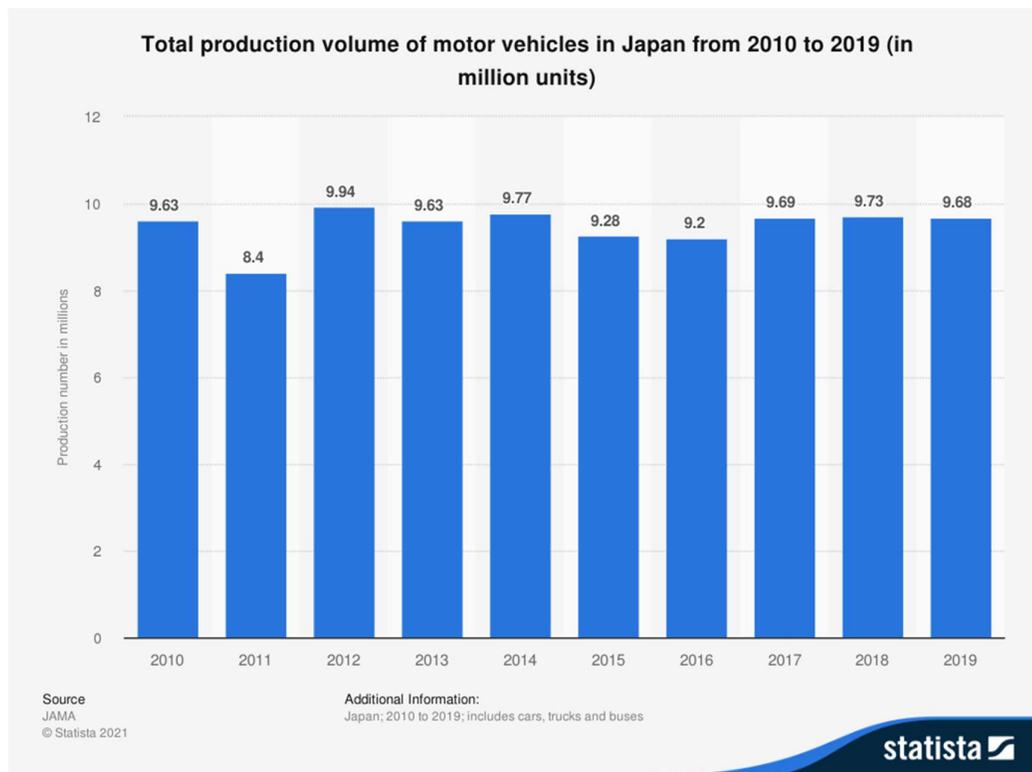
Esto demuestra que los fabricantes de automóviles estadounidenses están satisfaciendo las demandas de los clientes estadounidenses. Aproximadamente un millón de vehículos estadounidenses se han exportado a diferentes países cada año, lo que indica el destacado papel de Estados Unidos en la industria del automóvil en el mundo. Es actualmente el segundo fabricante de automóviles más grande del mundo. La mayoría de los vehículos que se produce Estados Unidos son vehículos comerciales.

Hoy en día, los fabricantes estadounidenses están instalando sistemas limpios en sus vehículos sin sacrificar su rendimiento, manteniendo así la demanda de sus clientes. Sin embargo, en los últimos años ha disminuido su producción, del 29,36% de la producción en 2015 al 22,18% en 2019.

3.1.2 Japón

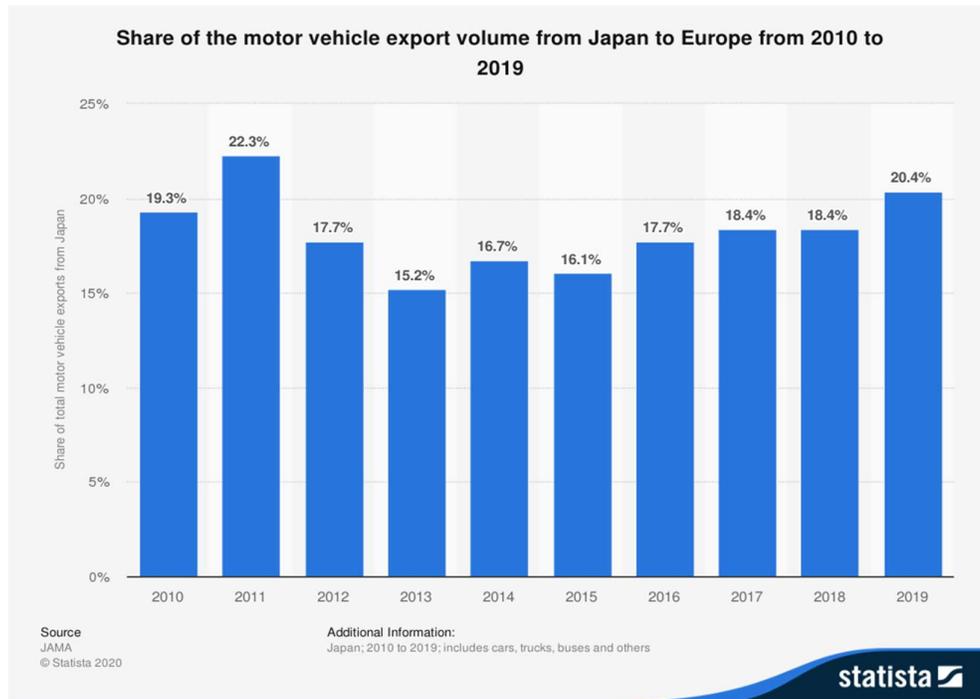
Desde 1907, cuando un ingeniero japonés construyó por primera vez un automóvil a gasolina, los fabricantes japoneses han inventado y diseñado varios tipos de automóviles. Sin embargo, los coches japoneses no fueron populares en los primeros años. A fines de la década de 1950, los fabricantes comenzaron a exportar sus productos a diferentes países. A medida que las industrias del automóvil en Japón comenzaron a mejorar su tecnología para satisfacer la demanda de sus clientes, varias marcas se hicieron conocidas internacionalmente por su calidad y bajo precio. Toyota, Honda y Nissan son ejemplos de estos fabricantes. Su motor de pequeño tamaño y la eficiencia del combustible se generalizaron. Hoy, Japón es uno de los países productores de automóviles más grandes del mundo.

En 2017, alrededor del 19% del valor de las exportaciones de Japón estaba en el sector automotriz, que alcanzó los 60,7 billones de yenes. Esto incluye vehículos de cuatro y dos ruedas y sus autopartes. También cubrió el 8,7% del empleo total, 5,5 millones de empleados en 2017. Cada año, Japón logra una enorme cantidad de producción y ventas de automóviles, lo que contribuye significativamente a la economía japonesa. Los fabricantes japoneses ahora están desarrollando un vehículo con mejor calidad, mejor economía de combustible y un automóvil limpio para satisfacer a sus clientes. La **gráfica 3.12** ilustra un resumen de la producción de vehículos japoneses de 2010 a 2020.

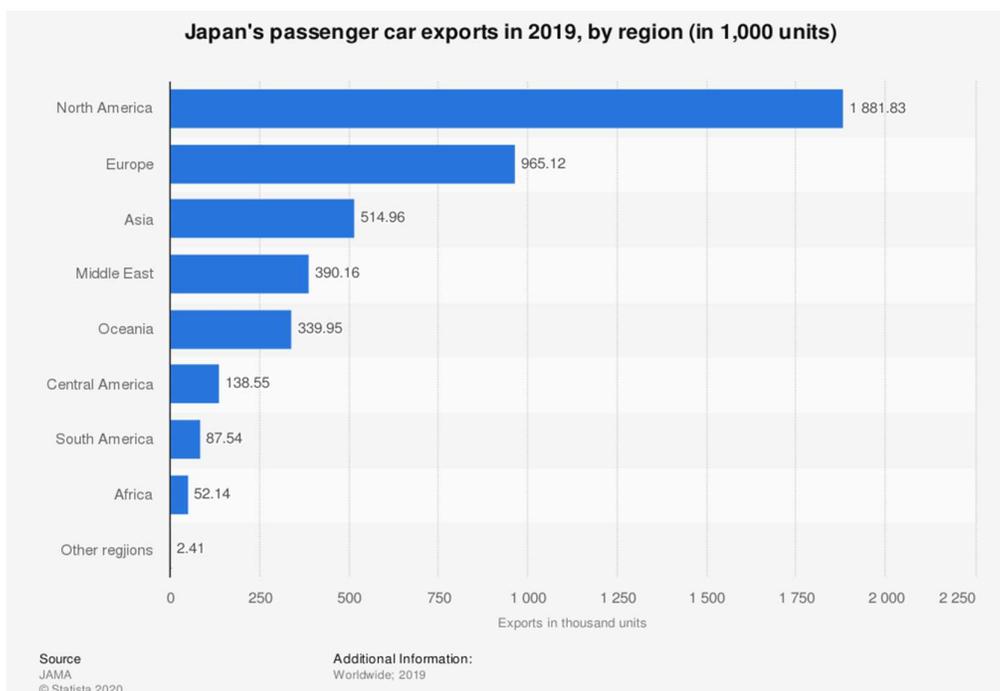


Gráfica 3.12 – Producción mundial de vehículos a motor [48]

Japón produjo 9,68 millones de vehículos en total en 2019, el 9% de todos los vehículos fabricados. Japón es responsable de la segunda mayor cantidad de exportaciones de automóviles del mundo. La **gráfica 3.13** muestra el volumen de vehículos exportados de Japón a Europa desde el año 2010 al 2019 y en la **gráfica 3.14** se muestran los vehículos ligeros que Japón exportó a diferentes países en 2019.

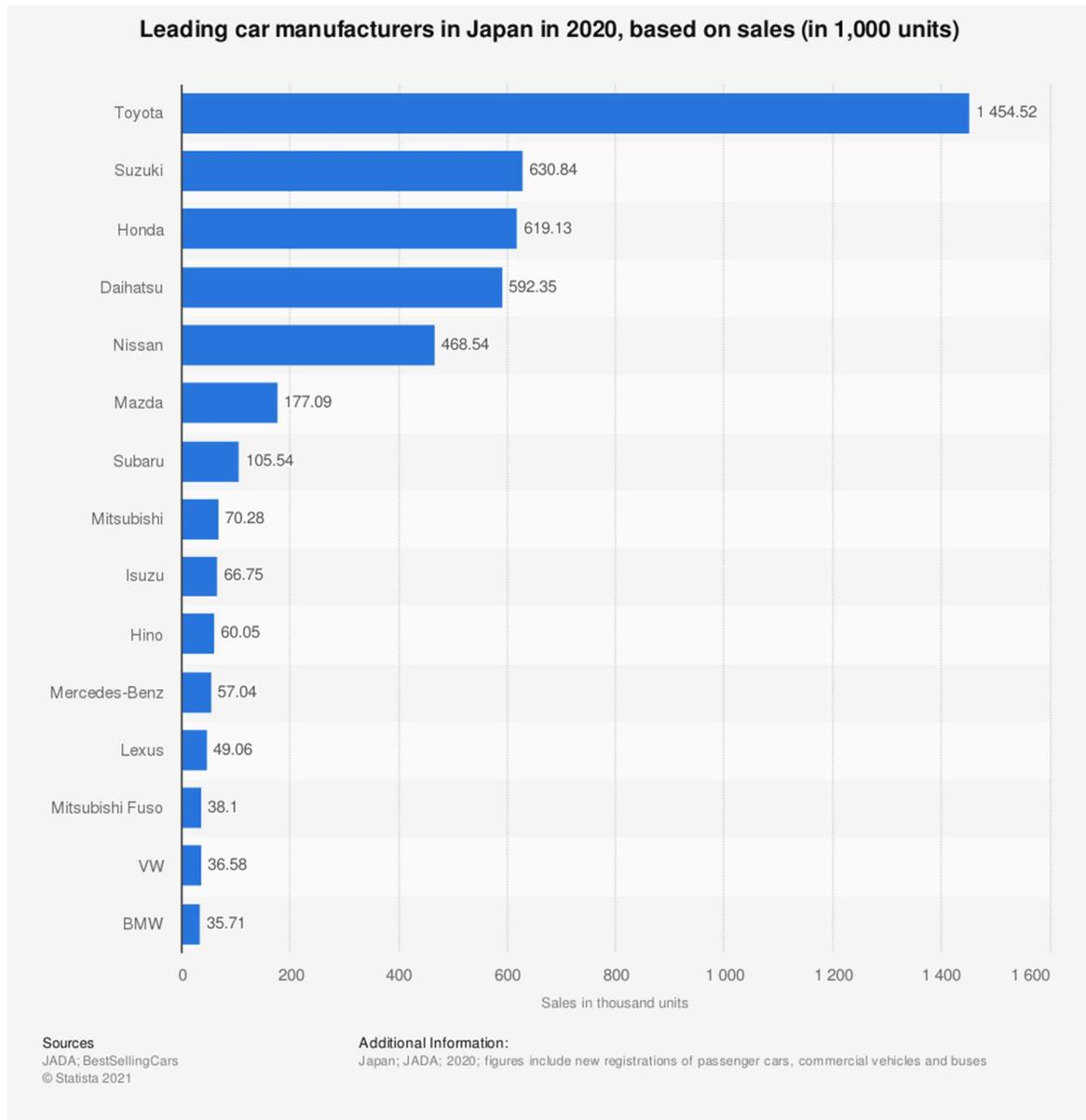


Gráfica 3.13 – Producción mundial de vehículos a motor [48]



Gráfica 3.14 – Exportación de vehículos ligeros japoneses en 2019 [48]

Toyota es responsable de aproximadamente el 29% de la fabricación de automóviles de Japón, mientras que Honda cuenta con aproximadamente el 14,4% del mercado japonés. La **gráfica 3.15** muestra las ventas que obtuvieron los diferentes fabricantes de coches japoneses en 2020.



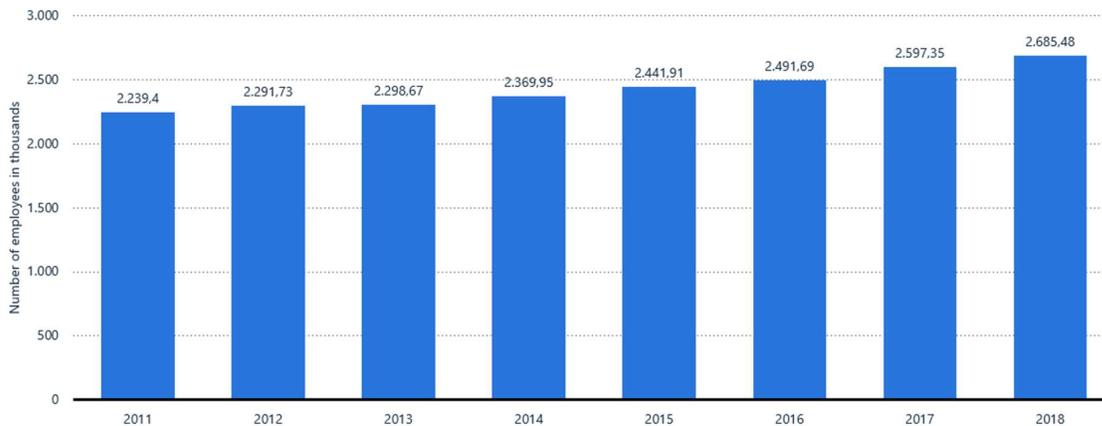
Gráfica 3.15 – Producción mundial de vehículos a motor [47]

3.1.3 Europa

En Europa, el primer automóvil construido con un motor de combustión interna fue a finales del siglo XIX, por dos ingenieros alemanes, Karl Friedrich Benz y Gottlieb Wilhelm Daimler. Tan pronto como se inventó esta tecnología revolucionaria, Francia estableció su primera empresa de fabricación de automóviles en el mundo. Henry Ford instaló una línea de montaje de cinta transportadora que redujo drásticamente el coste y el tiempo de montaje.

