



ICADE

# “El impacto de la tecnología 5G en la industria del automóvil en España”

Clave: 201702906

## TABLA DE CONTENIDOS

---

Resumen	4
1. Introducción y objetivo del trabajo	5
1.1 Propósito y contextualización del tema	5
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	7
2. Metodología y estructura del trabajo	7
2.1 Metodología	7
2.2 Estructura del trabajo	8
2. Contexto y evolución del mercado automovilístico	9
2.1 Salud del sector	9
2.2 Política en la industria	11
2.3 Comportamiento actual de los consumidores	13
2.4 Competitividad	15
2.5 Modelos de negocio actuales	17
3. Tendencias del sector del automóvil	18
4. Infraestructura necesaria para la conducción autónoma	20
4.1 Introducción de la tecnología 5G en el sector	21
4.2 El papel de las Smart Cities	25
5. Impacto económico y social del vehículo autónomo en España	27
5.1 Accidentes de tráfico	28
5.2 Gobiernos	28
5.3 Consumo de combustible	29
5.4 Productividad	29
5.5 Industria de seguros	30
5.6 Talleres y concesionarios	31

5.7 Empleo	31
5.8 Infraestructura	32
<b>6. Barreras para la implementación de vehículos autónomos</b>	<b>33</b>
6.1 Aceptación de la sociedad	33
6.2 Coste de los vehículos	33
6.3 Legislación	34
6.4 Problemas éticos y sociales	35
6.5 Ciberseguridad	35
<b>7. Conclusión, limitaciones y futuras líneas de investigación</b>	<b>36</b>
7.1 Conclusión	36
7.2 Limitaciones y futuras líneas de investigación	38
<b>Bibliografía</b>	<b>41</b>

## Resumen

[ES] El presente trabajo tiene como objetivo analizar el impacto económico y social del vehículo autónomo en la movilidad e industria española. Para ello, se introduce una visión actualizada sobre la situación y la evolución de la industria del automóvil en el país con el fin de contextualizar las tendencias futuras. En concreto, el trabajo se centra en la futura adopción de un vehículo totalmente autónomo, conectado, electrificado y compartido, y para ello, se explican los cambios estructurales necesarios para hacer esta tendencia una realidad. Se analizan los conceptos de tecnología 5G y la creación de smart-cities como factores habilitadores de un sistema V2X que permita la conectividad necesaria para una conducción autónoma efectiva. Finalmente, se presenta el impacto económico y social que podría tener el vehículo autónomo en diferentes industrias del país. Al tratarse de un cambio radical del modelo de movilidad actual, se introducen las posibles barreras para su adopción, así como limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación.

[EN] This paper aims to analyze the economic and social impact of the autonomous vehicle on Spanish mobility and industry. It introduces an updated overview on the situation and evolution of the automotive industry in the country in order to contextualize future trends. Specifically, the paper focuses on the future adoption of a fully autonomous, connected, electrified, and shared vehicle, and to this end, the structural changes needed to make this trend a reality are explained. The concepts of 5G technology and the creation of smart-cities are analyzed as enablers of a “V2X” system that enables the connectivity necessary for effective autonomous driving. Finally, the economic and social impact that the autonomous vehicle could have on different industries in the country is presented. As it is a radical change of the current mobility model, possible barriers for its adoption are introduced, as well as study limitations and future lines of research.

# **1. Introducción y objetivo del trabajo**

## **1.1 Propósito y contextualización del tema**

## **1.2 Justificación**

### **1.2.1 Estado de la cuestión**

En la actualidad, España es una de las grandes economías a nivel mundial que se caracteriza por su apertura económica e interrelación con el resto de los países. Un país avanzado, miembro de la Unión Europea y cuya posición en términos de PIB es la 8ª a nivel mundial, por encima de países como Australia o Países Bajos (ICEX, 2020). Todo ello le hace ser un país relevante en el ámbito internacional del cual dependen muchas otras economías. Es conocida por su idioma, historia, gastronomía, educación, medicina e incluso su deporte y esto da lugar a que su mayor fuente de ingresos provenga del sector terciario, el turismo.

Además de la atracción masiva de turistas, España ha logrado consolidarse como una gran productora y exportadora de productos tanto primarios como secundarios al resto del mundo. Siendo líder en la producción agrícola ecológica en Europa, España destaca por exportar productos químicos, automóviles y componentes, productos de fundición entre muchos otros. Sin duda el país depende tanto del turismo como de estas industrias para poder mantenerse económicamente y continuar logrando un superávit en la balanza de pagos. En otras palabras, la buena salud de sus industrias es necesaria para que el país continúe creciendo.

El siguiente trabajo se centrará en uno de los sectores más importantes y de mayor aportación a la balanza de pagos de España. El sector de la automoción, el cual según los datos proporcionados por la ANFAC (Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones) representa aproximadamente un 10% del PIB y un 18% de las exportaciones españolas totales y cuenta con puntos de fabricación de vehículos distribuidos en todo el territorio. Además de continuar creciendo cada año en ingresos y producción, es una de las industrias que más empleo crea en nuestro país: alrededor de 2 millones de puestos de trabajo de forma directa e indirecta, culpable del 9% de empleo sobre la población activa (ANFAC, ANFAC, 2020)

España es actualmente el segundo mayor fabricante de vehículos en el continente europeo y el séptimo a nivel mundial. A nivel europeo, España es el primer fabricante de vehículos industriales, el segundo en vehículos de turismo y el cuarto en fabricación de componentes, por ello, la importancia del sector para la economía española hace de extrema importancia su estudio y mejora con el fin de estar lo más preparado posible y garantizar la competitividad del sector.

Actualmente el sector atraviesa a nivel mundial dos grandes retos, por un lado, la transición verde centrada en el desarrollo de la electromovilidad y el uso de energías renovables para reducir la huella de carbono. Por otro lado, la transición digital centrada en el aumento de la conectividad y la introducción de una conducción totalmente autónoma (Brown, y otros, 2021). Sería incoherente no reconocer la existencia de una correlación positiva y dependencia entre ambas transiciones, pues sin el avance de la tecnología es imposible avanzar en el sector de la electromovilidad. Por ello, es en la transición digital donde verdaderamente está el foco de atención de los expertos y donde es de extrema importancia avanzar en los próximos años.

En el presente trabajo se introduce una visión original y anticipada sobre el futuro de la industria y las tendencias que va a seguir el mercado como consecuencia de esta transición digital. Dada la importancia que la tecnología ha tenido en el sector en los últimos años, se prestará especial atención a la nueva tecnología 5G como habilitante de la conducción autónoma y se analizará su impacto en el sector y la movilidad.

### **1.2.2 Motivación personal**

Las razones que me han llevado a seleccionar este tema pueden dividirse en dos. En primer lugar, me considero un apasionado del mundo del motor y durante los últimos años he tratado de utilizar cada proyecto de universidad como una oportunidad para aprender más sobre este mundo. Estudiar empresas, sectores, modelos de negocio o nuevas tendencias han sido trabajos que he llevado a cabo y de los que he disfrutado mucho leyendo y formándome, pero de los que no he podido entrar en detalle o extenderme. Esta era la oportunidad perfecta para aplicar lo aprendido y leído durante los últimos años y llevar a cabo un trabajo quizás no perfecto, pero si mucho más elaborado y del que puedo aprender mucho.

En segundo lugar, decidí centrarme en la tecnología 5G y los vehículos autónomos ya que considero que es un tema menos estudiado, a diferencia de otros como la

electromovilidad. Dentro de este tema puedo mejorar mis conocimientos y entendimiento sobre la tecnología 5G, así como el funcionamiento de los vehículos autónomos. Dos temas muy importantes que creo que cambiarán nuestra calidad de vida por completo. Sin duda es una industria en la que me encantaría acabar profesionalmente y por ello considero que esta investigación puede asentar una base que me sirva en mi futuro profesional.

### **1.3 Objetivos**

Este trabajo tiene como objetivos, en primer lugar, comprender la situación actual del sector del automóvil en términos de fortaleza de la industria, política de los legisladores con respecto a la industria, comportamiento de los consumidores, el nivel de competitividad y los actuales modelos de negocio. Con todo ello se pretende asentar la base para comprender la dirección que parece tomar en el corto/medio plazo.

En segundo lugar, se busca comprender el funcionamiento de la tecnología 5G en el sector, su implantación dentro de la sociedad española y su capacidad de habilitar una conducción totalmente autónoma.

Finalmente, como ultimo objetivo se busca observar y explicar el impacto económico de una industria automovilística compuesta por vehículos autónomos en los ingresos del Estado, los fabricantes de vehículos y, finalmente, los consumidores y empresarios.

## **2. Metodología y estructura del trabajo**

### **2.1 Metodología**

En cuanto a la metodología llevada a cabo en este trabajo, la investigación se fundamenta en la aplicación de un enfoque cualitativo. Definido como la recopilación, organización e interpretación sistemática de material textual de artículos, conferencias, charlas o noticias, este enfoque se basa en el análisis de datos no numéricos que nos permiten entender conceptos, opiniones y experiencias (Malterud, 2001). De esta manera se busca entender un fenómeno de forma razonada e intentar llegar a nuevas conclusiones e ideas que permitan avanzar en la investigación del tema.

Este método es muy útil en situaciones donde no es tan fácil obtener datos numéricos para llegar a conclusiones. En este caso, llevar una metodología cualitativa permite profundizar en el tema y sus dimensiones que, junto con un razonamiento propio y el uso de la reflexividad, puede derivar en nuevas ideas y avances (Malterud, 2001).

## **2.2 Estructura del trabajo**

La estructura que se sigue en el trabajo está compuesta de 5 partes principales claramente diferenciadas que tratan de evidenciar el análisis deductivo llevado a cabo.

La primera parte, *Contexto y Evolución del mercado automovilístico* sirve como punto de partida para describir y enmarcar la situación por la que pasa la industria del automóvil en España. Para ello, se lleva a cabo un análisis de la situación actual de la industria en términos de salud y cifras con respecto a años anteriores. Posteriormente, se analiza la situación política y la importancia de sus medidas para la industria. Por último, dentro de este apartado, se hace un breve análisis del comportamiento del mercado y su competitividad.

La segunda parte, *Tendencias del sector del automóvil*, comienza ya a dar al trabajo una visión de futuro pues en ella se comienza a hablar de posibles caminos que puede tomar la industria. En este apartado se habla sobre las 4 grandes tendencias dentro del sector: la llegada de un vehículo autónomo, conectado, electrificado y compartido. Se explica cada una de ellas y destaca la tendencia de un vehículo cada vez más autónomo y conectado. Para ello se habla de la importancia de las nuevas tecnologías como habilitantes de estas dos tendencias, haciendo especial referencia al Internet of things y la tecnología 5G.

El tercer apartado, *Infraestructura necesaria para la conducción autónoma* introduce la explicación teórica sobre cómo las tecnologías previamente mencionadas allanan el camino para la conducción autónoma. Se explica su funcionamiento y, posteriormente, se enlaza con la necesidad de transformar el entorno urbano para facilitar tal funcionamiento.

En la cuarta parte, *Impacto económico y social del vehículo autónomo en España* consiste en el análisis de los sectores más afectados tanto de forma positiva como negativa por la introducción del vehículo autónomo.

En la quinta parte *Barreras para la implementación de vehículos autónomos*, presenta los posibles inconvenientes y obstáculos a los que se enfrentará la introducción del vehículo autónomo y, por ello, deben tenerse en cuenta lo antes posible.

Finalmente, el sexto apartado *Conclusión* presenta los resultados y conclusiones del análisis llevado a cabo. Por un lado, se destacan los puntos más importantes a tener en cuenta para facilitar el avance de la tecnología y los vehículos autónomos, y por el otro, se destacan posibles líneas de investigación futura, así como las limitaciones que han impedido avanzar más en el análisis. Finalmente se verificará que se han cumplido los objetivos.

