

Una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos *

Uma abordagem geral para o desenvolvimento de carros autônomos

A General Approach to the Development of Autonomous Cars

Antonio Luis Terrones Rodríguez **

El propósito de este trabajo consiste en llevar a cabo una aproximación introductoria al ámbito de los coches autónomos. En primer lugar, se hace un breve repaso histórico para observar su evolución y posteriormente se destaca la importancia que posee la investigación en inteligencia artificial para el desarrollo de esta tecnología autónoma. Los coches autónomos suscitan un cambio cultural en la movilidad que viene acompañado de ventajas, oportunidades, riesgos y amenazas que deben ser sometidas a un juicio valorativo. Por ello resulta fundamental llevar a cabo una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos como una novedad tecnológica que condicionará la vida del futuro en materia de movilidad y gestión del tiempo.

153

Palabras clave: coches autónomos; inteligencia artificial; movilidad; cultura; ventajas; desventajas

* Recepción del artículo: 13/05/2020. Entrega de la evaluación final: 25/06/2020.

** Doctor en filosofía por la Universitat de València, España, con una tesis doctoral bajo el título: *Inteligencia artificial responsable. Humanismo tecnológico y ciencia cívica*. Ha sido profesor titular en la Pontificia Universidad Católica y Universidad de los Hemisferios, ambas de Ecuador. Además, ha colaborado como profesor visitante en la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas y en la Universidad de La Habana, ambas de Cuba. Correo electrónico: antonioluis.terrones@gmail.com.

O objetivo deste trabalho é realizar uma abordagem introdutória ao campo de carros autônomos. Primeiro, é feita uma breve revisão histórica para observar sua evolução e, posteriormente, é destacada a importância da pesquisa em inteligência artificial para o desenvolvimento dessa tecnologia autônoma. Os carros autônomos criam uma mudança cultural na mobilidade que é acompanhada de vantagens, oportunidades, riscos e ameaças que devem estar sujeitas a um julgamento de valor. Por esse motivo, é necessário realizar uma abordagem geral ao desenvolvimento de carros autônomos como uma novidade tecnológica que condicionará a vida do futuro em termos de mobilidade e gerenciamento de tempo.

Palavras-chave: carros autônomos; inteligência artificial; mobilidade; cultura; vantagens; desvantagens

The purpose of this article is to carry out an introductory approach to the field of autonomous cars. Firstly, a brief historical review is set forth to detail its progress. Secondly, the importance of artificial intelligence research for the development of this autonomous technology is highlighted. Autonomous cars spark a cultural change in mobility that comes with advantages, opportunities, risks and threats that must be subjected to analysis. For this reason, it is necessary to carry out a general approach to the development of autonomous cars as a technological innovation that will influence life in the future in terms of mobility and time management.

Keywords: autonomous cars; artificial intelligence; mobility; culture; advantages; disadvantages

Introducción

En 1925 Francis Houdina decide innovar en el ámbito de los coches e introduce un mecanismo de radiocontrol. Ha pasado casi un siglo desde aquel experimento y las investigaciones en los coches autónomos van *in crescendo*. Las principales marcas del sector automovilístico se disputan un nicho de mercado a través de los últimos adelantos tecnológicos, entre los que se encuentra la autonomía.

La investigación sobre la autonomía de los coches está compuesta por un entramado de tecnologías de alta complejidad, entre las que se encuentra el reconocimiento óptico, la inteligencia artificial (IA), geolocalizadores, diversos tipos de sensores, etc. Toda esta variedad de tecnologías pretende introducir en las vías coches sin conductor con la más alta garantía de seguridad y confort. Los expertos en el campo en cuestión señalan importantes ventajas y beneficios que devienen de estos coches autónomos; no obstante, advierten que implicarán un cambio en la cultura de la movilidad que debe afrontarse de manera responsable y prudente.

Este cambio cultural conlleva importantes desafíos debido a la introducción de una tecnología caracterizada por la autonomía en un universo donde ésta es mayoritariamente humana. Detrás del concepto de autonomía se suscitan interesantes debates en el entorno de la filosofía moral; sin embargo, ese no es el propósito exclusivo de este trabajo, pues nos ocuparía más espacio. En este sentido, antes de llevar a cabo cualquier análisis valorativo concretamente desde una disciplina, es necesario lograr un acercamiento introductorio a esta novedosa tecnología para comprender sus aspectos más básicos desde diferentes perspectivas.

155

El recorrido histórico permite comprender los rasgos esenciales en su desarrollo, destacando algunos asuntos de importancia. Del mismo modo, es necesario entender que el avance en este campo no podría haberse dado lugar sin ir de la mano de la IA. Las tecnologías implicadas en el desarrollo de los coches autónomos pueden conllevar una diversidad de beneficios y de perjuicios, de promesas y de riesgos, que conviene abordar cuidadosamente y en profundidad. Por ello, resulta fundamental impulsar un acercamiento a esta tecnología para pensarla en el contexto de las exigencias dictadas por la Agenda 2030 (Organización de Naciones Unidas, 2015), como una herramienta de las instituciones de diversa naturaleza para perseguir un bienestar humano y un compromiso cívico.

1. Desarrollo histórico del automóvil sin conductor

El sector de los coches sin conductor ha experimentado asombrosos cambios en función de los avances tecnológicos que han ido sucediéndose con el paso del tiempo. Así pues, un conocimiento introductorio de dichos avances a lo largo de la historia puede brindar unas interesantes coordenadas desde las que acceder a una mejor orientación en este campo que presenta tantas novedades y tantos desafíos en la actualidad y en las próximas décadas.

En agosto de 1925, un extraño espectáculo dejó atónitos a un conjunto de espectadores en Broadway, Nueva York. Un automóvil vacío iba de un lado para otro por la calle; lo seguía de cerca otro automóvil repleto de aparatos de radio y varios hombres que desempeñaban cada uno una función tras un conjunto de controles. Del primer automóvil sale una antena desde la parte de atrás, donde debería estar el asiento trasero, pues en su lugar hay un enjambre de cables, baterías y tubos. Este es el histórico caso del automóvil de Francis Houdina, la primera experiencia de radiocontrol impulsada por la Houdina Radio Control Company (Lee Stayton, 2011).

Aunque las investigaciones más recientes e importantes en el campo de los automóviles automatizados se remontan un par de décadas atrás, impulsadas principalmente por Tesla, Google y Uber, cualquiera podría pensar que los automóviles sin conductor son relativamente una novedad. Esta idea se sostiene principalmente en los avances que se han dado en los últimos años gracias al desarrollo de la IA. No obstante, la historia demuestra que ya en 1925 se había introducido el primer prototipo de automóvil autónomo en las calles de Broadway. Pensar que este acontecimiento histórico fue el inicio de un desarrollo constante y progresivo hasta el automóvil autónomo actual es un error colosal. El desarrollo de este campo ha sido el producto de la convergencia de varias fuentes de conocimiento que se han derivado de diversos paradigmas dados en el curso histórico. El espíritu que se encuentra tras los coches autónomos es el mismo que ha servido de impulso para otros inventos, pues pertenece a una cultura de la electrificación. La síntesis máquina-herramienta y la interconexión en red, entre otros elementos, son producto de las denominadas “acciones modo-maquina” (Collins, 1990, p. 42).

