Libro Blanco para un vehículo autónomo inclusivo

Capgemini
FUNDACIÓN

Índice

01
Introducción

02
¿Qué es un vehículo autónomo?

03
Antecedentes

04
Tecnología y desafíos

DOCUMENTO *INCLUSIVO*

05
El vehículo autónomo como medio de transporte inclusivo

06
Integración del vehículo autónomo en el entorno

07
Conclusiones

08
Referencias

09
Glosario

01 Introducción

Tras la llegada de los coches de bajas emisiones y de las nuevas soluciones de movilidad, el **vehículo autónomo** es una de las tecnologías más disruptivas que promete revolucionar la forma en que las personas se desplazarán en el siglo XXI. Es una tecnología emergente, con un ecosistema en continuo crecimiento de empresas, fabricantes de automóviles y organismos públicos regulatorios que ya prueban distintas soluciones con un sinfín de posibilidades.

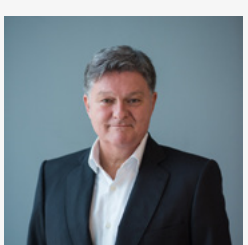
No obstante, su implementación e integración plantean una serie de desafíos que irán más allá de la propia tecnología, ya que este progreso tecnológico puede convertirse en un progreso social, en una gran oportunidad para que más personas, incluyendo los colectivos más vulnerables de la sociedad, puedan disfrutar de su uso en vida cotidiana.

Con la elaboración de este Libro Blanco nos proponemos definir junto a un grupo referente de stakeholders del sector, los pasos a seguir para desarrollar esta nueva forma de movilidad teniendo en consideración a todas las personas, no sólo a las personas que utilizan los vehículos de forma habitual, o que están más familiarizadas con las nuevas tecnologías y su uso, sino también a todas las personas independientemente de sus capacidades. Personas que hoy en día tienen muchas dificultades para la utilización de coches convencionales o no tienen la oportunidad de utilizar los coches convencionales con autonomía. Esto supondrá tener en cuenta desde un inicio las necesidades de todas las personas poniendo el foco en los colectivos más vulnerables de la sociedad, como pueden ser las personas en riesgo de exclusión, las personas mayores o las personas con discapacidad. Y por supuesto, también todas aquellas personas en riesgo de sufrir la brecha digital con la implementación de esta nueva tecnología, pues existe un potencial peligro de falta de adaptación o rechazo por temor a su uso. Remarcando que un diseño accesible es un diseño más cómodo y funcional para todos.

A través del Libro Blanco queremos encarar temas determinantes como la aceptación de la tecnología conseguida gracias a un diseño e implantación que pueda resultar más eficiente y amigable con un diseño inclusivo, la interacción entre vehículos autónomos con vehículos convencionales, así como el impacto social que esta tecnología tendrá.

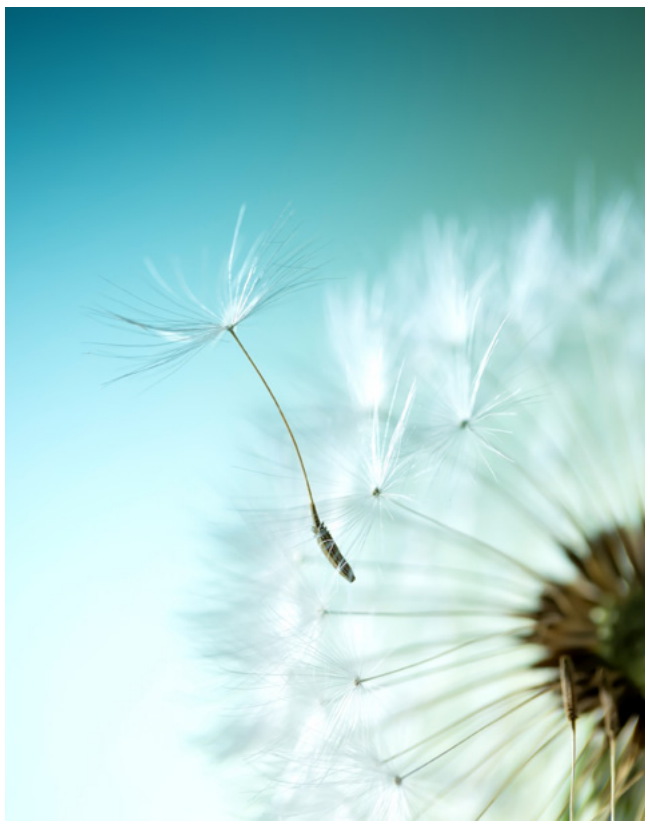
En definitiva, este Libro Blanco tiene como **objetivo sentar las bases para abordar estratégicamente un desarrollo inclusivo, sostenible y equitativo del vehículo autónomo,** asegurando que esta tecnología pueda beneficiar a toda la sociedad, garantizando el futuro de la movilidad, de la industria y de todos los agentes sociales que darán respuesta a la implantación del vehículo autónomo. Sólo de esta forma, se podrá construir un futuro de movilidad sostenible, seguro y accesible para todos.

Queremos agradecer a todos los profesionales, entidades sociales, empresas, asociaciones y órganos de las administraciones públicas que con sus reflexiones y aportaciones han hecho posible la elaboración de este libro blanco. Agradecer especialmente a Cruz Roja Española, Fundación MAPFRE y Fundación ONCE que nos han acompañado desde su concepción durante todo este apasionante viaje.



Luis Abad
Presidente Fundación Capgemini

02 ¿Qué es un vehículo autónomo?



Un vehículo autónomo es aquel capaz de desplazarse por sí mismo sin la intervención de un conductor humano.

Por lo tanto, cuando hablamos de vehículo autónomo estamos hablando de un vehículo que **es capaz de percibir el entorno, procesar toda esta información recibida** para comprender qué sucede a su alrededor y **actuar en consecuencia accionando los sistemas del vehículo como son la dirección, el acelerador o el freno** para cumplir con la misión de desplazamiento que se le ha asignado.

Hoy en día existe un abanico de tecnologías conocidas por sus siglas[1] BSD, FCW, EBA, ACC, que ya incorporan los vehículos y que se engloban dentro de los llamados sistemas avanzados de asistencia a la conducción, también conocidos por sus siglas en inglés ADAS. Estos sistemas están diseñados para mejorar la seguridad y la experiencia de conducción de los vehículos actuales, no siendo ya unos sistemas exclusivos para vehículos de alta gama. Estos sistemas avanzados ya se están incluyendo en todo tipo de gamas de coches. En Europa, la Unión Europea elaboró el Reglamento 2019/2144[2] que obliga a los fabricantes a incluir en todos los vehículos diferentes ayudas a la conducción mediante estas tecnologías.

Las tecnologías ADAS son la base para el desarrollo de vehículos autónomos. El progreso de estos sistemas de seguridad activa con sensores, cámaras y un software que interpreta y toma decisiones de conducción de manera segura, facilitan que un vehículo pueda gestionar la conducción de forma autónoma sin la intervención de una persona.

Teniendo en cuenta que estos sistemas avanzados nacen de la necesidad de mejorar la seguridad de la circulación, la optimización de estos sistemas evoluciona hacia la conducción autónoma. Es por ello por lo que un acertado desarrollo de los sistemas de conducción autónoma puede minimizar los riesgos de accidente si se elimina el factor humano, como pueda ser la falta de atención o concentración.

1 Las siglas están explicadas en el Glosario de términos.
2 Leyes Unión Europea, artículo 6 del REGLAMENTO (UE) 2019/2144.

El nivel de autonomía que tienen los vehículos es gradual. La *Society of Automotive Engineers (SAE)*[3], una organización profesional internacional del sector de la automoción estableció una clasificación en un estándar técnico, el SAE J3016 [4]. La clasificación define el grado de automatización en vehículos en 6 niveles. Desde el vehículo que no dispone de ningún automatismo (nivel 0) hasta la automatización total (nivel 5). Este estándar ha sido ampliamente adoptado por la industria para clasificar el grado de autonomía de sus vehículos.

Figura 1.

Niveles de autonomía[4]

NIVEL 0
Vehículo controlado 100% manualmente

NIVEL 1
Vehículo con asistencias a la conducción

NIVEL 2
Vehículo parcialmente automático. La conducción es necesaria para maniobras principales y atención a señales de tránsito

NIVEL 3
Vehículo semiautomático. En situaciones en las que el vehículo no se puede resolver, la conducción personal es requerida

NIVEL 4
Vehículo que se desplaza por zonas específicas sin intervención humana

NIVEL 5
Automatización total. Vehículo que no requiere intervención humana y no posee mandos de control

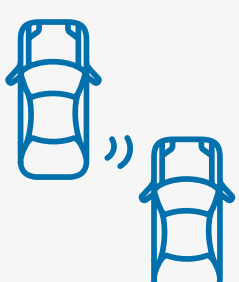
3 Society of Automotive Engineers , Sitio web oficial.
4 Society of Automotive Engineers, Niveles de autonomía.

NIVEL 0

Vehículo controlado 100% manualmente

Vehículo sin ningún tipo de automatización, siendo el conductor es responsable de realizar todas las tareas necesarias para la conducción. Dentro de este nivel se incluyen todos los vehículos que, aun teniendo asistentes a la conducción, estos aplican control lateral o longitudinal del vehículo, como pueda ser el detector de ángulo muerto en los retrovisores.

Figura 2.
Detector de ángulo muerto



NIVEL 1

Asistencia al conductor

Los vehículos incluidos en este nivel poseen asistentes que pueden actuar sobre el movimiento lateral o longitudinal. Como asistentes incluidos en este nivel podríamos hablar del **programador de velocidad activo o ACC** *(Adaptive Cruise Control)* que es capaz de mantener una distancia definida con el vehículo que le precede, controlando por tanto el movimiento longitudinal o un asistente de ayuda al aparcamiento que controlaría el accionamiento del volante mientras el conductor se encarga de operar los pedales.

Figura 3.
Control adaptativo de velocidad

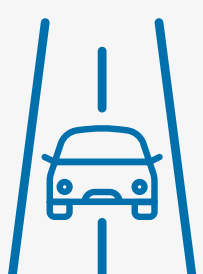
NIVEL 2

Automatización parcial de la conducción

En este nivel están incluidos los asistentes a la conducción que pueden controlar lateral y longitudinalmente el vehículo. Los asistentes tienen un uso limitado y no tienen capacidad para tomar decisiones ejecutando respuesta ante la detección por ejemplo de obstáculos imprevistos, luego el conductor sigue siendo el único responsable de la conducción.

Un ejemplo de este nivel sería el uso simultáneo del programador de velocidad activo y el **sistema de mantenimiento de carril o LKA** *(Lane Keeping Assista nce)* que mantendrían el vehículo en un carril y a una distancia de un vehículo precedente.

Figura 4.
Asistente de carril



NIVEL 3

Automatización condicional de la conducción

A partir de este nivel el conductor decide qué sistema tomará el control del vehículo en las funciones de conducción con ciertas limitaciones. Esto se traduce en una conducción que no requiere de supervisión, pero sí de atención e intervención cuando el sistema lo requiera porque el propio sistema no pueda actuar ante una situación de riesgo. El sistema se desactiva a solicitud o demanda del conductor o cuando los límites del sistema van a ser sobrepasados por las circunstancias, en cuyo caso el sistema avisa con antelación para que el control sea retomado por el conductor. De esta forma, se puede identificar un nivel 3 de conducción autónoma cuando ya es posible retirar las manos y los pies de volante y pedales respectivamente.

Un ejemplo de este nivel sería el **TJA** *(Traffic Jam Assistance)*, que permitiría una conducción autónoma en un atasco.

NIVEL 4

Automatización alta de la conducción

Un nivel 4 de conducción automatizada ya no tiene expectativas de intervención humana, salvo que se exceda del ámbito de su función (el embotellamiento se diluye y vuelve a haber tráfico fluido). El sistema es capaz por sí mismo de llevar acciones a cabo que minimicen el riesgo en la conducción con situaciones lo más seguras posibles.