Al final de estos seis apartados se presentará una la bibliografía usada a lo largo de todo el trabajo y con la que se han podido crear diversas ideas, razonamientos y conclusiones.

## **2. Contexto y evolución del mercado automovilístico**

Para entender hacia donde se dirige el futuro de la industria automovilística es esencial tener una imagen clara y contextualizada sobre la salud actual del sector. En este apartado se analiza la trayectoria que ha seguido el sector del automóvil durante las últimas dos décadas en España. Desde las diversas crisis que ha sufrido y su efecto en el comportamiento de consumidores y fabricantes hasta la llegada de nuevas tecnologías y modelos de negocio, se lleva a cabo un análisis del macroentorno que afecta a la industria automovilística.

### **2.1 Salud del sector**

La industria del automóvil dentro del mercado occidental se ha encontrado con diversos obstáculos a los que se ha tenido que ir adaptando durante las últimas dos décadas. En 2008 golpeó la crisis financiera a todo el sector, en especial a fabricantes como General Motors que se vieron al borde de la quiebra. Posteriormente, tras la lenta recuperación de la crisis económica y con el creciente interés por la mejora de la salud del medioambiente, saldría a la luz en 2015 la crisis de Dieselgate que provocaría pérdidas billonarias en empresas como el gigante Volkswagen que habría estado falsificando durante años los parámetros de contaminación de sus vehículos producidos (Jong & van der Linde, 2022).

En 2020 vino la pandemia causada por la COVID-19 y trajo consigo la reducción de la movilidad, la incapacidad de fabricar vehículos durante semanas y la reducción de la

demanda. Los ciudadanos se vieron obligados a guardar cuarentenas de semanas que inevitablemente afectaron a las cadenas de suministros y de producción en todas las industrias. A este problema se le añade uno todavía mayor y con más impacto dentro de la industria automovilística, el desabastecimiento de semiconductores a escala global (Montoro, 2021).

La razón del desabastecimiento de semiconductores tiene relación directa con el aumento del teletrabajo, como consecuencia de la pandemia, el cual produjo un incremento en la demanda de productos electrónicos y por ende una demanda global muy superior a la oferta de microchips para el mercado. Muchas fabricas todavía no han recuperado los niveles previos a la pandemia y el incremento de la capacidad de producción de estos microchips lleva su tiempo, por ello, los vehículos encargados cada vez se demoran más creando un bucle difícil de solucionar a corto plazo.

El impacto de la crisis sanitaria unido al desabastecimiento de semiconductores se ven reflejados claramente en el número de vehículos matriculados en España durante los últimos años. Siguiendo los datos proporcionados por la ANFAC y por la patronal Faconauto, el sector vivió un incremento del número de vehículos matriculados en España durante 6 años seguidos tras el final de la crisis financiera, pasando de casi 700.000 turismos matriculados en 2012 a 1.3M en el año 2018.

Es evidente en los números el impacto de la crisis sanitaria y la reducción del número ventas de vehículos en estas cifras, que a día de hoy todavía no se han recuperado. De hecho, aun habiendo pasado ya dos años desde la aparición del virus, las matriculaciones de turismos entre enero y diciembre de 2021, han sido de 859.477 unidades, un 1% más que en 2020 pero un 32% menos que en el mismo periodo de 2019. Lo cual indica una lenta y tardía recuperación del sector (ANFAC, La crisis económica y de los microchips retrasa la recuperación de las matriculaciones, 2022).

Es también necesario destacar el posible cambio de mentalidad de los consumidores a raíz del impacto de la crisis sanitaria. Según los datos proporcionados por la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones, la matriculación de vehículos híbridos y completamente eléctricos aumentó un 55% durante 2021 con respecto al año anterior siendo los híbridos no enchufables los más elegidos entre los usuarios. Este aumento se podría deber en gran parte al auge informativo y legislativo que han tenido estos vehículos en nuestro país durante los últimos años.

Durante estos últimos meses también ha sorprendido el aumento en los beneficios de los fabricantes de vehículos europeos, a pesar de la escasez de microchips y las interrupciones en las cadenas de suministros que han llevado a reducir la oferta de vehículos, los fabricantes han visto un crecimiento exponencial de sus beneficios. Según un estudio de EY, durante el año pasado, son los fabricantes los que han aprovechado esta reducción de oferta para centrarse en los vehículos de alta gama, los cuales proporcionan un mayor beneficio, aumentando sutilmente el precio de estos. De esta forma han generado amplios beneficios a pesar de vender menos unidades (EY, 2021).

Como conclusión, estamos ante un sector con un gran potencial cuya salud y fortaleza actualmente se encuentra en proceso de recuperación tras los diversos obstáculos que ha tenido que superar en pocos años. Según la OECD es importante que el Estado y sus gobiernos reconozcan y entiendan la situación actual para poder llevar a cabo medidas que faciliten esta recuperación en el menor tiempo posible (OECD, 2021). De esta manera, se garantizará un sector fuerte y capaz de mejorar su competitividad y hacer frente a los nuevos retos que están por llegar.

## **2.2 Política en la industria**

La implicación de los gobernantes de las distintas áreas geográficas, así como la política que se lleve a cabo en el sector de la automoción y su movilidad son unos de los factores más importantes para promover la competitividad y el desarrollo dentro de la industria. Desde la formación y atracción de talento en el sector hasta medidas que favorezcan la producción y el consumo dentro del país.

A nivel europeo, durante las últimas décadas la política industrial de la Unión Europea en relación a la industria automotriz se ha centrado en llevar a cabo políticas que potencien tanto el crecimiento económico como la competitividad. A su vez, se ha buscado en gran medida motivar la innovación dentro del sector, siendo esta la única ayuda que a día de hoy pueden prestar los gobiernos a los fabricantes de vehículos (Pichler, Krenmayr, Schneider, & Brand, 2021). Finalmente, la visión de la Unión Europea apuesta por una modernización del parque automovilístico, hacia una movilidad ecológica y sostenible motivando la eficiencia y las tecnologías de baja emisión.

A nivel nacional, son los gobiernos y autoridades los que tienen la responsabilidad moral de garantizar y facilitar la innovación tecnológica ya sea mediante ayudas en inversión I+D o mediante la atracción de talento y mano de obra. En muchas ocasiones, acaba

siendo la empresa la que rema a contracorriente con el fin de poder innovar. Es por ello necesario, en primer lugar, ofrecer un entorno macroeconómico estable que favorezca la innovación, el crecimiento y la estabilidad política para llevar a cabo avances en la industria. En segundo lugar, se deben garantizar unas condiciones laborales eficaces y competitivas con respecto a otros países con el fin de atraer los mejores profesionales y hacer un buen uso de los recursos invertidos. Por otro lado, es obligación de los gobernantes llevar a cabo políticas de movilidad sostenible, así como facilitar infraestructuras y redes de transporte que hagan posible una movilidad más eficaz.

En España se han llevado a cabo a lo largo de los últimos años diferentes políticas con el fin de acelerar la adopción de vehículos más sostenibles. Teniendo en cuenta que España cuenta con uno de los parques automovilísticos más antiguos de Europa, las políticas presentadas y llevadas a cabo por el gobierno español han sido enfocados mayoritariamente a los vehículos particulares y turismos, culpables de la mayor parte de emisión de gases.

En primer lugar, en España se han introducido programas cuyo objetivo ha sido financiar y promover la renovación del parque actual de vehículos en España. El Programa de Incentivos al Vehículo Eficiente (PIVE) fue el primer programa introducido que se centraba únicamente en ayudar a renovar los vehículos independientemente del tipo de energía que usasen (Real Decreto 1071/2015). Hasta el momento se han realizado 8 convocatorias entre 2012 y 2016 y han podido aplicar a ellas consumidores con vehículos de al menos 10 años de antigüedad. Años después, este plan sería sustituido por el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética. Todos ellos sin centralizar el foco únicamente en vehículos sostenibles.

Es ya a partir del año 2011 donde comienzan las políticas y programas centrados en la introducción de vehículos totalmente sostenibles y tecnológicamente superiores. El proyecto de movilidad MOVELE o el Plan de Movilidad Alternativa son ejemplos de políticas llevadas a cabo en los últimos años por el gobierno español para fomentar la adopción de estos vehículos y aún más importante, el establecimiento de infraestructuras que faciliten esta transición.

No obstante, existen también frenos por parte de los gobernantes al avance actual de la industria. Por un lado, tenemos el avance de la tecnología, cada día más exponencial y donde los legisladores son cada vez más incapaces de mantener el ritmo, pudiendo ser en

el futuro un freno para la incorporación de nuevas tecnologías (Gohoungodji, Bernadine N'Dri, Latulippe, & Barreto Matos, 2020). Ejemplo de ello sería la utilización de vehículos autónomos y la legalidad entorno a este avance.

En definitiva, el papel de los legisladores es esencial en el avance de una industria tan compleja e importante como la del automóvil. Son sus leyes y programas los que, como se ha visto, en gran medida condicionan la dirección que debe seguir el mercado y por tanto favorecen el consumo.

### **2.3 Comportamiento actual de los consumidores**

El comportamiento de los consumidores es, por otro lado, muy relevante en la situación actual. El golpe de la crisis sanitaria produjo un cambio total en la mentalidad de los consumidores los cuales vieron el transporte público o compartido como una amenaza debido al virus. Este frenazo tanto en la producción como en el consumo de los consumidores ha producido un cambio en el pensamiento actual de los españoles. Dentro de este apartado se diferencian dos tipos de comportamientos: por un lado, estarían los cambios en el método de adquisición y el tipo de vehículo que se adquiere y, por el otro, cambios en el uso y la necesidad de ser propietario de un vehículo. Para ambos cambios, el mercado ha sabido adaptarse y ofrecer tanto nuevos servicios como modelos de negocio que adapten a estas necesidades.

En primer lugar, en cuanto a preferencias de compra, los vehículos eléctricos han cobrado mayor importancia hasta el punto de haber subido un 55% en 2021 con respecto al año pasado en España. Esto es debido, por un lado, a la concienciación de la población por el medio ambiente y un entorno sostenibles. Por otro lado, la preferencia por los eléctricos también viene influenciada por las políticas gubernamentales llevadas a cabo con el fin de hacerlos más atractivos que los vehículos de combustibles fósiles, ya sea ofreciendo ayudas para su compra, restricciones en la circulación o mayor facilidad para aparcar en las ciudades. Todo ello hace previsible que hasta un 59% de la población española tenga la intención de comprar un vehículo eléctrico en los próximos tres años (Deolitte, 2022).

En segundo lugar, la crisis sanitaria también ha tenido un efecto en los canales tradicionales de ventas de vehículos, los cuales han visto reducida su eficacia frente a los canales online de venta de vehículos (Deolitte, 2022) (Furher, Holland-Letz, Rupalla, &

Tschiesner, 2021). Las ventas online en prácticamente cualquier industria han cobrado gran importancia desde que llegó el COVID, y el sector del automóvil no se queda atrás. Entre las principales razones están la conveniencia, la facilidad y la rapidez de hacer estos procesos de compra desde internet. Sin embargo, cabe destacar que, en los casos de comprar online, los consumidores continuarían prefiriendo un servicio del concesionario y no el fabricante directo (Deolitte, 2022). Por lo que se podría esperar que esta situación remitiese en el momento que desaparezca la amenaza vírica.

Por otro lado, ante el crecimiento de la incertidumbre en los últimos años con esta crisis sanitaria y el desabastecimiento de semiconductores, ha habido un cambio en los métodos de compra y financiación de vehículos. Los consumidores han adoptado una mentalidad cortoplacista, siendo reacios a endeudarse en el largo plazo y prefiriendo optar por métodos de compra menos arriesgados (Hofstätter, Krawina, Mühlreiter, Pöhler, & Tschiesner, 2020). Por ello, en los últimos meses ha habido, según la Asociación Española de Renting de Vehículos (AER), un aumento del 25% en 2021 con respecto al año anterior en la demanda de vehículos de suscripción o leasing. Servicio en auge donde el consumidor tiene una obligación de pago inferior a los 4 años en la gran mayoría de casos para así poder estar prevenido ante amenazas de impacto económico negativo en el futuro cercano. También ha habido un aumento en el uso de otras alternativas como el car-sharing y ride-hailing, en los cuales el vehículo es ofrecido como un servicio.