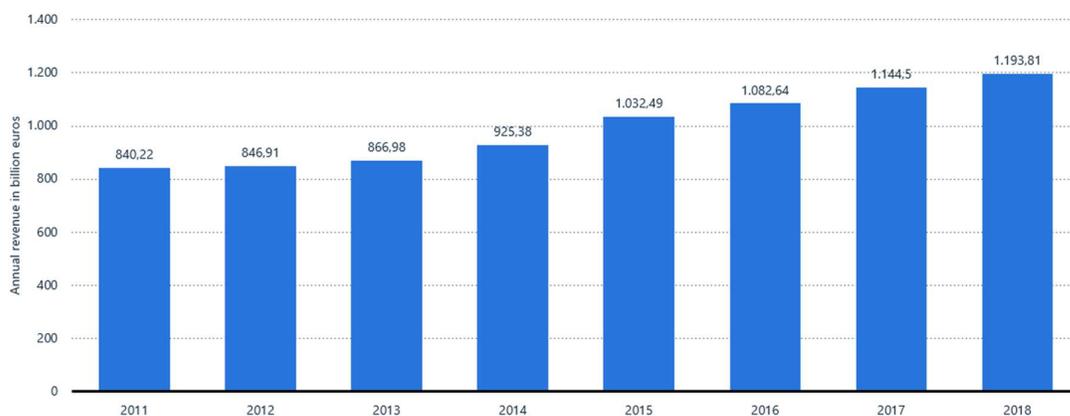
Los datos de junio de 2020 indican que 13,8 millones de europeos trabajan directa e indirectamente en la industria del automóvil, que cubre el 6,1% del total de puestos de trabajo de la UE. En la **gráfica 3.16** aparece el número de empleos directos que ofrece la industria automotriz por año, desde el 2011 al 2018. En 2018, alrededor de 5,4 millones de automóviles producidos por fabricantes europeos se exportaron a todo el mundo. Esto valió más que 127 000 millones de euros. En la **gráfica 3.17** se muestra los ingresos anuales que proporciona la industria automotriz en Europa. Las industrias del automóvil contribuyen en gran medida a la innovación. Por tanto, la UE gasta el 28 % de su gasto total en el sector del automóvil.

Motor vehicle manufacturing employment - European Union 2011-2018



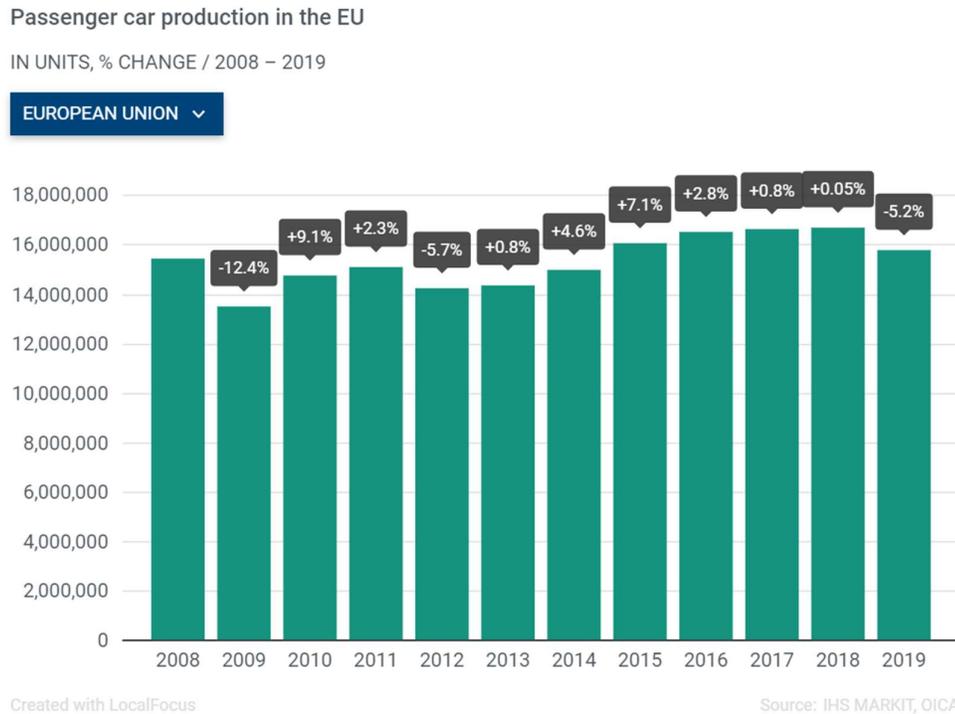
Gráfica 3.16 – Empleo directo en la industria automotriz en de la Unión Europea 2011-2018. [48]

Revenue of motor vehicle manufacturing in the EU 2011-2018

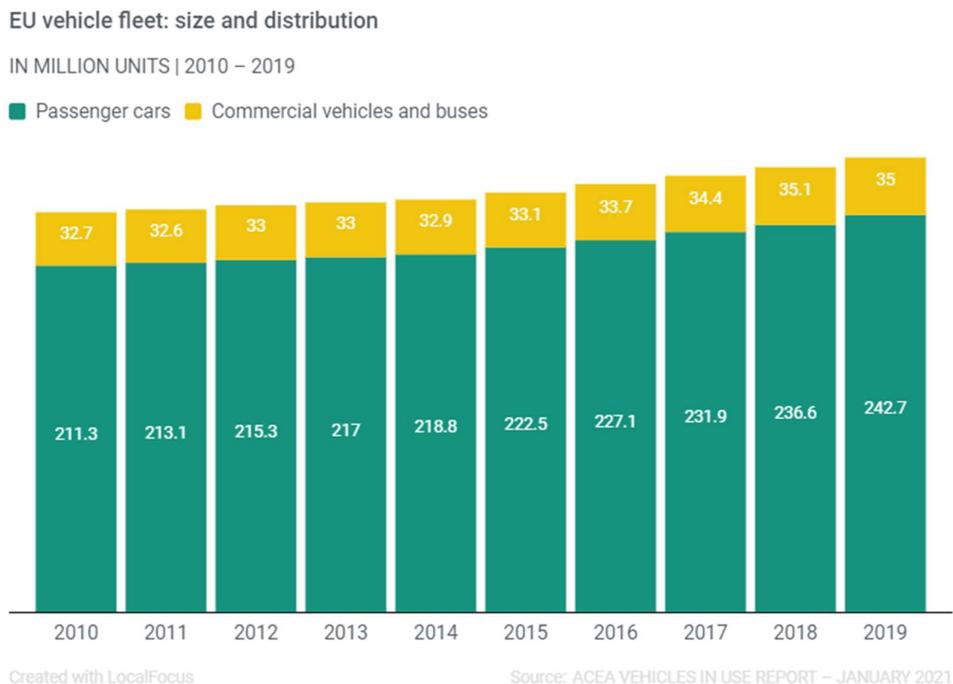


Gráfica 3.17 – Ingresos anuales de la industria automotriz en la Unión Europea 2011-2018. [48]

Aunque existe mucha competencia entre países, los países europeos son uno de los principales productores de automóviles. En la **gráfica 3.18** aparece la producción de vehículos ligeros en Europa desde 2008 hasta 2019. El número de vehículos en uso en la Unión Europea crece cada año (**gráfica 3.19**) por lo tanto de igual forma debe crecer la producción. Sin embargo, para la EU esto no es así y de ahí que haya disminuido su porcentaje de participación en el mercado global (**gráfica 3.9**).



Gráfica 3.18 – Producción de vehículos ligeros en Europa 2008-2019. [47]

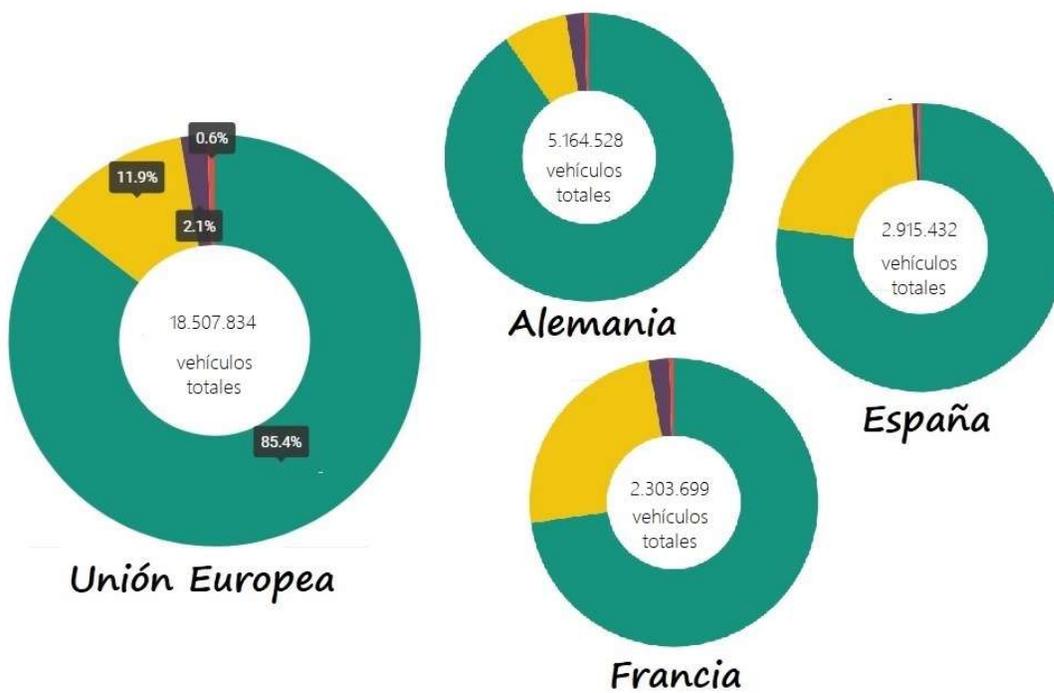
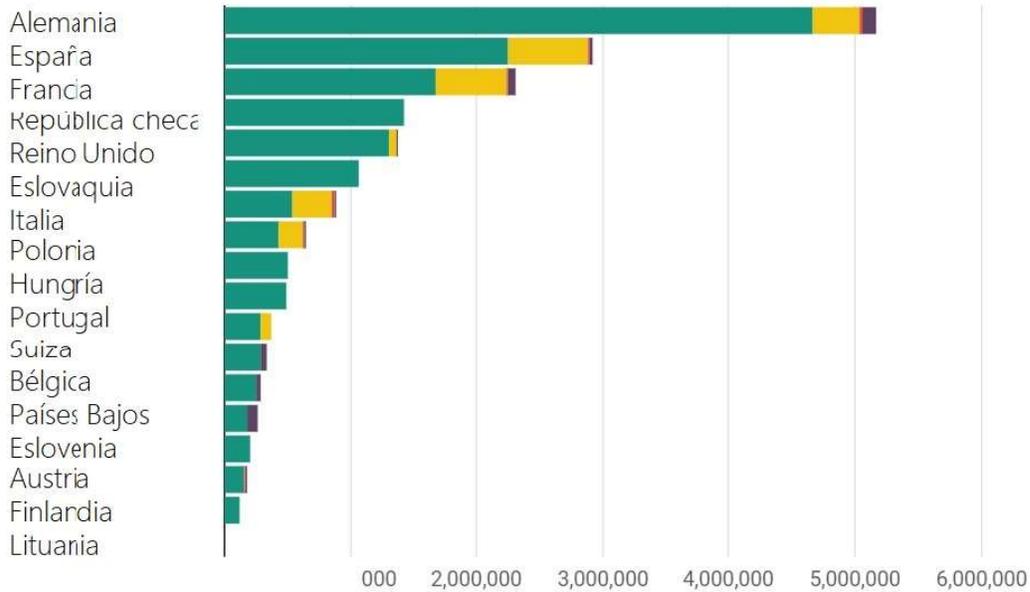


Gráfica 3.19 –Número de vehículos en uso en la Unión Europea 2010-2019. [48]

La figura muestra la tasa de producción de turismos y vehículos de motor en varios países de la Unión Europea en 2019. Alemania España y Francia son los países de Europa con mayor producción. En Europa prevalece la producción de vehículos ligeros, en 2019 consistió en el 85.4 % de la producción total.

Producción de vehículos a motor en EU (2019)

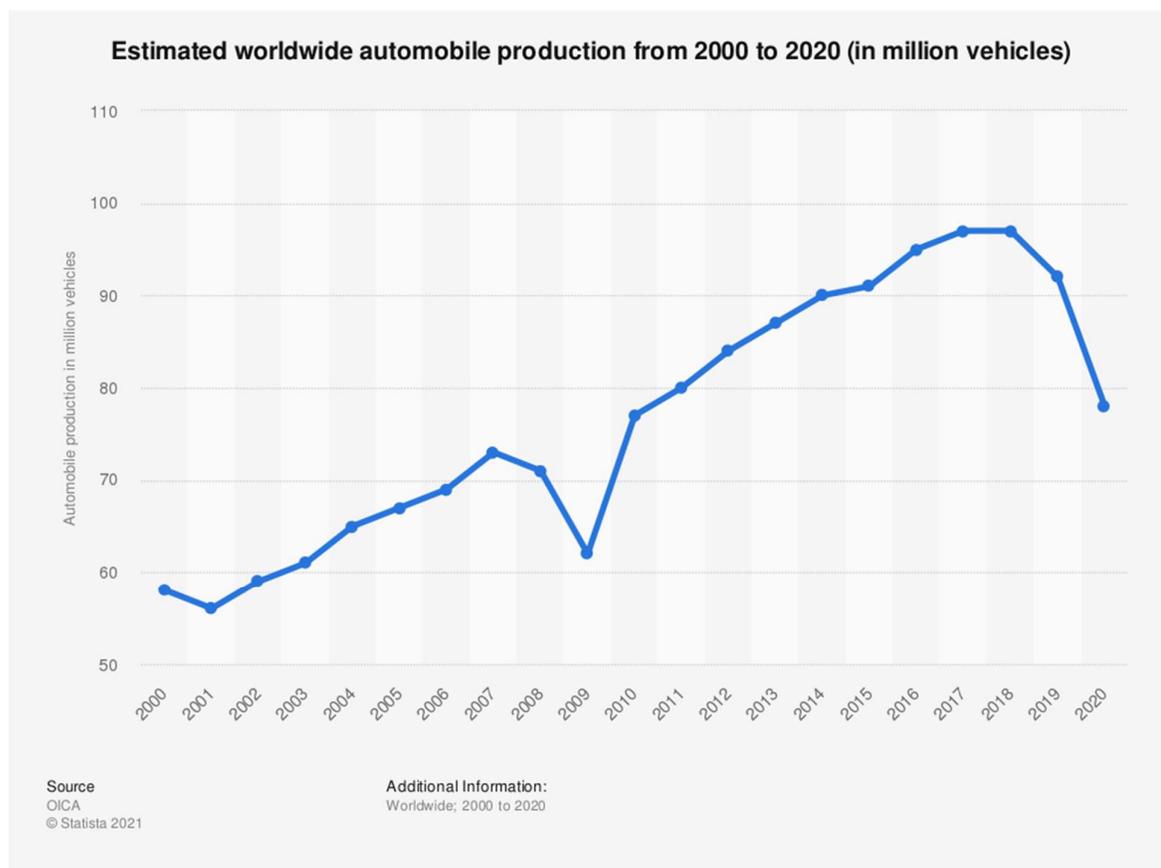
- Coches de pasajeros
- Vehículos comerciales medianos
- Vehículos comerciales ligeros
- Vehículos comerciales pesados



Gráfica 3.20 –Número de vehículos en uso en la Unión Europea 2010-2019. [48]

3.1.4 Influencia del COVID-19 en el sector automotriz

El 2020 ha estado conmovido por una situación inusual, una pandemia global que ha afectado al mundo entero. Esto ha significado diferentes bloqueos en varias partes del mundo. La industria automotriz se enfrenta a una fuerte disminución de la demanda y la inversión. Este sector también se ve afectado por la parada repentina y generalizada de la actividad económica, con trabajadores confinados en sus hogares, cadenas de suministro inmovilizadas y fábricas cerradas. Se cree que las restricciones de viaje y la interrupción repentina de la actividad económica conducirán a una fuerte contracción de la producción y del producto interno bruto (PIB). Se estima que los cierres de fábricas en Europa y América del Norte han obligado a la retirada de 2,5 millones de programas de transporte de vehículos de pasajeros de la producción. La **gráfica 3.21** muestra la producción mundial de automóviles, se observa como afectó la crisis financiera de los años 2008, 2009 y 2010 al sector automotriz, así como ha afectado el COVID a la caída en la producción en el 2020.