El conductor puede seguir decidiendo si quiere activar o no el sistema. La diferencia con el nivel anterior será que el sistema podría decidir una demora en la desconexión si así lo creyera necesario. También con respecto al nivel 3, el nivel 4 podría solicitar la actuación del conductor con una previsión mayor, ya que, en el anterior caso, la solicitud tendría segundos de anticipación. En caso de que el conductor no retome el control, el vehículo sería capaz de detenerse en condiciones seguras.

NIVEL 5

Automatización completa de la conducción

En este nivel el vehículo circula de forma 100% autónoma en cualquier tipo de geografía y condiciones. Ya es posible prescindir del conductor, por tanto, también es posible prescindir de volante y pedales.

Actualmente, **el estado del arte en vehículos autónomos se encuentra en el nivel 3 de autonomía,** donde el vehículo es capaz de realizar la mayoría de las tareas de conducción de forma autónoma, pero aún requiere de la intervención de un conductor humano en situaciones de emergencia o en ciertas circunstancias específicas.

Existen además funciones de nivel 4, como la detención segura en caso de que el conductor retire las manos del volante por un periodo corto de tiempo y no retome el contacto. El vehículo puede interpretar una pérdida de consciencia y detener el vehículo en condiciones de seguridad.

El despliegue de la conducción autónoma en las carreteras implica también adaptar las distintas legislaciones y reglamentos de los países con el fin de regular y abordar los requisitos de seguridad, responsabilidad y privacidad.

03 Antecedentes

Los orígenes del vehículo autónomo como lo entendemos hoy en día se remontan a 1987 con el proyecto *Prometheus*[5]. Liderado por el Doctor Ernst Dickmanns, profesor de la Universidad de Bundeswehr Munich, y junto al fabricante Mercedes-Benz, este proyecto fue pionero y estableció los cimientos para las futuras investigaciones y desarrollos en conducción autónoma. En una primera fase, se utilizó una furgoneta equipada con cámaras. El equipo del proyecto se enfrentó al reto de la interpretación del entorno por parte del vehículo en tiempo real. Un reto que todavía sigue siendo vigente hoy en día. Acabaron desarrollando un modelo que simplificaba las tareas de un vehículo autónomo al poder estimar en tiempo real la posición y velocidad de otros objetos, sin necesidad de almacenar datos previos. Una vez superada esa fase, el desarrollo continuó pudiendo integrar el sistema en una berlina Mercedes Clase S. Este coche se puede considerar el primer vehículo autónomo de la historia que fue fundamental para establecer las bases de lo que hoy conocemos como tecnologías ADAS.

El proyecto culminó en 1995 con un enorme éxito[6], pues se completó un viaje de 1.758 km de ida y vuelta desde Múnich (Alemania), hasta Copenhague, consiguiendo hasta 158 km sin ninguna intervención humana en la conducción. El vehículo alcanzó velocidades superiores a 175 km/h y se llevaron a cabo maniobras de adelantamiento en tráfico real bajo supervisión del conductor humano.

No es el único proyecto que hubo en esa época. Otro proyecto fundamental en la historia del desarrollo de la conducción autónoma fue el realizado en Estados Unidos, también en la década de 1980. Bautizado con el nombre de NavLab (Navigation Laboratory)[7] este proyecto consistió en una serie de vehículos autónomos desarrollados por el Instituto de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon de Pittsburgh, Pennsylvania, relacionada con la agencia DARPA. Su primer prototipo, el Navlab 1, construido en 1986 a partir de una furgoneta Chevrolet, albergaba un ordenador del tamaño de un frigorífico y un generador portátil de 5 kW. Inicialmente, la furgoneta se enfrentó a las limitaciones del software que impidieron su funcionamiento completo hasta finales de los años 80, momento en el cual logró su velocidad máxima de 32 km/h.

En los últimos años, los avances tecnológicos han propiciado el salto de estas investigaciones de las universidades al mundo empresarial. El desarrollo de la computación y el software está acelerando el progreso de la conducción autónoma y numerosas empresas están trabajando para definir la movilidad del futuro. Dos ejemplos claros son *Waymo*, del grupo *Alphabet* en Estados Unidos, o *Apollo Go*, del grupo *Baidu* en China. Ambas están desplegando sus flotas de taxis autónomos por las ciudades.

Lo que hasta ahora parecía un cuento de ciencia ficción, se está convirtiendo en una realidad.

5 Wikipedia, Eureka Prometheus Project.

6 ADAS & Autonomous Vehicle International, The Prometheus project: The story behind one of AV's greatest developments.

7 Carnegie Mellon University, Navlab: The Carnegie Mellon University Navigation Laboratory.

Tendencias

Naciones Unidas estima que la población mundial llegará a estar próximo a los 10.000 millones de personas en 2050, momento en el cual casi 7 de cada 10 personas que habitarán el planeta vivirán en ciudades[8]. Por otro lado, informes como el del ITF[9] señalan que la demanda de transporte de pasajeros y mercancías seguirá creciendo en las próximas décadas en todas las regiones del mundo, independientemente del escenario. Por ejemplo, se estima que la demanda transporte urbano podría aumentar un 74% en comparación a los valores de 2019. La combinación de estos dos factores comportará un aumento de vehículos e infraestructuras de transporte terrestre. Este crecimiento podría desencadenar en un aumento también de los accidentes de tráfico, en los que interviene de forma muy clara el factor humano, sea por distracciones, cansancio o por conducir bajo el efecto de alcohol u otras sustancias. Si se suma la preocupación creciente sobre los efectos de la contaminación derivado del transporte por carretera, se genera el caldo de cultivo idóneo para plantearse nuevas formas de movilidad más segura y sostenible. Y en estos nuevos planes la conducción autónoma tiene un papel fundamental debido a los beneficios que aporta y que se detallan a continuación:

- Reducción de accidentes causados por errores humanos.
- Mayor eficiencia en el uso de las carreteras, reduciendo atascos.
- Mejora medioambiental al optimizar la conducción y el consumo de combustible.
- Aumento del confort y comodidad del usuario.
- Mayor accesibilidad al transporte para personas con movilidad reducida.

Por ello, en los próximos años se espera que se produzca una paulatina adopción de vehículos autónomos por las carreteras a nivel mundial. Del mismo modo, se prevé que los avances en tecnología de inteligencia artificial y sensores contribuyan a mejorar la seguridad y eficiencia de los vehículos autónomos.

Algunas de las tecnologías que recibirán importantes mejoras son la propia automatización que permitirá a los vehículos autónomos asumir más funciones de la conducción sin intervención humana de ningún tipo.

70%

de las personas que habitarán el planeta hasta 2050 vivirán en ciudades, según las Naciones Unidas.

8 Naciones Unidas, Informe 2022.
9 International Transport Forum, ITF Transport Outlook 2023.

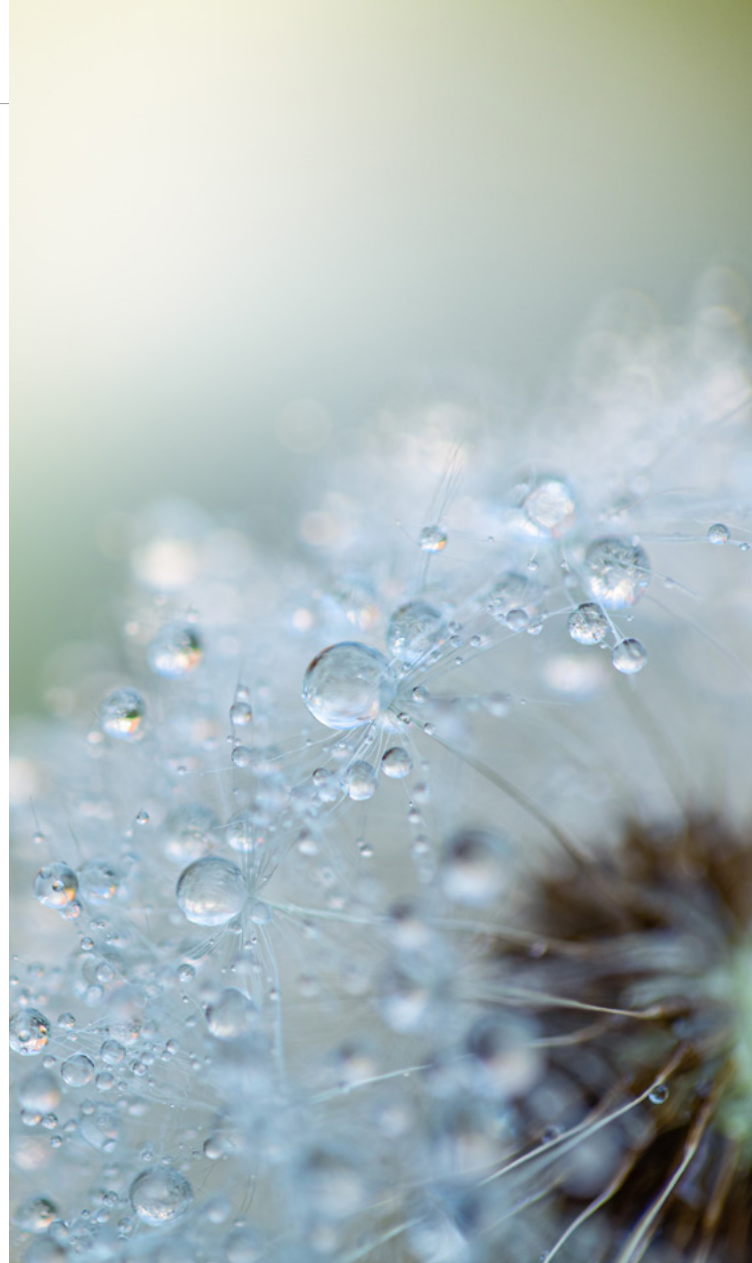
La inteligencia artificial como tecnología que mayor beneficio puede aportar gracias a permitir a los vehículos la toma de decisiones en tiempo real y adaptarse de forma eficiente a cambios en el entorno.

La evolución de los sensores utilizados en vehículos autónomos como cámaras, radares, GPS, sensores de ultrasonidos y LIDAR mejorarán en términos de precisión y alcance, permitiendo una mayor capacidad de detección de obstáculos evitando brusquedad en la conducción. De igual forma, están evolucionando los sistemas de comunicación entre vehículos, que será clave para coordinar sus movimientos para evitar no sólo colisiones sino para crear un tráfico más eficiente.

Además de la evolución tecnológica, se trabaja en que las regulaciones y políticas gubernamentales se adapten para permitir la circulación de vehículos autónomos en convivencia con el resto del entorno.

Muchos de los retos a los que se va a enfrentar la sociedad en los próximos años son los de resolver los problemas relacionados con la seguridad frente a ciberataques, dada la vulnerabilidad que presentan estas nuevas tecnologías hiperconectadas a este tipo de amenazas. Un acceso no autorizado a vehículos autónomos podría permitir a los atacantes tomar el control de este, lo que podría derivar en sufrir accidentes graves, o incluso, ser utilizado como un arma para perpetrar atentados terroristas. Además, existe el riesgo de que los vehículos autónomos sean paralizados a distancia, lo que podría bloquear su funcionamiento y poner en peligro la seguridad tanto de los ocupantes como de otras personas en la vía. Para que los vehículos autónomos sean ampliamente aceptados por la sociedad, será fundamental aumentar la confianza de las personas a ceder el control completo de la conducción, y aumentar la fiabilidad de los sistemas que integran el vehículo autónomo.

La transición desde una conducción pura manual a una totalmente autónoma será gradual y lenta. Durante este periodo, los vehículos autónomos deberán coexistir en un tráfico mixto, compartiendo la vía con una amplia variedad de usuarios y situaciones, lo que presenta desafíos adicionales en su implantación.