En cuanto al comportamiento sobre la propiedad del vehículo la visión cortoplacista en muchas ocasiones ha provocado una reducción de las ventas y originado un mercado que busca usar el vehículo para momentos concretos y cortos. A partir de esta necesidad han surgido nuevos modelos de negocio que ofrecen el vehículo como un servicio a miles de consumidores cada día. Todo ello, unido a la mejora tecnológica de los propios vehículos y de su comodidad hace que se haga un uso diario del vehículo mucho mayor que en el pasado.

En definitiva, todos estos factores tienen un efecto directo en los niveles de stock y número de matriculaciones de vehículos. Al requerir mayor flexibilidad, tener una mentalidad cortoplacista y usar el vehículo de forma más intensa, las flotas de vehículos empiezan a reducir sus tiempos de rotación. Los vehículos realizan muchos más kilómetros a diario lo que hace que su vida útil se vea reducida. En Europa se espera que el stock de vehículos disminuya un 22% para 2030 a la vez que crezcan el número de matriculaciones hasta el 34% (Díaz Delgado, 2018). Sin duda son grandes cambios en el

comportamiento y preferencias del consumidor que se deberán tener en cuenta para entender mejor hacia donde se dirige la industria del automóvil.

## **2.4 Competitividad**

La competitividad dentro de este sector se basa en la habilidad de ofrecer valor y beneficios al consumidor final. En el momento que los competidores no puedan replicar esa creación de valor al mismo coste, es entonces cuando un fabricante posee una ventaja competitiva (Mohammad Nazir & Shavarebi, 2019). Es por ello por lo que los fabricantes deben estar continuamente buscando innovar y mantener el mayor número posible de ventajas competitivas.

Para explicar cómo un país como España y sus industrias alcanzan un nivel de competitividad o genera ventajas competitivas como nación conviene apoyarse en el diamante de Porter. Este diferencia cuatro grandes ámbitos: (i) Condiciones de los factores de producción; (ii) Condiciones de la demanda; (iii) Estrategia, estructura y rivalidad; (iv) Sectores afines y auxiliares. En general este marco teórico propuesto por Porter lo que llega a decir es que aquella empresa que triunfa competitivamente es la que presta atención al entorno y elige la estrategia más adecuada para cada caso (Porter, 1990). Además, establece dos variables más que determinan la competitividad, por un lado, el gobierno o la dirección cuya misión es la de apoyar a las empresas y motivar un mayor rendimiento competitivo y, por otro lado, el azar, que establece que los eventos imprevistos generan oportunidades de crear ventajas competitivas o viceversa (Porter, 1990).

En el caso de España, tal y como hemos visto, su industria automotriz ha logrado mantener el nivel de competitividad durante los últimos años, manteniéndose como el segundo país productor dentro del continente europeo (ICEX, 2020). Sin embargo, su posición en el sector, y la de Europa en conjunto, se ha visto con los años cada vez más amenazada por el rápido crecimiento de los países del este de Asia. Ejemplo de ello ha sido la reducción de la cuota de producción a nivel mundial por parte de Europa de 32% en el año 2000 a tan solo 20% en 2015 (Vošta & Kocourek, 2017).

Cómo ejemplo de la importancia de unos gobernantes que motiven la competitividad de sus industrias, la propia Unión Europea ha puesto en marcha planes de desarrollo

centrados en la mejora del impacto medioambiental, el incremento de la digitalización y el aumento de la innovación para favorecer la competitividad del sector (Brown, y otros, 2021). Todo ello con el fin de adaptar los mercados europeos y ayudarles hacer frente al resto de mundo en la creación de un vehículo cada vez más autónomo, conectado, electrificado y compartido (“ACES” por sus siglas en inglés) (Hofstätter, Krawina, Mühlreiter, Pöhler, & Tschiesner, 2020).

Entre los planes de desarrollo, destacan los siguientes: En el ámbito de la reducción de emisiones, el acuerdo “Green Deal” y el objetivo de reducir las emisiones en un 55% para 2030 en el territorio europeo es ejemplo de ello. Forzando de esta manera la transición hacia el vehículo eléctrico. En segundo lugar, en cuanto al incremento de la digitalización y conectividad del vehículo, la Unión Europea invertirá más de 1.000 millones de euros hasta 2023 a través del programa “Connecting Europe Facility” o CEF Digital con el fin de mejorar las infraestructuras de conectividad en el territorio y ampliar la infraestructura de internet 5G (Bahrke & Grammenou, 2021). Tecnología necesaria para la conducción de vehículos cada vez más digitalizados. Y finalmente, en tercer lugar, con el fin de aumentar la innovación y favorecer la competitividad del sector automovilístico europeo se ha fomentado la creación de alianzas entre países y fabricantes (Brown, y otros, 2021).

Es este último punto donde más se están centrando los países pues el desabastecimiento y baja demanda de vehículos que ha sufrido la industria durante los últimos meses han provocado la necesidad de optimizar recursos de la mejor manera. Este es un ejemplo perfecto del azar del que hablaba Michael Porter pues aquellas industrias que consigan adaptarse al problema que ha generado un evento en el menor tiempo posible serán las que logren tener una ventaja competitiva. Estas alianzas ayudan a hacer frente a los altos costes de investigación y desarrollo que conlleva desarrollar la tecnología para un vehículo autónomo, conectado, electrificado y compartido (ACES) (Hofstätter, Krawina, Mühlreiter, Pöhler, & Tschiesner, 2020). De esta manera, los fabricantes con alianzas son capaces de trabajar conjuntamente en nuevas tecnologías y lograr un avance más eficiente y rápido para la industria europea y, por ende, española.

También con el fin de prevenir futuros problemas de desabastecimiento, se ha optado por reducir la fuerte dependencia de China en cuanto a exportación de semiconductores. Los fabricantes europeos están tratando de diversificar sus fuentes de recursos de forma conjunta para poder evitar problemas similares en el futuro.

Finalmente, en temas de competitividad, también se está librando una batalla en la que no existen alianzas y afecta a cada uno los fabricantes. Debido a los avances tecnológicos, cambios en los comportamientos y preferencias de los consumidores y los nuevos modelos de negocio de los fabricantes, la atracción, organización y retención de talento se ha convertido en otro de los retos de la industria (Doucette, Hensley, Kaas, & Rittstiegl, 2020). Solo aquellos fabricantes que sean capaces de establecer una estrategia clara de recursos humanos que pueda liderar en este aspecto serán los que mejor preparados estén para el futuro (Doucette, Hensley, Kaas, & Rittstiegl, 2020).

## **2.5 Modelos de negocio actuales**

Las ciudades densas e históricas como Madrid o Barcelona se han enfrentado a un problema cada vez mayor de movilidad. El incremento de personas y vehículos unido a las restricciones de la movilidad como Madrid Central han provocado cada vez mayores problemas en materias de circulación y contaminación. A su vez, el cambio en el comportamiento de los consumidores ha generado nuevas necesidades como reducir la huella de carbono o requerir mayor flexibilidad y seguridad en su método de transporte. Para ello han surgido nuevos modelos de negocio que se adaptan a estas necesidades y evidencian el cambio que atraviesa el sector de la automoción.

El modelo de negocio ride-hailing se abrió camino a través de las aplicaciones móviles y permite a los consumidores reservar y pagar desplazamientos en coche. Conocido como el enemigo directo del taxi, este modelo de negocio ofrece a los ciudadanos mayor flexibilidad y rapidez a la hora de viajar. En primer lugar, permite a los consumidores acceder al vehículo de manera más económica que adquirir uno personal. Gracias a este servicio puede que opten por usarlo en lugar de invertir en la compra de uno. En segundo lugar, agiliza el tiempo y coste de transporte en coche a los usuarios, pues su única preocupación es solicitar un conductor y esperar a que llegue. En tercer y último lugar, facilita el transporte en la ciudad de todas las personas, incluyendo aquellas que no puedan conducir un vehículo personal, haciendo que la congestión del tráfico y plazas de aparcamiento se vea reducida (Rodier, 2018).

El car-sharing es otro de los modelos de negocio más populares en la industria actualmente el cual ofrece el vehículo como un servicio más. Se trata de compartir una flota de vehículos privados entre diferentes usuarios en función de sus necesidades.

Varios vehículos son colocados dentro de la ciudad y los usuarios los alquilan en función de sus necesidades y pagando solo por el tiempo usado y recorrido realizado. Gracias a este funcionamiento, los usuarios son capaces de reducir costes, evitar el tráfico y la necesidad de buscar aparcamiento (Ferrero, Perboli, Rosano, & Vesco, 2018).

Estos modelos de negocio junto al nuevo servicio de renting mencionado anteriormente son un claro reflejo de los cambios en las necesidades y preferencias del consumidor actual. La sociedad busca mayores facilidades y menos obligaciones en todos los aspectos y la industria del automóvil no se libra. La movilidad en España está en un punto de cambio constante con nuevos competidores entrando al mercado cada año y por ello es necesario tener claro cuáles son los aspectos comunes con el fin de entender la dirección de la industria en este sentido.

### **3. Tendencias del sector del automóvil**

Ahora que se posee una imagen clara sobre el presente de la industria del automóvil es más fácil determinar hacia donde se dirige. Se podría describir como una industria recuperándose de diversas crisis donde el mercado está muy sensible y busca la mayor comodidad y facilidad posible. A esto se le suma la gran concienciación medioambiental y las diversas medidas políticas que apuestan por el transporte sin huella de carbono. Con esta información es más fácil entender hacia donde se dirige el mercado y cuál es el papel de la tecnología 5G en esta industria.

Es por ello que los expertos determinan que el mercado del automóvil tiende a dirigirse hacia un tipo de vehículo autónomo, conectado, electrificado y compartido. Los vehículos serán operados de forma autónoma, sin conductor, a la vez que comparten y comunican información con el resto de los vehículos en la carretera para controlar el tráfico o conocer posibles problemas en la carretera y así poder establecer las rutas más óptimas (Heineke, Ménard, Södergren, & Wrlulich, 2019).

A su vez estarán conectados constantemente a la red. Habrá una mayor facilidad para el streaming de multimedia dentro del vehículo, facilitando tanto el entretenimiento de los pasajeros como brindando la posibilidad a estos de trasladar el trabajo de oficina temporalmente a estos espacios. Este flujo de información constante con el exterior permitirá a los vehículos localizar plazas de aparcamiento o incluso las gasolineras o puntos de interés menos concurridos. Sin duda, esta conectividad traerá también mayor

control sobre el vehículo en términos de mantenimiento, localización y utilidad para el conductor. Son cambios que ya estamos empezando a ver en los vehículos más novedosos del mercado.

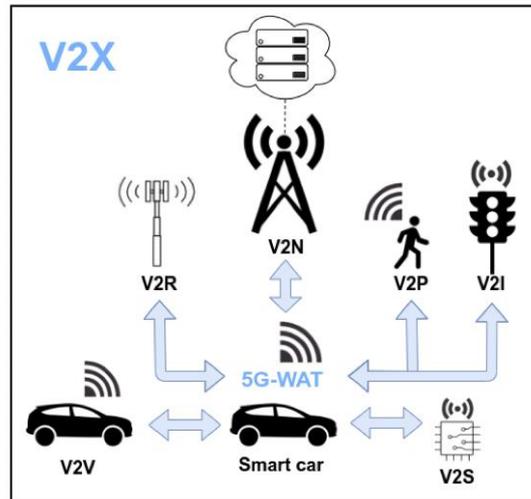
La mecánica de los vehículos también sufrirá cambios con el fin principal de reducir el impacto de la industria en el medio ambiente. Como se ha estado viendo se apostará por vehículos eléctricos lo cual traerá consigo no solo una mayor electrificación y digitalización del vehículo, sino también una reducción en las posibilidades de averías mecánicas. La inexistencia de un proceso de combustión dentro del vehículo reducirá significativamente el número de piezas que pueden sufrir una avería, así como la complejidad del mantenimiento del vehículo.