Gráfica 3.21 – Producción de vehículos 2000-2020 [48]

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), esto tiene impactos multiplicadores negativos en la economía por los efectos de la resistencia y la propulsión, en particular en países donde la industria automotriz es un importante impulsor del crecimiento económico. La disminución en la demanda de otros servicios como transporte, mercancías o viajeros afectará al sector automotriz y en un futuro cercano, se podría ver un aumento en la demanda de vehículos comerciales mientras que la demanda de turismo se reducirá debido a la incertidumbre que se ha experimentado.

La pandemia ha generado un aumento sin precedentes del desempleo en todas las cadenas de suministro de la industria automotriz, y existe el riesgo de perder más puestos de trabajo si los gobiernos, empleadores y trabajadores no actúan de inmediato para permitir la supervivencia y protección de las pequeñas y medianas empresas de trabajadores. En la **tabla 1** se estima el número de empleos afectados en Europa este último año.

Tabla 1- [48]

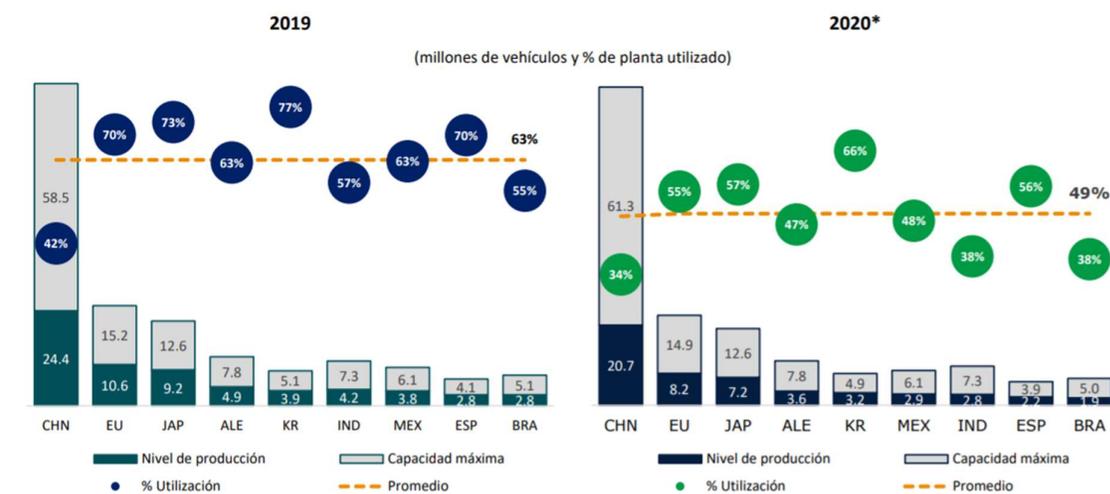
País	Número de empleos afectados	País	Número de empleos afectados
Alemania	568.518	Portugal	20.000
Francia	90.000	Rumania	20.000
Italia	69.382	Eslovaquia	20.000
Suecia	67.000	Polonia	17.284
Reino Unido	65.455	Austria	14.307
España	60.000	Países Bajos	13.500
Republica Checa	45.000	Finlandia	4.500
Hungría	30.000	Eslovenia	2.890
Bélgica	30.000	Croacia	700
TOTAL (EU+UK)		1.138.536	

Las ventas de vehículos nuevos en China disminuyeron casi un 92% en la primera quincena de febrero de 2020 y se ha estimado que las ventas de vehículos disminuirán en China en al menos un 2,9%.

Según la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles, las ventas de vehículos nuevos en la Unión Europea en enero y febrero fueron un 7,4% menos que el año pasado. En 2020, la demanda ha disminuido en los cuatro principales mercados europeos: Alemania (9%), Francia (7,8%), Italia (7,3%) y España (6,8%).

Teniendo en cuenta que China es el principal proveedor de insumos intermedios para las empresas manufactureras en otras partes del mundo, la disminución de la producción y las exportaciones de China tiene un impacto directo en la industria automotriz.

La utilización de las plantas disminuyó considerablemente en 2020 debido a la pandemia. En la **gráfica** se puede ver como el promedio de utilización de las plantas automovilísticas pasa del 63% en 2019 al 49% en 2020 en el mes de abril.



Fuente: D.Econosignal con información de IHS Markit. *Estimación al cierre del año, con información al mes de abril.
© 2020 Galaz, Yamazaki, Ruiz Urquiza, S.C.

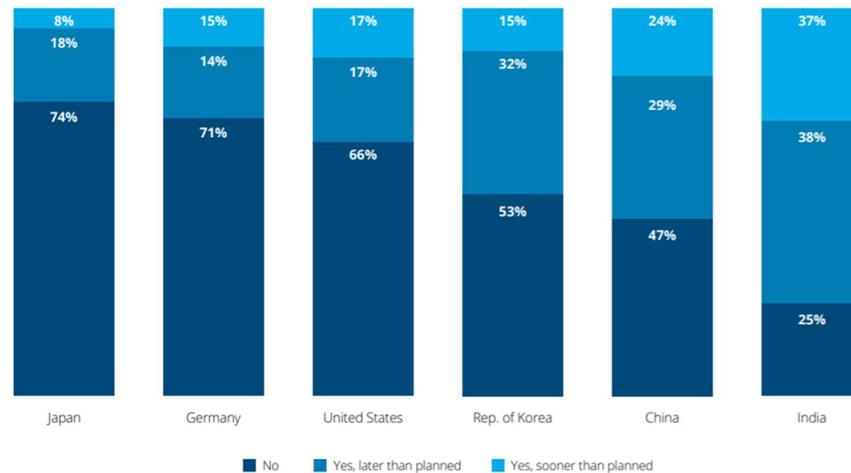
D.Econosignal | Perspectiva Industrial 12

Gráfica 3.22 – Utilización de plantas en 2019 frente al 2020 [60]

Las preferencias de los consumidores también han cambiado tras la pandemia. Para poder explorar una variedad de problemas críticos que afectan al sector automotriz, incluido el desarrollo de tecnologías avanzadas Deloitte encuestó a más de 24,000 consumidores en 23 países de septiembre a octubre de 2020. En el Estudio Global del Consumidor Automotriz se proporcionan datos e información acerca de las opiniones sobre los vehículos eléctricos, la compra de vehículos y la financiación de los consumidores.

Debido al COVID-19 aproximadamente un tercio de los consumidores de India, China y la República de Corea planean retrasar la adquisición de su próximo vehículo según este estudio. **(Gráfica 3.23)**

Percentage of consumers who altered their timeline for acquiring next vehicle because of the COVID-19 pandemic

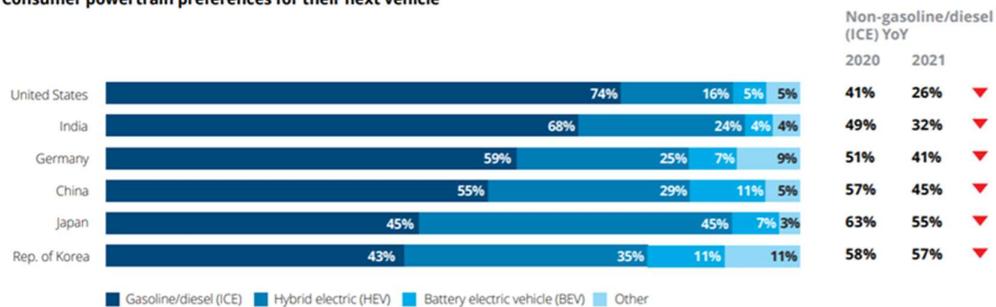


Q23. Have you altered your timeline for acquiring your next vehicle because of the COVID-19 pandemic?
 Sample size: Germany=804; United States=901; China=899; India=948; Japan=678; Republic of Korea=949

Gráfica 3.23 – Porcentaje de consumidores que modificaron su cronograma para adquirir el próximo vehículo debido a la Pandemia de COVID-19 [60]

Con respecto al tipo de vehículo preferente, la pandemia ha provocado el aumento en la intención de compra de vehículos de gasolina o diésel frente a los eléctricos, ya que los consumidores buscan una tecnología asequible, probada y comprobada en tiempos inciertos **(gráfica 3.24)**. También afecta en la demanda de los coches eléctricos la preocupación por el alcance y la falta de infraestructura de carga. En la **tabla 2** aparecen las principales preocupaciones a la hora de adquirir un coche eléctrico. Sin embargo, el aumento en la concienciación por el medio ambiente hace que continúe el creciendo las ventas de coches eléctricos, aunque en menor medida de la estimaba para 2020.

Consumer powertrain preferences for their next vehicle



Note: "Other" category includes ethanol, CNG, and hydrogen fuel cell.
 Q42. What type of engine would you prefer in your next vehicle?
 Sample size: Germany=779; United States=879; China=886; India=880; Japan=597; Republic of Korea=906

Gráfica 3.24 – Preferencias del consumidor para su próximo vehículo [60]

Tabla 2 – [60]

Greatest concerns regarding all-battery-powered electric vehicles

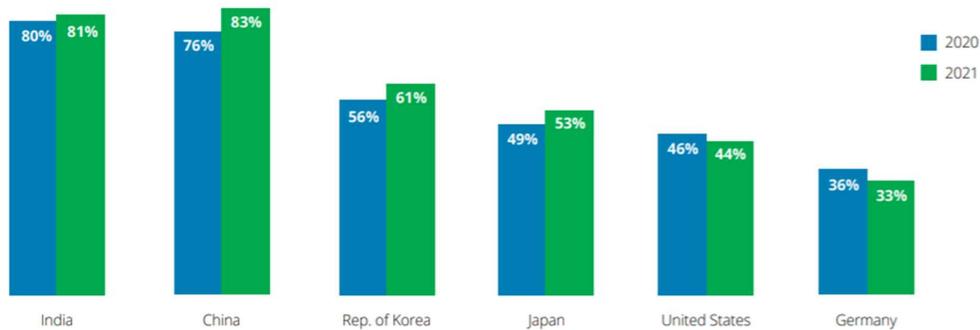
Concern	United States	Germany	Japan	Rep. of Korea	China	India
Driving range	28%	28%	22%	11%	25%	13%
Lack of charging infrastructure	25%	22%	29%	32%	20%	26%
Cost/price premium	20%	16%	23%	17%	9%	16%
Time required to charge	13%	13%	15%	18%	13%	14%
Safety concerns	8%	12%	10%	19%	29%	25%
Lack of choice	4%	5%	1%	3%	4%	6%
Other	2%	4%	0%	0%	0%	0%

Q47: What is your greatest concern regarding all-battery-powered electric vehicles?
Sample size: Germany=779; United States=879; China=886; India=880; Japan=597; Republic of Korea=906

■ Top concern

En cuanto a los vehículos conectados, en algunos mercados parece estar aumentando su percepción positiva (gráfica 3.24). Los consumidores incluyen la conectividad como una característica importante a tener en cuenta para la próxima compra. (Tabla 3)

Percentage of consumers who feel that increased vehicle connectivity will be beneficial



Q3. To what extent do you agree with the following statements regarding future vehicle technology?
Sample size 2020/2021: Germany=2,862/996; United States=2,922/1,022; India=2,979/991; China=2,980/1,034; Japan=2,912/916; Republic of Korea=2,974/1,031

Gráfica 3.25 – Porcentaje de consumidores que ven beneficiosos los vehículos conectados [60]

Tabla 3 – [60]

Importance (somewhat or very important) of various vehicles features for next vehicle purchase

Advanced vehicle feature	United States	Germany	Japan	Rep. of Korea	China	India
Blind spot warning/alert	70%	65%	77%	83%	82%	85%
Automatic emergency braking	60%	57%	83%	79%	85%	89%
Lane departure warning	59%	55%	60%	77%	82%	82%
Built-in navigation system	59%	65%	77%	65%	79%	87%
Physical knobs/buttons for controls	56%	55%	56%	59%	66%	78%
360-degree camera system	54%	45%	66%	70%	77%	85%
Automatic/dual-zone climate control	53%	45%	37%	55%	69%	78%
Heated/cooled seats	52%	56%	56%	74%	61%	76%
Adaptive cruise control	52%	48%	41%	50%	74%	77%
Electronic parking assist	43%	57%	49%	64%	73%	84%
Built-in Wi-Fi hotspot	41%	31%	43%	58%	66%	82%
Over-the-air software updates	40%	31%	50%	59%	65%	78%
Apple CarPlay/Android Auto interface	35%	31%	30%	42%	61%	70%
Semi-autonomous drive mode	32%	30%	42%	56%	69%	76%

Q26. How important are each of the following features for your next vehicle?
Sample size: Germany=804; United States=901; China=899; India=948; Japan=678; Republic of Korea=949

■ Most important

3.2 Sostenibilidad

Los desafíos ambientales y las políticas gubernamentales han obligado a las empresas automotrices a incorporar en sus actividades la gestión sostenible de la cadena de suministro, lo que ha ayudado a implementar el uso de prácticas amigables con el medio ambiente.

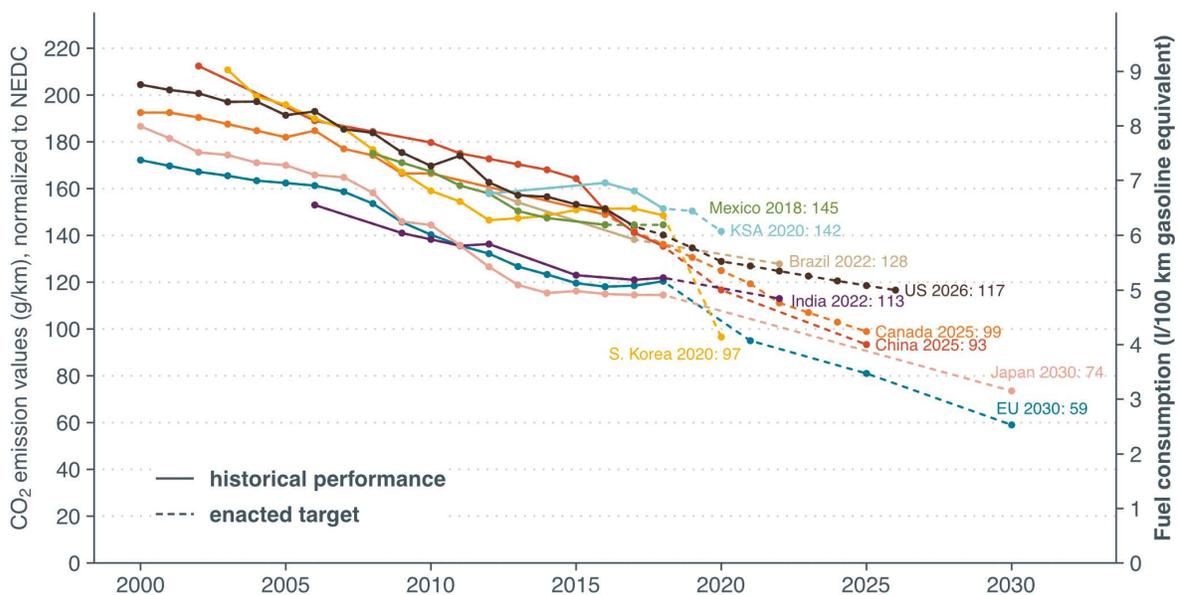
La movilidad sostenible y respetuosa con el medio ambiente es un objetivo para los fabricantes de automóviles. El sector de la automoción reconoce su papel. Las inversiones en tecnología de vehículos, sistemas de transporte inteligentes y procesos de producción más limpios ya han desempeñado un papel importante en la reducción de emisiones y la mejora de la seguridad.