156

Cuando la Houdina Radio Control Company comienza a explorar el campo de los automóviles autónomos, la radio era una tecnología que estaba en boga. Un año más tarde, en 1926, la compañía Aachen Motors exhibió un automóvil a control remoto bajo el nombre de Phantom Auto (Lee Stayton, 2011, p. 13). Aunque en la historia de los automóviles autónomos estos acontecimientos representan el comienzo de un espíritu revolucionario para la movilidad, en su época significaron únicamente una forma de entretenimiento para las personas en lugar de un avance verdaderamente tecnológico. Esto se debió en gran parte a que el vehículo todavía presentaba una gran dependencia de control humano. Un claro ejemplo de esta utilidad de la tecnología orientada hacia el ocio y el entretenimiento fue la Feria Mundial de Nueva York de 1939, donde acudieron 44 millones de visitantes para disfrutar de las muestras que allí se exhibían sobre los últimos adelantos científicos y tecnológicos. El gran triunfador de esta ideología tecno-utópica fue Futurama, una exposición diseñada por Norman Bel Geddes para representar el mundo del futuro por medio de la escenificación de autopistas automatizadas, gigantescos barrios y otras obras de ingeniería sorprendentes para esa época (Wetmore, 2003, pp. 3-4).

Durante la década de 1960, el interés por los vehículos sin conductor siguió presente en el imaginario colectivo de muchos ingenieros automotrices estadounidenses como Andrew Kucher, vicepresidente del departamento de ingeniería e investigación de Ford. Kucher fue mencionado en un artículo publicado en el *Chicago Daily Tribune* con el título: “*In 50 Years: Cars Flying Like Missiles: Can you imagine flying automóviles directed by automatic guidance systems?*”. Unos años antes, en 1953, las compañías

General Motors y Radio Corporation of América exploraron la posibilidad de construir vehículos autónomos mediante experimentos caracterizados por el desarrollo de un sistema de dirección y control a distancia (Wetmore, 2003, p. 6). Como fruto de las investigaciones realizadas por General Motors pueden encontrarse dos vehículos conceptuales, Firebird y Firebird II, aunque no tenían capacidades automatizadas en absoluto. El espíritu de Futurama siguió presente durante la Feria Mundial de Nueva York de 1964, donde General Motors presentó un sistema de carreteras automatizado muy parecido al que una década antes había presentado Vladimir Zworykin, de Radio Corporation of America (Wetmore, 2003, p. 9).

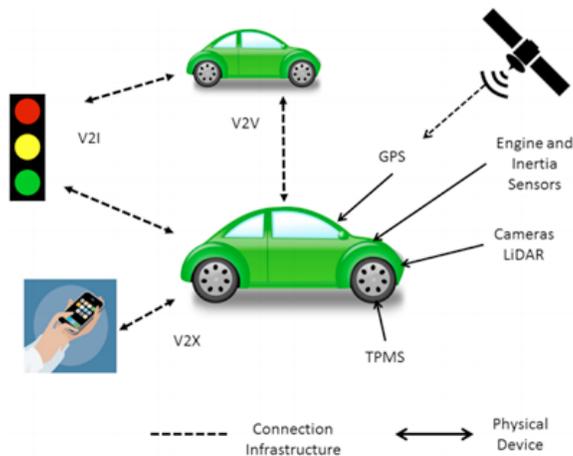
Es importante mencionar que no todas las investigaciones de vehículos autónomos estuvieron dirigidas a los automóviles y que tampoco se dieron necesariamente en los Estados Unidos. Los esfuerzos se centraron principalmente en otras tecnologías, como los peajes electrónicos e información para el conductor facilitada a través de sistemas ubicados fuera del vehículo. A diferencia de la radio, se abrieron paso los sistemas eléctricos que implicaban cambios en las infraestructuras. La investigación de automóviles sin conductor comenzó con unos enfoques novedosos orientados a la visión computarizada. Estas técnicas de visión computarizada se iniciaron en 1969, aunque no fue hasta 1980 cuando despegó en Alemania, donde el ingeniero Ernst Dickmann trabajó en la creación de vehículos autónomos a través de la visión sacádica, que consiste en una serie de movimientos rápidos de los ojos u otras partes de animales o dispositivos, además de cálculos probabilísticos y computación paralela, lo que permite resolver muchos problemas de forma simultánea (Dickmann *et al.*, 1994). El proyecto alemán fue emulado en los Estados Unidos con un automóvil desarrollado por la Universidad Carnegie Mellon, basado en el soporte físico proporcionado por un Chevrolet que fue probado con éxito en carreteras sin tráfico, alcanzando hasta 60 millas por hora (Bogost, 2014). Posteriormente, EUREKA, una organización intergubernamental para la financiación y coordinación europea en investigación y desarrollo, impulsó el proyecto PROMETEO, que recibió 749 millones de euros y se convirtió así en el mayor proyecto de I+D nunca antes conocido en el ámbito de los coches sin conductor. PROMETEO contó con la participación de numerosas instituciones universitarias y fabricantes de automóviles. Este proyecto se desarrolló entre 1987 y 1995 e involucró el vehículo VaMP14, creado por el laboratorio de investigación de Dickmann junto con su Daimler-Benz, VITA-II. Este modelo utilizaba video analógico digital con señales digitalizadas para detectar carriles y otros vehículos, además de sensores adicionales de presión para detectar el frenado, la temperatura, el ángulo de giro y la aceleración, entre otros (Ulmer, 1994, p. 2). Este proyecto europeo acabó con 1000 kilómetros de operación recorridos por parte de automóviles autónomos en condiciones normales de tráfico en las autopistas de París, así como también un viaje entre Múnich y Copenhague (Dickmann *et al.*, 2014).

Los Estados Unidos emprendieron también el camino de la investigación basada en la visión, aprobada por el Congreso de la Eficiencia del Transporte Intermodal de Superficie. La ley creada en 1991 permitió que 650 millones de dólares se invirtieran para fondos de investigación en vehículos sin conductor durante los siguientes seis años (Novak, 2013). Esta ley fomentó la iniciativa para crear un automóvil automatizado basado en computación y con orientación a la seguridad y el impacto medioambiental. Todas estas investigaciones sirvieron para que en 2004 y 2005 se impulsara el gran

desafío de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA), que despertaría un gran interés y reuniría a importantes expertos para ampliar las capacidades de los automóviles autónomos.

En la actualidad, Google basa sus investigaciones en el escáner LIDAR, una red de cámaras y un complejo sistema de mapeo y GPS de gran precisión. En cambio, Mercedes se centra más en un complejo de cámaras y radares, y no en LIDAR. Por su lado, Tesla está trabajando en un sistema de enfoque interactivo para la autonomía del coche, enfocándose principalmente en actualizaciones de *software* que agregan nuevas funciones de automatización. La compañía Volvo probó sus automóviles hace unos años en las carreteras de Suecia y tiene especial interés en la investigación de sistemas avanzados de asistencia al conductor y en los sistemas de control de vehículos avanzados. La siguiente imagen señala las categorías de grupos de investigación que trabajan en el desarrollo de estas tecnologías autónomas.

Imagen 1. Categorías de grupos de investigación que trabajan en el desarrollo de los coches autónomos



158

Fuente: Parkinson *et al.* (2017)

La abundante literatura mencionada en este trabajo motiva el resumen mostrado en la anterior imagen, que presenta una ilustración de las categorías de investigadores que actualmente están desarrollando los coches autónomos. Estas categorías incluyen Vehículo 2 Vehículo (V2V), Vehículo a Infraestructura (V2I), y Vehículo a X (V2X), donde X está habilitado para un dispositivo con Internet. Se ilustran además dispositivos con sensores, como sistemas de posición global (GPS, por sus siglas en inglés) y el monitoreo de presión de neumáticos (TPMS, por sus siglas en inglés).