Proyectos actuales

Como ya hemos avanzado en el inicio del capítulo, el crecimiento en el desarrollo de las capacidades de computación y de la inteligencia artificial están impulsando que salgan a la luz muchos proyectos empresariales que empiezan a sembrar la semilla de los servicios de conducción autónoma del futuro.

Algunos de los proyectos más conocidos se enumeran a continuación:

Waymo[10]

Desarrollando su flota de vehículos autónomos en diversas ciudades ofreciendo servicios de taxi autónomo y trabajando en mejoras tecnológicas. Está actuando, junto con otras empresas de servicio de transporte de pasajeros, como actor de presión para creación y aplicación de leyes.

Tesla[11]

Con un sistema de conducción autónoma, sigue avanzando en la integración de capacidades autónomas de sus vehículos.

Baidu[12]

Está desarrollando su plataforma de conducción autónoma Apollo, que se utiliza en diversas aplicaciones como taxis autónomos y transporte público.

Cruise[13]

Centrada en la creación de vehículos autónomos para uso urbano. Testando el vehículo en ciudad bajo condiciones reales de circulación. Buscan la creación de un vehículo asequible para todos basándose en la plataforma de un vehículo compacto.

Aurora[14]

Enfocada en el desarrollo de tecnologías para vehículos autónomos, incluyendo transporte de mercancías, se encuentran colaborando con varios fabricantes del sector del automóvil.

Nuro[15]

Especializada en vehículos de reparto autónomos, está trabajando para poder ofrecer servicios de entrega utilizando vehículos pequeños.

10 Waymo, Sitio web oficial.
11 Tesla, Sitio web oficial.
12 Baidu, Sitio web oficial.

13 Cruise, Sitio web oficial.
14 Aurora, Sitio web oficial.
15 Nuro, Sitio web oficial.

En paralelo, existen numerosos bancos de pruebas y colaboraciones académicas entre diversas universidades y centros de investigación involucrados en el avance de la tecnología del vehículo autónomo.

España no se queda atrás en contribuir a este desarrollo a través de empresas, universidades y centros tecnológicos. Buenos ejemplos de ello son los que se destacan a continuación. Un ejemplo reciente de empresas que trabajan en I+D en este ámbito es el **proyecto REMOTIS**[16] **de Capgemini.** La compañía diseñó y construyó un vehículo eléctrico y autónomo con inteligencia distribuida en el propio vehículo y en la nube. Mediante la tecnología *edge computing* y utilizando redes 5G puede aumentar la capacidad computacional y reducir la latencia de transmisión de datos. A su vez, el vehículo desarrollado ha permitido disponer de una plataforma experimental de diversas tecnologías de detección de objetos como es un radar MIMO (Multiple Input Multiple Output) que utiliza múltiples antenas para mejorar la detección. O bien probar la solución SADE (Securing Autonomous Driving Function at the Edge) para optimizar la computación en la nube. Esta solución proporciona funciones avanzadas de ciberseguridad, asegurando la fiabilidad del software y hardware integrado en el vehículo.

Figura 5. Plataforma experimental de conducción remota. Proyecto REMOTIS de Capgemini Engineering.

16 Capgemini, REMOTIS – sistema de inteligencia remota para automóviles.

Un ejemplo que destacar en el ámbito universitario podría ser el programa AUTOPÍA[17], desarrollado por el Centro de Automática y Robótica de la Universidad Politécnica de Madrid y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Este proyecto tuvo la intención de mitigar las limitaciones potenciales de la conducción autónoma a través del uso compartido del control hombre-máquina y la cooperación con otros agentes de la carretera.

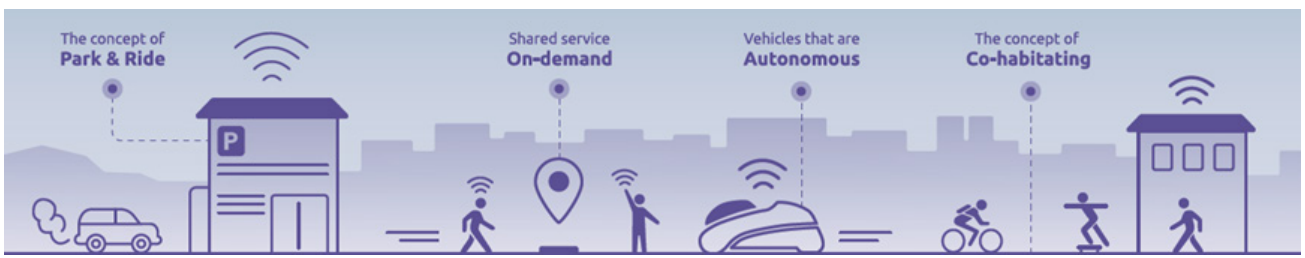
También es notorio destacar el proyecto del Centro Tecnológico CTAG[18], que desarrolló un vehículo lanzadera autónomo con autonomía nivel 4. El vehículo puede operar de manera independiente en una multitud de entornos urbanos y rurales. Con una capacidad para 12 pasajeros, dispone de una rampa motorizada, la cual garantiza accesibilidad para personas con movilidad reducida.

Por otro lado, como ya lo hicieron en su momento para absorber el aumento de tráfico rodado con vehículos convencionales, las infraestructuras también tendrán que evolucionar para recibir este tipo de vehículos. Esto implica el desarrollo de infraestructura con conectividad y dotarla de cierta inteligencia para que interactúe con este tipo de vehículos. Dicha evolución también está siendo estudiada, pero debe ser adaptada tras consolidarse una oferta "real" de flota de vehículos autónomos.

17 Autopia, Connected and automated driving. Sitio web oficial.
18 Centro Tecnológico de Automoción de Galicia, Sitio web oficial.

Figura 6.

Conceptos en la ciudad del futuro. Proyecto Shutlink[19] de Capgemini Engineering



19 Innovaspain, Shutlink: el ciudadano como prioridad en la nueva movilidad.

Además, es muy importante señalar que aún queda mucho trabajo por realizar en aspectos éticos y regulatorios.

A medida que la tecnología avanza, es imprescindible hacer las investigaciones sobre el impacto social, económico y legal, enfocándose en la regulación adecuada para facilitar la adopción de vehículos autónomos sin dejar a nadie atrás.

04 Tecnologías y desafíos

La conducción autónoma es uno de los desafíos de ingeniería y tecnología más complejos en los que el mundo se está enfrentando.

La utilización de tecnologías de inteligencia artificial, visión por computación y conectividad juegan un papel fundamental para lograr reproducir las tareas que realiza un ser humano mientras conduce con la mayor seguridad y precisión posible.

El proceso para conducir un vehículo de forma autónoma conlleva combinar la ejecución de diversas tareas que se podrían dividir en **4 etapas:** percepción, interpretación, actuación y corrección. Por un lado, el vehículo debe recolectar información del entorno mediante distintos sensores. Esta información recopilada se emplea para alimentar con datos a algoritmos con el fin de lograr una interpretación del entorno y poder tomar las decisiones oportunas durante la conducción. Las decisiones son trasladadas a sistemas electromecánicos de actuadores que accionan los distintos mecanismos que modifican la trayectoria y velocidad del vehículo. El movimiento del vehículo se va ajustando con el fin de mantener la seguridad y estabilidad mediante algoritmos de retroalimentación que corrigen su trayectoria y velocidad según nuevos datos que se van recibiendo en el transcurso del viaje.

A continuación, vamos a describir las características más relevantes de las tecnologías que hay detrás de cada etapa:

01. Percepción

02. Interpretación

03. Actuación

04. Corrección

01. Percepción

En esta etapa se encuentran todos los tipos de sensores que pueden ser empleados para ubicar el vehículo y detectar el entorno por donde se mueve el vehículo. Los vehículos autónomos emplean un amplio abanico de tecnologías que suelen trabajar en conjunto para construir una comprensión lo más completa posible y precisa del entorno.

Radar

El radar utiliza ondas de radio para medir la distancia y la velocidad de los objetos. Estas ondas de radio se reflejan en los objetos, determinando su posición y velocidad mediante el análisis del cambio de frecuencia recibido respecto a la señal emitida. Es ideal para medir la velocidad de otros vehículos y detectar obstáculos a larga distancia. Por el contrario, suelen ofrecer baja resolución espacial, lo que dificulta la clasificación de objetos con este tipo de sensores. Sin embargo, es transparente a las inclemencias meteorológicas como la lluvia o la niebla. Aunque suelen emplearse para su uso hacia el exterior, existen investigaciones que usan tecnología radar con emisión de microondas para la detección de la frecuencia respiratoria y cardíaca, que podrían usarse también para monitorizar el estado de los pasajeros.

Sensores de ultrasonidos

Estos sensores emplean ondas sonoras de alta frecuencia para medir distancias cortas. Las ondas de ultrasonido emitidas se usan para calcular la distancia con un objeto al medir el tiempo que tarda el sonido en regresar tras chocar con él. Son idóneos para la detección de obstáculos en maniobras de baja velocidad como el estacionamiento y en entornos cerrados con columnas o paredes muy cercanas alrededor. Su principal limitación es que tiene un rango de detección con precisión muy corto.

LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging)

Son sensores que miden distancias utilizando pulsos láser. Emiten haces de luz láser infrarroja que rebota en los objetos y calculan la distancia midiendo el tiempo de retorno de esa luz. De esta forma se puede crear un mapa 3D del entorno, permitiendo detectar formas y obstáculos con alta precisión. Suele ser un buen sistema para el reconocimiento de objetos, mapeo y navegación en entornos urbanos complejos. Por el contrario, son sensibles a condiciones climáticas adversas como la lluvia y la niebla, por lo que debe complementarse con la ayuda de otros sensores. La tecnología LIDAR tiene un coste elevado y suele tener un gran tamaño para su integración en

el vehículo. Los más sofisticados pueden recrear imágenes alrededor de los 360º del vehículo gracias a que su emisor está motorizado para que haga la circunferencia completa de barrido sobre él.

Cámaras

Las cámaras captan imágenes del entorno y permiten el reconocimiento visual. Las cámaras proporcionan información visual detallada que permite identificar señales de tráfico, carriles, peatones y otros elementos de la vía. Son generalmente empleadas para la clasificación de objetos, detección de carriles y reconocimiento de señales de tráfico. Su principal hándicap es que son sensibles a las condiciones de iluminación, tanto a la luz solar directa como a la baja visibilidad por condiciones lumínicas nocturnas. Pueden estar enfocando tanto al exterior como al interior. En este último caso puede servir para la monitorización de los pasajeros y detectar, por ejemplo, señales de desvanecimiento o cualquier otro problema a partir de algoritmos de reconocimiento gestual y de expresión facial.

GPS

Los sistemas de posicionamiento global por satélite (GPS) proporcionan la ubicación del vehículo con precisiones de metros. Las señales de satélites que recibe sirven para determinar las coordenadas precisas de la posición del vehículo. Su principal uso es para asistir en las tareas de navegación y localización de rutas predefinidas. Puede perder precisión en entornos urbanos densos, túneles y zonas de baja cobertura como espacios subterráneos.

IMU

Estos sensores de medición inerciales (IMU) pueden medir aceleraciones longitudinales como angulares en diferentes ejes. Utilizan acelerómetros y giroscopios para determinar la orientación y movimiento del vehículo. Son útiles para trabajar en la estabilización del vehículo, calcular trayectorias y ayudar en la navegación cuando el GPS pierde la señal. Como principales limitaciones es que pueden sufrir una deriva acumulada en la medición que puede afectar a la precisión a largo plazo.