A lo largo de una cadena de suministro, los recursos naturales, las materias primas y los componentes se transforman en un producto terminado que se entrega al consumidor. Dada la naturaleza de sus productos, la industria automotriz tiene una cadena de suministro global profunda y compleja. Asegurar la sostenibilidad de esta cadena de suministro es una prioridad clave para los fabricantes. Esto significa proporcionar un producto final "responsable" desde un punto de vista social, humano y ambiental, con un enfoque en las condiciones laborales, los derechos humanos, la ética empresarial y la huella ambiental en toda la cadena.

El desempeño sostenible implicará algunos cambios en la estructura de la cadena de suministro tradicional que se vinculará con una serie de desafíos. Las prácticas de gestión sostenible deben seguir dos principios. El primero es la promoción de la salud ecológica. El segundo es la priorización del medio ambiente en primer lugar, la sociedad en segundo lugar y la economía en tercer lugar.

La cadena de suministro sostenible comienza con garantizar que el producto sea lo suficientemente ecológico y satisfaga las necesidades del cliente. Luego, la medición del desempeño debe cuantificar qué tan ecológico es el proceso de fabricación y entrega de los vehículos, incluyendo el compromiso de los proveedores con el ejercicio ecológico. Por último, asegurarse de que los vehículos al final de su vida útil se reciclen correctamente y puedan reabsorberse en el proceso de manufactura

Gobiernos de todo el mundo han establecido o propuesto normas de ahorro de combustible o emisiones de gases de efecto invernadero para vehículos de pasajeros y vehículos comerciales. Las regulaciones en estos mercados, que cubren más del 80 % de las ventas globales de vehículos de pasajeros, influyen en las decisiones comerciales de los principales fabricantes de vehículos de todo el mundo y se encuentran entre las medidas de mitigación del cambio climático más efectivas que se han implementado durante la última década. En la **gráfica 3.26** se observa como dichas medidas han ayudado a la reducción de las emisiones de CO₂ en los vehículos de pasajeros en los últimos años. También aparece como se prevé que disminuyan las emisiones en los próximos años.

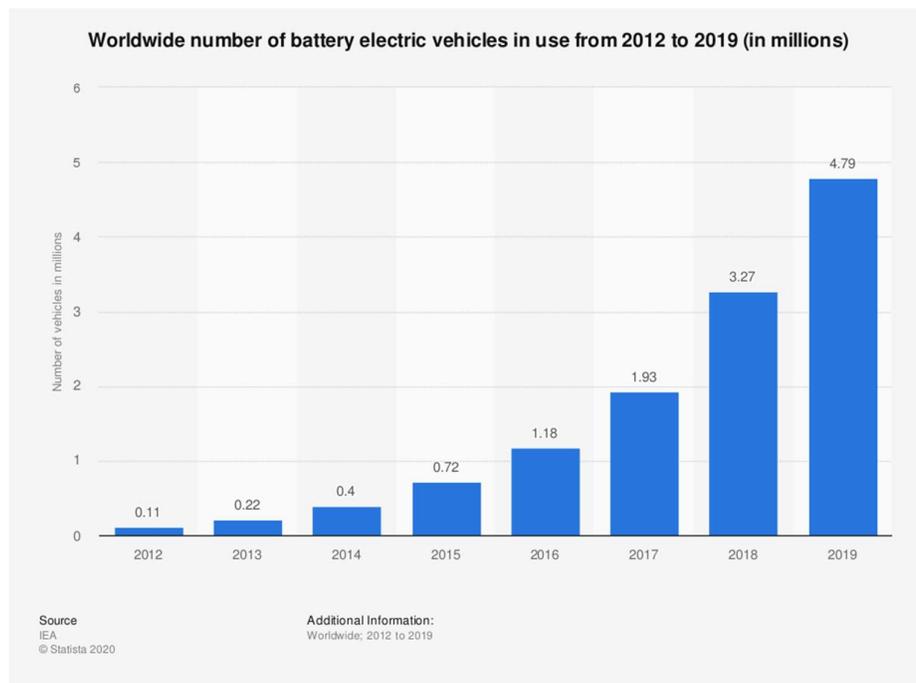


Gráfica 3.26 – Emisiones de CO₂ de vehículos pasajeros [75]

3.2.1 Vehículos limpios

Durante la década de 1800 circuló el primer vehículo eléctrico (EV) por carretera, pero el EV disminuyó tan pronto como el vehículo con motor de gasolina se hizo popular y aumentó el número de estaciones de servicio. A finales de la década de 1960 y principios de la de 1970, hubo una escasez de combustible, lo que provocó más producción de vehículos eléctricos. Sin embargo, debido a su costo, un número limitado de estaciones de carga y la falta de suministro de energía, fue impopular.

Actualmente se pretende lograr un medio ambiente limpio y por ello los fabricantes de automóviles están desarrollando tecnologías y cambiando su fuente de energía. Los vehículos eléctricos, se han desarrollado y mejorado muy rápidamente. EV incluye vehículos eléctricos de batería (BEV), vehículos eléctricos híbridos (HEV), vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) y vehículos eléctricos de pila de combustible (FCEV). En la **gráfica 3.27** se observa que el uso de coches eléctricos de batería aumenta cada año desde 2012.



Gráfica 3.27 – Número mundial de BEV en uso 2012-2019 [48]

Los EV se puede clasificar en dos categorías principales:

1. Los vehículos con carga eléctrica (ECV) incluyen vehículos eléctricos de batería completa (BEV) e híbridos enchufables (PHEV), los cuales requieren una infraestructura de recarga adecuada.
2. Los vehículos que no necesitan infraestructura de recarga, como son los vehículos eléctricos híbridos (HEV) que generan electricidad internamente a partir del frenado regenerativo y el motor de combustión interna.

Los fabricantes de EE. UU., Japón y países de Europa han contribuido significativamente a crear un medio ambiente limpio al tiempo que proporcionan un rendimiento que satisface la demanda de sus clientes.

3.2.1.1 Vehículos eléctricos a batería

Los vehículos eléctricos con batería (BEV) funcionan completamente con un motor eléctrico, que utiliza la electricidad almacenada en una batería a bordo que se carga al enchufarse a la red eléctrica. La **Figura 3.28** muestra un esquema de un BEV y sus componentes principales.

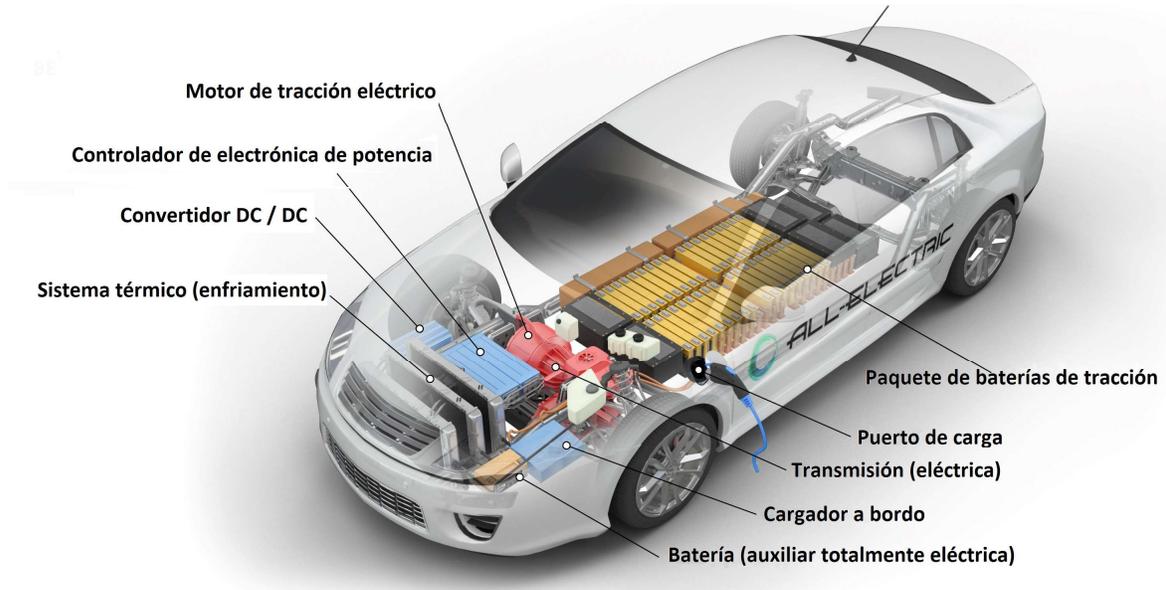


Figura 3.28 – BEV [74]

- **Batería;** en un vehículo de propulsión eléctrica, la batería auxiliar proporciona electricidad para alimentar los accesorios del vehículo.
- **Puerto de carga;** el puerto de carga permite que el vehículo se conecte a una fuente de alimentación externa para cargar el paquete de baterías de tracción.
- **Convertidor DC / DC;** este dispositivo convierte la potencia de corriente continua de mayor voltaje del paquete de baterías de tracción en la potencia de corriente continua de menor voltaje necesaria para hacer funcionar los accesorios del vehículo y recargar la batería auxiliar.
- **Motor de tracción eléctrico;** con la energía del paquete de baterías de tracción, este motor impulsa las ruedas del vehículo. Algunos vehículos utilizan generadores de motor que realizan las funciones de conducción y regeneración.
- **Cargador a bordo;** toma la electricidad de la corriente alterna entrante suministrada a través del puerto de carga y la convierte en energía de corriente continua para cargar la batería de tracción. También se comunica con el equipo de carga y monitorea las características de la batería, como voltaje, corriente, temperatura y estado de carga, mientras se carga el paquete.
- **Controlador de electrónica de potencia;** esta unidad gestiona el flujo de energía eléctrica entregada por la batería de tracción, controlando la velocidad del motor de tracción eléctrica y el par que produce.
- **Sistema térmico;** este sistema mantiene un rango de temperatura de funcionamiento adecuado del motor, el motor eléctrico, la electrónica de potencia y otros componentes.
- **Paquete de baterías de tracción;** almacena electricidad para que la utilice el motor de tracción eléctrico.
- **Transmisión;** la transmisión transfiere potencia mecánica del motor de tracción eléctrico para impulsar las ruedas.

Hoy en día, el vehículo eléctrico de batería (BEV) es una de las tecnologías automotrices de tendencia en todo el mundo. La principal ventaja de un motor eléctrico es que no producen emisiones contaminantes. Aunque esta tecnología tiene varias ventajas, también tiene algunos puntos negativos. A diferencia de repostar gasolina o gas diésel, los vehículos eléctricos necesitan cargar la batería por completo lo que puede tardar un poco.

Actualmente, hay 1971 estaciones de sobrealimentadores con 17.467 sobrealimentadores en todo el mundo. Los automóviles BEV actuales tienen baterías potentes. Se suelen usar baterías de iones de litio porque son pequeñas, livianas y duraderas. Aunque el EV produce una pequeña cantidad de emisiones durante el ciclo de vida, no emite emisiones directas.

El fabricante más conocido de vehículos eléctricos es estadounidense, Tesla. Tesla construyó el Model S, que es el primer sedán totalmente eléctrico del mundo. Es conocido como el vehículo eléctrico de primera clase, con la autonomía más amplia en comparación con cualquier otro vehículo eléctrico. El vehículo puede recorrer hasta 647 kilómetros de alcance y puede conducir 262 kilómetros cuando se carga durante solo 15 minutos en un sobrealimentador. Solo necesita 30 minutos para cargar el 80% de la batería. En comparación con el modelo anterior, el Modelo S 100D, tuvo un aumento de casi un 20% en el rango sin cambiar el diseño de su paquete de baterías. Crearon con éxito este EV de largo alcance debido a una reducción significativa en su masa. Cambiar el diseño del automóvil y minimizar el peso de los componentes en la batería y la unidad de transmisión ayudó a lograr este objetivo. Tesla es uno de los fabricantes de vehículos eléctricos más grandes del mundo, y sus ventas y demanda aumentan cada año en todo el mundo.

Las industrias europeas han estado mejorando activamente su vehículo eléctrico para lograr una sociedad 100% EV. En Francia, Renault proporcionó su automóvil totalmente eléctrico el Renault Zoe a una serie de ciudadanos para reafirmar que es posible un mundo de coches eléctricos. El nuevo Zoe puede conducir hasta una autonomía de 394 kilómetros.

Otro vehículo eléctrico de Europa es el sedán familiar, BMW i3. La batería se puede cargar en seis horas con un BMW Wallbox. Puede conducir hasta 246 kilómetros, donde se puede instalar un extensor de rango, lo que agrega un rango de manejo de hasta 310 kilómetros. Produce una potencia de 170 CV y el par motor máximo es de 249,5 Nm. Además, el automóvil en sí es ecológico, pero la planta donde se produce el vehículo también es ecológica. La planta de BMW Leipzig, donde se produce el BMW i3, utiliza energía 100% renovable y se ha desarrollado de manera que reduce el uso de energía y el consumo de agua.

En Japón no se producen muchos coches totalmente eléctricos debido a la baja demanda de los clientes y al rápido desarrollo de tecnologías híbridas. El Nissan Leaf es un motor popular 100% eléctrico con una batería de iones de litio, y es conocido como el coche eléctrico apto para carreteras más vendido. Este vehículo no produce ninguna emisión de escape. El motor tiene una potencia de 107 CV, lo que no tiene mucha diferencia entre los vehículos japoneses con motor de gasolina. En 2010, cuando Nissan lanzó el Nissan Leaf, la autonomía de conducción era de 200 kilómetros por carga. Sin embargo, en 2017, el alcance aumentó a 378 kilómetros.

El Honda Clarity Electric también es un automóvil eléctrico fabricado en Japón. Aunque la serie Clarity se trasladó a HEV y PHEV en 2020, sigue siendo un sedán eléctrico competitivo. La batería eléctrica ofrece 163 CV y 300 Nm de par motor máximo. El rango de conducción es de 143 kilómetros, que es más corto que la mayoría de los vehículos eléctricos. Actualmente, varios fabricantes japoneses están fabricando vehículos eléctricos. Toyota ha anunciado seis modelos de vehículos eléctricos que se prevé lanzar entre 2020 y 2025. Las principales características de varios motores BEV se mencionan en la Tabla 4.

Tabla 4

Modelo	Batería [kWh]	Potencia [CV]	Rango de conducción (cargado completamente) [km]	Tiempo de carga [horas]
Tesla Model S (EE. UU.)	60, 75, 90 o 100	422	628	4 - 10
Renault ZOE (EU)	40	110	394	3 - 6
BMW i3 (EU)	42,2	170	246-310	10
Nissan Leaf (Japón)	40	150	378	4 - 7
Honda Clarity Electric (Japón)	25.5	163	143	3,5 (cargador de 240 voltios)

3.2.1.2 Vehículos eléctricos híbridos

3.2.1.2.1 Híbrido completo

El vehículo eléctrico híbrido (HEV) están propulsados por un motor de combustión interna (que funciona con gasolina o diésel) pero también tienen un motor eléctrico a batería que sirve para complementar el motor convencional. Su electricidad se genera internamente a partir del frenado regenerativo y el motor de combustión interna, por lo que no necesitan infraestructura de recarga. Esto ayuda a reducir las emisiones de gas a la vez que proporciona una mejor economía de combustible sin sacrificar su rendimiento. La **Figura 3.29** muestra un esquema de un HEV y sus componentes principales.