2. Inteligencia artificial y autonomía

Después de uno de los accidentes en los que estuvo involucrado el prototipo de Waymo en la ciudad de Chandler, Arizona, la empresa aprovechó la conferencia Google I/O para explicar con detalles la tecnología que se encuentra tras los automóviles sin conductor y el papel de la IA en la función de la conducción. Como señala un informe (Peña, 2018), el trabajo que han desarrollado los investigadores en este campo no podría haber sido posible sin la experticia en la IA, una herramienta que consideran fundamental, junto con el aprendizaje automático, y que está permitiendo promover el carácter autónomo de los coches en los últimos años.

Los avances de la IA han sido decisivos en muchos ámbitos como el reconocimiento óptico o de voz. Los expertos en IA de Google colaboraron con Waymo para fortalecer la autonomía de sus coches. Los ingenieros de Waymo trabajaron codo con codo con el equipo Google Brain, gracias a los últimos avances en *deep learning* de las máquinas y redes, concretamente en el sistema de detención de peatones. La tasa de error en este sistema de detención consiguió reducirse hasta cien veces gracias a la incorporación de la IA, contribuyendo de ese modo a que estos sistemas sean más eficaces y seguros para las vías.

Gracias a la IA, los avances experimentados han permitido franquear la frontera que existe entre la realidad y la ciencia ficción en materia de vehículos autónomos. Hoy Waymo es la única compañía en el mundo que tiene una flota de automóviles verdaderamente autónomos recorriendo las vías públicas. La IA juega un papel crucial en el engranaje de todas las partes que configuran el sistema de conducción autónoma. Aunque la percepción y el reconocimiento óptico son las áreas que han experimentado una mayor madurez en el aprendizaje profundo de las máquinas, también es utilizada la IA para fortalecer otras esferas que van desde la predicción hasta la planificación, el mapeo y la simulación. A través del *machine learning* pueden emprenderse navegaciones por situaciones con diversos escenarios y variadas exigencias y complejidades. Hasta la fecha, Waymo ha recorrido más de seis millones de millas en vías públicas y se han recopilado cientos de millones de datos a través de la observación de interacciones entre otros automóviles, peatones, ciclistas, etc. La infraestructura algorítmica de Waymo se basa en el ecosistema *TensorFlow* y los centros de datos que les facilita Google, incluida la unidad de procesamiento tensorial o TPU (del inglés *tensor processing unit*), un circuito integrado y desarrollado también por Google que se encuentra orientado para el aprendizaje automático. El TPU le brinda a Wingo un entrenamiento más eficiente de sus redes, lo que permite fortalecer las pruebas que se llevan a cabo y se mejoran de ese modo sus modelos y la implementación a una mayor velocidad.

El reto de los automóviles autónomos es llevar la tecnología de conducción autónoma a todas partes y ante cualquier adversidad, ya sea una intensa lluvia o nevada. En ese sentido, la IA es un esencial soporte tecnológico para que la autonomía pueda fortalecerse y se alcancen nuevos logros. La IA permitirá a este nuevo sector impulsar sus investigaciones y facilitar el alcance a la meta de un transporte más seguro, fácil y accesible para toda la ciudadanía.

3. Los coches autónomos se abren camino

La investigación en el sector de los automóviles sin conductor aumenta a un ritmo considerable como consecuencia de otros avances tecnológicos. El complejo que configura el ámbito de estos artefactos se encuentra impulsado desde varias aristas, lo que hace que su diseño y fabricación se demore tanto tiempo. Ese tiempo de espera es un punto a favor para las sociedades, las instituciones y los organismos que experimentarán su impacto, pues pueden hacer uso de él para valorar la incorporación de esta tecnología en las formas culturales de movilidad. Existe una serie de detonantes que sirven como impulso para este campo de investigaciones. La consultora McKinsey & Company ha identificado diez elementos que representan las condiciones de posibilidad para la creación de estos automóviles.

Tabla 1. Diez elementos que representan las condiciones de posibilidad para la creación de los coches autónomos

Actuación	Nube	Percepción y análisis	Control de conducción de objetos	Toma de decisiones
Dirección, frenado y aceleración	Aprendizaje y actualización de mapas de alta definición, incluidos datos de tráfico, así como algoritmos para la detección de objetos, clasificación y toma de decisiones	Detección, clasificación y seguimiento de objetos y obstáculos	Conversión de salidas de algoritmos en señales de accionamiento para actuadores	Planificación del recorrido del vehículo, trayectoria y maniobras
Localización y mapeo	Análisis	Sistema operativo	Hardware del ordenador	Sensores
Fusión de datos para cartografía de entornos y localización de vehículos	Plataforma para monitorear el funcionamiento del sistema autónomo, detectar fallas y generar recomendaciones	<i>Middleware</i> y sistema operativo en tiempo real para ejecutar algoritmos	Sistema de alto rendimiento y bajo consumo de energía en un chip (SOC) con alta confiabilidad	Múltiples sensores, incluyendo lidar, sonar, radar y cámaras

Fuente: McKinsey & Company, 2017

En este momento, la creación de automóviles autónomos se concentra en el desarrollo de tecnologías de asistencia en la conducción. La Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE Internacional) identifica seis niveles de autonomía en los vehículos en general:

- *Sin automatización*: el conductor humano tiene todo el control y realiza todas las tareas.
- *Asistencia al conductor*: algunas funciones simples y mínimas, como la dirección, pueden ser realizadas por el vehículo, aunque todas las funciones restantes recaen bajo estricto control humano.
- *Automatización parcial*: el sistema de asistencia del vehículo comienza a ayudar en algunos elementos de la conducción como la aceleración; se utiliza información que se obtiene del entorno de conducción (sensor de lluvia). En este nivel es necesario todavía un conductor preparado que se haga responsable de las tareas más primarias.
- *Automatización condicionada*: el automóvil comienza conducir en la mayoría de situaciones, como el cambio de carril, aunque el conductor todavía puede intervenir en el manejo de estas situaciones.
- *Alta automatización*: el automóvil tiene la habilidad de asumir la conducción frente a cualquier situación sin la necesidad de intervención humana. No obstante, en situaciones climáticas severas se puede desactivar el piloto automático. El desarrollo de los coches de Google se encuentra en este nivel.
- *Automatización completa*: este nivel se caracteriza principalmente por la completa autonomía frente a todas las situaciones por muy complejas que sean sin necesidad de intervención humana (SAE International, 2019).

Es importante destacar que existe una especie de “carrera de la automatización” entre las empresas de este sector en pugna por alcanzar los niveles 4 y 5. Esto se debe principalmente a que aquellas empresas que alcancen esos niveles podrán hacerse con la exclusividad comercial. Entre las empresas más destacadas de este sector se encuentran Google, Tesla, Uber, Apple, BMW, Toyota, Audi, Mercedes Benz, Volvo y Volkswagen, entre otras.

161

4. Cambio cultural de la movilidad

Más allá de los desafíos tecnológicos que enfrentan los automóviles autónomos, el cambio cultural de la movilidad que se proyecta en la sociedad es uno de los retos más difíciles afrontar. No es de extrañar que, debido a los accidentes que han ocurrido en 2018 en los Estados Unidos, la ciudadanía muestre desconfianza ante esta tecnología. Incluso hay quienes se han opuesto a que este tipo de transportes autónomos lleven a cabo sus pruebas en áreas urbanas donde hay muchos transeúntes (Berboucha, 2018).