02. Interpretación

Una vez que el vehículo autónomo ha recopilado los datos del entorno a través de los sensores, entra en la fase de **interpretación del entorno.** Esta etapa se centra en procesar y analizar la información para entender la situación y tomar decisiones de conducción seguras. La interpretación del entorno depende de las estrategias que se emplean para la fusión de datos de diversos sensores y de los algoritmos de inteligencia artificial que ayudarán a comprender, predecir y planificar el viaje.

Para obtener la mejor precisión posible de esta interpretación, es fundamental entrenar los modelos de inteligencia artificial para que puedan clasificar distintos elementos (vehículos, señales de tráfico, peatones, ciclistas, mobiliario urbano) y prever sus posibles movimientos. Para que sea efectiva y fiable esta interpretación completa de la situación, el modelo requiere grandes cantidades de datos de entrenamiento. Pero no solo es importante la cantidad. La calidad y variedad es imprescindible ya que puede resultar arriesgado los sesgos derivados de disponer de bases de datos limitadas para entrenamiento. Una baja calidad puede conducir a no disponer de información para actuar ante situaciones no previstas o formas de peatones fuera de patrones comunes. Por eso es importante dotar a estos sistemas de información diversa que tenga en cuenta el máximo de posibilidades y situaciones posible.

Un ejemplo claro, es el riesgo de que el algoritmo no reconozca a personas que van en silla de ruedas, muletas, o que tengan un color de piel distinto a los modelos de personas que incluye la base de datos de muestra empleada en entrenar el modelo.

A continuación, desgranamos algunas de las tareas más relevantes en esta etapa que pueden encontrarse en los sistemas de conducción autónoma.

Fusión de datos

Combinar la información procedente de los múltiples sensores (LIDAR, cámaras, radar, GPS, IMU) para poder crear una representación del entorno con la máxima precisión. Como puede intuirse, el reto es complejo debido a la combinación las diferentes latencias de recepción de señal de los distintos sensores y la combinación de señales que pueden emplear distintos protocolos de comunicación. Para llevarlo a cabo se utilizan algoritmos que corrigen posibles inconsistencias entre los datos de diferentes sensores, mejoran la precisión y reducen el ruido de la información.

Planificación de ruta y movimiento

Una vez interpretado el entorno, el sistema determina la mejor trayectoria a seguir en base a la seguridad, eficiencia y comodidad del trayecto. La planificación involucra algoritmos que evalúan las condiciones del tráfico, la posición de los obstáculos y el reconocimiento de la señalización y peatones, ajustando el rumbo en tiempo real.

La principal dificultad es adaptarse rápidamente a cambios repentinos, como la aparición de nuevos vehículos, peatones o bloqueos en el camino.

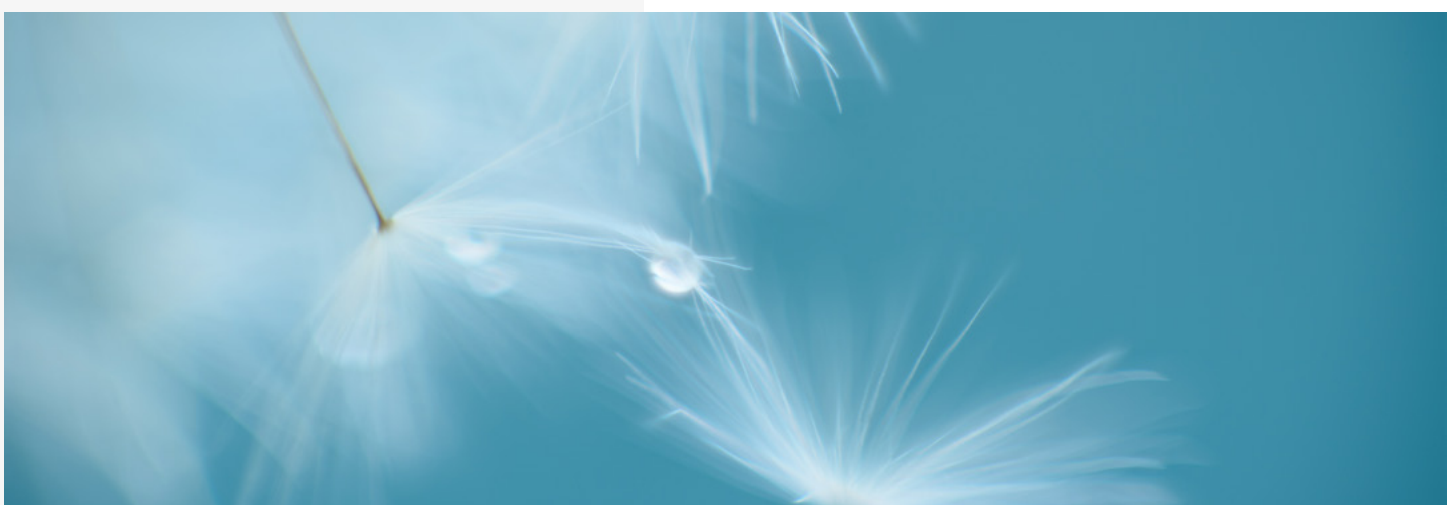
Predicción de comportamientos

Otra de las técnicas que son muy útiles es predecir los movimientos de otros usuarios de la carretera (vehículos, peatones, ciclistas) basándose en sus trayectorias y patrones de movimiento pasados. La capacidad predictiva es crítica para anticipar situaciones de riesgo y actuar antes de que ocurran, como frenar si un peatón parece querer cruzar inesperadamente. Sin embargo, es un reto predecir comportamientos fuera de lo habitual, lo que exige modelos de predicción altamente entrenados.

SLAM (Mapeo y Localización Simultánea)

A través del uso de GPS, LIDAR y cámaras, el vehículo puede mapear el entorno y ubicarse dentro de él en tiempo real. Esto es muy útil cuando el vehículo se desplaza por zonas desconocidas o lugares de los que no dispone de mapas predefinidos. El reto del SLAM es mantener la precisión en condiciones complicadas como áreas congestionadas o entornos con pocos puntos de referencia.

Como se puede observar, cada una de estas tecnologías añade una capa de inteligencia que permite al vehículo no solo observar su entorno, sino comprenderlo y anticipar posibles escenarios para tomar decisiones autónomas, seguras y eficientes.



03. Actuación

Una vez que el vehículo autónomo ha recopilado y procesado la información del entorno y ha decidido cuál es la mejor trayectoria y acción para tomar, entra en la fase de actuación. Esta etapa se centra en llevar a cabo las decisiones tomadas, controlando directamente los actuadores del vehículo para moverse de manera segura y precisa.

Los actuadores podrán controlar la dirección, aceleración, frenado y transmisión del vehículo. Los actuadores de dirección ajustan el ángulo o la velocidad de giro de las ruedas para maniobrar de acuerdo con la trayectoria planificada, mientras que los controladores de aceleración y frenado actuarán sobre el sistema de tracción o frenado regulando la velocidad del vehículo según sea necesario. Estos sistemas dependen de motores eléctricos, servomotores y sistemas de control electrónico que deben ser precisos y sincronizados para evitar movimientos bruscos y garantizar una conducción segura y confortable.

Además, el control integrado de movimiento combina la operación de todos estos actuadores para asegurar una coordinación suave durante maniobras complejas como estacionamiento automático o esquivar obstáculos. La principal dificultad radica en adaptar la respuesta del vehículo a cambios repentinos del entorno, como condiciones variables del terreno o la aparición de obstáculos inesperados, sin comprometer la estabilidad y seguridad. Una sincronización perfecta entre todos los actuadores permite al vehículo responder de manera precisa a las decisiones del sistema de control.

04. Corrección

La fase de corrección en un vehículo autónomo se centra en ajustar constantemente las decisiones tomadas en la actuación para asegurar que el vehículo mantenga la trayectoria y velocidad adecuadas en tiempo real. Los sistemas de control de retroalimentación comparan la ruta planificada con la posición y movimiento actuales del vehículo, aplicando ajustes en dirección, aceleración y frenado para corregir cualquier desviación. Estos sistemas se basan en algoritmos como controladores PID y mecanismos predictivos que permiten una reacción rápida y suave ante cambios inesperados, como derrapes o desviaciones causadas por factores externos.

Además, la corrección incluye reevaluación dinámica del entorno y modelos predictivos de comportamiento, que monitorean constantemente las condiciones de la carretera y los movimientos de otros vehículos para anticipar situaciones de riesgo y ajustar las decisiones en consecuencia. Esta fase se complementa con sistemas de redundancia y seguridad, que supervisan el estado de los componentes críticos y activan modos de emergencia si se detecta alguna anomalía. La corrección, por tanto, es esencial para mantener la seguridad y estabilidad del vehículo en entornos cambiantes y complejos, mejorando su capacidad de respuesta ante imprevistos.

Vehículo autónomo y conectado: Retos y Oportunidades

La conducción autónoma en conjunto con las tecnologías de vehículo conectado despliega un abanico de oportunidades para transformar la movilidad de los próximos años. Entre ellas, se destacan la conducción remota, que permite controlar un vehículo a distancia, y los servicios de flotas, donde las compañías puedan gestionar los viajes de múltiples vehículos mediante plataformas conectadas para transportar tanto a personas como a mercancías. La conectividad permitirá una conducción más colaborativa, donde los vehículos se comunicarán entre sí para mejorar la seguridad y fluidez del tráfico reduciendo los atascos. También promete grandes avances los servicios UX (experiencia del usuario) que mejorarán la interacción de los pasajeros con los sistemas del vehículo. Además, las actualizaciones de software en los vehículos autónomos permitirán mejorar continuamente las funcionalidades y agregar nuevas características al vehículo sin necesidad de pasar por un taller o cambiar de modelo.

Para que se logre disponer de vehículos conectados es necesario desplegar una tecnología V2X (Vehicle-to-Everything) apropiada, que haga posible la comunicación entre los vehículos y otros elementos o actores del entorno, como semáforos, peatones y otros automóviles. Esta comunicación es clave para mejorar la seguridad vial y la eficiencia energética. Las redes 5G y NB-IoT (Internet de las Cosas de Banda Estrecha) ofrecerán la infraestructura necesaria para soportar esta conectividad. El reto es optimizar factores como el ancho de banda necesario, la velocidad de transferencia y latencia, que son esenciales para un intercambio rápido de datos, además de reducir el consumo energético de estas redes y ser robusto a ciberataques.

Alcanzar el nivel 5 de autonomía requerirá una mayor capacidad de computación. Las actuales tecnologías que hoy ofrecen los vehículos en niveles 1 y 2 ya ejecutan grandes cantidades de operaciones por segundo. Pero en nivel 5 se estima que se superen los 100 billones de operaciones por segundo[20] . Eso requiere dotar a los vehículos de centralitas electrónicas para el procesado de datos con CPU y GPU suficientemente potentes para operar a ese ritmo.

20 EV Design & Manufactoring. Four Megatrends in the Automotive Industry.
MDPI, Data and Energy Impacts of Intelligent Transportation—A Review, by Kaushik Rajashekara and Sharon Koppera.
Samsung, Navigating into the Driverless – from a First-Hand Autonomous Driving Experience to the Technology Behind It.

Más de

100BI

de operaciones de punto flotante por segundo para alcanzar el nivel 5

Pero no solo se debe planificar en términos de capacidad tecnológica, sino también en la toma de decisiones en situaciones de emergencia. Uno de los desafíos más grandes que se enfrentan los vehículos es cómo los algoritmos de estos deberían actuar cuando se encuentren en escenarios donde cualquier decisión conlleva un riesgo para la seguridad de las personas involucradas. Por ejemplo, si el vehículo tiene que elegir entre evitar un obstáculo a costa de arriesgar la seguridad del pasajero o continuar su trayectoria y poner en peligro a peatones. Este tipo de decisiones plantea dilemas éticos complejos que los sistemas autónomos deberán resolver en fracciones de segundo.