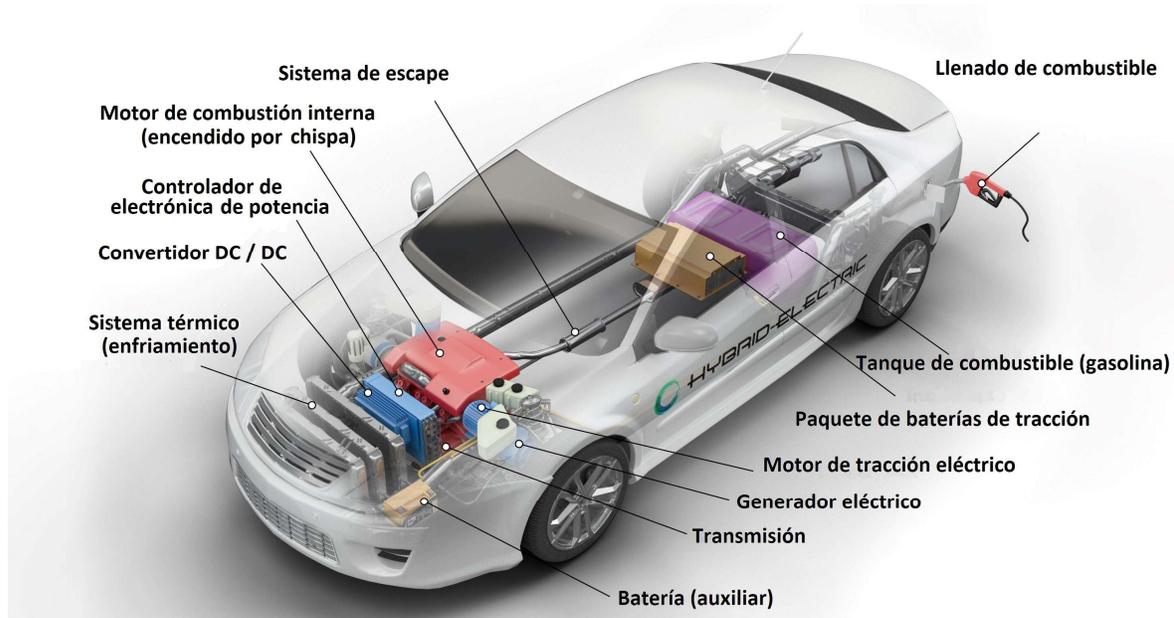


Figura 3.29 – HEV [74]

- **Batería.**
- **Convertidor DC / DC.**
- **Generador eléctrico;** genera electricidad a partir de las ruedas giratorias mientras frena, transfiriendo esa energía de regreso al paquete de baterías de tracción. Algunos vehículos utilizan generadores de motor que realizan las funciones de conducción y regeneración.
- **Motor de tracción eléctrico.**
- **Sistema de escape;** el sistema de escape canaliza los gases de escape del motor a través del tubo de escape. Un catalizador de tres vías está diseñado para reducir las emisiones del motor dentro del sistema de escape.
- **Llenado de combustible;** una boquilla de un dispensador de combustible se conecta al receptáculo del vehículo para llenar el tanque.
- **Tanque de combustible (gasolina);** este tanque almacena gasolina a bordo del vehículo hasta que el motor la necesita.
- **Motor de combustión interna (encendido por chispa);** en esta configuración, el combustible se inyecta en el colector de admisión o en la cámara de combustión, donde se combina con aire, y la mezcla de aire / combustible se enciende con la chispa de una bujía.
- **Controlador de electrónica de potencia.**
- **Sistema térmico (enfriamiento).**
- **Paquete de baterías de tracción.**
- **Transmisión.**

El primer automóvil híbrido fue inventado en 1896 por un ingeniero austriaco-alemán, Ferdinand Porsche. Desarrolló un motor que funciona con batería, ya que los vehículos de gasolina huelen mal y hacen ruido. El coche finalizado fue el Lohner-Porsche Elektromobil. Hoy en día, es una de las principales innovaciones en la carretera. Las baterías, volantes y ultracondensadores se utilizan principalmente para su fuente de energía y solución de almacenamiento. Agregar un motor eléctrico permite un motor más pequeño, lo que resulta en un peso más liviano. No es necesario cargar la batería, ya que está activada por el motor de combustión interna y el frenado regenerativo.

Volvo es un ejemplo de fabricante europeo que fabrica coches híbridos. La tecnología híbrida de Volvo reduce el consumo de combustible y las emisiones del tubo de escape tanto para gasolina como para diésel. También aumenta la aceleración de la potencia al impulsar el generador de arranque integrado, que respalda el motor de combustión, utilizando energía eléctrica recuperada. La batería se carga al frenar, lo que mejora la eficiencia del combustible. El XC90 Twin Engine es uno de los vehículos fabricados por Volvo que utiliza esta tecnología con un consumo medio de 2,5 l/100 km. Simplemente seleccionando el modo de conducción eléctrica pura en el híbrido puede realizar un viaje utilizando únicamente el motor eléctrico del automóvil consumiendo la menor cantidad de combustible posible. Logra un nivel de emisiones de 59 g/km de CO₂. También incorpora una función de parada/arranque, que ayuda a reducir el consumo de combustible y las emisiones del tubo de escape. Con la combinación del motor de gasolina Drive-E de 2,0 litros de cilindrada de 321 CV y el motor eléctrico de 81 CV consigue una potencia máxima del sistema híbrido de 400 CV.

La tecnología de los automóviles híbridos en Japón se convirtió en un éxito cuando Toyota desarrolló uno de los primeros HEV del mercado. El HEV más conocido creado en Japón es el Toyota Prius. El consumo medio homologado del Prius es de 3,3 l/100km. El rango de conducción estimado es de 981 kilómetros por la ciudad y 909 kilómetros en la carretera. El motor es un motor en línea de 4 cilindros que produce una potencia de 122 CV cuando se combina con el motor eléctrico. Este no es un automóvil potente. Sin embargo, es suficiente para transportar al conductor, ya que la economía de combustible es excelente. El Honda Insight LX y EX también es un HEV de bajo consumo de combustible. El motor de cuatro cilindros de ciclo Atkinson con su motor eléctrico proporciona 4,28 l/100km en carretera urbana y 4,8 l/100km en carretera. Esto se logra mediante la selección del modo ECON.

La comparativa de la economía de combustible en distintos modelos HEV completos se muestra en la Tabla 2.

Tabla 5

Modelo	Tipo de Híbrido	Consumo medio en modo Híbrido [l/100km]	Potencia [CV]
Volvo XC90 T8 Twin Engine (EU)	HEV completo	2,5	400
Toyota Prius (Japón)	HEV completo	5,3	122
Honda Insight LX and EX (Japón)	HEV completo	4,28/4,8	155

3.2.1.2.2 Híbrido suave

El vehículo eléctrico híbrido suave (MHEV) es un vehículo que solo ayuda a su motor. No puede alimentar el auto por sí mismo. Tiene un motor más pequeño, lo que conduce a un peso más ligero, y se considera más barato en comparación con el vehículo híbrido completo. Los vehículos híbridos suaves tienen una batería más pequeña que un automóvil híbrido completo habitual. Por tanto, no consigue un buen ahorro de combustible en comparación con un vehículo híbrido completo. Sin embargo, respalda su potencia de salida reiniciando rápidamente el motor cada vez que se activa el sistema de parada/arranque.

Los coches híbridos de los fabricantes de automóviles estadounidenses están mejorando con éxito, donde las ventas aumentan cada año. Los fabricantes de automóviles estadounidenses incorporaron el híbrido suave para lograr una mejor eficiencia sin sacrificar ninguna pérdida de potencia. Un ejemplo de este sistema es el sistema e-Torque desarrollado por Fiat Chrysler. La Ram 1500 2019 incorpora la e-Torque. La batería es tan pequeña como una maleta pequeña. Tiene un motor V6 con una potencia de 305 CV o un motor V8 con una potencia de 395 CV. El e-Torque utiliza un sistema de aire acondicionado de soplado en frío para activar el sistema de parada/arranque. Este sistema opera el vehículo usando energía eléctrica. Por lo tanto, tiene un arranque suave, que es difícil de detectar en la cabina cada vez que se reinicia el vehículo. El consumo urbano es de 11,7 l/100km y el de carretera de 9,4 l/100km con el motor V6 y para el motor V8 el consumo urbano es de 13,8 l/100km y 10,6 l/100km por carretera.

Los fabricantes europeos producen principalmente vehículos eléctricos híbridos enchufables y vehículos híbridos suaves para competir con la tecnología híbrida japonesa. Los modelos Volkswagen utilizan la tecnología híbrida suave. Un ejemplo de este sistema es modelo renovado del Audi Q7 2020 que incorpora la hibridación suave en la propulsión. En los motores diésel y el modelo de gasolina incorpora un motor eléctrico de 48 voltios con una potencia de 340 CV, provocando esta hibridación un ahorro de combustible y reduciendo las emisiones contaminantes. En el modelo Golf 8 1,5 eTSI, que tiene un pequeño motor eléctrico y una batería para ayudar a su motor. El motor gana energía a medida que el automóvil frena y la usa al acelerar para mejorar la eficiencia del combustible. Según las pruebas oficiales, tiene un consumo medio de 4,7 l/100 km y par máximo de 250 Nm, además produce 150 CV, que emite entre 108 y 134 g/km según el nivel de equipamiento.

La comparativa de la economía de combustible en distintos modelos MHEV se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Modelo	Tipo de Híbrido	Consumo medio (Urbano/Carretera) [l/100km]	Potencia [CV]
Fiat Chrysler (EE. UU.)	MHEV (* motor V6)	11,7/9,4	305
	MHEV (* motor V8)	13,83/10,69	395
Volkswagen Golf 8 1,5 eTSI (EU)	MHEV	4,7	150

3.2.1.2.3 Híbridos enchufables

Los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) son la combinación de BEV y HEV, donde pueden ser propulsados por su motor de combustión interna (que funciona con gasolina o diésel) o el propio motor eléctrico a batería (**Figura 3.30**). Por lo tanto, la batería se puede cargar enchufándola al cargador eléctrico, o se puede cargar de la misma manera que HEV carga su batería. La ventaja de este vehículo es el ahorro de combustible.

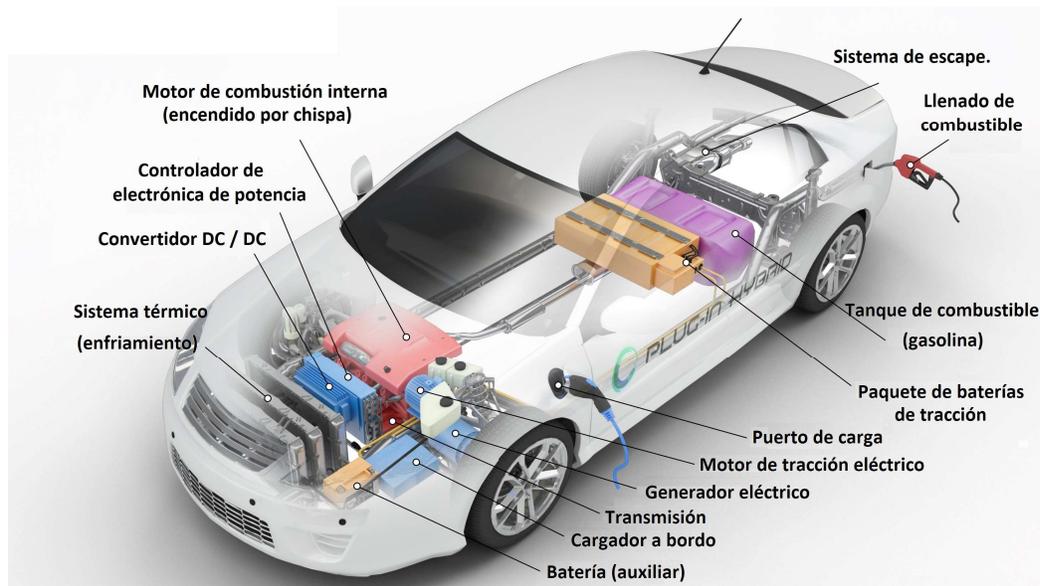


Figura 3.30 – PHEV [74]

El desarrollo de PHEV en los EE. UU. Ha mejorado drásticamente. El Chevrolet Volt es un ejemplo de PHEV en los EE. UU. El automóvil puede conducir hasta 85 kilómetros con 100% de electricidad, mientras que cuando está en modo híbrido, puede recorrer hasta 675 kilómetros. El consumo medio es de 2,22 l/100 km con emisiones de CO₂ de 27 gr/km. Tardará trece horas en cargarse por completo cuando se cargue en un tomacorriente de 130 voltios, mientras que cuando se cargue en una toma de corriente de 240 voltios solo empleará dos horas y veinte minutos. La potencia de este vehículo es de 149 CV.

El Ford Fusion también es un híbrido enchufable que ayuda a crear un ambiente amigable y una excelente eficiencia de combustible y desempeño. El Ford Fusion 2020 tiene un rango de manejo estimado de hasta 981 kilómetros cuando el vehículo está completamente cargado con gasolina. El rango de conducción estimado cuando se opera con 100% de electricidad es de 42 kilómetros. Esto es menos de la mitad del rango de conducción en comparación con el Chevrolet Volt. El consumo urbano es de 8,5 l/100km, el extraurbano de 5,3 l/100km y el consumo medio es de 6,5 l/100km, mientras que produce una potencia de 190 CV. Tiene una asistencia llamada SmartGauge, que proporciona información de conducción en tiempo real, de manera eficiente para el conductor. Los conductores pueden experimentar tres modos diferentes de operación: el modo Auto EV, el modo EV Now y el modo EV Later. Cada modo depende de la cantidad de electricidad utilizada o ahorrada para su uso posterior.

El Mercedes-Benz E 300 de es un híbrido enchufable diésel-eléctrico. Tiene cuatro modos de funcionamiento diferentes, que son Híbrido, E-Mode, E-Save y Charge, que es controlado por el propio automóvil. La instalación del cargador de a bordo refrigerado por agua puede cargarse del 10 % al 100 % en aproximadamente una hora y media, utilizando un Mercedes-Benz Wallbox. Al utilizar otros enchufes de 240 voltios, tardará de tres a cinco horas en cargarse. Este automóvil puede lograr una conducción sin emisiones de hasta 48 kilómetros. Cuando ambas fuentes lo alimentan, el consumo medio es de 3.45 l/100 km con una emisión de 35 g/km. Este es también un coche potente que puede proporcionar una potencia de 306 CV. También se instalan muchos sistemas en el vehículo para mejorar el ahorro de combustible. Un ejemplo es el ECO Assist; esta asistencia proporciona el cálculo preciso de cuándo los conductores deben soltar el acelerador.

El BMW 330e híbrido enchufable es un sedán que logra un desempeño de conducción eficiente y excelente para el cliente. Puede conducir hasta 66 kilómetros sin usar gasolina con una potencia de 292 CV. El coche incorpora una tecnología TwinPower Turbo, que aumenta el par de su sistema impulsando sus fuentes junto con el motor eléctrico. Se instala un sistema conveniente donde se mostrará la estación de carga cercana y el sistema de control hará que sea más fácil para el conductor cargar. El BMW 330e PHEV 2021 tiene un consumo medio de 4,75 l/100 km y tarda en cargar aproximadamente tres horas si se conecta a una toma de corriente doméstica convencional y apenas dos horas si se utiliza un BMW i Wallbox.

En Japón, el Honda Clarity PHEV se lanzó en 2018, proporcionando un excelente desempeño ambiental y una conducción altamente eficiente. Incorpora un sistema híbrido de dos motores, el Sport Hybrid Intelligent Multi-Mode Drive (i-MMD), un sistema de dos motores que proporciona instantáneamente una aceleración suave y potente. También tiene tres modos diferentes: EV Drive, Hybrid Drive y Engine Drive. Al igual que el HEV, cambia de modo a medida que el automóvil decide su rendimiento para lograr una conducción más eficiente. Durante el comienzo del desarrollo del PHEV con sistema Sport Hybrid i-MMD, solo alcanzó una autonomía de conducción de 21 kilómetros en modo EV. Se han realizado muchas mejoras en el vehículo, que ahora puede conducir hasta 76 kilómetros en modo EV. El motor instalado es el DOHC i-VTEC de ciclo Atkinson de 1,5 L, que se traduce en una mejor eficiencia de combustible y una alta eficiencia térmica máxima del 40,5%. La autonomía de conducción combinada de gasolina y electricidad es de 547 kilómetros, donde el consumo medio es de 3.46 l/100 km cuando funciona con electricidad y gasolina. Nuevamente, debido a que es un vehículo enchufable, tomará un tiempo cargar la batería, que es de dos horas y media usando un cargador de 240 voltios para cargar completamente.