En definitiva, se trata de tendencias muy innovadoras que, sin duda, ya están comenzando a introducirse en los vehículos fabricados en la actualidad. A medida que avanza la tecnología, la fabricación de nuevos modelos trae consigo una mayor complejidad de los ordenadores a bordo o la incorporación de sensores, radares y cámaras que ayuden a escanear el entorno (Heineke, Ménard, Södergren, & Wrlulich, 2019). Este aumento en la capacidad de generar información y leer el entorno requerirá de canales e infraestructura que permitan transmitir grandes cantidades en baja latencia y de manera efectiva. Es por ello, que no solo se requiere un avance tecnológico en los vehículos si no en el exterior por el que estos circulan.

El objetivo es que los vehículos sean capaces de transmitir al instante información no solo a su propietario sino a todo el entorno que les rodea. Es el denominado “Vehicle to everything” o “V2X” con el cual el vehículo podría estar en contacto con otros vehículos (V2V), con infraestructuras (V2I), con viandantes (V2P) o con la propia nube (V2C) (Gywali, Xu, Qian, & Qiangyang Hu, 2020). De esta manera, un vehículo podrá recibir la señal inalámbrica de un semáforo a punto de ponerse en rojo y frenar a tiempo y de manera eficiente. Un choque entre vehículos en una intersección podrá ser comunicado a la red y el resto de los vehículos sabrán evitarlo y utilizar una ruta alternativa. Es este flujo de información con el exterior el que permitiría otras muchas funciones como, por ejemplo, evaluar el comportamiento del propio vehículo en base a la información guardada en la nube de otros usuarios con el mismo modelo de vehículo y en situaciones similares con el fin de predecir posibles averías o facilitar reparaciones en tiempo real (Hasan, Mohan, Shimizu, & Lu, 2020). Se crearía un ecosistema donde todo coche esta registrado y se hace uso de la información para llevar a cabo numerosas aplicaciones y

tomar decisiones a partir de la información del tráfico y accidentes, optimización de la circulación, ahorro de recursos o reducción en la contaminación (Hasan, Mohan, Shimizu, & Lu, 2020).

**Figura 1. Ecosistema Vehicle-to-Everything**



(Renato Storck & Duarte-Figueiredo, 2020)

En conclusión, las principales tendencias y el futuro de la industria están totalmente relacionados con una mayor conectividad. La generación de grandes cantidades de información, ordenadores a bordo cada vez más complejos y la comunicación cada vez más sofisticada entre dispositivos en el V2X son ejemplos de cómo la industria avanza hacia un vehículo autónomo, conectado, electrificado y compartido. Todo ello lleva a la creación de un vehículo más inteligente y que en última instancia, acabará siendo totalmente autónomo. No obstante, no es suficiente con la tecnología y los sistemas de telecomunicaciones actuales lograr una conectividad ininterrumpida y potente. Por ello, se presentan los cambios en infraestructura tanto de telecomunicaciones como urbanística para lograr este avance en conexión.

#### **4. Infraestructura necesaria para la conducción autónoma**

La llegada de un vehículo autónomo es inevitable. Como se ha visto, los vehículos cada vez estarán más conectados y poseerán una mayor capacidad de analizar su entorno gracias a la tecnología.

El avance de la tecnología y la introducción de vehículos cada vez más conectados y totalmente autónomos será la mayor revolución en el sector del transporte en décadas. Entre los beneficios se incluyen la reducción y predicción del tráfico, mejoras en la seguridad vial, nuevas opciones de movilidad e incluso mejoras sociales dentro de la población (Mavromatis, Tassi, Rigazzi, Piechocki, & Nix, 2018). Las Naciones Unidas esperan que más del 68% de la población mundial viva en centros urbanos, un incremento del 54% que inevitablemente tendrá efectos negativos en el tráfico de las ciudades (United Nations, 2018). Será imprescindible facilitar de alguna manera la movilidad actuar y aliviar el tráfico en las ciudades ante el crecimiento esperado.

El desarrollo y futuro del sector va dirigido hacia una serie de cambios y adaptaciones capaces de resolver este tipo de problemas. Los vehículos que cada vez estarán más conectados a la red y acabaran siendo totalmente autónomos a la hora de conducir, no obstante, para que sea posible necesitarán una infraestructura que acompañe a estos avances. A nivel eléctrico, se requerirán ampliaciones de la red actual de puntos de carga. A nivel de conectividad, se requerirán mayores puntos de acceso a la red, mejor conexión y mayor fiabilidad. Todo ello con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y mejorar la productividad general dentro de las ciudades.

#### **4.1 Introducción de la tecnología 5G en el sector**

El aumento de la conectividad será el avance tecnológico que permita el uso de vehículos totalmente autónomos. Esto se debe a que es esencial que los vehículos en los que confiamos tengan total conexión con el entorno que les rodea y por ello imprescindible el establecimiento de un ecosistema que permita el Vehicle to Everything o “V2X”. Ya sea con un semáforo, con el vehículo de enfrente o con el atasco a dos calles, el coche deberá ser consciente de la realidad que le rodea. Así pues, de la misma manera que en la actualidad los vehículos emiten una serie de alertas sobre la conducción en el cuadro de mando, los vehículos autónomos emitirán y generarán otros muchos bloques de información que deberán ser comunicados al exterior (Abdeldjalil Chekired, Amine Togou, Khoukhi, & Ksentini, 2019). La conexión entre vehículos será necesaria a la hora de informar sobre el estado de un semáforo o las condiciones climatológicas al igual que se deberá informar sobre amenazas externas como accidentes, tráfico o cualquier otro tipo de inconvenientes en la carretera. Todo ello lleva a un aumento exponencial en la

generación de información que es imposible transmitir con el sistema actual de telecomunicaciones 4G debido al bajo ancho de banda y la alta latencia.

Para dar solución a este problema, es necesario recurrir a la combinación entre las nuevas tecnologías Internet of Things y 5G. Los vehículos actuales ya poseen gran cantidad de sensores, cámaras y radares que los permiten incluso conducir de manera autónoma en ciertas situaciones. El problema radica en que un vehículo solo depende de su propio hardware y, por lo tanto, es menos fiable pues hay menor rango de visión de lo que ocurre alrededor y existen mayores posibilidades de reducir la visión del vehículo ya sea por nieve, lluvia o una avería de algún sensor, cámara o radar. Es por ello, que es necesario el uso del Internet of Things (IoT) que se define como una red de objetos interconectados y direccionables de forma única en base a un protocolo de comunicación estándar (Mehta, Sahni, & Khanna, 2018). Gracias a esta forma de integrar dispositivos electrónicos y facilitar la comunicación entre ellos sin la necesidad de la intervención humana, se desarrolla el término Internet of Vehicle entendido como una red de comunicaciones donde los vehículos son capaces de transmitirse mutuamente información captada por sus radares, sensores y cámaras. Este al fin y al cabo no es más que el habilitador de lo que posteriormente se conoce como V2X (Storck & Duarte-Figueiredo, 2019).

La tecnología 5G es el catalizador que permite dar un salto en el mundo de las telecomunicaciones y ofrecer una mayor calidad y eficiencia de la conectividad actual. Haciendo las ciudades más inteligentes y conectadas a los nuevos dispositivos y habilitando la posibilidad de la conducción autónoma (Yang & Hua, 2019). Esta tecnología introduce una infraestructura de comunicación, red y computación que ofrece rendimientos muy superiores a la tecnología actual en términos de latencia, fiabilidad, capacidad y movilidad (Campolo, Molinaro, Iera, & Menichella, 2017). Es capaz de ofrecer más de 100 billones de conexiones simultáneas, una latencia inferior a 1ms (en comparación con el actual 4G donde la latencia es de 50ms) y una potencia de alrededor de 50Gbps de manera inalámbrica, la tecnología 5G ofrece la flexibilidad de permitir a un vehículo estar conectado a la red ininterrumpidamente y sin retraso (Abdeldjalil Chekired, Amine Togou, Khoukhi, & Ksentini, 2019).

El funcionamiento de esta tecnología es parecido a su antecesor el 4G, ambas funcionan a través de sistemas de radiofrecuencia con los que transmitir la información a través del aire. La diferencia es que en el caso del 5G, las ondas de radiofrecuencia pueden llegar a ser emitidas a una mayor frecuencia que sus predecesores (Pisarov & Mester, 2020). De

esta manera, mientras el 4G es emitido en un espectro de radio frecuencia inferior a los 6GHz, la tecnología 5G ofrece la posibilidad de operar en espectros de radiofrecuencia de más de 24GHz o la denominada radiofrecuencia mmWave. Dentro de este espectro, el ancho de banda es mucho mayor permitiendo transportar mayores cantidades de información a una velocidad extremadamente alta (GSMA, 5G Spectrum , 2021).

El Vehicle to Everything o V2X estaría fundamentado en esta tecnología de tal manera que no solo los vehículos podrían ofrecer conexiones Bluetooth y WiFi dentro del habitáculo, sino que se utilizaría la conexión 5G para transmitir grandes cantidades de información a servidores y a la nube.

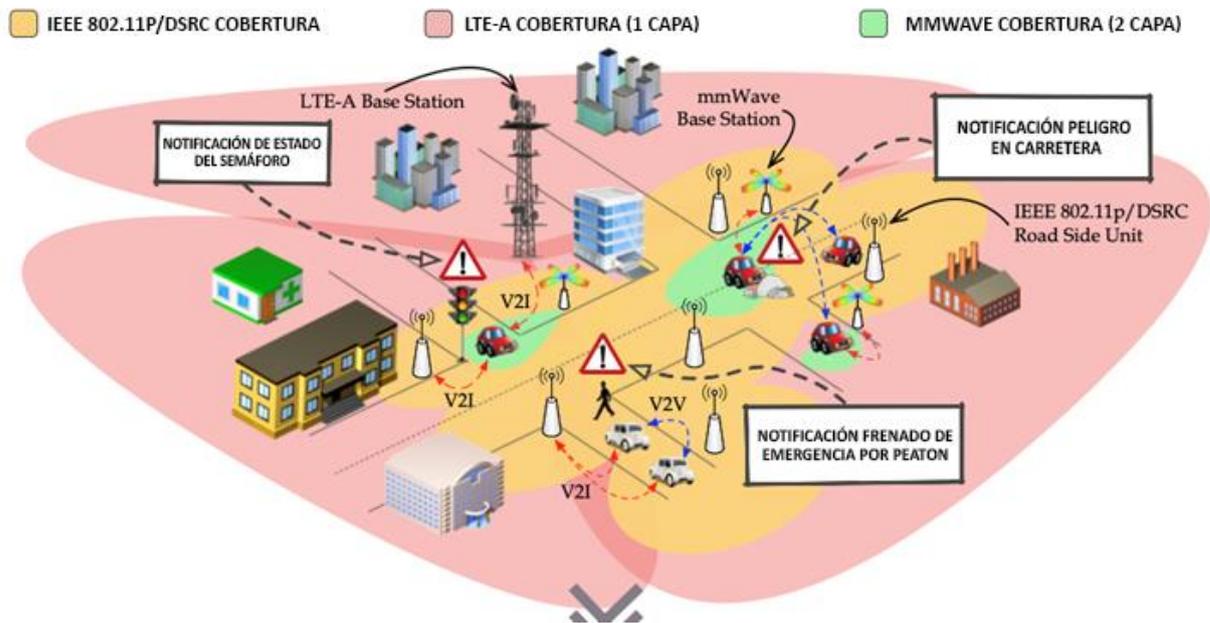
Dentro de todas las oportunidades que ofrece el 5G, la conducción autónoma se beneficia principalmente de su capacidad para dividir la red en diferentes canales denominados subredes también conocido como “Network Slicing”. De esta manera, dentro de la misma infraestructura, se pueden ejecutar redes con diferentes usos y configuraciones de manera eficiente (GSMA, An introduction to Network Slicing, 2017). El funcionamiento es simple, se crean canales individuales de red los cuales pueden ser configurados en función de las necesidades de cada dispositivo conectado. En el caso de los vehículos autónomos, se requiere una baja latencia y no se necesita un gran ancho de banda. Es la red la que se adapta al entorno y no al contrario, como hemos estado haciendo hasta ahora.