Los coches autónomos posibilitarán un cambio en la cultura de la movilidad de la ciudadanía, pues plantearán nuevas formas y posibilidades desde las que entenderla. Personas que en la actualidad han abandonado el uso del coche, como los ancianos o los invidentes, podrán hacer uso nuevamente de los vehículos sin conductor, asumiendo que se les brinda una nueva posibilidad para ampliar su horizonte móvil. Además, dos estudios, uno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y otro de Barclays, ambos de 2015, revelan una reducción significativa de las flotas de coches, debido a que los coches sin conductor estarían

en condiciones de sustituir los desplazamientos llevados a cabo tanto por vehículos particulares como por taxis u otros medios de transporte público. Los denominados SAV (un automóvil con un servicio múltiple que depende de la demanda de cada momento, similar a los taxis, pero sin conductor) y los PSAV (un vehículo similar a los SAV, pero de uso compartido simultáneo) promoverán otra movilidad diferente a la conocida hasta ahora. Se liberarán además espacios viales gracias a la menor necesidad de plazas de estacionamiento, lo que favorecería la descongestión de la circulación y también el aprovechamiento de esos espacios para otros fines.

Otro aspecto a tener en cuenta es el menor tiempo dedicado a la conducción que permitirá un desplazamiento de los horarios diarios de domicilio-trabajo y los resignificará de otro modo, lo que posiblemente influirá de manera positiva en la salud y la productividad de las personas en el trabajo y en una mejor conciliación con la vida familiar. Los coches autónomos podrían contribuir al bienestar de la ciudadanía que dedica tiempo a la conducción porque representarían una menor preocupación frente a dicha actividad.

Gracias a las redes de conexión que presentan los coches sin conductor, los servicios de geolocalización permitirán acceder a un mayor conocimiento sobre el conductor en materia de costumbres y preferencias, y las tecnologías integradas en estos vehículos, como sensores y cámaras, ofrecerán aplicaciones fundadas en el estudio de comportamiento. Esto facilitará que los conductores puedan localizar a lo largo de su trayecto o en el destino aquellos servicios que puedan interesarle en función de los patrones surgidos del análisis de su comportamiento: restaurantes, hoteles, miradores, teatros, cines, lugares de interés, sitios turísticos, aeropuertos, etc. Además, se podrán elegir trayectos alternativos si así se desea. A pesar de lo interesante de esta propuesta, es importante destacar que el acceso a los datos personales puede plantear problemas de confidencialidad, que en Europa ya están siendo planteados (Comisión Europea, 2009). Por lo tanto, el coche 100% autónomo posibilitará una liberalización de tiempo en el trayecto de cada desplazamiento, permitiendo la dedicación para otras ocupaciones según el deseo del conductor o su estilo de vida. La posibilidad de no conducir podría provocar una reducción de las situaciones de estrés y repercutirá positivamente en el bienestar social y personal.

La presencia de automóviles autónomos en las vías no repercutirá solamente en la cultura de la movilidad, sino también en la seguridad vial y en cómo se la percibe. Debido a la falta de necesidad de control humano, no habrá conductores en estado de embriaguez ni con muestras de somnolencia al volante. Sería una solución a muchos de los problemas de mortalidad en las carreteras, ya que reduciría los errores humanos. No obstante, debido a la coexistencia durante un tiempo de conducción autónoma y humana, la transformación de esta cultura de la conducción en materia de seguridad vial se demorará un tiempo.

Por último, también tendrá un impacto positivo en la relación con el medioambiente, pues contribuirá de manera positiva al reconocimiento del valor que se le concede a la naturaleza, ya que los automóviles autónomos que están siendo desarrollados están basados en fuentes de energía renovables o en la electricidad.

5. Las ventajas de la autonomía

Las investigaciones en el sector de los automóviles autónomos se ven motivadas por los beneficios que ofrecerá la incorporación de esta tecnología en el futuro. Debido a la distancia temporal, resulta difícil imaginar muchas de estas ventajas. Rouhiainen (2018, pp. 196-198) destaca las siguientes:

- *Más seguridad en las calles*: según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), al año se producen 1,35 millones de muertes en todo el mundo por accidentes de tráfico. Entre las principales causas se encuentran las distracciones al volante y el consumo de alcohol. Con la autonomía de los vehículos esto ya no será un problema y las vías serán más seguras, tanto para conductores como para peatones.
- *Reducción de los gastos de hospital*: estrechamente relacionados con la seguridad se encuentran los gastos sanitarios. Si hay menos siniestros de tráfico, los gastos sanitarios se reducirán considerablemente.
- Incremento de la productividad: debido a la conducción automática, tanto el conductor como sus acompañantes liberarán tiempo que podrán dedicar a otras tareas u obligaciones.
- *Distribución más rápida de los negocios*: los modernos sistemas de navegación permitirán ganar tiempo y optimizar nuestras tareas de forma más eficiente, lo que tendrá un efecto positivo en el capítulo económico.
- *Mejora en la eficiencia del tráfico*: los coches autónomos no repetirán los patrones culturales del manejo inadecuado de determinados episodios de tráfico y, por lo tanto, la movilidad será más fluida y segura.
- *Menos problemas de aparcamiento*: los vehículos autónomos no tendrán siempre la necesidad de aparcar y por lo tanto de ocupar un espacio. El espacio libre podrá ser entonces utilizado con otras finalidades y los aparcamientos no serán un problema para la planificación urbana de las instituciones políticas.
- *Opciones de movilidad más económicas*: debido al ahorro en el capítulo de personal, los coches sin conductor implicarán una reducción en los costos de movilidad.
- *Menor impacto medioambiental*: las investigaciones en los automóviles autónomos se centran en la búsqueda de fuentes de energías renovables o en la electricidad, motivo por el que se producirán menos emisiones de CO₂ a la atmósfera y, por lo tanto, se contribuirá con la calidad de vida de la ciudadanía.

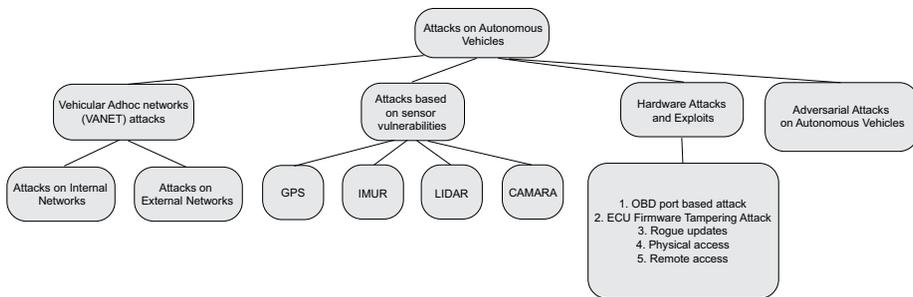
163

En definitiva, existen importantes beneficios en el ámbito de los coches sin conductor, aunque eso no quiere decir que la cuestión de la crítica y la responsabilidad ética deban ser descuidadas. Con más motivos, la incorporación de la responsabilidad en este contexto es fundamental para orientar todos los diseños y proyectos hacia un fortalecimiento de los pilares democráticos y cívicos que sostienen las sociedades actuales a través de un compromiso con la Agenda 2030. Esta tecnología puede contribuir sin duda a la garantía de cuidado y compromiso con los retos actuales, ya que representa una valiosa herramienta para la consecución de los mismos desde sus particulares posibilidades.