Precisamente en relación con estos dilemas, el proyecto *Moral Machine*[21] del MIT ha sido una plataforma de investigación muy exitosa para investigar cómo las personas de procedentes de diferentes culturas y contextos sociales perciben estos dilemas morales de la conducción autónoma. La plataforma plantea escenarios de emergencia donde el vehículo debe tomar una decisión entre diferentes resultados éticamente difíciles, como salvar la vida de un peatón o la de un pasajero. Los resultados de Moral Machine muestran que la opinión pública está dividida, con distintas prioridades dependiendo de la región, género, y contexto socioeconómico. Estas diferencias culturales deberán ser consideradas en el diseño de los sistemas de toma de decisiones en vehículos autónomos para asegurar que las soluciones sean globalmente aceptadas.

Por otra parte, el reto más importante y por el cual se está realizando este trabajo, es cómo estos vehículos podrán entender y atender la diversidad dentro de la sociedad, particularmente cuando interactúan con personas mayores, discapacitadas o grupos en riesgo de exclusión social.

Se hablará en los próximos capítulos en profundidad sobre qué aspectos son esenciales para una inclusión universal. Porque el desarrollo de vehículos autónomos de nivel 5 no solo depende del desarrollo tecnológico en términos de, precisión de interpretación, potencia de procesamiento y toma de decisiones en tiempo real. También se requerirá de una profunda comprensión de los dilemas éticos y las necesidades sociales, donde aspectos como la accesibilidad, la equidad y la diversidad cultural tienen un papel crucial en su aceptación, integración y éxito como sociedad a largo plazo.

21 Moral Machine Project, Sitio web oficial.

05 El vehículo autónomo como medio de transporte inclusivo

Para que el vehículo autónomo logre una implantación exitosa en los próximos años es conveniente abordar de forma transversal, integral y equitativa toda una serie de necesidades que consideramos facilitaría la integración del vehículo autónomo con las personas.

Si la conducción autónoma quiere ser considerada como una opción universal de movilidad, debe poder garantizar la accesibilidad a todas las personas sin tener en cuenta sus condiciones físicas, cognitivas y económicas. Esto implica que la movilidad autónoma debe responder a una serie de requisitos según el tipo de población.

Este apartado está enfocado en **cómo la conducción autónoma debe abordar las necesidades que afectan a grupos específicos de población** como pueden ser las personas mayores o las personas con discapacidad. También se va a analizar cómo debe encarar su desarrollo desde el punto de vista de la equidad social, incluyendo por ejemplo la perspectiva de género y la diversidad cultural o la accesibilidad económica. Hoy en día la accesibilidad al transporte de personas con discapacidad suele ser un área delegada a terceros (carroceros, …) no siendo desarrollada en gran medida por los fabricantes de vehículos privados. Eso obliga a muchas personas a optar por servicios de transporte público, en muchos casos también limitados, si no pueden disponer de posibilidades económicas para adaptar un vehículo a sus necesidades.

Por ese motivo es fundamental considerar las necesidades y desafíos del máximo número de personas para asegurar que el vehículo autónomo sea útil y beneficioso para todas las personas, para la sociedad. La tecnología será una aliada clave para conseguir este ambicioso objetivo. El ritmo de desarrollo y las capacidades tecnológicas tal vez no sea suficiente para alcanzarlo de forma completa a corto plazo. Pero debemos entre todos sentar unas bases y trazar un rumbo que nos permita estar cada vez más cerca de la accesibilidad universal.

La concepción del coche autónomo para personas con discapacidad, mayores y diferentes minorías, debe concebirse como un requisito garante de su calidad. Los principios del diseño para todos permiten la interacción, acceso y uso a los bienes y servicios en condiciones de confort para toda la población.

Un vehículo autónomo y accesible es garantía de un servicio sostenible en el tiempo que dé respuesta a las necesidades de las personas a lo largo de las diferentes situaciones que enfrenta en la vida. Las necesidades específicas irán variando desde la niñez, a la adultez pasando por momentos de incapacidad temporal o permanente. O situaciones que requieran el transporte de elementos con ruedas como las maletas, los coches para bebés o los carros para la compra. Un vehículo accesible y para todas las personas permitirá la suficiente flexibilidad para ser utilizado en cada circunstancia con indolencia de tu situación particular.

Con el objetivo de consensuar aspectos determinantes para la integración del vehículo autónomo en todas las personas, hemos desarrollado un modelo de trabajo de innovación social junto a una red de stakeholders sobre 3 ejes:

- **Cuestionario dirigido a profesionales de diferentes sectores** para conocer de primera mano la visión y opinión sobre los sistemas de conducción autónoma y el impacto sobre personas en riesgo de exclusión social. El cuestionario fue respondido por 25 especialistas, y su resultado aportó información y datos claves para el desarrollo del libro, ayudando a su vez a identificar las temáticas para definir siete talleres de trabajo de la siguiente fase.

- **7 talleres de innovación social** junto a más de 50 personas de diversos perfiles profesionales y personales: profesionales de las administraciones públicas responsables, expertos en el campo de la automoción, personas de los distintos colectivos (personas mayores y con discapacidades) y responsables personas en representación de estos los colectivos, responsables de entidades sociales determinantes en estos campos … El objetivo de estos siete talleres fue explorar e identificar las necesidades y dificultades de diferentes colectivos en situación de vulnerabilidad para ponerlas en el centro del diseño del futuro coche autónomo. Los talleres se estructuraron en dos ejercicios. El primero fue de ideación, donde los participantes identificaban las barreras que tenían y que llevaba consigo a que no utilizasen mayoritariamente la movilidad en vehículos, en sus diferentes formatos. El segundo ejercicio planteaba la hipótesis de disponer de vehículos con autonomía nivel 5 para realizar un viaje, con el objetivo de explorar cómo el vehículo autónomo facilitaría cada etapa del trayecto e incluyendo ciertos imprevistos para entender cómo las personas se comportarían ante situaciones. Los siete talleres de trabajo se organizaron para abordar en cada uno de ellos los principales insight a través de la visión de personas mayores, personas con discapacidad, perspectiva de género, soluciones tecnológicas, personas con brecha digital, diversidad cultural e inequidad social.

- **Entrevistas personalizadas** a personas claves alrededor de algunos de los insight detectados en los cuestionarios y talleres para profundizar en áreas determinantes, como la discapacidad, la perspectiva de género o la inequidad social.

Fruto del trabajo colectivo generado alrededor de estas 3 líneas de trabajo, desarrollamos a continuación las principales conclusiones:

Personas mayores

Según un estudio realizado por la ONU titulado *"Perspectivas de la Población Mundial 2022"*[22] , la población mayor de 65 años crece más rápidamente que la población por debajo de esa edad. Se estima que para el año 2050, el porcentaje de la población mundial mayor de 65 años aumentará del 10% al 16%.

Desde un punto de vista biológico, envejecer es el resultado de la acumulación de una variedad de daños moleculares y celulares a lo largo del tiempo, provocando así un descenso paulatino de las capacidades físicas y cognitivas. Tal y como recoge un estudio realizado por la Fundación MAPFRE[23] en colaboración con el Hospital de la Santa Creu y Sant Pau de Barcelona, a partir de los 75 años la prevalencia del deterioro cognitivo se duplica cada 5 años. Esto implica que hay que poner especial atención a las necesidades del sector de personas mayores a 65 años, que cada vez es más numeroso, para adaptar las soluciones de movilidad a sus condiciones con el fin de ofrecer una calidad de vida óptima.

Uno de los principales retos de las personas mayores es su inclusión en un mundo cada vez más digital. Es un sector de la población con un alto riesgo a sufrir vulnerabilidades y no pueden quedar excluidos. Por lo general, el diseño de pantallas y de interfaces no discierne de edades ni de capacidades cognitivas. Esto pone en riesgo a que se deje de lado a todo aquel que no es capaz de familiarizarse con una interfaz poco amigable integrada en una pantalla con un número abundante de funciones. La incorporación de tecnologías que permitan la omnicanalidad en la interacción entre humano y máquina, como el reconocimiento de voz y de gestos, pueden ayudar para que exista una comunicación más fluida y se minimice la necesidad de interacciones físicas o cognitivas complejas. También conviene desarrollar diseños gráficos de pantallas que sean intuitivos, fáciles de comprender y visionar para las personas.

A su vez, las aplicaciones de gestión del vehículo autónomo deben ser de igual forma accesibles y fáciles de usar. Y en el mejor de los casos contar también con esa asistencia por voz en tiempo real que pueda resolver cualquier duda o incidencia.

Y no hay que olvidar que el canal de comunicación preferido para este sector de la población es la atención personalizada y el trato humano. Ya se conocen sectores que han debido dar respuesta, conservando una

Se estima que para el año 2050, el porcentaje de la población mundial mayor de 65 años aumentará del

10 al 16%

22 Organización de Naciones Unidas, Perspectivas de la población mundial 2022.
23 Fundación MAPFRE, El proceso de cese de la conducción en personas mayores.

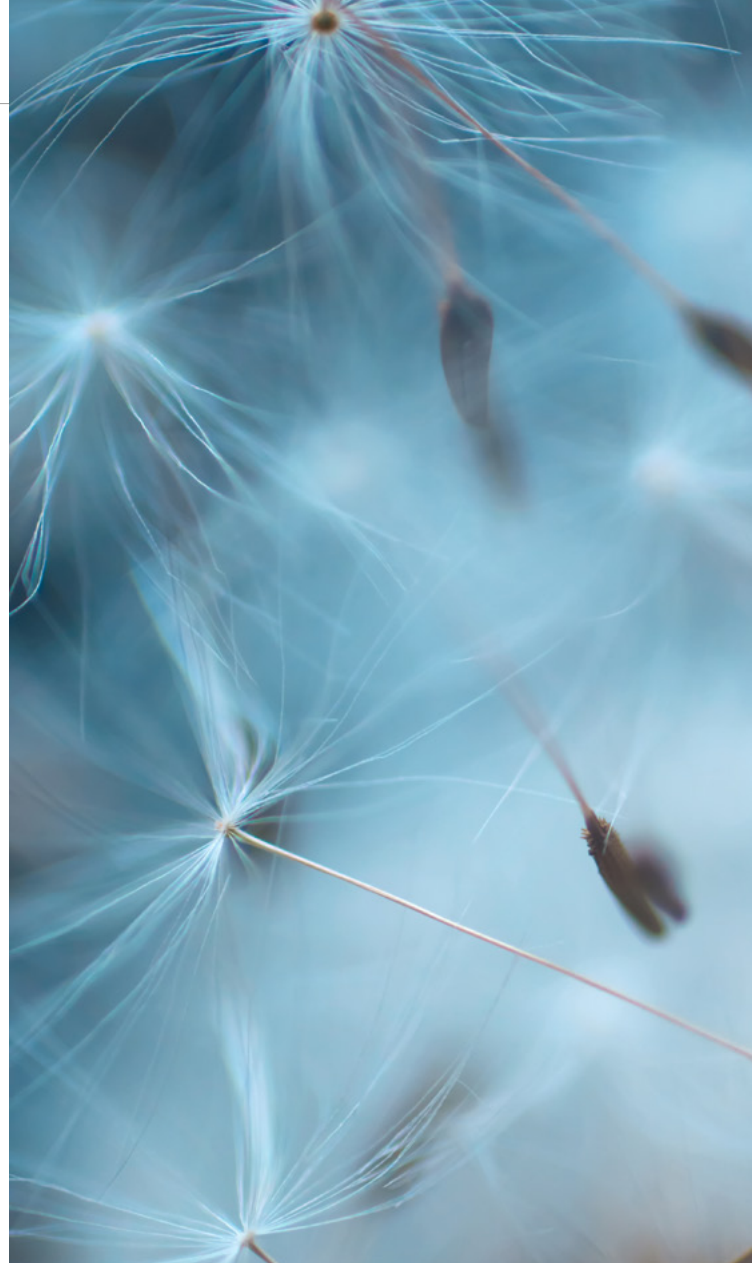
prestación personalizada con el fin de evitar situaciones de exclusión social. Siguiendo las pautas del Decálogo para el buen trato a las personas mayores desarrollado por la Sociedad Española de Geriatría y Gerontología[24], un acompañamiento real y presencial durante el uso de esta nueva forma de movilidad puede ser beneficioso para vencer el miedo a lo desconocido y a obtener un mayor grado de confianza para aproximar a las personas con las tecnologías de conducción autónoma.