Una vez solucionada y asegurada la conectividad del vehículo, la conducción autónoma requiere como hemos mencionado antes de un sistema tecnológico mucho más avanzado capaz de tomar decisiones en tiempo real. Para ello, la conectividad 5G requeriría del uso de la tecnología Edge Computing de multiacceso o “Multi-Access Edge Computing” (MEC) el cual ofrece capacidad computacional de la nube dentro de la red de acceso por radio (Radio Access Network en inglés) al borde de la red, es decir, la parte de la red más próximo al consumidor (Sabella, Vaillant, Kuure, Rauschenbach, & Giust, 2016). Este proceso se caracteriza por ofrecer latencia mínima, un gran ancho de banda y acceso en tiempo real a información dentro de la red de radio que podría ser usada por aplicaciones o en este caso vehículos autónomos. Dicho de otra manera, serviría como una base de datos en tiempo real donde se envía la información desde el vehículo y que facilita los procesos computacionales necesarios para la conducción autónoma.

Con la conectividad facilitada por el 5G y el establecimiento de Edge Computing, un vehículo autónomo podría absorber toda la información necesaria durante la conducción

y enviarla gracias a la baja latencia a un centro próximo donde se determinaría de manera computacional las decisiones que debe tomar a continuación. De esta manera, los vehículos sin retraso podrían enfrentarse a entornos dinámicos y complejos sin necesidad de tener un gran ordenador que constantemente tuviese que estar llevando a cabo cálculos complejos a bordo.

**Figura 2. Combinación entre redes inalámbricas WLAN, 4G y 5G**



(Mavromatis, Tassi, Rigazzi, Piechocki, & Nix, 2018)

El problema actual de las radiofrecuencias más potentes mmWave es su bajo alcance y dificultad de propagación. Al tratarse de mayores frecuencias (24GHz – 60Ghz) que las bandas actuales del 4G que operan bajo los 6Ghz, la amplitud de onda es mayor y por tanto capaz de recorrer menos distancia. Por ello, elementos como edificios, arboles e incluso las condiciones climatológicas afectan en la propagación de una onda de mayor frecuencia (Mumtaz, Rodriguez, & Dai, 2017).

Por esta razón, el despliegue de conectividad no será inmediato ni será capaz de cubrir todo el territorio. Es muy posible que, en un futuro cercano, con la llegada de estos vehículos y la lenta ampliación de red 5G, se establezca un sistema híbrido de conducción autónoma donde los vehículos vengan programados con zonas donde poder conducir

autónomamente (Alonso, Arpón, Gonzalez, Fernandez, & Nieto, 2020). Así pues, serán también necesarios la presencia de personas con permiso de conducir en caso de incidencias en estos entornos de conducción híbridos.

En definitiva, el sistema actual de telecomunicación 4G no es suficiente para afrontar la velocidad, fiabilidad y ancho de banda que requiere la conducción autónoma. Es necesaria una nueva generación de tecnología de telecomunicaciones que solvante estos problemas. Ahora bien, con esta nueva generación, también serán necesarias adaptaciones del entorno y las infraestructuras para permitir el avance.

## **4.2 El papel de las Smart Cities**

A la hora de hablar sobre la conducción autónoma, muchos expertos se centran en el desarrollo de la propia tecnología 5G y se obvia en cierta manera las necesidades a nivel urbanístico y estructural que requiere la misma. La movilidad de los vehículos autónomos en la ciudad y el entorno físico sobre el que se desplazan los vehículos están estrechamente conectados. La distribución del terreno, la planificación urbanística y los propios edificios dentro de la ciudad juegan un papel fundamental a la hora de determinar los tipos de transporte que se usan o la distribución de redes de carretera. Esto hace que ciudades compactas europeas, donde las distancias son menores, favorezcan el uso de transporte público o el uso de bicicletas para moverse mientras que otras ciudades más extendidas sobre el terreno favorezcan el uso de vehículos privados (Fraedrich, Heinrichs, Bahamonde-Birke, & Cyganski, 2018).

La conducción autónoma será un nuevo tipo de transporte que cambiará por completo el paradigma actual. Su llegada traerá consigo un sinnúmero de innovaciones que obligarán las ciudades cambiar totalmente las dimensiones, conexiones y distribuciones de sus redes de transporte con el fin de adaptarse (Fraedrich, Heinrichs, Bahamonde-Birke, & Cyganski, 2018). El término ciudad inteligente o smart city en inglés es el que hace referencia a un sistema urbanístico complejo e innovador que hace uso de múltiples tecnologías y otras herramientas para mejorar la eficiencia de la ciudad, sus servicios y operaciones, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos y asegurando una mayor sostenibilidad a nivel económico, social y medioambiental (Rao & Prasad, 2018).

Para que los vehículos autónomos puedan operar, será necesaria la conversión de las ciudades a smart cities. Esto se debe a que los vehículos deberán estar constantemente conectados a la red 5G y para ello las ciudades deben garantizar una conexión estable y fiable para evitar incidentes. Como bien se ha explicado anteriormente, la tecnología 5G en altas frecuencias, llamada mmWave, requerirá del establecimiento de antenas con las que garantizar la rápida conexión y evitar la pérdida de potencia (Mumtaz, Rodriguez, & Dai, 2017). Por ello, será necesaria la planificación e inversión en equipos de telecomunicaciones con el fin de garantizar un despliegue de la red uniforme y efectivo.

Los sistemas inteligentes de transporte o Intelligent Transport Systems (ITS) en inglés es otra de las funciones principales a desarrollar dentro de las smart cities para que los vehículos autónomos puedan operar sin problema. Consiste en la aplicación de sensores, cámaras, capacidad computacional y otros muchos dispositivos a todos los modos de transporte e infraestructura con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia del transporte de vehículos autónomos. A su vez, es los sistemas inteligentes de transporte cooperativos o Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) serían una extensión de los sistemas ITS en el que se permite la conectividad entre diferentes dispositivos (Sampson, y otros, 2019). Es la capacidad de permitir la conexión entre vehículos o vehicle-to-vehicle (V2V) o la conexión entre los vehículos e infraestructuras, vehicle-to-infrastructure (V2I). De esta manera, la ciudad también tendrá que adaptarse a la instalación de estos sensores y cámaras. Dado que son esenciales para completar el ecosistema V2X, su instalación también deberá ser efectiva y uniforme a lo largo del territorio urbano, prestando especial atención a las intersecciones y zonas de movilidad compleja.

Finalmente, además de la adaptación tecnológica del entorno urbano para crear un ecosistema V2X, surgirán ciertos cambios en la movilidad que permitirán a la ciudad reorganizarse en términos de infraestructura y terreno. La convergencia entre el vehículo autónomo y el desarrollo de la ciudad inteligente tendrá por tanto tres importantes cambios a nivel de infraestructura: planificación urbanística, infraestructura de las carreteras y cambios a nivel local (Campisi, Severino, Ahmad Al-Rashid, & Pau, 2021). En primer lugar, a nivel de planificación urbanística, los vehículos autónomos facilitarán la accesibilidad y el transporte reduciendo en las ciudades la necesidad de concentrar edificios y comercios en los puntos estratégicos mejor conectados. En segundo lugar, con la mejora de la seguridad entre vehículos y su capacidad para circular de manera más eficiente y autónoma, será poco práctico mantener el ancho o el mismo número de

carriles, pudiendo servir esta todo ese terreno para mejorar la circulación de peatones (Campisi, Severino, Ahmad Al-Rashid, & Pau, 2021) (Clements & Kockelman, 2017). En tercer, y último lugar, con la intención de usar los vehículos autónomos una mayor parte del tiempo y reducir su tiempo estacionados muchas zonas de estacionamiento podrán ser utilizadas como terreno de construcción o recreativo (Campisi, Severino, Ahmad Al-Rashid, & Pau, 2021).

En definitiva, la revolución de los vehículos autónomos forzará un cambio drástico en las ciudades y no solo es necesario centrarse en la tecnología y la capacitación de estos para lograr una conducción totalmente autónoma. También será necesario reorganizar el entorno sobre el que se mueven estos vehículos y prepararlos mediante la instalación de cámaras, sensores y radares para completar el ecosistema V2X. Además, este ecosistema permitirá grandes cambios en los planes urbanísticos de las ciudades. Todo ello requerirá de grandes inversiones y sufrirán enormes cambios tanto tecnológicos como infraestructurales que deben de ponerse ya en marcha, pues de no ser así solo se crearán problemas de adaptación y retrasará la adopción completa del vehículo sin conductor.

## **5. Impacto económico y social del vehículo autónomo en España**

El vehículo autónomo marcará un antes y un después en nuestra sociedad y será posiblemente el cambio más disruptivo en la industria de la movilidad desde la aparición del propio vehículo de combustión. Por ello, el impacto económico que podría tener esta nueva era es extremadamente amplio. La revolución de vehículos sin conductor trae consigo cambios en la forma en la que se transportan las personas y las materias lo cual afectará directamente a los negocios y su productividad.

Como ya hemos visto anteriormente la movilidad en España está en constante crecimiento. Apare con nuevos modelos de negocio de carsharing o alquiler de vehículos. La necesidad de tener un vehículo en propiedad, sobre todo en zonas urbanas, disminuirá drásticamente. La demanda de vehículos, por tanto, se verá cada vez más afectada negativamente afectada.

A nivel económico el vehículo autónomo tendrá un impacto positivo en la sociedad e inevitablemente causará daños colaterales en algunas de las industrias de nuestro país. Por un lado, se reducirán notablemente los accidentes de tráfico, las emisiones de gas y

la congestión de tráfico que ya de por sí tendrán un efecto económico directo tanto para el Estado como para la productividad. También mejorará en gran medida la calidad de vida de los ciudadanos al hacer mucho más eficiente y rápido el transporte, reduciendo los accidentes y reduciendo el impacto medioambiental. Sin embargo, por otro lado, se generarán otros posibles problemas como aumento de los vehículos en circulación, necesidad de nuevos modelos de negocios, reducción de empleos al inutilizar a los conductores, etc. (Raposo, y otros, 2021). Así pues, se utiliza un estudio reciente en España (Alonso, Arpón, Gonzalez, Fernandez, & Nieto, 2020) para analizar el impacto económico de los vehículos autónomos en la sociedad española en 3 diferentes etapas de transición: con un 20% de adopción de vehículos autónomos, 50% y un 100%. De las 10 industrias analizadas, se destacan las más impactantes:

## **5.1 Accidentes de tráfico**

A nivel de salud este avance tecnológico salvará la vida de muchas personas a nivel mundial. Según la DGT, se estima que entre el 70% y el 90% de los accidentes son causados por errores humanos o imprudencias (Fraile, 2021). Tan solo en España, hay una media de 1300 accidentes mortales al año lo cual representa un gran coste no solo a nivel social pero también a nivel económico. Debido a estos errores humanos, la asistencia sanitaria o la reducción de la productividad del país al perder personas son algunos de los costes más graves de estos accidentes.