6. Desafíos, vulnerabilidades y amenazas

Como en cualquier otro despliegue de la actividad tecnológica más avanzada, el contexto de los automóviles sin conductor también presenta importantes desafíos en torno a las vulnerabilidades y amenazas. Esta tecnología sostenida sobre el espíritu de la autonomía conduce a un horizonte de nuevas posibilidades de diversa índole que pueden ser interpretadas y consideradas a la luz de la voluntad del ser humano. Así pues, no solo pueden ser aprovechadas para el fortalecimiento de los desafíos que enfrenta la humanidad en el ámbito de los ODS, sino también con fines maliciosos y perjudiciales para la ciudadanía. La siguiente imagen representa las principales vías de acceso para las amenazas.

Imagen 2. Principales vías de acceso para las amenazas en los coches autónomos



164

Fuente: Kumar Amara *et al.* (2018)

Esta exposición hacia fines que se alejan de un compromiso con el bienestar y la democracia encuentra su origen en las tecnologías de doble uso. A continuación, se detallarán algunos de estos desafíos relacionados con las vulnerabilidades y las amenazas que deparan los automóviles sin conductor:

A. Brechas de seguridad

- Los vehículos que comenzaron a fabricarse a partir de 2009, y concretamente a partir de 2015, poseen cada vez más sistemas de control electrónico que permiten testear el sistema interno o estar conectados a una centralita de control de la marca de nuestro automóvil. En ese sentido, con el Internet de las cosas y la comunicación entre máquinas, los automóviles se encuentran más expuestos a ciberataques, por ejemplo el clonado de mecanismos de acceso a los aparatos como las llaves. El sistema integrado de control de los automóviles se sitúa en el área de una red como Flexuras, Local InterConnect Network (LIN), Ethernet, etc. Ruiz Domínguez (2017) destaca que los ciberataques a un automóvil pueden darse de forma directa o inalámbrica: mediante el acceso a los puertos USB, que permite la conexión de dispositivos electrónicos; mediante una computadora de diagnóstico, que facilita el

acceso al ordenador de a bordo, o también conocido como cerebro o centralita; o también a través del CD-ROM, un acceso cada vez más inusual. Además, los ciberataques también pueden producirse por control remoto a través de las llaves del vehículo, de la monitorización de la presión de los neumáticos, de los sistemas de asistencia al conductor y por último a través de *bluetooth* o *wifi* (Park y Choi, 2020).

- De los dos tipos de ataque, el que se realiza por medios inalámbricos es más peligroso porque permite atacar múltiples objetivos al mismo tiempo; en cambio, el caso contrario requiere de un contacto directo con el ordenador de a bordo, lo que limita el riesgo (Ruiz Rodríguez, 2017, pp. 4-5). Algunos estudios demuestran el riesgo al que se encuentran expuestos los automóviles debido al entramado de redes que los configuran y que se encuentran integradas en ellos (Checkoway *et al.*, 2011).

B. Acceso y tratamiento de los datos

- Los automóviles sin conductor dependen en mayor medida de las bases de datos que les son suministradas para optimizar su funcionamiento y configuración. Esta cantidad de datos al que tendrán acceso plantea la necesidad de llevar a cabo un ejercicio de preocupación por el tratamiento de los mismos y una incorporación de criterios de responsabilidad bajo parámetros de seguridad. Rouhiainen (2018, pp. 199-200) menciona un informe elaborado por Intel y Strategy Analytics bajo el título *Accelerating the Future: The Economic Impact of the Emerging Passenger Economy*, para poner de relieve la cantidad de control de datos a los que están expuestos los consumidores.

- Rouhiainen advierte que los gobiernos de distintos niveles deben comenzar a considerar esta exposición para que los datos que son utilizados en los automóviles sin conductor respeten la identidad del consumidor y procedan con mecanismos de transparencia. Esta advertencia se debe no solo a la información facilitada de forma voluntaria por los usuarios, sino también a aquellos datos de conducción que son recopilados por sistemas electrónicos de control de los vehículos almacenados en los ordenadores de a bordo y transferidos a algún servidor de almacenamiento de información.

165

C. Controversias éticas

- Entre los desafíos más importantes están las implicaciones éticas que la llegada de los coches autónomos y robotizados tendrá sobre la industria y las instituciones públicas. Son los desafíos éticos los que verdaderamente están provocando importantes rompecabezas en los principales laboratorios de IA del mundo. El MIT impulsó el proyecto *Moral Machine*, que, como se indica en su página web, es “una plataforma para recopilar una perspectiva humana sobre las decisiones morales tomadas por las máquinas inteligentes, como los coches autónomos” (Massachusetts Institute of Technology, 2016).

- La responsabilidad adoptará una nueva dimensión tras la irrupción a gran escala de los coches sin conductor. Tanto es así que el mundo de los seguros y del derecho ya ha comenzado a discutir la implantación de nuevas medidas ante este tipo de novedades tecnológicas. En torno al principio ético de la responsabilidad, están girando importantes controversias que ponen a los automóviles autónomos en el centro del debate.

D. *Uso malicioso*

- Una vez que han sido mencionados algunos de los riesgos ante los que se encuentran los automóviles autónomos, es más fácil afirmar que estas máquinas pueden ser un medio empleado para la generación de daños personales y materiales. Los coches autónomos podrían ser utilizados para el crimen organizado o para ataques terroristas, dado que son un elemento fácilmente accesible y manipulable mediante las técnicas de hackeo orientado a la ciberguerra (Ethical Hacking News Tutorials, 2016).
- Puede hacerse un uso de estas tecnologías avanzadas para que promuevan fines para los que no fueron concebidas. Así pues, como otras creaciones tecnológicas avanzadas, el automóvil autónomo implica importantes riesgos, dada la vulnerabilidad de sus sistemas informáticos integrados. De la misma manera que algunos ataques terroristas de los últimos tiempos se han perpetrado con coches o camiones, puede pensarse que los automóviles inteligentes son un objeto muy atractivo para grupos criminales especializados en el robo en sociedades a nivel global.

E. *Impacto político y económico*

- Igualmente hay que dar importancia a las políticas públicas que reglamentarán los ciberataques y las manipulaciones de los coches sin conductor, así como a las causas y consecuencias de los accidentes, y las cargas de responsabilidad que de ellas se derivan. Los mercados deben estudiar las posibles consecuencias de las campañas que pueden generarse contra este producto tecnológico cuando se produzcan algunos siniestros.
- Al igual que la industria robótica está teniendo un impacto positivo en la economía industrial, los coches autónomos pueden tener un efecto similar. No obstante, un informe de Barclays en 2015 estima que el número de automóviles por hogar se reducirá drásticamente: en los Estados Unidos el número autos caerá de los 2.1 actuales a 1.24, mientras que en Reino Unido pasará de 1.2 a 0.7. Ese fenómeno también tendrá un impacto en la economía de los hogares, pues el modelo común de movilidad de un coche/una persona se verá desplazado hacia nuevas formas de movilidad, como ya se ha señalado al mencionar los SAV y los PSAV. Además, el mercado de los automóviles tradicionales (con conductor) se reducirá considerablemente en las próximas dos décadas.

F. *Reconocimiento público*

- Uno de los desafíos más importantes que enfrenta la introducción de los coches sin conductor consiste en la aceptación pública que debe ir precedida de un convencimiento de su necesidad. Los accidentes ocurridos durante 2018 no representan un motivo a favor de este reconocimiento público, aunque parecen no ser suficientes como para mostrar una firme oposición a estas tecnologías. Así pues, este tipo de vehículos debe necesariamente aceptarse por parte de la ciudadanía; sin embargo, antes es importante que ofrezcan las suficientes muestras de seguridad.