El Mitsubishi Outlander PHEV también es un vehículo competitivo, que fue el PHEV más vendido en Europa según los datos de enero de 2018. Este SUV se puede conducir con un sistema híbrido, mientras que la batería se puede cargar con energía regenerativa. Es uno de los primeros vehículos enchufables con carga rápida de corriente continua. El Outlander 2020 se puede cargar con un cargador doméstico de 240 voltios, que tarda menos de tres horas y media en cargarse por completo. Cuando está en modo EV, operado con motores eléctricos 100 % gemelos con cero emisiones, puede conducir hasta 35 kilómetros. Mientras que el modo híbrido proporciona potencia adicional, logra una autonomía de conducción de hasta 499 kilómetros. Los motores eléctricos gemelos tienen un sistema de aceleración instantánea, que proporciona un par inmediato ofreciendo una aceleración sin emitir ningún gas. El motor también puede cambiar entre el ciclo Otto, que es para potencia, y el ciclo Atkinson, que es para eficiencia.

La comparativa de la economía de combustible en distintos modelos PHEV se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Modelo	Tipo de Híbrido	Tiempo de carga (240 voltios)	Consumo medio (Urbano/Carretera) [l/100km]	Potencia [CV]
Chevrolet Volt (EE. UU.)	PHEV	2 h 20 min	2,22	149
Ford Fusion (EE. UU.)	PHEV	4 h 30 min	6,5	190
Mercedes-Benz E 300 de (EU)	PHEV	3 h- 5 h	3,45	306
The BMW 330e (EU)	PHEV	3 h	4,75	292
Honda Clarity (Japón)	PHEV	2 h 30 min	3,46	176
Mitsubishi Outlander (Japón)	PHEV	3h 30 min	2,4	150

3.2.1.3 Vehículos eléctricos de pila de combustible

Los vehículos eléctricos de pila de combustible (FCEV) son vehículos propulsados por hidrógeno. Se ha demostrado que el hidrógeno es una poderosa fuente de energía. Se ha utilizado para impulsar naves espaciales, carretillas elevadoras y submarinos. Este vehículo es más eficiente que el motor de combustión interna y no produce gases de escape, y solo produce vapor de agua. Utiliza la misma técnica que el EV, pero la diferencia es que el hidrógeno convierte la electricidad. A diferencia de los otros coches eléctricos, FCEV se puede alimentar en poco tiempo como los vehículos con motor de combustión interna. También puede cargar su batería utilizando el sistema de frenado regenerativo. El tipo más común de pila de combustible que se utiliza en un FCEV es la membrana de polímero electrolítico (PEM).

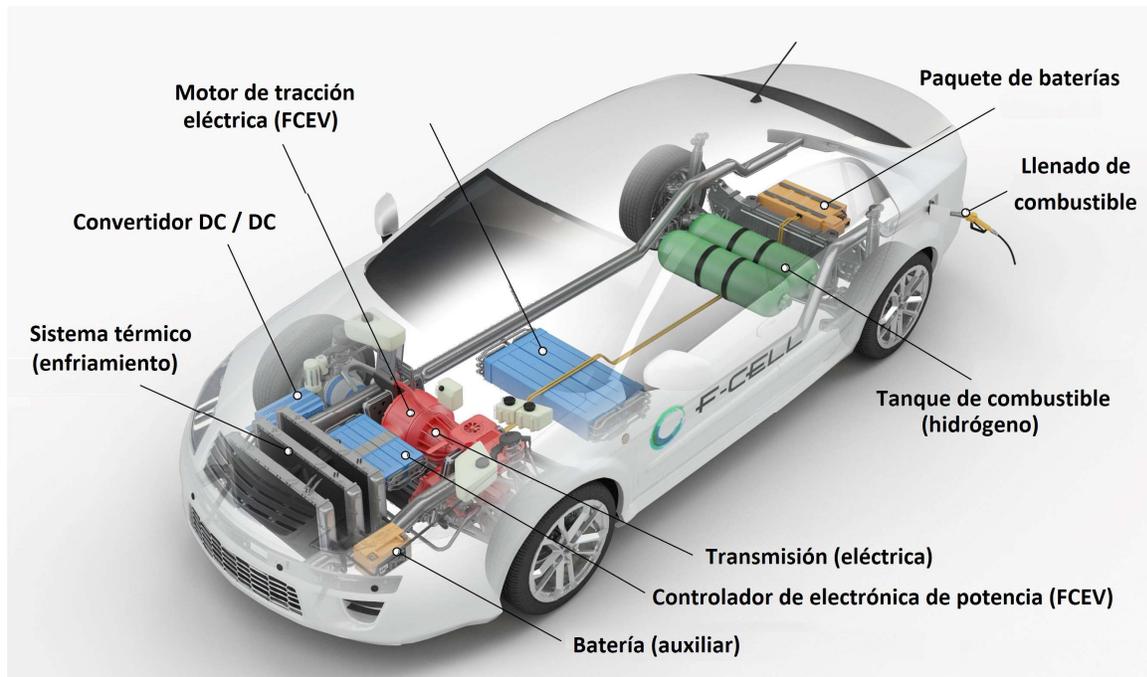


Figura 3.31 – FCEV [74]

A finales de 2014, Toyota lanzó el sedán Mirai en Japón. El Mirai 2020 emite cero emisiones y solo se necesitan cinco minutos para repostar su tanque con un rango de conducción estimado de 502 kilómetros. No consume mucho hidrógeno, pero comparando el precio del hidrógeno con el de la gasolina sería como si su consumo medio fuera de 7,4 l/100 km. Este vehículo utiliza un canal de flujo de malla adecuado en 3D, el primero en el mundo, para generar electricidad de manera eficiente. El sistema de pila de combustible de Toyota, también conocido como TFCS, proporciona un entorno de conducción estable. Por ejemplo, colocaron la pila de celdas de combustible, el tanque de hidrógeno de alta presión y otros componentes debajo del vehículo para lograr un centro de gravedad bajo. La batería produce una potencia máxima de 114 kW y utiliza el primer canal de flujo de malla 3D aceptable del mundo, que ayuda a generar electricidad de manera eficiente. El Toyota Mirai cuenta con una potencia total de 182 CV y 300 Nm de par motor.

Honda también lanzó Clarity con una fuente de energía de celda de combustible. El Clarity 2020 tampoco emite ninguna emisión de escape. El rango de conducción estimado es de 579 kilómetros, que está más lejos que el Mirai 2020, y está diseñado para tener una resistencia mínima al viento. La celda de combustible activa el motor eléctrico, que crea una aceleración instantánea al convertir el hidrógeno en electricidad. La pila de combustible es pequeña y puede caber debajo del capó. Como resultado, crea un interior espacioso para cinco pasajeros.

En Europa, el Mercedes-Benz GLC F-CELL es el primer sistema de pila de combustible del mundo que contiene un vehículo con batería enchufable. La característica de este sistema es que solo puede funcionar con hidrógeno o electricidad y no emite emisiones. Por lo tanto, se puede repostar en dos estaciones diferentes: estación de hidrógeno y estación de carga. Otra característica es que se puede operar en cuatro modos diferentes. Estos son HYBRID, BATTERY, F-CELL y CHARGE. Este vehículo tiene una potencia de 211 CV y un par motor de 365 Nm. El sistema también detecta el estado de la carretera y decide el porcentaje de uso de energía producido por la pila de combustible y la batería. La potencia máxima de la batería es de 155 kW, que es más alta que la del Toyota Mirai. Solo se necesitan tres minutos para repostar hidrógeno, y el rango de conducción durante la operación de hidrógeno completo es de aproximadamente 399 kilómetros. La batería proporciona 50 kilómetros adicionales.

Las principales características de varios FCEV se mencionan en la Tabla 8.

Tabla 8

Modelo	Rango de Conducción [km]	Potencia máxima batería [kW]	Potencia [CV]
Toyota Mirai (Japón)	502	114	182
Honda Clarity (Japón)	579	130	174
Mercedes-Benz GLC F-CELL (EU)	399	155	211

3.2.1.1 Otros vehículos limpios

Hay varios tipos de vehículos electrificados que se han desarrollado para reducir las emisiones del tubo de escape. Los fabricantes también están desarrollando vehículos que instalan paneles solares. Toyota Corporation está probando su Prius Plug-in Hybrid impulsado por energía solar con Sharp Corporation y la New Energy and Industrial Technology Development Organization (**Figura 3.32**).



Figura 3.32 – Toyota Prius Plug-in Hybrid [74]

Han estado probando varias veces usando el panel solar, y está mostrando su mejora. El resultado muestra que el nuevo panel solar puede producir casi cinco veces la energía producida en el panel anterior, y se puede accionar siete veces más del rango. La ventaja de este tipo es que sus conductores no necesitan encontrar una estación de carga. Sin embargo, no puede moverse muy lejos en comparación con otros vehículos con una fuente de energía diferente. Podría conducir hasta 56 kilómetros cuando el vehículo se conduce en modo BEV. Los paneles solares, un total de aproximadamente 1100 células, están montados en el techo, el capó, la puerta trasera y otras partes del vehículo. Sharp desarrolla sus celdas de batería solar, que son conocidas por su alta eficiencia de clase mundial. La eficiencia de conversión es del 34 % o más. Puede entregar 860 vatios de potencia y se puede cargar mientras se conduce. Actualmente hay 33 autobuses públicos propulsados por hidrógeno que operan en Japón fabricados por Toyota y están planeando aumentar su número. También se espera ver más autobuses de pila de combustible fabricados por otros fabricantes de automóviles en el futuro.

En 2015, el 42% del total de turismos en la Unión Europea eran vehículos diésel. Actualmente, la tasa de emisión de los modelos nuevos coincide con los estándares de emisión, pero los vehículos más antiguos no alcanzan su objetivo. Por lo tanto, los fabricantes europeos están modernizando los viejos vehículos diésel para reducir la cantidad de emisiones de gases del tubo de escape. Una de las estrategias es la instalación de un filtro de partículas diésel (DPF). El DPF es un filtro que captura y almacena el hollín, que se quemará durante el proceso de regeneración. Sin embargo, este sistema no es adecuado para personas que conducen una distancia corta a baja velocidad porque bloquea el filtro.

Otra estrategia es instalar el sistema Selective Catalyst Reduction (SCR). El sistema SCR convierte NO_x en nitrógeno y agua añadiendo amoníaco, como AdBlue. Estas nuevas tecnologías mejoran la tasa de reducción de emisiones de un vehículo diésel y está disponible para instalar estos sistemas en vehículos diésel más antiguos.

También existen los vehículos propulsados por gas licuado de petróleo y por gas natural comprimido, que son combustibles más limpios y económicos. El gas licuado de petróleo es fundamentalmente butano y propano mientras que la composición del gas natural comprimido es un 90% de metano.

Los vehículos movidos por gas licuado de petróleo (GLP) funcionan con un solo motor de combustión, pero pueden quemar tanto gasolina como gas. Además, tiene casi las mismas propiedades que un propulsor de gasolina y apenas se nota la diferencia a la hora de conducir. Al no tener dos motores diferentes que utilicen diferente fuente de energías no es un coche híbrido.

El número de gasolineras donde repostar GLP es considerable menor que con el gasoil o diésel, lo que es una gran desventaja para viajes de largas distancia donde se hace necesario asegurarte de tener gasolineras suficientes. El depósito de gas dura menos que uno de gasolina y ocupa un espacio que supone la pérdida de amplitud en el maletero o la pérdida de la rueda de repuesto. El consumo de gas puede llegar a ser un 30% superior al de gasolina, pero hay que tener en cuenta que el gas es más barato. Repostando gas apenas se necesitará repostar gasolina más que unas pocas veces al año. Los vehículos de GLP emiten un 20% menos de CO₂ y un 90% menos de PN que los vehículos de gasolina y emiten un 98% menos de NO_x y un 81% menos de PN que los vehículos diésel. [54]

Al igual que los vehículos GLP los vehículos movidos por gas natural comprimido (GNC) cuentan con un único motor de combustión interna. El motor está capacitado para utilizar un gas natural comprimido como combustible, además de la gasolina; son por tanto coches bifuel. Se puede adaptar para funcionar con un combustible u otro.

El gas natural comprimido es fundamentalmente metano y es más limpio que el carbón, fuel, gasolina, gasóleo y GLP. Genera menos emisiones contaminantes porque su combustión se realiza de manera muy completa, así que deja menos restos en inyectores y válvulas, por lo que el motor se mantiene limpio de manera natural, y se minimizan los problemas de obstrucción en los inyectores. Comparado con el mismo vehículo diésel, equipado ya con filtro de partículas, el vehículo a GNC emite aproximadamente un 10 % menos de dióxido de carbono (CO₂), más o menos un 33 % menos de óxidos de nitrógeno (NO_x), y alrededor de un 95 % menos de partículas en suspensión (PM).

La eficiencia de un motor de combustión de GNC es algo mayor que la de uno de gasolina, principalmente porque puede trabajar con una mayor compresión. Es muy parecida a la de un motor diésel. Los coches GNC tardan en repostar gas natural poco más que lo que se tarda en repostar gasolina. Además, aporta la ventaja de un menor ruido y vibraciones durante el funcionamiento del motor.

La principal desventaja de estos vehículos es la escasez de puntos de recarga, por ejemplo, España cuenta con 11.609 estaciones de servicio agrupando a las grandes petroleras, como Repsol, Cepsa y BP, pero tan solo hay 50 estaciones aproximadamente de GNC y unas 600 de GLP. Además, la autonomía a GNC es menor que la autonomía a gasolina o gasóleo y suele estar entre 300 y 400 km. [54]

3.2.2 Producción ecológica en Europa

La Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) demuestra con los siguientes gráficos, como los fabricantes de automóviles europeos han reducido significativamente el impacto ambiental de la producción de automóviles desde 2005. [47]

Consumo de energía durante la producción

A medida que los automóviles se han equipado con cada vez más funciones para hacerlos más seguros, más limpios e inteligentes, la complejidad de la producción de vehículos ha aumentado. Este aumento de complejidad afecta la demanda de energía.

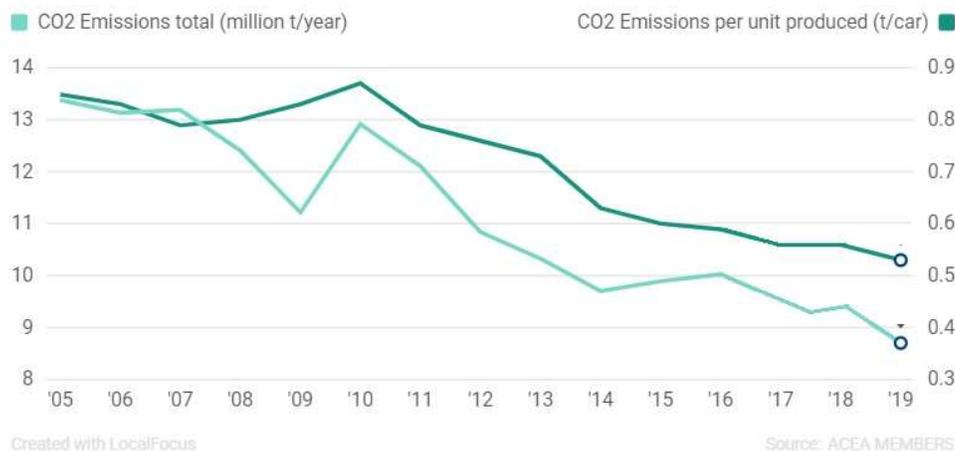
Sin embargo, los fabricantes han estado trabajando continuamente para mejorar la eficiencia energética de producción. Como resultado, el consumo de energía por automóvil producido se ha reducido en un 16.7% en los últimos 15 años.