La incorporación de sensores 360° y tiempos de respuesta mucho menores que el del ser humano unidos al ecosistema de comunicación Vehicle-to-everything o “V2X” reducirían notablemente el porcentaje de accidentes (Clements & Kockelman, 2017). En el momento que se elimina el factor humano en los vehículos autónomos, estos costes se verían enormemente reducidos, salvando la vida de cientos de miles de personas. De esta manera, el impacto más relevante sería en el número de hospitalizaciones, que se vería reducido y permitiría liberar plazas y recursos en los hospitales. También en menor medida se reducirían el uso de recursos policiales, bomberos y de emergencias e incluso gastos de reparación de vehículos e infraestructuras pudiendo ser empleados para otro tipo de incidentes en las ciudades.

## **5.2 Gobiernos**

El hecho de que el vehículo autónomo tenga pleno control sobre la conducción permitirá inevitablemente el establecimiento de restricciones electrónicas al vehículo. Aunque es

cierto que entre vehículos autónomos se podrá circular a mayor velocidad gracias a sus rápidos tiempos de respuesta y conectividad, los límites de velocidad nunca llegaran a ser sobrepasados por estas máquinas. Por tanto, las multas por velocidad, la utilización de radares de velocidad y la necesidad de despliegues policiales de control de tráfico serán eliminados (Clements & Kockelman, 2017). Esta novedad afectará directamente a la recaudación del Estado que, según el BOE del 22 de enero de 2021, durante el ejercicio 2019 llegó a recaudar en España 1 millón de euros diarios.

Por ello, el Estado sufrirá una reducción de ingresos que será difícil de reemplazar en el corto plazo. Se trata de un escenario no confirmado pero posible y que definitivamente tendría un gran impacto económico en el país.

### **5.3 Consumo de combustible**

Por otro lado, el aumento de la eficiencia y el uso de la tecnología para determinar las mejores rutas de navegación tendrá un impacto directo en el consumo de combustible. Gracias a el aumento de la conectividad, los vehículos serán capaces de determinar los trayectos más eficientes en términos de consumo, evitando atascos o evitando reducciones de velocidad innecesarias (Clements & Kockelman, 2017). Esta información unida al control de cruce y el límite de velocidad máxima afectará al consumo de combustible de los vehículos, optimizándola y reduciendo su gasto (Gruyer, y otros, 2021). Esto afectará no solo a la demanda nacional de combustibles si no que reducirá la huella de carbono de los países pudiendo reducir su necesidad de comprar derechos de contaminación tal y como se lleva estableciendo desde el protocolo de Kyoto de 2005. Todo ello afectará también al bolsillo de los conductores, los cuales serán capaces de emplear ese ahorro en otros productos o servicios.

Por otro lado, esta reducción en los costes de transporte provocará inevitablemente reducciones de precios en muchas materias primas y productos. Es evidente que existe una relación indirecta entre el coste del transporte y los precios de la mayoría de los productos y servicios. El aumento en la eficiencia del desplazamiento tendrá muy posiblemente un efecto positivo sobre la economía.

### **5.4 Productividad**

En 2017 se hicieron estudios aproximados sobre el tiempo perdido en tráfico en diferentes ciudades de España. Se estimó que de media los españoles perdían 17h al año, siendo las

peores ciudades Madrid y Barcelona con pérdidas de 42h y 33h respectivamente. Estos datos equivalen a aproximadamente 830 millones de horas perdidas en atascos por los españoles (Alonso, Arpón, Gonzalez, Fernandez, & Nieto, 2020). La introducción del vehículo autónomo debería reducir notablemente estas cifras haciendo mucho más eficiente el transporte de mercancías y personas por carretera, lo que mejoraría la productividad de prácticamente cualquier industria, especialmente en las ciudades.

Aunque es más difícil predecir el nivel de congestión de las carreteras en el futuro, diversos estudios estiman que los españoles pierden actualmente en torno a 3 horas semanales en desplazamientos cada semana (Instituto Nacional de Estadística, 2015). La introducción del vehículo autónomo podría liberar gran parte del este tiempo para otros usos, aumentando la productividad general de la población y, por ende, provocando un impacto económico positivo. Los españoles podrían organizar su día, reuniones, llamadas durante el tiempo de desplazamiento sin tener que preocuparse por conducir. Se trata de una realidad mucho más eficiente.

Con el vehículo autónomo se reducirán notablemente los accidentes de tráfico, las emisiones de gas y la congestión de tráfico que ya de por sí tendrán un efecto económico directo tanto para el Estado como para la productividad. Pero también se generarán otros posibles problemas como aumento de los vehículos en circulación, necesidad de nuevos modelos de negocios, reducción de empleos al inutilizar a los conductores, etc. (Raposo, y otros, 2021).

## **5.5 Industria de seguros**

La industria de las aseguradoras también se verá afectada económicamente debido a dos razones: por un lado, la reducción de vehículos en carreteras y por tanto de automóviles que asegurar y, por otro lado, la reducción de los accidentes de tráfico que reducirá exponencialmente las cuotas que cobran las aseguradoras (Nikitas, Vitel, & Cotet, 2021). Todo ello tendrá un efecto negativo en la industria de las aseguradoras que actualmente representa el 0,9% del producto interior bruto (Alonso, Arpón, Gonzalez, Fernandez, & Nieto, 2020). Es predecible que, por tanto, primero se dé una subida en los ingresos de las aseguradoras durante la introducción de los vehículos autónomos debido a la incertidumbre y poca confianza en la tecnología. Una vez se demuestre su fiabilidad y confianza por parte de los usuarios, los ingresos de esta industria bajaran significativamente. Para ello es muy posible que traten de adaptarse y pasen a ser los

propios fabricantes del sistema y vehículo autónomo los que requieran el servicio de las aseguradoras en caso de accidentes (Mills, 2021). Pasaran de asegurar vehículos personales a asegurar un producto, aunque esto siga significando una gran reducción de sus ingresos con respecto a las cifras actuales.

## **5.6 Talleres y concesionarios**

Como se ha mencionado, habrá un aumento de la seguridad y la reducción de los accidentes de tráfico. Esto inevitablemente afectará a los ingresos del sector de talleres de reparación pues menos coches necesitarán reparación provocando, posiblemente, el cierre de muchos locales. No obstante, la conducción autónoma y la posibilidad de monitorizar el vehículo autónomo, producirá un aumento en los tiempos de uso de los vehículos, lo cual puede llegar a incrementar la frecuencia de revisiones de mantenimiento en los talleres e incluso provocar averías tras el uso. Es por ello predecible un cambio en el modelo de negocio de la industria de los talleres mecánicos, enfocando gran parte de su actividad al mantenimiento y la sustitución de piezas mecánicas.

Dentro de este apartado es también necesario resaltar el efecto que la adopción de vehículos eléctricos podría tener ya que también jugará un papel fundamental en los ingresos de la industria. Esto se debe a que poseen menos piezas que puedan romperse al no llevar a cabo un proceso de combustión y esto hará que inevitablemente menos vehículos requieran servicio. Por ello, en el posible caso de una adopción de vehículos tanto autónomos como eléctricos, los talleres verán de cualquiera de las maneras sus ingresos reducidos.

## **5.7 Empleo**

El impacto económico de la conducción autónoma en el empleo es otro de los grandes debates. En primer lugar, si bien hemos mencionado que durante la transición hacia la autonomía total será necesaria la presencia de un conductor que pueda tomar el control en caso de incidentes, en el momento que se prescindiera de este, numerosos puestos de trabajo se perderán. Las empresas siempre han estado en busca de recortar costes y lograr un transporte cada vez más eficiente, por ello, es el sector del vehículo comercial compuesto por vehículos como taxis y camiones donde afectará la nueva tecnología en primera instancia (Nikitas, Vitel, & Cotet, 2021).

En segundo lugar, habrá un efecto indirecto en los ingresos de otras muchas industrias: fabricantes de vehículos, alquiler de vehículos. De la misma manera, en el largo plazo la eficiencia de los vehículos autónomos podría reducir la necesidad de infraestructura de carreteras nuevas, afectando directamente al empleo en la construcción o la ingeniería (Nikitas, Vitel, & Cotet, 2021). No obstante, la transición hacia vehículos autónomos también requerirá grandes inversiones en infraestructura para lograr un ecosistema de carreteras inteligente lo cual creará miles de puestos de trabajo.

En definitiva, la llegada del vehículo autónomo desembocará en una revolución del empleo, con un impacto tanto positivo como negativo para la sociedad. Por un lado, dará lugar a mayor productividad, eficiencia, flexibilidad de trabajo, salarios altos y reducción de costes. Por el otro lado, muchos puestos de trabajo se perderán impidiendo la reinserción de muchos y marginalizando a los trabajadores menos cualificados (Nikitas, Vitel, & Cotet, 2021).

## **5.8 Infraestructura**

La infraestructura sobre la que circularán los vehículos autónomos requerirá una adaptación en términos de conectividad tal y como se ha visto anteriormente. Las carreteras requerirían de instalaciones de GPS, sensores, cámaras y terminales de comunicación inalámbricos con los que permitir la comunicación Vehicle-to-infrastructure o “V2I” (Clements & Kockelman, 2017). Así un vehículo podrá comunicarse con un semáforo para determinar si puede cruzar la intersección a tiempo. Todo ello conlleva una inversión tecnológica y adaptación del entorno que puede llegar a ser muy costoso.

Si bien es cierto que España posee una de las mejores redes de carreteras de Europa, se podrían dar cambios en términos del ancho de las vías o medidas de seguridad para las que se invierten miles de millones de euros. En el caso de llegar a una adopción del 100% de vehículos autónomos, se podría llegar a prescindir de medidas de seguridad como los guarda railes, semáforos o carriles de deceleración y evitar grandes inversiones en estas medidas de seguridad (Seuwou & Ubakanma, 2020). Por ejemplo, un estudio hecho por KPMG establece que las intersecciones inteligentes podrían ser hasta 300 veces más eficientes que el sistema de señales de tráfico convencional. De igual manera que la conducción autónoma donde las distancias entre vehículos son menores podrían permitir un aumento de la capacidad de vehículos en carreteras de hasta el 500%.

## **6. Barreras para la implementación de vehículos autónomos**

A pesar de que los vehículos autónomos ofrecen diversos beneficios, aplicaciones y oportunidad en el mundo del transporte, es innegable que existen una serie de amenazas y cambios difíciles de aceptar por la sociedad. Es evidente que su llegada es inminente, por ello, conviene estudiar los posibles problemas y obstáculos que pueda encontrarse su implementación con el fin de intentar solventarlos.

### **6.1 Aceptación de la sociedad**

Es importante destacar que el avance hacia el vehículo autónomo es extremadamente complejo y viene acompañado de varias preocupaciones por parte de la sociedad. En primer lugar, el vehículo de combustión interna lleva entre nosotros desde finales del siglo XIX. Muchas décadas sin cambios en este sentido hacen que el consumidor promedio posea cierta reticencia y comprensión limitada hacia la adopción de una tecnología tan novedosa como la conducción autónoma. Después de todo, está dejando una actividad donde su vida está en juego en manos de la tecnología. Entre las principales causas de reticencia a su adopción encontramos: sobre dependencia de las maquinas, pérdida de competencias y habilidades, riesgos de accidentes con vehículos no autónomos, errores de sistema o pérdida de privacidad y acceso a información personal (Adnan, Nordin, Bahrudin, & Ali, 2018). Por ello, una sensación de gran seguridad al usar los vehículos es necesaria como precedente a su adopción (Bezai, Medjdoub, Alhabaibeh, Chalal, & Fadil, 2021).

A su vez, la adopción de estos vehículos dependerá en gran medida de la imagen mediática que se les de. El apoyo a la transición por parte de los medios de comunicación y la demostración de los beneficios de esta tecnología fomentará la aceptación de la sociedad. Ejemplos de la fiabilidad en los tiempos de transporte o la seguridad en caso de accidente serían unos de los principales factores a tener en cuenta por el usuario promedio (Adnan, Nordin, Bahrudin, & Ali, 2018).