G. La imputación de responsabilidad jurídica

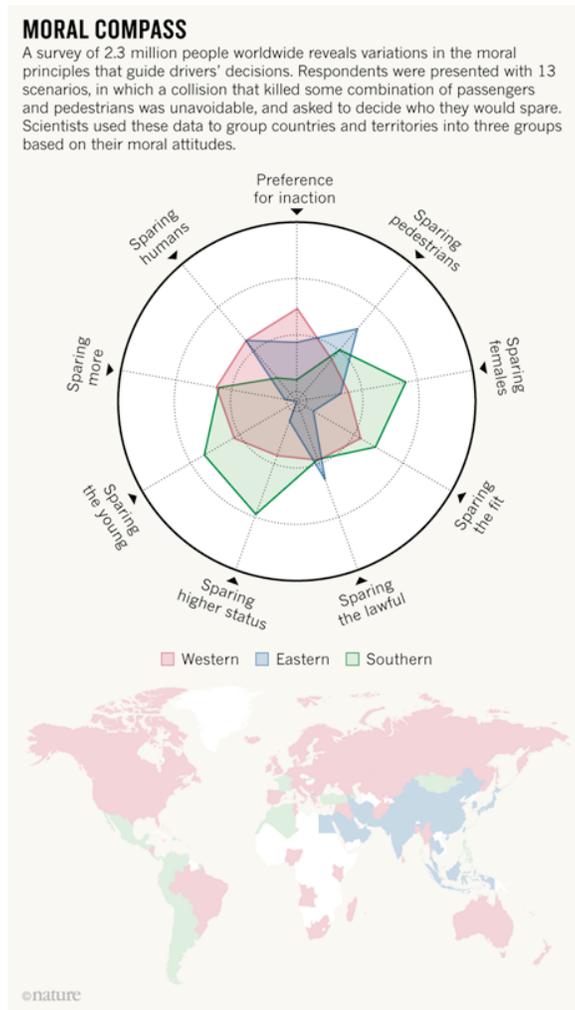
- En el desarrollo de los coches autónomos surge una variedad de interrogantes jurídicos que no deben ser eludidos (Moisés, 2019). Principalmente, el desafío de la imputación de responsabilidad por los daños causados por estas tecnologías autónomas es muy importante, ya que uno de los retrasos de la introducción de estos vehículos en las vías de circulación se debe a este asunto.
- Todavía no hay un marco jurídico lo suficientemente avanzado que permita esclarecer de quién es la responsabilidad en caso de daño causado: si de las aseguradoras, los fabricantes, etc. Diéguez (1993, p. 194) señala que el progreso tecnológico ha favorecido un escenario en el que la exigencia de responsabilidad se diluye y para ello identifica cuatro posibles causas: i) que los sistemas están constituidos por un complejo de redes donde la toma de decisiones se somete a una gran cantidad de procesos donde resulta difícil aplicar el principio de causalidad; ii) que el trabajo es desempeñado por grupos de trabajo muy diversos, lo que en el ámbito de los drones se conoce como “contexto de enjambres”, generándose una descentralización del poder, ya que la agencia es distribuida (Coeckelbergh, 2011, p. 273); iii) que las sociedades líquidas, en términos de Bauman (2017), caracterizadas por los continuos y complejos cambios de diversa índole, dificultan la previsión de las consecuencias en el uso de determinadas tecnologías; y iv) que la tecnocracia también dificulta la imputación de responsabilidad, ya que en ocasiones los fines se imponen por la propia técnica y cualquier cuestionamiento por el fundamento pierde todo sentido. Esto significa que la cuestión de la responsabilidad jurídica y las formas de aseguramiento tendrán que rediseñarse en función de la ausencia de un conductor humano. Así pues, antes de que la sociedad pueda disfrutar de estas tecnologías autónomas es necesario que los problemas jurídicos sean abordados y resueltos.

167

H. Relatividad moral

- La circulación de los coches sin conductor implica la formulación de juicios éticos vinculados al comportamiento vial. Esto plantea el interrogante sobre la necesidad de establecer un código moral universal para la programación de los vehículos. Sin embargo, esta es una compleja tarea, como sugiere una encuesta realizada a 2,3 millones de personas alrededor del mundo. Esta encuesta, perteneciente al estudio *The Moral Machine Experiment* (Awad *et al.*, 2018), pone de relieve que los principios y códigos morales que guían las decisiones de las personas varían en función de los países, las culturas, etc.

Imagen 3. Principios, guías y decisiones morales



168

Fuente: Maxmen, 2018

- Los investigadores observaron importantes correlaciones entre los factores sociales, económicos y culturales de un país para emitir las opiniones. El resultado de esta encuesta revela que existe una gran pluralidad de preferencias morales entre las personas. Estudios como el mencionado anteriormente pueden contribuir a poner en valor la necesidad de una discusión pública sobre los consensos sociales en materia de conducción autónoma, los riesgos que conlleva y los juicios morales involucrados.

7. Bienestar y compromiso cívico

En este apartado se llevará a cabo una contextualización de las exigencias de responsabilidad en el marco de la Agenda 2030 y los límites planetarios en el ámbito de los coches autónomos. A continuación, se detallan algunas de las prioridades de responsabilidad que podrían asumir estas tecnologías inteligentes del ámbito de la movilidad:

A. Educación con medios interactivos para promover los ODS

- Debido al cambio cultural al que conduce el carácter autónomo de los automóviles y el tiempo liberado como resultado de la ausencia de control humano en la conducción, ese espacio temporal podría ser destinado a la educación. Un tiempo dedicado a la educación, mediante las herramientas interactivas que estos automóviles ofrecen, podría favorecer el cultivo de habilidades cívicas y democráticas y por lo tanto fortalecer el compromiso con las exigencias del mundo actual.
- Esta apertura de posibilidades debido a la liberación temporal sugiere una nueva gestión del tiempo y por lo tanto un cambio cultural respecto a él. Durán Heras (2010, 2012) es una investigadora española que durante décadas se ha especializado en el estudio del trabajo no remunerado y su relación con estructuras sociales y económicas. El tiempo es un recurso escaso y cada persona hace un uso diferente, aunque Durán Heras (2010, p. 15) trata de reflexionar si la gestión del tiempo es voluntaria u obligada y si en realidad existen posibilidades de cambios en el futuro (Durán Heras, 2010, p. 15). A colación del uso cívico del tiempo que liberan los coches autónomos, es importante llevar a claro una diferenciación conceptual entre trabajo y empleo:

“La delimitación de la frontera entre trabajo y empleo no es una cuestión lingüística, es, sobre todo, una cuestión política, porque el estatuto del trabajador va asociado con algunos de los más importantes derechos y obligaciones sociales y económicas. En España, el derecho laboral, tal como afirma el Estatuto de los Trabajadores, solo se aplica a una pequeña parte de lo que puede considerarse trabajo. Quedan excluidos, en el sentido de que no se rigen por estas normas, numerosos trabajadores que desarrollan otros tipos de trabajo: a) El trabajo no retribuido. b) El trabajo forzoso. c) El trabajo de los familiares que conviven con el empresario y no son asalariados. d) El trabajo por cuenta propia. e) El trabajo independiente. f) Algunos tipos especiales de trabajo que se regulan por normas propias (funcionarios de la Administración Pública y otros)” (Durán Heras, 2010, pp. 21-22).