Gráfica 3.33 – Consumo de energía durante la producción [47]

Emisiones de CO₂ de la producción

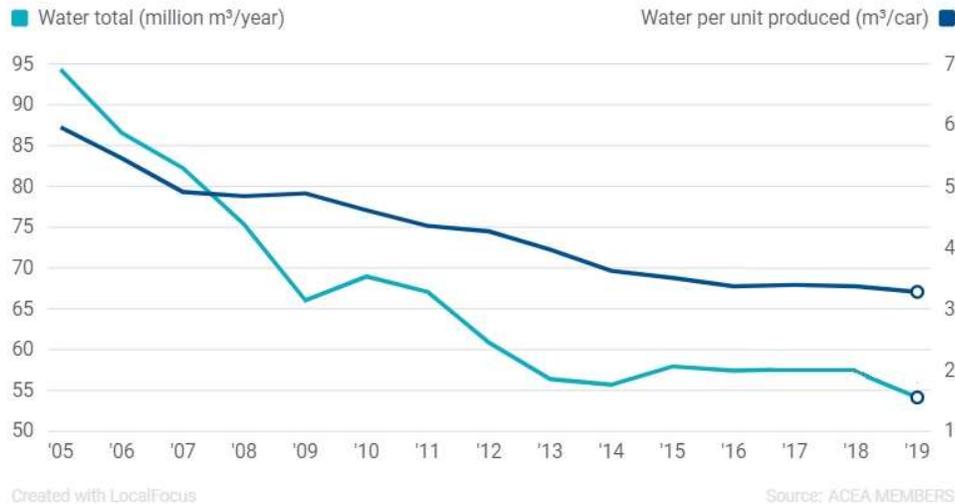
Las emisiones de CO₂ por coche producido se redujeron un 37,7% entre 2005 y 2019, mientras que la cifra global se redujo en un 35% durante el mismo período, lo que refleja los esfuerzos de la industria para reducir las emisiones de CO₂ de producción. Incluso con el aumento del 4.3% en la producción de automóviles desde 2005, los fabricantes han podido desacoplar las emisiones de CO₂ del crecimiento de la producción al obtener cada vez más energía de fuentes renovables y / o fuentes bajas en carbono.



Gráfica 3.34 – Emisiones de CO₂ de la producción [47]

Agua utilizada en producción

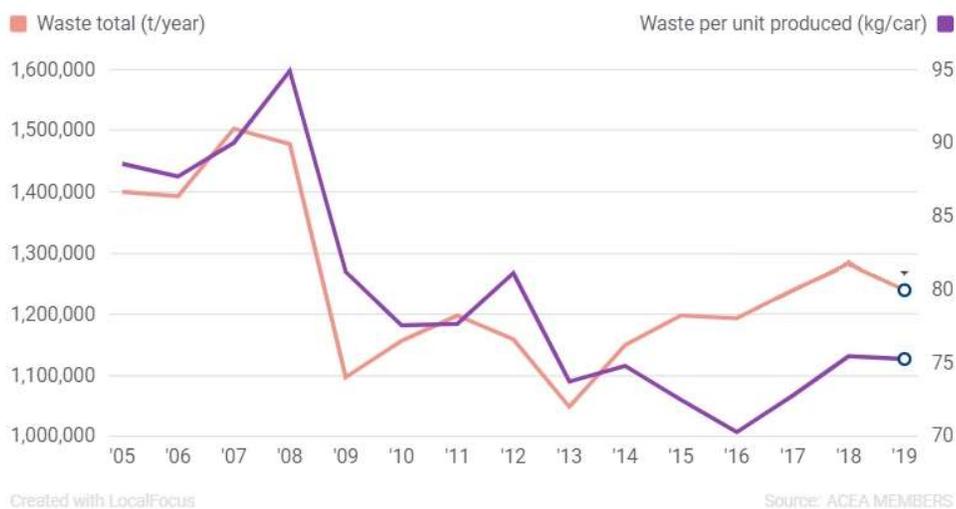
Las estrategias a largo plazo para reducir el consumo de agua han permitido reducir el uso de agua por automóvil producido en un 44,8% entre 2005 y 2019. Esto incluye la mayor aplicación de recirculación tecnologías para la reutilización del agua.



Gráfica 3.35 – Agua utilizada en producción [47]

Residuos de producción

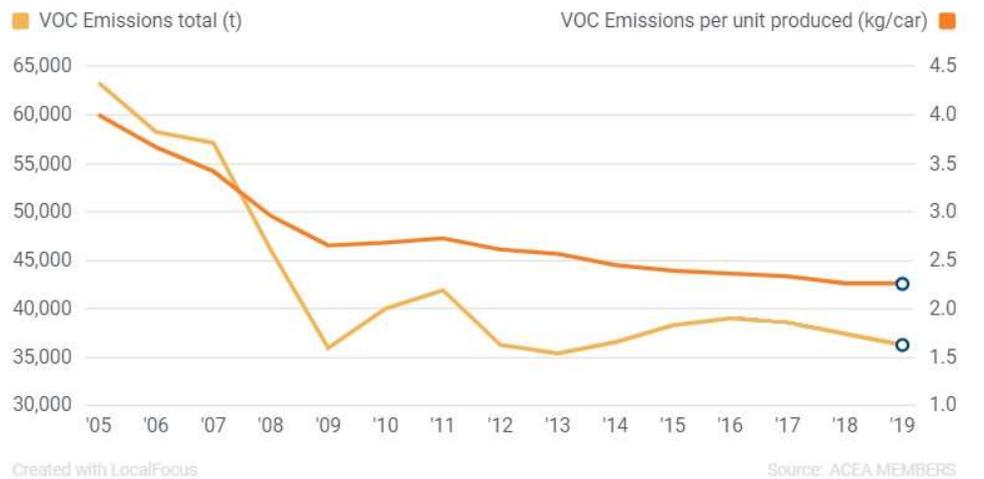
Los residuos generados por unidad producida por la fabricación de turismos se redujeron un 15% en 15 años. Las fluctuaciones de los desechos, tanto en términos absolutos como por unidad, pueden explicarse por la ocurrencia de eventos singulares, como la caída de la producción total durante la crisis económica.



Gráfica 3.36 – Residuos de producción [47]

Emisiones de VOC de la producción

Los compuestos orgánicos volátiles (VOC) son disolventes orgánicos emitidos principalmente por los talleres de pintura. El gráfico muestra emisiones de VOC (Volatile organic compounds) por automóvil producido y las emisiones absolutas de todos los fabricantes de automóviles combinados. Con nuevas tecnologías, como la sustitución de pinturas a base de disolventes por equivalentes a base de agua y sin disolventes, los fabricantes han podido reducir las emisiones unitarias en un 43,3% durante los últimos 15 años.



Gráfica 3.37 – Emisiones de VOC de la producción [47]

4 CONCLUSIONES

El objetivo de este documento ha sido proporcionar una visión amplia de lo que implica adoptar las nuevas tecnologías para las empresas automotrices. Para ello, se ha centrado principalmente en dos aspectos fundamentales: la Industria 4.0 y la aplicación de ésta al sector automotriz. En este apartado se han revisado los conceptos principales extraídos para cada uno de ellos y se ha presentado una breve conclusión de lo que implica un proyecto de este tipo.

Como se ha visto a lo largo de los capítulos dos y tres, la transformación digital es necesaria para aquellas empresas que quieran sobrevivir en la era digital. Esto se consigue definiendo, valorando y priorizando las necesidades que se deben cubrir y planificándolas en base a estos parámetros. Aunque ya existen las tecnologías necesarias para una transformación digital completa, es importante saber cuáles implantar para alcanzar los mayores beneficios posibles. Ayuda también estudiar los aspectos que hayan funcionado bien, que deban seguir ejecutándose de la misma manera, y los aspectos a mejorar en el futuro y evaluar si las necesidades identificadas inicialmente siguen siendo las mismas o deben ser sustituidas por nuevas necesidades que se ajusten a la situación real de la empresa en ese momento.

También se ha comprobado que, para poder adoptar este modelo, es necesario que exista una mayor implicación y colaboración de todos los participantes, desde los equipos hasta las personas encargadas de definir y priorizar los requerimientos, de manera que todos trabajen de forma conjunta y con una comunicación fluida durante toda la cadena de suministro. La comunicación y la conectividad son los aspectos más importantes que logra la digitalización. El ecosistema digital que tanto se busca solo será posible con la financiación de las empresas y del Gobierno.

La industria automotriz siempre ha ido un paso por delante y actualmente está sabiendo aprovechar las oportunidades que brinda la Industria 4.0. Aunque todavía queda un largo camino por recorrer hacia la transformación digital ya se han alcanzado grandes resultados. Por ejemplo, la creciente demanda de vehículos limpios por parte de los consumidores, así como la necesidad de cumplir con las nuevas normativas ambientales obligó a estas empresas a buscar alternativas que cumplieran con estos requisitos. Año tras año están disminuyendo las emisiones contaminantes tanto en las fábricas como en sus vehículos fabricados, demostrando que las empresas automotrices están consiguiendo alcanzar sus objetivos.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- [48]	68
Tabla 2 – [60]	70
Tabla 3 – [60]	70
Tabla 4	74
Tabla 5	76
Tabla 6	77
Tabla 7	79
Tabla 8	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Industria 4.0 [12]	12
Figura 2.2 – Revoluciones Industriales [1]	13
Figura 2.3 – Máquina de vapor (James Watt) [8]	14
Figura 2.4 – Teléfono [9]	15
Figura 2.5 – Telégrafo [10]	15
Figura 2.6 – Motor combustión interna (Étienne Lenoir) [11]	16
Figura 2.7 – Modicon del grupo Schneider Electric [13]	17
Figura 2.8 – Robot colaborativo [62]	18
Figura 2.9 – Nueve pilares de la Industria 4.0 [21]	19
Figura 2.10 – Big data: Volumen, Variedad y Velocidad	20
Figura 2.11 – Características del Big Data	21
Figura 2.12 – Ciclo de vida de los datos	22
Figura 2.13 – Google Analytics	25
Figura 2.14 – Excel	26
Figura 2.15 – Arquitecturas de IoT	29
Figura 2.16 – Tipos de nubes	30
Figura 2.17 – Servicios en la nube	31
Figura 2.18 – RA en la industria [63]	34
Figura 2.19 – RA en la industria [64]	35
Figura 2.20 – Entretenimiento con RA [66]	36
Figura 2.21 – Construcción con RA [65]	36
Figura 2.22 – SIMIO: software de simulación [67]	37
Figura 2.23 – Sistemas de integración vertical y horizontal [69]	39
Figura 2.24 – Kuka-cobot [70]	40
Figura 2.25 – Cobot Yumi de ABB [71]	41
Figura 2.26 – Algunos posibles usos de drones [72]	41
Figura 2.27 – Impresora 3D Anet A8 [73]	42
Gráfica 3.1 – Fabricación digital [57]	43
Figura 3.2 – Ecosistema de una fábrica digital [44]	45
Gráfica 3.3 – Porcentaje de vehículos autónomos y automatizados para 2030 [48]	47
Gráfica 3.4 – Ventas de coches con telemática incorporada de 2011-2019. [48]	48
Gráfica 3.5 – Casos de uso de IoT para vehículos inteligentes conectados en Europa en 2019.[48]	48
Figura 3.6 – Ahorro en costes al implementar la fábrica digital [45]	49
Figura 3.7 – Ahorro en costes al implementar la fábrica digital [46]	51

Figura 3.8 – Elementos de la fábrica digital [45]	52
Gráfica 3.9 – Producción mundial de vehículos a motor [47]	58
Gráfica 3.10 – Producción de vehículos por país en el año 2020 [48]	59
Gráfica 3.11 – Producción de vehículos en Estados Unidos [48]	60
Gráfica 3.12 – Producción mundial de vehículos a motor [48]	61
Gráfica 3.13 – Producción mundial de vehículos a motor [48]	62
Gráfica 3.14 – Exportación de vehículos ligeros japoneses en 2019 [48]	62
Gráfica 3.15 – Producción mundial de vehículos a motor [47]	63
Gráfica 3.16 – Empleo directo en la industria automotriz en de la Unión Europea 2011-2018. [48]	64
Gráfica 3.17 – Ingresos anuales de la industria automotriz en la Unión Europea 2011-2018. [48]	64
Gráfica 3.18 – Producción de vehículos ligeros en Europa 2008-2019. [47]	65
Gráfica 3.19 –Número de vehículos en uso en la Unión Europea 2010-2019. [48]	65
Gráfica 3.20 –Número de vehículos en uso en la Unión Europea 2010-2019. [48]	66
Gráfica 3.21 – Producción de vehículos 2000-2020 [48]	67
Gráfica 3.22 – Utilización de plantas en 2019 frente al 2020 [60]	68
Gráfica 3.23 – Porcentaje de consumidores que modificaron su cronograma para adquirir el próximo vehículo debido a la Pandemia de COVID-19 [60]	69
Gráfica 3.24 – Preferencias del consumidor para su próximo vehículo [60]	69
Gráfica 3.25 – Porcentaje de consumidores que ven beneficiosos los vehículos conectados [60]	70
Gráfica 3.26 – Emisiones de CO ₂ de vehículos pasajeros [75]	71
Gráfica 3.27 – Número mundial de BEV en uso 2012-2019 [48]	72
Figura 3.28 – BEV [74]	73
Figura 3.29 – HEV [74]	75
Figura 3.30 – PHEV [74]	78
Figura 3.31 – FCEV [74]	80
Figura 3.32 – Toyota Prius Plug-in Hybrid [74]	82
Gráfica 3.33 – Consumo de energía durante la producción [47]	84
Gráfica 3.34 – Emisiones de CO ₂ de la producción [47]	84
Gráfica 3.35 – Agua utilizada en producción [47]	85
Gráfica 3.36 – Residuos de producción [47]	85
Gráfica 3.37 – Emisiones de VOC de la producción [47]	86

REFERENCIAS

- [1] «Lupeon,» [En línea]. Available: <https://lupeon.com/2019/03/industria-4-0-para-lupeon-la-impression-3d-como-herramienta-fundamental-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>. [Último acceso: 07 02 2021].
- [2] «rtve,» [En línea]. Available: <https://www.rtve.es/noticias/20110211/james-watt-maquina-vapor-origen-revolucion-industrial/404679.shtml>. [Último acceso: 7 02 2021].
- [3] «Economipedia,» [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/primer-revolucion-industrial.html>. [Último acceso: 08 02 2021].
- [4] «Escuelapedia,» [En línea]. Available: <http://www.escuelapedia.com/primer-revolucion-industrial/>. [Último acceso: 09 02 2021].
- [5] «CEU Universidad Cardenal Herrera,» [En línea]. Available: <https://blog.uchceu.es/direccion-de-empresas/la-tercera-revolucion-industrial/>. [Último acceso: 11 02 2021].
- [6] J. B. Pérez, «El ferrocarril en la Revolución Industrial,» [En línea]. Available: <https://www.educa.jcyl.es/es>. [Último acceso: 11 02 2021].
- [7] Salvador, «ALD Automotive,» [En línea]. Available: <https://noticias-renting.aldautomotive.es/sabias-que-por-potencia-coches-caballos/>. [Último acceso: 12 02 2021].
- [8] J. Moky, «The Second Industrial Revolution,» [En línea]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.478.7503&rep=rep1&type=pdf>.
- [9] 1. Illustrated London News, «Alamy,» [En línea]. Available: <https://www.alamy.es/foto-diagrama-del-sistema-telefonico-de-bell-que-aparecio-en-el-illustrated-london-news-1877-alexander-graham-bell-se-le-atribuye-comunmente-como->.
- [10] «Recuerdos de pandora,» [En línea]. Available: <https://recuerdosdepandora.com/historia/inventos/el-telegrafo-el-great-eastern-y-los-problemas-del-primer-cable-transoceanico/>.
- [11] A. c. silvero, «Diseño e implementación de las prácticas de laboratorio de motores de combustión interna,» [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos108/disen-e-implementacion-practicas-laboratorio-motores-combustion-interna/disen-e-implementacion-practicas-laboratorio-motores>. [Último acceso: 11 02 2021].
- [12] Inteplast, «Inteplast,» 24 04 2016. [En línea]. Available: <http://www.inteplast.es/actualidad/camino-hacia-la-industria-4-0/26/es>. [Último acceso: 09 03 2021].
- [13] L. Tremosa, «Info PLC,» 19 02 2019. [En línea]. Available: <https://www.infopl.net/plus-plus-tecnologia/item/106209-50-aniversario-plc>. [Último acceso: 19 03 2021].
- [14] K. Schwab, «La cuarta revolución industrial,» 2016. [En línea]. Available: World Economic Forum. [Último acceso: 25 03 2021].
- [15] R. Cioffi, F. De Felice y A. Petrillo, Digital Transformation in Smart Manufacturing, Croatia: Intech, 2018.