### **6.2 Coste de los vehículos**

Entre las diversas variables que influyen en la toma de decisión de compra de un vehículo, los ciudadanos españoles tienen el coste del mismo como una de las principales. Observando los datos proporcionados por la patronal ANFAC sobre los turismos más vendidos el año pasado, todos ellos son vehículos asequibles y de bajo coste. En gran

medida, este bajo coste se debe a que los vehículos más vendidos no solo cuentan con materiales menos premium, si no que poseen una tecnología más arraigada en el sector y con la cual se han podido llevar a cabo producciones a escala.

El vehículo autónomo se diferenciará del vehículo actual principalmente por la posesión de sistemas tecnológicos mucho más avanzados de cámaras, radares y sensores. La integración de estos dispositivos hará que aumenten considerablemente los precios. De hecho, se espera que el coste destinado al hardware y software de un vehículo en 2025 llegue a los 3000 dólares, pudiéndose reducir a más de la mitad para 2035 (Bezai, Medjdoub, Al-habaibeh, Chalal, & Fadil, 2021). Esto se debe a que cómo todo avance tecnológico, serán los creadores los que aprovechen y patenten la tecnología, haciendo que tan solo unos pocos fabricantes tengan acceso y se beneficien. Esto tendrá como resultado unos precios elevados en estos vehículos que inevitablemente ralentizaran durante los primeros años la adopción del vehículo autónomo en la sociedad española. Solo será posible la adopción en masa del vehículo inteligente una vez más fabricantes sean capaces de hacer uso de la tecnología y lleven a cabo las producciones de estos vehículos y su tecnología a gran escala.

### **6.3 Legislación**

La legislación en el país puede ser otra de las barreras en el ritmo de adopción de vehículos autónomos. Aunque en la actualidad ya existen leyes para proteger al consumidor sobre posibles defectos de fabricación, en el caso de vehículos de conducción autónoma, será necesario adaptar y desarrollar leyes que protejan al consumidor final de posibles accidentes (Bezai, Medjdoub, Al-habaibeh, Chalal, & Fadil, 2021). Dependiendo de la velocidad de implantación de estas leyes, tanto el fabricante como el consumidor final tendrán una mayor o menor disposición a optar por estos vehículos.

Los gobiernos tendrán como obligación implantar leyes que atiendan no solo a la posible mal función de estos vehículos si no al uso inapropiado de los mismos. El objetivo de los legisladores deberá ser la creación de un marco legal de responsabilidad entorno al uso del vehículo autónomo que garantice la responsabilidad en caso de accidentes y proteja al consumidor final evitando vacíos legales o incongruencias. Por todo ello, son los legisladores los que tienen que trabajar de la mano con fabricantes y equipos de investigación para abordar los nuevos retos de movilidad y proteger al consumidor final (Bezai, Medjdoub, Al-habaibeh, Chalal, & Fadil, 2021).

## **6.4 Problemas éticos y sociales**

Durante las últimas décadas ha habido un miedo constante por parte de la sociedad al imaginar un momento en el que las máquinas tomen demasiado control de nuestro día a día. Es con los vehículos autónomos donde posiblemente podamos encontrar mayores barreras e incógnitas en temas éticos y sociales. Por ello, la creación e implantación en el ordenador de los vehículos inteligentes de un marco ético claro y guiado en el que se representa un modo de actuar basado en los valores éticos humanos es necesario (Adnan, Nordin, Bahruddin, & Ali, 2018).

Este marco será necesario ya que no todos los accidentes se pueden evitar y será responsabilidad del fabricante, reguladores y equipos de investigación dotar a las máquinas de la decisión correcta. (Bezai, Medjdoub, Al-habaibeh, Chalal, & Fadil, 2021). Ejemplo de ello son las decisiones que tendrán que tomar los ordenadores a bordo de estos vehículos como, por ejemplo, en caso de encontrarse ante un peatón en la carretera, decidir si esquivarlo y poner en riesgo la vida del conductor o la del peatón.

## **6.5 Ciberseguridad**

El aumento en la conectividad y la exposición constante del vehículo al exterior a través de V2X abriría también la puerta a nuevas amenazas informáticas. Como todo sistema informático, existiría siempre un riesgo de ciberataque y, por tanto, sería necesario contar con un nivel de ciberseguridad lo más avanzado posible. Por ejemplo, un vehículo alterado podría mandar información contradictoria al ecosistema y crear situaciones falsas que provocasen desde atascos de tráfico a accidentes graves (Hasan, Mohan, Shimizu, & Lu, 2020). Es esencial un sistema de seguridad capaz de frenar estas amenazas, garantizar la fiabilidad del sistema y proteger al consumidor final.

En el artículo de Monowar Hasan (Hasan, Mohan, Shimizu, & Lu, 2020) “Securing Vehicle-to-everything (V2X) communication platforms”, se presentan ya posibles soluciones con tecnología actual para hacer frente a estas amenazas:

### **a. Clave criptográfica única**

La introducción de una clave criptográfica de identificación única para cada vehículo la cual contaría con un certificado de autenticidad. Podría existir una base de datos controlada por las autoridades y que almacenase e identificase todas estas claves de tal

manera que al usar la llave el sistema aceptaría abrir el vehículo tras confirmar la base de datos.

#### b. Control V2X

Grupos dedicados al control y la monitorización formados por organizaciones estatales y fabricantes para garantizar el correcto funcionamiento y la privacidad del entorno V2X. El funcionamiento de dicho procedimiento se basaría en la transmisión del comportamiento irregular del vehículo a la hora de mandar información a la red.

En definitiva, la revolución de vehículos autónomos y la conectividad V2X también abrirá las puertas a nuevas amenazas. De la misma manera que a día de hoy cualquier sistema informático puede ser atacado, los vehículos inteligentes también acabaran siendo objetivo de manipulación. Es por ello necesario tener en cuenta este punto y considerar avanzar paralelamente en el desarrollo de la tecnología autónoma y la ciberseguridad para evitar futuras tragedias.

## **7. Conclusión, limitaciones y futuras líneas de investigación**

### **7.1 Conclusión**

El vehículo autónomo está en las últimas etapas antes de su lanzamiento al mercado global. El avance tecnológico realizado en los últimos años dentro de la industria del automóvil ha permitido que incluso a día de hoy existan vehículos que sean capaces de pp cómo la industria del automóvil ha logrado vencer a los numerosos retos de los ultimo meses y se encuentra en una situación de recuperación ininterrumpida y constante. No obstante, con la introducción y adaptación a la tecnología 5G se enfrenta a un nuevo reto para asegurar su posición en los mercados internacionales. Se demuestra cómo las tendencias de la industria giran entorno a la necesidad de una mayor conectividad y la tecnología 5G es el candidato perfecto actualmente. Por ello, se explica el funcionamiento de esta tecnología y el proceso que debe seguir la industria para su adaptación. Este es complejo y lento ya que requerirá de la colaboración conjunta de fabricantes y gobernantes no solo en materia legislativa pero también en términos de digitalización del entorno urbano, pues será necesario el despliegue de torres de telecomunicaciones, puntos de acceso y redes de cables con el fin de garantizar un rendimiento de la red optimo.

Entendiendo la importancia de la tecnología 5G y su funcionamiento, se va un paso más allá y se explica el funcionamiento y valor del ecosistema vehicle-to-everything o V2X. La tecnología 5G al final pasa a ser una herramienta clave para habilitar el sistema de comunicación de los vehículos autónomos con el entorno. Además, esta necesidad de comunicarse con el entorno que les rodea explica la importancia de avanzar hacia una ciudad inteligente o smart city. Se trata de crear un ecosistema que facilite la transmisión y generación de información, ya sea con más puntos de acceso a la red o el establecimiento de radares y cámaras respectivamente.

Por último, con la mirada hacia un futuro cercano donde la conducción autónoma es una realidad, se plantea a grandes rasgos el impacto económico que podría tener este cambio en movilidad en las diferentes industrias del país. Se identifican numerosos cambios económicos en materia de accidentes de tráfico, recaudación proveniente de multas de tráfico, consumo de combustible, productividad de la población, ingresos del sector asegurador, ingresos de talleres y concesionarios, empleo y, por último, infraestructura. Estas variables se ven negativamente afectadas en términos económicos debido a que el vehículo autónomo reduce considerablemente el número de accidentes, infracciones o consumo de los vehículos. Todo ello afecta al empleo pues no solo desaparecen los puestos de trabajo como conductor si no que se reduce la demanda y la necesidad de mecánicos que reparen vehículos.

En cuanto al lado positivo, no solo se salvan vidas si no que se crean empleos que requieren formación en tecnología y desarrollo de vehículos. También fomenta la productividad dentro del vehículo al liberar al conductor y reduce los tiempos de conducción al hacer más eficiente tanto las rutas como la circulación del tráfico.

En definitiva, son cambios que facilitan mucho la vida urbana y salvan gran cantidad de vidas al año. Es inevitable, como hemos visto, que este cambio en la movilidad conlleve efectos negativos para algunas partes de la sociedad en el corto plazo que son inevitables para lograr un bien mayor.

En mi opinión, se trata de uno de los mayores avances en la historia de la humanidad. Será un avance tan importante como lo fue la introducción del motor de combustión en los vehículos de transporte y pienso que supondrá un cambio de paradigma total. Es evidente que, como todo cambio, conllevará sacrificios y adaptación por parte de la sociedad y sin duda habrá muchos efectos negativos en el corto plazo no solo económicos

si no también sociales pues dado que la adopción del vehículo autónomo no va a ser completa de manera instantánea, esta llevará inevitablemente a la exclusión de aquellas personas que no puedan permitirse comprar un vehículo autónomo. Ejemplos de estas medidas ya se ven en Madrid central para aquellos que no poseen un vehículo eléctrico o poco contaminante. No extrañaría ver en el futuro restricciones de circulación para aquellos coches que no son totalmente autónomos.

No obstante, pienso que trae más ventajas que desventajas pues facilitará enormemente la movilidad en las ciudades, salvará muchas vidas y facilitará el día a día a personas y negocios. Beneficios que afectarán a la sociedad por completo. En conclusión, en el largo plazo será un cambio que beneficie a la sociedad y haga de nuestro mundo un mundo mejor.

## **7.2 Limitaciones y futuras líneas de investigación**

### **7.2.1 Limitaciones**

Aunque este trabajo se ha centrado en una realidad donde el 5G es la tecnología habilitante de la conducción autónoma, esto no quiere decir que sea la única o existan limitaciones en cuanto al estudio o viabilidad de la propia conducción autónoma. Por ello, en este apartado se destacan los principales inconvenientes y límites encontrados durante la investigación.

En primer lugar, este estudio se centraba en la tecnología 5G y la posibilidad de ser la tecnología que permita una conducción totalmente autónoma. Esto no quiere decir que sea la única posibilidad. Existen **otras alternativas** para que la conducción autónoma sea una realidad como el uso de la red de telecomunicaciones actual en conjunto con una mejora en la tecnología de los ordenadores de a bordo de los vehículos.

En segundo lugar, la **eficiencia de la tecnología** debe avanzar más pues una conducción totalmente autónoma requiere de sistemas de inteligencia artificial y reconocimiento muy avanzados. Si bien se están desarrollando no queda claro si esto será posible, especialmente en condiciones meteorológicas desfavorables como la existencia de nieve o bancos de niebla en las carreteras. Incluso podría darse una sobrecarga de los sistemas de telecomunicaciones si además incluimos millones de vehículos que están conectados en todo momento. Por último, en este apartado, no queda claro si será posible garantizar

la conexión ininterrumpida de los sistemas V2X pues, aunque la teoría esté ahí existen muchos problemas de alcance ya mencionados con la tecnología 5G.