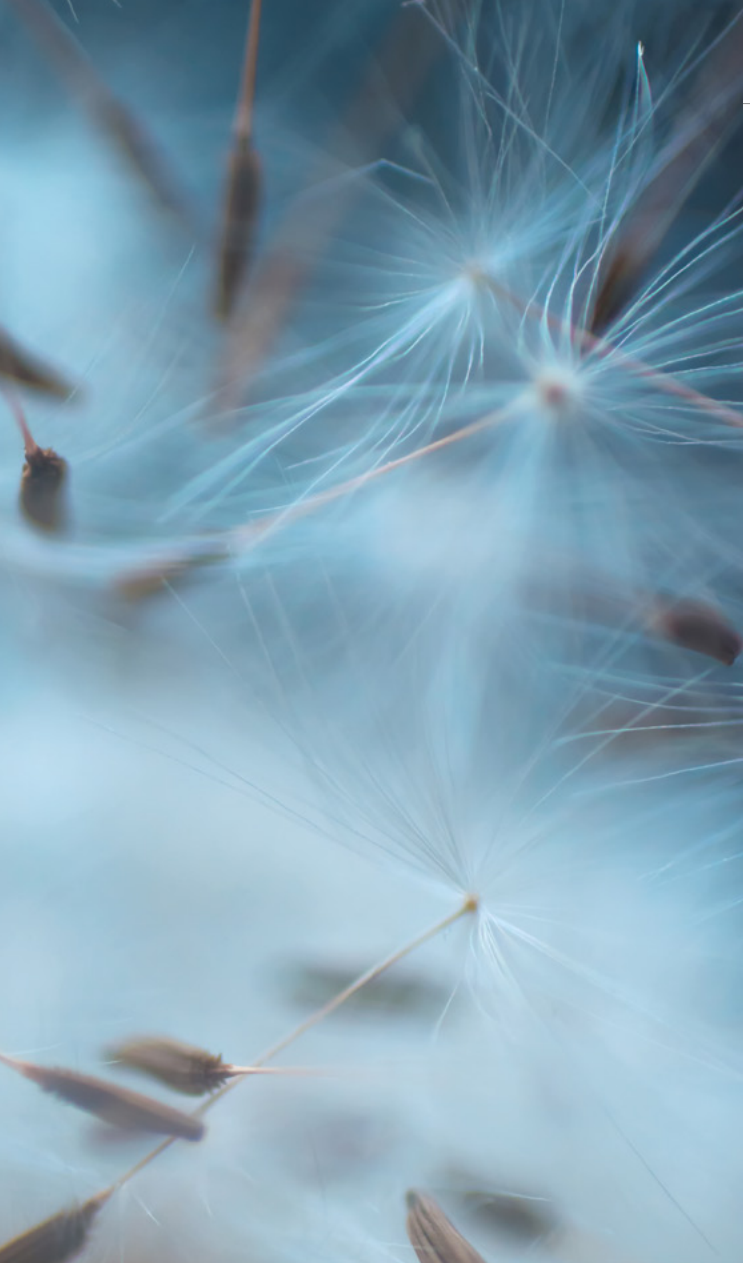
Otro reto por superar es la velocidad y ritmo de asimilación de nuevas tecnologías Vivimos en un mundo en continua transformación donde el avance tecnológico no resulta fácil de digerir para muchas personas. A menudo, las personas mayores tienen dificultades para utilizar los recursos tecnológicos comunes en la sociedad actual.

Las incorporaciones de nuevas tecnologías en los vehículos ha sido una tendencia, pasando de un producto muy "mecánico" o "analógico" a un producto mucho más "automático" o "digital". No hace mucho tiempo atrás los vehículos incorporaban como grandes novedades sistemas de climatización automática, sistemas de reproducción de música, cambios de marchas automáticos, accionamientos de elementos desde volante, elevalunas eléctricos, por citar algunos ejemplos. La evolución paulatina a mecanismos digitales o automáticos que han aumentado el confort de los usuarios hasta hoy ha dejado la oportunidad, en términos temporales, de tener una curva de aprendizaje hasta que todo ello se ha visto como "cotidiano" o "normal". No existe la dificultad para "aceptar" una nueva tecnología sino la dificultad para aprender a usarla. La formación e introducción gradual son de nuevo claves para que el vehículo autónomo pueda adaptarse y superar, como hicieron sus "antepasados tecnológicos" el "miedo a lo desconocido". Conviene hacer hincapié en los diseños digitales de pantallas para evitar centrarse solo en la funcionalidad, dejando en segundo plano la usabilidad. Es fundamental el diseño de tecnología con estudios UX en el centro del mismo, que junto a la formación en el manejo son la clave del existo para salvar la brecha digital.

A lo mencionado anteriormente se añade la necesidad de que el diseño de los vehículos evolucione, pero siga siendo familiar, sin requerir un cambio drástico en los hábitos de uso. Además, la gran preocupación de este sector de ciudadanos y en general de un amplio espectro de la población es garantizar su seguridad. Para ganar su confianza se debe hacer énfasis en demostrar su fiabilidad e incorporar suficientes sistemas de seguridad avanzados.

24 Sociedad Española de Geriatría y Gerontología, Decálogo para el buen trato a las personas mayores.





La accesibilidad para entrar y salir del vehículo es también piedra angular para facilitar su utilización universal, especialmente si existen limitaciones que afectan a la movilidad de las personas.

Personas con discapacidad

Según la Organización Mundial de la Salud[25], el 16% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad. Esto equivale a 1.300 millones de personas en el mundo. En los países altamente desarrollados, este porcentaje es aún mayor. Según el Departamento de Salud de los Estados Unidos, un 28,7% de los adultos del país tienen algún tipo de discapacidad. Eso se traduce en una proporción de más de 1 de cada 4 personas padece algún tipo de discapacidad. En Europa, según Eurostat, el porcentaje está entre el 25-30% de personas mayores de 16 años con alguna discapacidad[26]. Además, más del 60% de esta población se encuentra en riesgo de pobreza. Existe un amplio espectro de casuísticas y posibilidades cuando se aborda la inclusión de personas con discapacidad. Las limitaciones que una persona experimenta no se deben únicamente a sus características físicas, sensoriales, cognitivas o mentales, sino también al entorno social, físico y cultural en el que vive. Es muy importante que el diseño de los vehículos autónomos ofrezca flexibilidad con el fin de poder adaptarse a diferentes situaciones y necesidades específicas, y que puedan ajustar sus funciones y servicios según los perfiles de las personas que requieran de su uso. Cuánto más accesibles sean los vehículos autónomos desde el principio, más se beneficiarán todas las personas.

Por ese motivo **resulta crucial que las opiniones y necesidades de las personas con discapacidad sean escuchadas y consideradas de manera integral desde el inicio del diseño y desarrollo de estos vehículos.** Conviene recurrir a diseños universales que reduzca el número de adaptaciones especiales y así eliminar al máximo las barreras para su utilización. Esto no es un reto solo de fabricantes de vehículos, sino de toda la sociedad, para que el entorno donde habitan las personas sea más inclusivo con todas las personas.

Si se plantea el vehículo autónomo como un servicio de movilidad, este servicio debe garantizar el bienestar de los usuarios, priorizando bienestar a monetización. De hecho, los servicios de movilidad autónoma podrían beneficiar especialmente a personas con discapacidades

25 Organización Mundial de la Salud, 10 datos sobre la discapacidad.
26 Consejo Europeo, Consejo de la Unión Europea, La discapacidad en la UE: datos y cifras.

físicas. Muchas de estas personas generalmente no pueden conducir, y si existiera un servicio puerta a puerta que resuelva sus problemas de movilidad podría resolver esas necesidades que tienen muchas personas y que los servicios de transporte público convencional no pueden abarcar.

Con respecto a personas con algún tipo de discapacidad cognitiva, plantea desafíos específicos y consideraciones importantes para asegurar su seguridad, accesibilidad y autonomía. Por un lado, ofrece una oportunidad para ser más independientes, pero también se mira con preocupación dado que pueden vivir situaciones confusas para ellos que pongan en riesgo su integridad. La idea de que estas personas puedan utilizar vehículos autónomos de manera tutelada o supervisada, o con soporte adicional, es esencial para garantizar que la tecnología les proporcione beneficios reales sin poner en riesgo su bienestar. Por ejemplo, una persona con TEA, ante diversos estímulos visuales o sonoros que el vehículo emita, podría percibirlos de forma especial y diferente a lo habitual desarrollando reacciones que deben entenderse.

Como sucede con las personas mayores, la manera de interaccionar con el vehículo autónomo será clave para evitar la sobrecarga cognitiva y mejorar la accesibilidad. Por lo que es conveniente desarrollar interfaces predecibles y simples que les permitan realizar tareas sin sentirse abrumados. El uso de herramientas como software de texto predictivo, comandos por voz sencillos, y accionamiento de funciones con simples botones, entre otras, puede mejorar su experiencia. Es fundamental utilizar un lenguaje de interacción claro y cercano.

El desarrollo de la interfaz y la interacción con el viajero serán determinantes para las personas con discapacidad visual siendo prioritario el conocimiento y puesta en práctica de la normativa vigente al respecto.

Además, es fundamental la interacción del vehículo con el entorno y los peatones, debiendo contemplar los diferentes hándicaps que ya existen en la movilidad urbana peatonal de personas con discapacidad y poniendo especial atención en no generar nuevas barreras y dificultades.

Equidad social

El **derecho a desplazarse** debe ser el objetivo principal de la movilidad del futuro. Las personas valoran positivamente la opción de elegir cómo y cuándo usar el transporte, lo que puede contribuir a una mayor equidad social el ofrecer alternativas más accesibles y asequibles.

16%

de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad, según la Organización Mundial de la Salud

60%

de las personas con discapacidad se encuentran en riesgo de pobreza, según Eurostat

Permitir que los vehículos estén disponibles para todos y no solo para quienes pueden permitirse la propiedad individual. La popularización de los servicios de movilidad compartida que existe actualmente puede hacer que el transporte sea más accesible y reducir las desigualdades desde un punto de vista social y económico. Sin embargo, la propiedad individual también sigue siendo bien valorada por algunas personas por su comodidad, y el estatus que proporciona. Integrar ambos enfoques será clave para un desarrollo equitativo en el sector del vehículo autónomo.

Para satisfacer las diversas necesidades, es muy importante desarrollar modelos de negocio que integren tanto la propiedad compartida como la individual. Los servicios flexibles y compartidos en los que el vehículo se adaptade a diferentes contextos (trabajo, ocio, familia), son altamente valorados por las ventajas económicas que puede suponer. Por otro lado, la propiedad privada sigue siendo valorada por la percepción de estatus, la disponibilidad constante del vehículo y la comodidad personal. Por ejemplo, algunas personas mayores valoran más la seguridad y el viajar con alguien familiar con vehículo propio.

Conviene también tener en cuenta, que la conducción autónoma compartida tiene un gran impacto en la reducción del tráfico, la disponibilidad de vehículos y la eliminación de la búsqueda de estacionamiento. La globalización del uso compartido de vehículos autónomos reduce la necesidad de que cada individuo posea un vehículo propio, lo que disminuye la cantidad de vehículos estacionados y en circulación. Esto no solo alivia la congestión del tráfico, sino que también libera espacios urbanos que pueden ser utilizados para peatones y otras actividades. La disponibilidad de vehículos compartidos, que pueden ser convocados cuando se necesitan, elimina la espera y mejora la eficiencia en el transporte.