- [16] E. Amiron, A. Abdul Latib y K. Subari , «Industry Revolution 4.0 Skills and Enablers in Technical and Vocational Education and Training Curriculum,» *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 2019.
- [17] E. Oztemel y . S. Gursev, «Literature review of Industry 4.0 and related technologies,» *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2018.
- [18] V. Alcácer y V. Cruz-Machado, «Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems,» *Engineering Science and Technology, an International Journal* 22, 2019.
- [19] . I. Rahat , . D. Faiyaz, B. Moreb, S. Mahmudb y Y. Usman , «Big data analytics: Computational intelligence techniques and application,» *Technological Forecasting & Social Change*, 2018.
- [20] R. Arrabales Moreno, *Business Intelligence, Big Data y Transformación Digital*, ESIC Business Marketing School, 2020.
- [21] «Elion,» [En línea]. Available: <https://www.elion.es/tecnologias/industry40/>. [Último acceso: 20 03 2020].
- [22] O.B. Sezer, E. Dogdu y A.M. Ozbayoglu, «Computing Learning, and Big Data in Internet of Things: A Survey, IEEE Internet Things,» 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2773600..>
- [23] J. Barrios, «Health Big Data; La importancia de los datos en la salud,» 16 04 2020. [En línea]. Available: <https://www.juanbarrios.com/la-importancia-de-los-datos-en-salud/>. [Último acceso: 27 03 2021].
- [24] R.F. Babiceanu y R. Seker, «Big Data and virtualization for manufacturing cyber- physical systems: a survey on the current status and future outlook, Comput. Ind. 81 (2016) 128–137,» [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.02.004..>
- [25] A. Gandomi y M. Haider, «Big data concepts, methods, and analytics, Int. J. Inf. Manage. 35 (2) (2015) 137–144,» [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007..>
- [26] D. Sen, M. Ozturk y O. Vayvay, «An Overview of Big Data for Growth in SMEs, Procedia-Social Behav. Sci. 235 (2016) 159–167,» [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.011>.
- [27] D. Mourtzis, E. Vlachou y N. Milas, «Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing, Procedia CIRP 55 (2016) 290–295,» [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038..>
- [28] F. Tao, Q. Qi, A. Liu y A. Kusiak, «Data-driven smart manufacturing, J. Manuf. Syst., in press, (2018),» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/322566556_Data-driven_smart_manufacturing.
- [29] W.Z. Khana , M.H. Rehman , H.M. Zangotic, M.K. Afzald , N. Armia y K. Salaha, «Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges,» *Computers and Electrical Engineering* , n° 81, 2020.
- [30] K. Shafique, B. A. Khawaja, F. Sabir, S. Qazi y . M. Mustaqim, «Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios,» *IEEE Access*, vol. 8.
- [31] Y. Feng y B. Huang, «A hierarchical and configurable reputation evaluation model for cloud manufacturing services based on collaborative filtering,» *Manuf. Technol.* 94 (9–12) (2018) 3327–3343,

- <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0662-x..>
- [32] N. Kassim, Y. Yusof, M.A.H. Mohamad, A.H. Omar, R. Roslan, I.A. Bahrudin y M.H.M. Ali, «An Overview of Cloud Implementation in the Manufacturing Process Life Cycle, Mater. Sci. Eng. 226 (2017), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/226/1/012023..>».
- [33] J. Mai, L. Zhang, F. Tao y L. Ren, «Customized production based on distributed 3D printing services in cloud manufacturing,» *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 84, 2016.
- [34] A. Caggiano, «Cloud-based manufacturing process monitoring for smart diagnosis services,» *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 31, p. 612–623, 2018.
- [35] L. Zhang, Y. Luo, F. Tao, B.H. Li, L. Ren, X. Zhang, H. Guo, Y. Cheng, A. Hu y Y. Liu, «Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm,» *Enterprise Information Syst.*, vol. 8, n° 2, p. 167–187, 2014.
- [36] Y. Liu, L. Wang, X.V. Wang y X. Xu, L. Zhang, «Scheduling in cloud manufacturing: state-of-the-art and research challenges,» *Int. J. Prod. Res.*, 2018.
- [37] L. Rentzos, S. Papanastasiou, N. Papakostas y G. Chryssolouris, «Augmented Reality for Human-based Assembly: Using Product and Process Semantics,» *IFAC Proceedings*, vol. 46, n° 15, p. 98–101, 2013.
- [38] D. Mourtzis, M. Doukas y D. Bernidaki, «Simulation in Manufacturing,» *Review and Challenges, Procedia CIRP*, vol. 25, p. 213–229, 2014.
- [39] B. Rodic, «Industry 4.0 and the New Simulation Modelling Paradigm,» *Organizacija*, vol. 50, n° 3, p. 193–207, 2017.
- [40] A. Negahban y J.S. Smith, «Simulation for manufacturing system design and operation,» *literature review and analysis, J. Manuf. Syst.*, vol. 33, n° 2, p. 241–261, 2014.
- [41] D. Mourtzis, N. Papakostas, D. Mavrikios, S. Makris y K. Alexopoulos, «The role of simulation in digital manufacturing, applications and outlook,» *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 28, n° 1, p. 3–24, 2015.
- [42] S. Jain y G. Shao, «Virtual factory revisited for manufacturing data analytics,» *Proceedings of the Winter Simulation Conference 2014, Savannah*, pp. 887-898, 2014.
- [43] Baotong Chen, J. Wan, L. Shu, P. Li, M. Mukherjee y Boxing Yin, «Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges,» *IEEE ACCESS*, 2018.
- [44] «Batchmaster Process Manufacturing Software,» [En línea]. Available: <https://www.batchmaster.com/blog/>. [Último acceso: 25 03 2021].
- [45] R. Berger, «Digital factories,» *Think Act*, 02 2016.
- [46] A. Alzaga y J. Larreina, «La 4ª revolución industrial da lugar a la llamada Fábrica Inteligente o Industria 4.0,» *Canales sensoriales Ineterempresas Metalmeccanica*, 01 07 2017.
- [47] «Acea European Automobile Manufacturers Association,» [En línea]. Available: <https://www.acea.be/statistics>. [Último acceso: 16 04 2021].
- [48] «Statista,» [En línea]. Available: <https://www.statista.com/topics/1487/automotive-industry/>. [Último

acceso: 16 04 2021].

- [49] F. Li, «Leading digital transformation: three emerging approaches for managing the transition,» *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 40, nº 6, 2020.
- [50] N. Shigeta y S. Ehsan Hosseini , «Sustainable Development of the Automobile Industry in the United States, Europe, and Japan with Special Focus on the Vehicles' Power Sources,» *Energies 2021 MDPI* <https://www.mdpi.com/journal/energies>, vol. 78, nº 14.
- [51] F. Kuhnert , C. Stürmer y . A. Koster, «Five trends transforming the Automotive Industry,» *PWC* www.pwc.com/auto, p. 45, 2018.
- [52] M. Aguilar Aragonés, *Logistics in the Automotive Sector, Industry 4.0 and sustainability approach*, Zaragoza, Facultad de Economía y Empresa 2021.
- [53] J. Pontes, «Clean Technica,» 29 12 2020. [En línea]. Available: <https://cleantechnica.com/2020/12/29/record-electric-vehicle-sales-in-europe/>.
- [54] D. Bennett y F. Klug, «Logistics supplier integration in the automotive industry,» *International Journal of Operations*, vol. 32, nº 11, pp. 1281-1305, 2012.
- [55] M. Delic y D. R.Eyers, «The effect of additive manufacturing adoption on supply chain flexibility and performance: An empirical analysis from the automotive industry,» *International Journal of Production Economics journal homepage: http://www.elsevier.com/locate/i*, vol. 228, 18 02 2020.
- [56] U.S. Department of Energy, «Alternative Fuels Data Center: How Do All-Electric Cars Work?,» 2016. [En línea]. Available: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work/>. [Último acceso: 20 04 2021].
- [57] G. Barajas, «Metalmecanica,» 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.metalmecanica.com/temas/La-transformacion-digital-en-las-empresas-automotrices+137401?tema=6230000>. [Último acceso: 17 04 2021].
- [58] A. Otero, «Motorpasion,» 20 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/tecnologia/coches-de-hidrogeno-asi-funciona-esta-tecnologia-de-cero-emisiones>. [Último acceso: 14 04 2021].
- [59] P. Ibáñez, «Xataka,» 6 05 2021. [En línea]. [Último acceso: 11 04 2021].
- [60] Deloitte, «D.Econosignal,» [En línea]. Available: <https://deconosignal.com.mx/>. [Último acceso: 15 04 2021].
- [61] Deloitte, «Deloitte,» 2021. [En línea]. Available: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-2021-global-automotive-consumer-study-global-focus-countries.pdf>. [Último acceso: 15 04 2021].
- [62] M. Martínez, «Nobbot,» 03 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.nobbot.com/futuro/robotica-industrial-que-es-estudiar/>. [Último acceso: 15 04 2021].
- [63] «Realidad Aumentada,» [En línea]. Available: <https://realidadaumentada.click/la-realidad-aumentada-en-la-fabricacion-juega-un-papel-vital/>. [Último acceso: 27 04 2021].

- [64] «Altertecnica,» [En línea]. Available: <https://altertecnica.com/realidad-aumentada-realidad-virtual-industria-40/>. [Último acceso: 21 04 2021].
- [65] «Construimos tu casa,» [En línea]. Available: <https://www.construimostucasa.com/realidad-aumentada-llega-construccion/>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [66] «Influencia,» [En línea]. Available: <http://www.influencia.online/blog/realidad-virtual-vs-realidad-aumentada/>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [67] «Simio : simulación de procesos y operaciones,» [En línea]. Available: <https://www.simio-simulacion.es/>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [68] I. J. Reynolds, «Zibtek,» 23 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.zibtek.com/blog/iot-architecture/>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [69] Y. A. Osorio, 05 02 2018. [En línea]. Available: <http://yesidariza.blogspot.com/2018/02/estrategia-de-integracion.html>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [70] Kuka-cobot, «Global solutions,» [En línea]. Available: <https://ea-globalsolutions.com/programacion-de-robots-colaborativos/kuka-cobot/>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [71] «Turbosquid,» [En línea]. Available: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-abb-yumi-industrial-1426428>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [72] «Infografía; Los Drones y sus diferentes tipos,» 06 2016. [En línea]. Available: <https://cacharrerodelaweb.com/2016/06/infografia-drones-sus-diferentes-tipos.html>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [73] «Andro 4 all, Anet A8,» 05 2018. [En línea]. Available: <https://andro4all.com/2018/05/impresora-3d-anet-a8-estabilizador-gimbal-feiyutech-oferta-tomtop>. [Último acceso: 27 04 2021].
- [74] E. e. a. r. energy, «U.S. Department of energy, Alternative Fuels Data Center,» [En línea]. Available: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work>. [Último acceso: 25 04 2021].
- [75] F. Rudolph y M. Damert, «Policy options for a decarbonisation of passenger cars in the EU : recommendations based on a literature review,» *Wuppertal paper*, vol. 193, 02 2018.

ÍNDICE DE CONCEPTOS

ACEA			
Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles		84	
As-a-service	25		
BEV			
Vehículo eléctrico de batería	72, 73, 74, 78, 82, 98		
Big Data	10, 12, 19, 20, 23, 24, 25, 29, 31, 50		
Blockchain			
Cadena de bloques		27	
Ciberseguridad.....	33		
Cloud computing			
Computación en la nube		31	
Cobots			
Robot colaborativos		40	
CPS.....	19, 26, 33, 49, 50, 98		
Sistemas ciberfísicos		12, 19, 49	
Dashboards.....	25, 26		
Paneles de informes		25	
Data mining			
Minería de datos		23	
Data science	23		
Ciencia de datos		23	
data scientific.....	25		
Data scientific.....	25		
Deep learning.....	23		
Aprendizaje profundo		23	
DPF			
Filtro de partículas diésel		82	
ERP			
Planificación de recursos empresariales		31	
EV			
Vehículo eléctrico	72, 74, 78, 79, 80, 98		
Fábricas inteligentes	12, 43, 45, 49		
FCEV			
vehículos eléctricos de pila de combustible	80, 81, 98		
Vehículos eléctricos de pila de combustible		72	
Gemelo digital	19		
GLP			
Gas licuado de petróleo		83	
GNC			
Gas natural comprimido		83	
HEV			
Vehículos eléctrico híbridos	72, 74, 75, 76, 78, 79, 98		
IA			
Inteligencia artificial		23, 40, 98	
IaaS			
Infraestructura como servicio		31	
IIoT			
Internet Industrial de las cosas	19, 27, 43, 54, 98		
Industria 4.0	10, 11, 12, 13, 19, 28, 31, 33, 34, 38, 41, 42, 43, 44, 47, 49, 51, 52, 54, 87		
IoT	19, 23, 26, 27, 28, 29, 33, 38, 47, 48, 50, 54, 98		
Internet industrial de las cosas		12	
Malware			
Virus informático		33	
MRO			
Mantenimiento, reparaciones y operaciones		26	
Nube	7, 10, 12, 19, 20, 23, 25, 30, 31, 32, 33, 40, 98		
Open Data	22		
PaaS			
Plataforma como servicio		31	
PHEV			
Vehículo eléctrico híbrido enchufable	72, 74, 78, 79, 98		
Vehículos eléctricos híbridos enchufables		72	
PLC			
Controlador lógico programable		17, 33, 98	
RA			
Realidad aumentada		34, 35, 36, 98	
RFID			
Identificación por radio frecuencia		23, 27, 98	
SaaS			
Software como servicio		31	
SCR			
Selective Catalyst Reduction		82	
SoA			
Arquitectura orientada a servicios		32	
VOC			
Compuestos orgánicos volátiles		86	

GLOSARIO

ACEA: Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles	85
BEV: Vehículo eléctrico de batería	73
Blockchain: Cadena de bloques	28
Cloud computing: Computación en la nube	32
Cobots: Robot colaborativos	41
CPS: Sistemas ciberfísicos	13
Dashboards: Paneles de informes	26
Data mining: Minería de datos	24
Data science: Ciencia de datos	24
Data scientific: Científico de datos	26
Deep learning: Aprendizaje profundo	24
DPF: Filtro de partículas diésel	83
ERP: Planificación de recursos empresariales	32
EV: Vehículo eléctrico	73
FCEV: Vehículos eléctricos de pila de combustible	73
GLP: Gas licuado de petróleo	84
GNC: Gas natural comprimido	84
HEV: Vehículos eléctricos híbridos	73
IA: Inteligencia artificial	24
IaaS: Infraestructura como servicio	32
IIoT: Internet industrial de las cosas	20
IoT: Internet de las cosas	13
Malware: Virus informático	34
MRO: Mantenimiento, reparaciones y operaciones	27
PaaS: Plataforma como servicio	32
PHEV: Vehículos eléctricos híbridos enchufables	73
PLC: Controlador lógico programable	18
RA: Realidad aumentada	35
RFID: Identificación por radio frecuencia	24
SaaS: Software como servicio	32
SCR: Selective Catalyst Reduction	83
SoA: Arquitectura orientada a servicios	33
VOC: Compuestos orgánicos volátiles	87