En tercer lugar, aparecen **problemas éticos** que no terminan de ser solucionados por la bibliografía en el tema. Una de las mayores ventajas de la conducción autónoma es evidentemente la toma del control de la conducción por ordenador a bordo y la reducción de los accidentes. No obstante, esto no significa que no sigan surgiendo incidentes en la carretera y, por ello, se plantean situaciones imaginarias pero posibles donde las decisiones a tomar son peligrosas: el caso en el que un peatón cruce la carretera poniéndose en la trayectoria del vehículo y donde frenar a tiempo no sea posible, siendo el choque con el peatón o el choque con el vehículo de al lado las únicas dos opciones. En estos casos un humano reaccionaría instintivamente y de manera prácticamente aleatoria, pero una máquina deberá tomar una decisión que ha sido previamente programada por sus creadores. Por lo tanto, surge la siguiente pregunta: ¿Debería la máquina poner en peligro a los ocupantes del vehículo o al peatón? Se trata de decisiones éticas complejas y que la bibliografía actual no encuentra soluciones de momento.

### **7.2.2 Futuras líneas de investigación**

Finalmente, en cuanto a futuras líneas de investigación, la gran mayoría de la bibliografía coincide en que la conducción autónoma y la eficiencia de la tecnología 5G no será lograda hasta mínimo el año 2025. Además, dentro de esta línea, existe ya creciente bibliografía en la tecnología 6G y sus ventajas con respecto a los inconvenientes que presenta su antecesor (Nawaz, Ibrahim, Junaid, Kousar, & Parveen, 2020). Por lo tanto, es evidente que en los próximos años aparecerá más información y detalle con respecto al tema.

El estudio plantea tres grandes caminos a seguir:

En primer lugar, se debe alcanzar un mayor nivel de detalle en cuanto al despliegue de tecnología 5G en España y la fiabilidad de la misma en un sistema V2X, pues como se ha visto actualmente su rendimiento decae en largas distancias y muchos autores plantean un ecosistema híbrido de sistemas de telecomunicaciones.

En segundo lugar, una vez se conozca más en profundidad el funcionamiento, coste y la viabilidad en un entorno compuesto totalmente por vehículos autónomos, se podrá hacer

un estudio económico más en profundidad sobre los cambios estructurales y cuantificar el impacto económico de estos en España.

Finalmente, en tercer lugar, existe la posibilidad de llevar a cabo el mismo análisis sobre los vehículos autónomos con respecto a la tecnología 6G. Dado que la tecnología 5G está tardando en ser económicamente viable o tener una aplicación eficiente, esto lleva a pensar que quizás sea la tecnología 6G y su combinación con la inteligencia artificial la que logre solventar los problemas actuales (Nawaz, Ibrahim, Junaid, Kousar, & Parveen, 2020).

## 8. Bibliografía

- Abdeldjalil Chekired, D., Amine Togou, M., Khoukhi, L., & Ksentini, A. (2019). 5G-Slicing-Enabled Scalable SDN Core Network: Toward an ultra-low latency of autonomous driving service. *IEEE Journal on selected areas in communications*, 37(8), 1769-1781.
- Adnan, N., Nordin, S., Bahruddin, M., & Ali, M. (2018). How trust can drive forward the user acceptance to the technology? In-vehicle technology for autonomous vehicle. *Transportation research part A*, 819-836.
- Alonso, E., Arpón, C., Gonzalez, M., Fernandez, R. A., & Nieto, M. (2020). Economic impact of autonomous vehicles in Spain. *European Transport Research Review*.
- ANFAC. (2020). ANFAC. Obtenido de Datos claves del sector automoción 2020: <https://anfac.com/datos-clave-del-sector-automocion-2020/>
- ANFAC. (3 de Enero de 2022). La crisis económica y de los microchips retrasa la recuperación de las matriculaciones. ANFAC.
- Bahrke, J., & Grammenou, M. (16 de Diciembre de 2021). Commission to invest more than €1 billion under the Connecting Europe Facility for innovative and secure connectivity. *European Commission*.
- Bezai, N. E., Medjdoub, B., Al-habaibeh, A., Chalal, M. L., & Fadil, F. (2021). Future cities and autonomous vehicles: analysis of the barriers to full adoption. *Energy and built environment*, 65-81.
- Brown, D., Flickenschild, M., Mazzi, C., Gasparotti, A., Panagiotidou, Z., Dingemanse, J., & Bratzel, S. (2021). The future of the EU automotive sector. *European Parliament*.
- Campisi, T., Severino, A., Ahmad Al-Rashid, M., & Pau, G. (2021). The development of smart cities in the connected and autonomous vehicles (CAVs) era: from mobility patterns to scaling in cities. *Infrastructure*.
- Campolo, C., Molinaro, A., Iera, A., & Menichella, F. (2017). 5G Network Slicing for Vehicle-to-Everything Services. *IEEE Wireless Communications*, 38-45.
- Clements, L., & Kockelman, K. (2017). Economic effects of autonomous vehicles. *Transportation research record*, 106-114.
- Deloitte. (2022). *2022 Global Automotive Consumer Study*. Deloitte.

- Diaz Delgado, M. (2018). *PWC*.
- Doucette, R., Hensley, R., Kaas, H.-W., & Rittstiegl, M. (2020). Winning the race for talent: A road map for the automotive industry. *McKinsey & Company*.
- EY. (13 de Septiembre de 2021). Beneficios récord en la primera mitad de año para los principales fabricantes de automóviles. *EY*.
- Ferrero, F., Perboli, G., Rosano, M., & Vesco, A. (2018). Car-sharing services: An annotated review. *Sustainable cities and society*, 501-518.
- Fraedrich, E., Heinrichs, D., Bahamonde-Birke, F., & Cyganski, R. (2018). Autonomous driving, the built environment and policy implications. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Frailé, C. N. (Abril de 2021). El "var" de las infracciones en carretera. *Dirección General de Tráfico*.
- Furcher, T., Holland-Letz, D., Rupalla, F., & Tschiesner, A. (2021). Car buying is on again, and mobility is picking up. *McKinsey & Company*.
- Gohoungodji, P., Bernadine N'Dri, A., Latulippe, J.-M., & Barreto Matos, A. L. (2020). What is stopping the automotive industry from going green? A systematic review of the barriers to green innovation in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*.
- Gruyer, D., Orfila, O., Glaser, S., Hedhil, A., Hautière, N., & Rakotonirainy, A. (2021). Are connected and automated vehicles the silver bullet for future transportation challenges? Benefits and weaknesses on safety, consumption and traffic congestion. *Frontiers in sustainable cities*.
- GSMA. (2017). An introduction to Network Slicing. *GSMA*.
- GSMA. (2021). 5G Spectrum . *GSMA Public Policy Position*.
- Gywali, S., Xu, S., Qian, Y., & Qiangyang Hu, R. (2020). Challenges and solutions for cellular based V2X communications. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*.
- Hasan, M., Mohan, S., Shimizu, T., & Lu, H. (2020). Securing Vehicle-to-Everything (V2X) communication platforms. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT VEHICLES*.
- Heineke, K., Ménard, A., Södergren, F., & Wrlulich, M. (2019). Development in the mobility technology ecosystem - how can 5G help? *McKinsey Center for Future Mobility*.

- Hofstätter, T., Krawina, M., Mühlreiter, B., Pöhler, S., & Tschiesner, A. (2020). Reimagining the auto industry's future: It's now or never. *Mckinsey & Company*.
- ICEX. (2020). *Invest in Spain*. Obtenido de España ocupa la 2ª posición en Europa en la fabricación de vehículos y el 8º a nivel mundial: <https://www.investinspain.org/es/sectores/automocion-movilidad>
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). Personas con empleo, tiempo medio diario dedicado a las distintas actividades. *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de [https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es\\_ES&c=INESeccion\\_C&cid=1259925472488&p=%5C&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout&param1=PYSDetalle&param3=1259924822888](https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925472488&p=%5C&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout&param1=PYSDetalle&param3=1259924822888)
- Jong, W., & van der Linde, V. (2022). Clean diesel and dirty scandal: The echo of Volkswagen's dieselgate in an intra-industry setting. *Public Relations Review*.
- Malterud, K. (2001). Qualitative research: standards, challenges, and guidelines. *The Lancet*, 483-488.
- Mavromatis, I., Tassi, A., Rigazzi, G., Piechocki, R., & Nix, A. (2018). Multi-Radio 5G Architecture for connected and autonomous vehicles: application and design insights. *Industrial Networks and Intelligent Systems*.
- Mehta, R., Sahni, J., & Khanna, K. (2018). Internet of Things: Vision, Applications and Challenges. *International Conference on Computational Intelligence and Data Science*.
- Mills, N. (25 de Marzo de 2021). Will Self-Driving Cars Disrupt The Insurance Industry? *Forbes*.
- Mohammad Nazir, N., & Shavarebi, K. (2019). A review of global automotive. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 170-183.
- Montoro, J. (10 de Diciembre de 2021). *Carwow*. Obtenido de Situación actual y oportunidades en el sector de la automoción. ¿Qué marcas tienen stock?: <https://www.carwow.es/blog/situacion-automovil-crisis-microchips-2022-stock-marcas#gref>
- Mumtaz, S., Rodriguez, J., & Dai, L. (2017). *mmWave massive MIMO a paradigm for 5G*. Academic Press.

- Nawaz, F., Ibrahim, J., Junaid, M., Kousar, S., & Parveen, T. (2020). A review of vision and challenge of 6 technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*.
- Nikitas, A., Vitel, A.-E., & Cotet, C. (2021). Autonomous vehicles and employment: An urban futures revolution or catastrophe? *Cities*.
- OECD. (2021). COVID-19 emergency government support and ensuring a level playing field on the road to recovery. *OECD Policy Responses to COVID-19*.
- Pichler, M., Krenmayr, N., Schneider, E., & Brand, U. (2021). EU industrial policy: between modernization and transformation of the automotive industry. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 140-152.
- Pisarov, J., & Mester, G. (2020). The impact of 5G technology on life in the 21st century. *IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR)*, 11-14.
- Porter, M. (1990). The competitive advantage of nations. *The Magazine*.
- Rao, S. K., & Prasad, R. (2018). Impact of 5G technologies on Smart City implementation. *Wireless Pers Commun*, 161-176.
- Raposo, M. A., Grosso, M., Mourtzouchou, A., Krause, J., Duboz, A., & Ciuffo, B. (2021). Economic implications of a connected and automated mobility in Europe. *Research in Transportation Economics*.
- Renato Storck, C., & Duarte-Figueiredo, F. (2020). A survey of 5G technology evolution, standards, and infrastructure associated with Vehicle-to-Everything communications by Internet of Vehicles. *IEEE Access*, 117593-117614.
- Rodier, C. (2018). The effects of ride-hailing services on travel and associated greenhouse gas emissions. *National Center for Sustainable Transportation*.
- Sabella, D., Vaillant, A., Kuure, P., Rauschenbach, U., & Giust, F. (2016). Mobile-Edge Computing Architecture: The role of MEC in the Internet of Things. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 84-91.
- Sampson, E., Signor, L., Flachi, M., Hemmings, E., Somma, G., Aifadopoulou, G., . . . Sourlas, V. (2019). The role of intelligent transport systems (ITS) in sustainable urban mobility planning. *European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans*.

- Seuwou, P., & Ubakanma, G. (2020). The future of mobility with connected and autonomous vehicles in smart cities. *Digital Twin Technologies and Smart Cities*, 37-52.
- Storck, C. R., & Duarte-Figueiredo, F. (2019). A 5G V2X Ecosystem providing Internet of Vehicles. *Sensors*.
- United Nations. (2018). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050. *United Nations*.
- Vošta, M., & Kocourek, A. (2017). Competitiveness of the European Automobile. *Politics in Central Europe*, 13(1), 69-86.
- Yang, Y., & Hua, K. (2019). Emerging Technologies for 5G-Enabled Vehicular Networks. *IEEE Access*, 7, 181117-181141.