Perspectiva de género

El estudio de closinggap[27], del grupo BMW, destaca que el comportamiento de las mujeres en movilidad está estimulando la transformación hacia un transporte más compartido, sostenible y conectado. Las mujeres muestran una mayor tendencia hacia el uso de transporte compartido, mayor sensibilidad ambiental y una complejidad de trayectos que las mantiene más conectadas mediante aplicaciones de movilidad. Con la conducción autónoma, estas tendencias pueden intensificarse, ya que las soluciones autónomas facilitarán

27 Informe Closingap, Analizando el coste de oportunidad de la desigualdad de género en la movilidad

la planificación, eficiencia y seguridad en los trayectos, respondiendo mejor a las necesidades de movilidad de las mujeres, tal como sugiere el informe.

Caroline Criado nos habla en su libro "La mujer invisible"[28], entre otras muchas cosas de las brechas de género que han existido (y aún algunas perduran) alrededor de las pruebas de seguridad de los coches a través de maniquís de antropometría y biomecánica masculina.

De igual manera, Violeta Alcocer en su libro "Auténticas Impostoras" hace un breve recorrido de los grandes esfuerzos y el elevado precio que han pagado las mujeres para la conquista de la movilidad. Así, desde las astucias que tuvo que realizar Jeanne Baret para conseguir formar parte de una expedición histórica bajo el mando de Louis-Antonine de Bougainville y ser la primera mujer en dar la vuelta al mundo en 1766. La transformación en los diseños de la silla de montar a caballo para que finalmente pudieran ir en la misma dirección de los hombres. La conquista que supuso para la mujer la utilización de la bicicleta hasta la restricción que en España hubo hasta 1975 a que una mujer pudiera sacar libremente su carnet de conducir sin permiso de nadie.

A estas brechas descritas por la escritora, le añade algunas conclusiones del Estudio del Instituto de Biomecánica de Valencia[29], de 2022 realizado por Begoña Mateo. Así, Violeta pone el foco en algunos datos muy específicos como:

- El 64% de las embarazadas que superan los seis meses de gestación no cuentan con dispositivos seguros de retención.
- En un mismo accidente, las mujeres tienen un 47% más de riesgo que un hombre a resultar gravemente heridas.

Son desigualdades demasiado grandes para pasarlas por alto. Debemos trabajar unidos para incorporar a todos los colectivos en el diseño del vehículo autónomo. El vehículo autónomo nos iguala en conquista del espacio y estilo de conducción, suavizándose poco a poco las diferencias que se derivan del enfoque de género actual. La conducción autónoma dota a todos los usuarios de mayor autonomía y confianza, aumentando la sensación de respeto. Desde el punto de vista del vehículo autónomo, no existe diferenciación por género. Vuelve a ser necesaria la sensibilización y formación de la sociedad para mantener una perspectiva equitativa.

64%

de las embarazadas que superan los seis meses de gestación no cuentan con dispositivos seguros de retención, según el Estudio del Instituto de Biomecánica de Valencia

28 Caroline Criado Pérez, Invisible Women.

29 Instituto de Biomecánica de Valencia, Sitio web oficial.

Diversidad cultural

Las opiniones y actitudes hacia los vehículos autónomos varían según factores como la edad, el nivel educativo y al contexto cultural de las personas. Diversos estudios han demostrado que, en general, los jóvenes y quienes tienen un nivel educativo más alto tienden a aceptar más positivamente estos vehículos. Sin embargo, el impacto de la cultura y el origen geográfico en las percepciones sobre los vehículos autónomos no está tan claramente definido.

Las preferencias sobre cómo usar los vehículos autónomos, ya sea compartidos o de forma privada, se vuelven aún más variado cuando añadimos el contexto cultural y geográfico. Diferencias en aspectos que se fijan los sociólogos y antropólogos para estudiar las diversas culturas como la relación con el poder, el individualismo y la incomodidad frente a la incertidumbre influyen en cómo las personas perciben y utilizan estos vehículos. Por ejemplo, en sociedades donde se valora y respeta más la jerarquía y el colectivo, como en algunos países asiáticos, el uso compartido de vehículos autónomos puede ser más popular. En cambio, en culturas más individualistas, es más probable que la gente prefiera tener su propio vehículo autónomo, ya que valoran la independencia y la estabilidad.

En todo caso, debe existir un acceso libre allá donde el vehículo autónomo pueda cubrir necesidades básicas de movilidad, como por ejemplo desplazamientos de media distancia en que permitan acceder a servicios médicos o educación. La adopción de vehículos autónomos debe ser progresiva y adaptada a las circunstancias de cada región, considerando antes de todo, prioridades más importantes como la garantizar la alimentación, educación y sanidad, la seguridad ciudadana o lograr la resolución de los conflictos bélicos. Y de igual forma, su incorporación debe ser opcional, respetando factores culturales, religiosos y económicos, evitando una imposición que podría ser problemática.

A continuación, se recopila que aspectos son importantes para una correcta integración de la conducción autónoma de forma universal:

Idiomas y señalización

Los sistemas de vehículos autónomos deben ser capaces de interpretar señales de tráfico y proporcionar información en múltiples idiomas para acomodar a usuarios de diferentes orígenes lingüísticos.

Interacción humano-máquina

La interfaz de usuario debe ser intuitiva y accesible para personas con distintos niveles de habilidad tecnológica y preferencias culturales.

Impacto ambiental

Considerar cómo los vehículos autónomos afectarán el medio ambiente local y cómo se alinean con las prácticas sostenibles de diferentes culturas.

Consideraciones éticas

Los algoritmos de toma de decisiones en situaciones críticas deben ser transparentes y tener en cuenta los valores y normas éticas de diferentes culturas.

Integración con infraestructuras existentes

La implementación debe considerar la infraestructura actual y cómo los vehículos autónomos se integrarán con los sistemas de transporte existentes teniendo en cuenta las particularidades de las distintas regiones.

Educación y concienciación

Es fundamental educar al público sobre los beneficios y limitaciones de los vehículos autónomos, así como fomentar una comprensión culturalmente sensible de esta tecnología.

Privacidad y seguridad de datos

Las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos personales pueden variar entre culturas. Es importante garantizar que los vehículos autónomos cumplan con las expectativas y regulaciones locales sobre privacidad.

Al tener en cuenta estos elementos, se puede facilitar una transición más suave hacia la adopción de vehículos autónomos que sea respetuosa con la diversidad cultural y que promueva la inclusión y la equidad.

Accesibilidad económica

Para que los vehículos autónomos sean una realidad accesible para todas las personas, es de vital importancia que no se conviertan en un lujo solo al alcance de quienes tienen mayores recursos económicos. Los fabricantes se enfrentan al reto de reducir los costes de producción sin comprometer la calidad, las condiciones laborales dignas ni los estándares medioambientales, sin olvidar que deben asegurar también su rentabilidad como compañías.

Los fabricantes deben ser incentivados para que adopten modelos de negocio que prioricen la accesibilidad y la inclusión. Esto puede incluir el desarrollo de versiones más asequibles de vehículos autónomos, la implementación de opciones de uso compartido, tal y como se mencionó en anteriores apartados, o la creación de paquetes de servicios que combinen transporte y mantenimiento a un costo accesible.

La sociedad está evolucionando en su concepción de transporte y posesión de vehículos con el carsharing. Si un vehículo va a ser usado por 10 personas, los costes asociados a su uso se reducirán por tanto una décima parte, además de que su huella de carbono con respecto a su explotación se reducirá drásticamente. Los fabricantes ya no venderán vehículos a personas, podrán ofrecer sus flotas a ciudades, entidades como servicio a la sociedad para disponer de una forma más de transporte público a través de concesiones o concursos públicos.

Desde un punto de vista de oportunidad de negocio, la conducción autónoma puede suponer la entrada de una gran masa de futuros clientes. Un caso muy claro son las personas con discapacidad visual, ya sea parcial o completa, que en el caso de Europa asciende a los 30 millones de personas, que hoy por hoy, no pueden conducir por tener la visión limitada. Es un ejemplo muy evidente del potencial que tiene trabajar en la inclusión de estas personas en el desarrollo de estos vehículos. Parte de este camino se producirá naturalmente en la medida en que aumente la demanda de vehículos completamente autónomos al crecer la confianza social en estos pudiendo fabricarse en serie.

Convertir un coche con una accesibilidad amplia es una tarea compleja. La inversión necesaria por tener en cuenta un porcentaje de la población con una determinada discapacidad no es rentable. Por un lado, se necesitaría avanzar en políticas que obligaran a incorporar ciertas funcionalidades o características a los vehículos. Un caso similar a lo que ocurrió en su día con el sistema ISOFIX,

el anclaje universal para sillas infantiles. La UNECE[30], está contribuyendo significativamente al desarrollo de normas y estándares para lograr mayor inclusividad.

Es necesario que la industria de la automoción trabaje en incluir funcionalidades o características orientadas a personas vulnerables, y no dejar toda la responsabilidad a empresas de fabricación de carrocerías, que hoy por hoy son las únicas que modifican los vehículos para necesidades particulares. Para allanarle el camino, podría ser recomendable establecer una serie de accesorios estándar que pudiesen acoplarse a todos los vehículos. Los fabricantes podrían incluso ofrecer como opcionales estos accesorios en función del tipo de cliente.

La digitalización, a pesar de las barreras a superar en determinados sectores de la población, puede ser de gran ayuda para ofrecer servicios personalizados a las personas que lo necesiten con un coste competitivo.

A su vez, es conveniente que exista una colaboración público-privada entre administraciones públicas y empresas. A modo de incentivo, podría estudiarse la posibilidad proporcionar ayudas en forma de programas de subvenciones para aquellos fabricantes que trabajen en la incorporación de soluciones tecnológicas en los vehículos autónomos para personas vulnerables.

Existe una relación directa entre personas con algún tipo de discapacidad y tener un nivel de recursos limitados. Hoy en día, muchas ciudades disponen de programas de ayudas económicas para el acceso al transporte público a personas mayores y con discapacidad. Es crucial, que este tipo de políticas se sigan manteniendo y puedan integrar servicios de conducción autónoma en un futuro.

30 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Sitio web oficial.

06 Integración del vehículo autónomo en el entorno

Hoy en día, están recuperándose espacios en los núcleos urbanos de las ciudades para las personas. Los planes de urbanismo están transformándose de modelos donde el coche era el principal protagonista a modelos donde el ciudadano se sitúa en el centro. Este cambio lleva consigo que cada vez más se esté alejando el coche privado de los centros de las ciudades. Y es aquí donde el vehículo autónomo puede jugar un papel fundamental al tratarse de un vehículo que quizá podría moverse dentro de estas áreas de forma mucho más respetuosa y segura con el entorno.

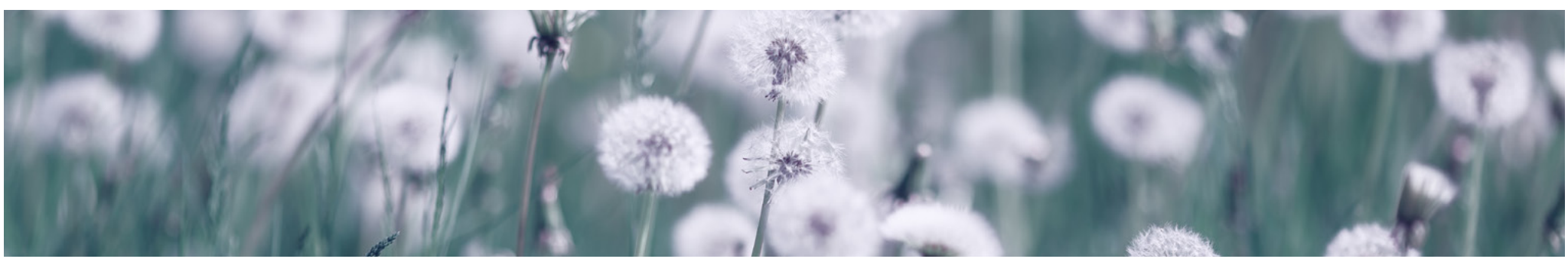
Pero no solo debe considerarse como entorno el espacio que lo rodea. Es importante analizar, como se ha visto en apartados anteriores, aspectos físicos y psicológicos de las personas que lo van a utilizar, los hábitos de movilidad, la legislación, el tipo de infraestructuras, la gestión de entes públicos y privados, los modelos de urbanismo; no solo en ciudades sino también en ámbitos más rurales y aislados; y hasta la evolución de la tecnología. Hará falta un cambio de la concepción del vehículo, pero también hará falta un cambio en la mentalidad de las personas.