- Las investigaciones de Durán Heras sobre el impacto directo que tiene el tiempo en las estructuras económicas y sociales resultan muy útiles para esclarecer que las tecnologías más avanzadas liberan un espacio temporal en el que pueden cultivarse conocimientos que contribuyan a poner solución a las problemáticas de esta época. El tiempo estaría siendo destinado a un trabajo no remunerado, pero que representa una acción directa sobre el mundo.

- La educación ciudadana es fundamental en los contextos democráticos y una liberación de tiempo acompañada de un aprovechamiento de las herramientas tecnológicas de estos automóviles; favorecería considerablemente la formación cívica. Por ello habría que orientar el diseño de los asistentes tecnológicos de los coches sin conductor hacia un nuevo núcleo de posibilidades que posibilitaran una educación para la ciudadanía. Una ciudadanía formada es una potente herramienta para el compromiso que están demandando los desafíos del planeta en la actualidad. En ese sentido, podría impulsarse el diseño de los automóviles sin conductor y asumir un compromiso con el ODS 4, relativo a la educación de calidad, que se encuentra estrechamente vinculado con las demás exigencias de la Agenda 2030, pues sin una formación de calidad resulta muy difícil la toma de conciencia cívica.

B. Compromiso con el medioambiente y cero emisiones

- El sistema capitalista ha ocasionado la destrucción del medioambiente como consecuencia de los altos niveles de contaminación que generan sus industrias y modelos de consumo. La nube de polución que acecha a las ciudades y pueblos es más que evidente y son escasas las políticas públicas que los gobiernos están promoviendo para solucionar esta grave crisis y su repercusión en la salud pública y el equilibrio de la biosfera. Por ello resulta urgente plantear un modelo de movilidad alternativo al actual, que surja desde un cambio cultural en la movilidad ciudadana, basada mayoritariamente en el uso del automóvil privado e impulsado por un motor de combustión de energías fósiles, poco eficiente y sostenible como medio de transporte, y que, como sostiene un informe de Ecologistas en Acción (2007), es la principal causa de la contaminación urbana.

- Ante este panorama de vulnerabilidad medioambiental está surgiendo una disrupción tecnológica que podría provocar una transformación cultural en el ámbito de la movilidad, pues la humanidad se encuentra a las puertas de la incorporación en las vías de los automóviles sin conductor. Estas tecnologías autónomas generarán una revolución sin precedentes en la movilidad urbana y en la configuración de las ciudades, teniendo una influencia directa sobre las condiciones medioambientales. Al promover una nueva cultura de la movilidad, el vehículo autónomo dejará de ser visto como un objeto de consumo para convertirse en un medio tecnológico que brindará un servicio que podrá utilizarse en función de las necesidades específicas de movilidad. Además, un estudio desarrollado por el Rocky Mountain Institute ha puesto de relieve que los coches sin conductor tendrán un impacto positivo en el medioambiente, por ejemplo en la reducción de los recursos utilizados para la fabricación de partes destinadas a la protección y la seguridad, ya que se espera que estos automóviles reduzcan la frecuencia de los accidentes (Walker, 2014).

- Por último, dado que las fuentes que proporcionarán el suministro energético para los coches autónomos proceden de recursos renovables y no fósiles, no solo no se emitirán gases contaminantes, sino que también se producirá una incidencia directa sobre la disminución de CO₂. Así pues, los coches autónomos como medio tecnológico contribuirían a desarrollar un compromiso con los siguientes ODS: salud y bienestar, energía asequible y no contaminante, industria, innovación e infraestructura, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsable, acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres.

C. Contribución para que las ciudades sean más seguras y habitables con menor siniestralidad

- Los accidentes ocasionados por los coches sin conductor durante 2018 en los Estados Unidos, concretamente en Arizona, con un prototipo de Uber que tuvo un desenlace fatal tras la muerte de una mujer (Limón, 2018), y en California, con un prototipo de Tesla que no tuvo víctimas mortales (Álvarez, 2018), sirvieron para que las principales empresas del sector que están investigando en esta materia fortalecieran sus esfuerzos para exigir mejoras en materia de seguridad. A pesar de estos accidentes, los datos que arroja la OMS cifran los accidentes de automóviles con conductor en 1,35 millones al año a nivel mundial. Estos datos ponen de relieve que supondría un error el magnificar de forma impertinente los accidentes que han tenido los coches sin conductor, ya que según la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) de los Estados Unidos, el 94% de los accidentes en ese país se deben a errores humanos (Sánchez, 2018).
- Al contrario de lo que promueven algunas portadas de diarios sensacionalistas, los automóviles sin conductor podrían favorecer la seguridad vial, ya que se reducirían progresivamente, en función de la incorporación de estos automóviles, ciertas conductas viales que favorecen una movilidad insegura. Además, una conducción más segura y prudente por parte de estos automóviles serviría de ejemplo para que los seres humanos fueran adquiriendo ciertos parámetros de comportamiento orientados a fortalecer las habilidades cívicas. En definitiva, la conducción autónoma podría tener un impacto positivo, tanto cualitativo, al servir de ejemplo formativo y mejorar la calidad de la conducción y la habitabilidad de los entornos urbanos, como cuantitativo, al reducir los costos destinados a material de seguridad y también las víctimas por accidentes de tráfico. Esta sería una propuesta comprometida con el bienestar de la ciudadanía, la habitabilidad de las ciudades y la seguridad vial. En este caso, estarían involucrados los siguientes ODS: salud y bienestar, industria, innovación e infraestructura y ciudades y comunidades sostenibles.

171

D. Liberación de espacios anteriormente dedicados a aparcamientos para zonas verdes u otras finalidades cívicas

- Uno de los efectos derivados del cambio cultural en materia de movilidad es una menor utilización de los automóviles privados y personales y una consecuente despreocupación por la búsqueda de estacionamiento. Si los vehículos autónomos utilizados para la movilidad en el ámbito urbano asumen una función de transporte compartido, como los SAV y los PSAV, existirá una menor flota debido al correspondiente uso colectivo.
- La movilidad compartida permitiría una reducción considerable de la flota de automóviles y por lo tanto una liberación del espacio dedicado al estacionamiento. Esos espacios destinados al estacionamiento de automóviles podrían adquirir otra función que los grupos de interés acordarían mediante un ejercicio deliberativo. Las nuevas funciones de estos espacios deberían asumir la necesidad de reorientar su finalidad para potenciar un uso público y cívico de los espacios y de este modo contribuir con los ODS, entre los que podrían encontrarse los siguientes: salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, industria

y ciudades y comunidades sostenibles. La tecnología incorporada en los coches autónomos tendría una consecuencia directa sobre el hábitat, ya que contribuirían a una resignificación de la utilidad y las funciones cívicas y democráticas de los espacios que tradicionalmente han estado destinados a estacionamientos.

Es importante destacar el poder transformador que tiene la tecnología de los coches autónomos y cómo puede contribuir al alcance de las metas de la Agenda 2030. Otra forma de concebir la tecnología es posible y eso se ha demostrado en este trabajo a través de los coches autónomos, que plantean notables ventajas frente a los coches tradicionales con conductor, uno de los principales causantes del deterioro medioambiental y del caos en los espacios urbanos contemporáneos. La revolución en materia de movilidad es inminente y los actores implicados tienen la responsabilidad de promover un aprovechamiento de las tecnologías más avanzadas en este ámbito para el fortalecimiento de las exigencias cívicas y la democracia, en términos de una mejora de las condiciones de vida de la ciudadanía.

Conclusiones

A lo largo de estas páginas se ha ofrecido una panorámica sobre el ámbito de los coches autónomos. Es importante destacar que muchos asuntos han permanecido intactos y no han sido abordados; sin embargo, esos serían objeto de otro trabajo reflexivo. El propósito de este trabajo, mencionado en la introducción, ha sido el de llevar a cabo un acercamiento introductorio a los coches autónomos, con el objetivo de contar con un conocimiento básico desde el que arrancar futuras profundizaciones reflexivas desde otras perspectivas más especializadas.

La autonomía de los coches es un arma de doble filo, pues presenta importantes ventajas, desventajas, beneficios y riesgos para la ciudadanía. Por ello, resulta fundamental una aproximación a este campo tecnológico, con el fin de impulsar una exploración más exhaustiva en un entorno que exige constantes investigaciones debido a la complejidad y las controversias que suscitan. En definitiva, un conocimiento aproximativo a los coches autónomos permite llevar a cabo un ejercicio anticipativo para profundizar en aquellos caminos que dan forma a esta tecnología, que implicará un cambio cultural en la movilidad ciudadana.

Bibliografía

Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., Bonnefon, J.-F. y Rahwan, I. (2018). The Moral Machine experiment. *Nature*, 563, 59-64. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0637-6>.

Barclays (2015). *Disruptive Mobility: A Scenario for 2040*. Recuperado de: <https://www.investmentbank.barclays.com/content/dam/barclaysmicrosites/ibpublic/documents/investment-bank/global-insights/barclays-disruptive-mobility-pdf-120115-459kb.pdf>.

Barclays (2016). Driverless vehicles: A new engine for economic transformation? Recuperado de: <https://www.barclayscorporate.com/content/dam/barclayscorporate-com/documents/insights/innovation/barclays-corporate-driverless-vehicles-oct-2016.pdf>.

Bauman, Z. (2017). *Modernidad líquida*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.

Berbouch, M. (2018). Uber Self-Driving Car Crash: What Really Happened. *Forbes*, 28 de mayo. Recuperado de: <https://www.forbes.com/sites/meriameberboucha/2018/05/28/uber-self-driving-car-crash-what-really-happened/#708feea4dc41>.

Bogost, I. (2014). The Secret History of the Robot Car. *The Atlantic*, noviembre. Recuperado de: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2014/11/the-secret-history-of-the-robot-car/380791/>.

Checkoway, S., McCoy, D., Kantor, B., Anderson, D., Shacham, H. y Savage, S. (2011). Comprehensive Experimental Analyses of Automotive Attack Surfaces. Recuperado de: <http://www.autosec.org/pubs/cars-usenixsec2011.pdf>.

Coeckelbergh, M. (2011). From Killer Machines to Doctrines and Swarms, or Why Ethics of Military Robotics Is not (Necessarily) About Robots. *Philosophy & Technology*, 24, 269-278.

Collins, H. M. (1990). *Artificial Experts*. Cambridge: MIT Press.

173

Comisión Europea (2009). Vehicle Event Recording base don Intelligent Crash Assessment. Recuperado de: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/veronica2_final_report.pdf.

Dickmannl, J., Appenrodt, N. y Brenk, C. (2014). Making Bertha: Radar is the key to Mercedes-Benz's robotic car. *IEEE Spectrum*, 44–49.

Diéguez, A. (1993). Tecnología y responsabilidad. *Revista de Filosofía*, 9, 189-200.

Durán Heras, M. A. (2010). *Tiempo de vida y tiempo de trabajo*. Madrid: Fundación BBVA. Recuperado de: http://digital.csic.es/bitstream/10261/101047/3/Duran_Tiempo_vida_trabajo.pdf.

Durán Heras, M. A. (2012). *El trabajo no remunerado en la economía global*. Madrid: Fundación BBVA. Recuperado de: http://digital.csic.es/bitstream/10261/76517/3/Duran_Trabajo_No_Remunerado.pdf.

Ethical Hacking New Tutorials (2016). *Hacking a Car with an Ex NSA Hacker CYBERWAR Clip* YouTube. Youtube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=OIP8An2t15w>.

Kumar Amara, D., Renu Chebrolu, N., Vinayakumar, R. y Soman, K. (2018). *A Brief Survey on Autonomous Vehicle Possible Attacks, Exploits and Vulnerabilities*.

Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/328189443_A_Brief_Survey_on_Autonomous_Vehicle_Possible_Attacks_Exploits_and_Vulnerabilities.

Lee Sayton, E. (2011). *Driverless Dreams: Technological Narratives and the Shape of the Automated Car*. MIT Press.

Limón, R. (2018). El coche del accidente mortal de Uber tenía inhabilitada la frenada de emergencia. *El País*, 12 de junio. Recuperado de: https://elpais.com/tecnologia/2018/06/12/actualidad/1528798311_923424.html.

Massachusetts Institute Of Technology (2016). *Moral Machine*. Disponible en: <http://moralmachine.mit.edu/hl/es>.

Maxmena, A. (2018). Self-driving car dilemmas reveal that moral choices are not universal. *Nature*.

McKinsey & Company (2017). *Self-driving car technology: When Will the robots hit the road? Our Insights*. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road>.

Moisés, B. A. (2019). Consideraciones jurídicas acerca del coche autónomo. *Actualidad Jurídica Uría Menéndez*, 52, 101-108.

174

Novak, M. (2013). The National Automated Highway System That Almost Was. *Smithsonian*. Recuperado de: <http://www.smithsonianmag.com/history/the-national-automated-highway-system-that-almost-was-63027245/>.

Organización de Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.

Park, S. y Choi, J.-Y. (2020). Malware Detection in Self-Driving Vehicles Using Machine Learning Algorithms. *Journal of Advanced Transportation*, 3, 1-9.

Parkinson, S., Ward, P., Wilson, K. y Miller, J. (2017). Cyber Threats Facing Autonomous and Connected Vehicles: Future Challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(11).

Peña, M. (2018). Waymo explica el rol esencial de la inteligencia artificial en la tecnología autónoma. *Digital Trends*, 8 de mayo. Recuperado de: <https://es.digitaltrends.com/autos/waymo-inteligencia-artificial-autos-autonomos/>.

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Barcelona: Editorial Planeta.

Ruiz Domínguez, F. (2017). *La implantación del automóvil inteligente: ¿un riesgo calculado para la seguridad global?* Madrid: Instituto Español de Estudios

Estratégicos. Recuperado de: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2017/DIEEEO60-2017_Automovil_Inteligente_FRuizDominguez.pdf.

SAE International (2019). Levels of Driving. Recuperado de: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>.

Sánchez, C. (2018). Parar de investigar el coche autónomo por los accidentes sería un gran error. Eldiario.es, 12 de abril. Recuperado de: https://www.eldiario.es/hojaderouter/movilidad/Parar-investigar-coche-autonomo-accidentes_0_760124707.html.

Ulmer, B. (1994). VITA II - Active Collision Avoidance in Traffic. Proceedings of the Intelligent Vehicles. 94 Symposium, 1-6.

Walker, J. (2014). Robots Don't Drink and Drive. Recuperado de: <https://rmi.org/robots-dont-drink-drive/>.

Wetmore, J. (2003). Driving the Dream: The History and Motivations Behind 60 Years of Automated Highway Systems. Automotive History Review. Recuperado de: <https://cspo.org/library/driving-the-dream-the-history-and-motivations-behind-60-years-of-automated-highway-systems-in-america/>.

Cómo citar este artículo

Terrones Rodríguez, A. L. (2021). Una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad — CTS, 16(47), 153-175.