Interacción con otros usuarios, vehículos e infraestructuras

Uno de los principales aspectos que más preocupa es la seguridad vial. Su interacción con el resto de los elementos y personas presentes en el entorno es fundamental, y según el escenario a analizar la tarea se puede presentar muy compleja de alcanzar. La tecnología debe responder y amoldarse a la realidad en la que se va a encontrar el vehículo autónomo. Los sistemas de percepción junto a los algoritmos de IA que ayudan al vehículo comprender lo que sucede a su alrededor deberán reconocer infraestructuras, señales y otros tipos de vehículos que convivan en el mismo espacio. Hasta aquí puede resultar obvio, pero tal vez en lo que no se hace tanto énfasis es que, además, para una integración segura e inclusiva con todas las personas, deberán ser capaces de reconocer la diversidad de la población. Existe mucho trabajo por hacer en este aspecto. Los algoritmos de reconocimiento de personas se deben basar en bases de datos que contenga suficiente diversidad de población, independientemente de su color de piel, edad o limitaciones de movilidad que puedan tener. Los vehículos autónomos deben saber distinguir si la persona va en silla de ruedas, si lleva un perro lazarillo, o si se asiste de un bastón u otro instrumento para desplazarse, así como su estatura o falta de alguna extremidad por poner algunos ejemplos. En función de ello, deberá interactuar de forma distinta para lograr una accesibilidad más amigable.

El grado de confianza a dejar el control absoluto es variado en función del tipo de usuarios. Existe una tendencia a que las personas con más edad suelen ser más recelosas. También si el nivel de comprensión y conocimiento sobre las nuevas tecnologías es limitado genera mucha más desconfianza.

Este temor se intensifica sobre todo cuando se debe responder ante situaciones de emergencia. Por parte de las personas, no hay una preferencia clara en cómo gestionar estas situaciones. Está claro que para las



personas que tienen las capacidades de conducción mermadas, el vehículo autónomo debe garantizar las máximas condiciones de seguridad por sí mismo. Pero sería conveniente en determinadas circunstancias de conducción abrir la posibilidad de que las personas pudieran tomar el control, o bien de forma remota por parte de un ser humano. Eso aumentaría el grado de confianza.

La prevención, el aviso prematuro de una avería, la estandarización y automatización de protocolos de emergencia cuando suceda alguna incidencia, así como pulsadores de emergencia que sirvan para avisar, son claves para que el vehículo autónomo sea seguro.

Por otra parte, la interacción con infraestructuras y otros vehículos irá muy ligado al tipo de situaciones y escenarios posibles. Centrándose en los vehículos de nivel 5 de autonomía, es decir, sin intervención humana de ningún tipo, hay pleno convencimiento que solo es posible una buena interacción, cuando todos los vehículos que circulen por la vía sean 100% autónomos. Escenarios mixtos no se contemplan como una buena opción.

Hasta llegar al nivel 5 y para aumentar de forma paulatina la confianza, el volante como símbolo de control y seguridad debe permanecer en el vehículo. De esta forma, los usuarios podrán adaptarse a la conducción 100% autónoma, pero pensando en que sería posible tomar el control si fuera necesario. Los comandos por voz para el control e interacción con una IA serán la llave del éxito en la creciente y necesaria confianza para llegar al último nivel. En este punto es relevante que el sistema de reconocimiento vocal sea el que tenga que adaptarse y aprender del humano (la personas que lo está utilizando), por ejemplo, a su tono de voz, formas de construir las frases, giros, palabras o expresiones específicas.

Este grado de automatización y conectividad permite la oportunidad que se creen colaboraciones entre vehículos, pudiendo así alertar de incidencias en carretera o de poder informar para asistir a vehículos que se encuentren con alguna emergencia. Por lo que a pesar de la robotización del parque de automóviles se abre la posibilidad de crear espacios seguros y colaborativos.

Otro tema importante que señalar es la propia seguridad de los ocupantes del vehículo. Es de vital importancia que las personas que vayan a utilizar estos vehículos se sientan seguros dentro del habitáculo. Es conveniente que si le pasa a cualquiera de los ocupantes un problema que atente contra su seguridad, el propio vehículo fuera capaz de tomar el control y comunicarse con los servicios de emergencias.

Por ese motivo, se subraya la importancia de que nadie desde el exterior pudiera interferir en el viaje sin autorización previa. Además, sería muy importante la necesidad de contar con sistemas de seguimiento de ubicación que brindaran tranquilidad y seguridad tanto para las personas que viajan como para las personas que están pendientes de su trayecto. También añadirían una sensación de mayor seguridad que el vehículo autónomo debería esperar a que los pasajeros entren de manera segura en su destino, similar a cómo lo hacen los taxis actualmente.

También se destaca la importancia de dotar a estos vehículos de sistemas de monitorización de constantes vitales para avanzarse a cualquier anomalía, sobre todo cuando son personas vulnerables. Así como contacto directo con servicios de emergencia y disponer de un botiquín de primeros auxilios.

El grado de digitalización que permitirá interactuar con aplicaciones móviles con los vehículos autónomos, añade otro aspecto de relevancia en cuanto a la seguridad. Los ataques cibernéticos generan mucha inquietud entre las personas, por lo que se deben dar garantías de que sus datos están protegidos y que los sistemas de comunicación del vehículo autónomo sean seguros.

Si nos centramos en el interior del vehículo, el acceso al él debe de ser sin barreras, facilitado un entorno que evite por ejemplo resbalones, que permita buena visibilidad, con unas puertas de fácil manejo y que puedan incluir soporte para montar y bajar, todo ello para crear una experiencia segura desde el principio hasta el final.

La ventaja de un vehículo pensado para circular de forma autónoma es evitar la imposición de la colocación de los asientos en la forma tradicional, pudiendo estos estar adaptados a todos los usuarios e ir ensamblados en cualquier dirección. Esto facilita que pueda haber diferentes tipos de asientos adaptados a diferentes tipos de usuarios, pudiendo ser objeto de configuración en el momento de adquirir el vehículo o pensar en un *retrofit* si fuere necesario.

Una configuración versátil del interior del vehículo hará que un mismo vehículo pueda tener más utilidad pudiendo decidir la cantidad de asientos necesarios y el espacio de carga.

Figura 7.
Concepto de interior de vehículo autónomo. Proyecto ORGANICS de Capgemini Engineering

Percepción de propiedad y uso del vehículo autónomo

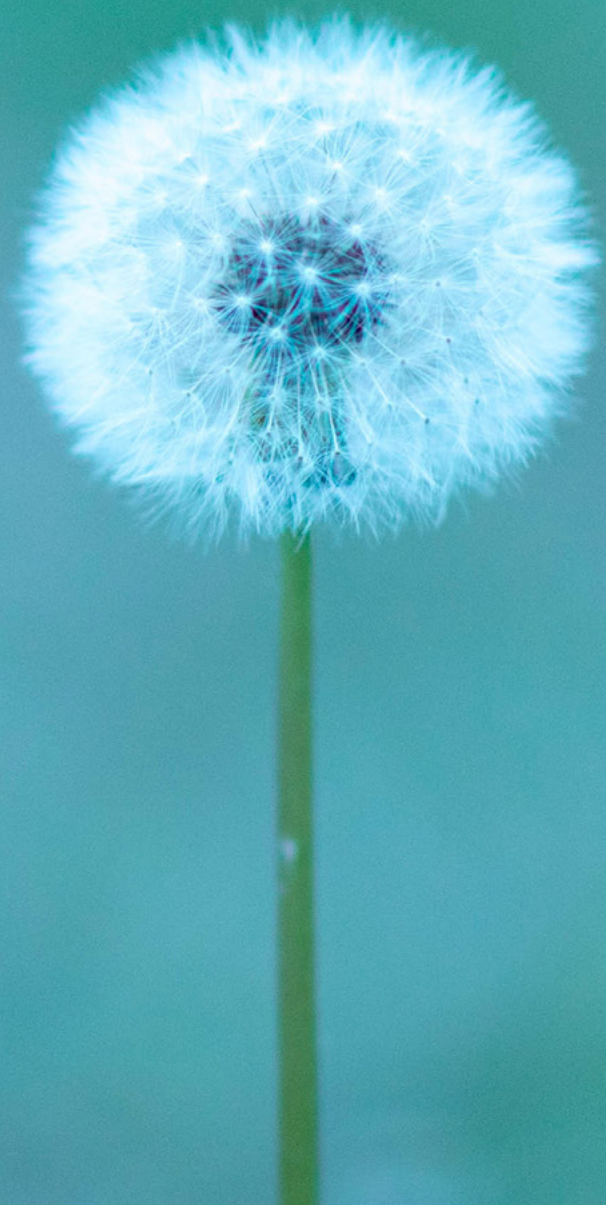
La forma en la que se utilizan y poseen los vehículos está cambiando el paradigma conocido hasta ahora en el sentido de posesión de un vehículo. Modalidades como el renting o servicios como el *carsharing* impulsan cada vez más que el usuario no sea el propietario del vehículo.

El vehículo autónomo coexistirá en diferentes realidades y usos, pudiendo ser un vehículo bajo demanda para su utilización, podrá ser un vehículo de posesión comunitaria (familia, empresa…). Como propiedad compartida se disminuyen los gastos de acceso y mantenimiento entre otros y se optimiza su uso, haciendo que de igual forma diferentes colectivos puedan tener vehículos adaptados a sus necesidades (de igual forma que hoy existen vehículos de diferentes tamaños y especificaciones, se pueden ofertar vehículos para transporte de personas con movilidad reducida, personas mayores y en general, vehículos para cada colectivo que lo solicite, sin dejar a nadie atrás).

Figura 8.
Concepto de uso de servicio de conducción autónoma. Proyecto Shutlink de Capgemini Engineering

07

Conclusiones



La ingeniaría y la tecnología está avanzando a pasos agigantados hacia el vehículo autónomo. Como sociedad, estamos ante una gran oportunidad para incluir desde el inicio de este camino a todas las personas y colectivos, especialmente aquellos que tienen más dificultades de movilidad con los modelos actuales.

Responder a la diversidad de necesidades es un trabajo complejo. El trabajo de investigación, cocreación, análisis y síntesis que hemos realizado en el Libro Blanco busca elaborar esa senda para hacer el camino más fácil.

01

Debemos **poner en el centro a las personas** para conseguir que el vehículo autónomo sea una oportunidad de movilidad inclusiva, sostenible y equitativa, más allá de los intereses económicos que cada empresa pueda tener.

02

Para **definir la movilidad del futuro** es imprescindible escuchar las necesidades y las inquietudes de todos los colectivos. Durante este camino se irán encontrando las soluciones a la complejidad del reto. Derribar esas barreras son las que deben permitir que la accesibilidad a la conducción autónoma sea universal.

03

La responsabilidad recae en todos. Como sociedad, debemos trabajar junto a todos los stakeholders: fabricantes proveedores de componentes de automoción, administraciones públicas y el conjunto de la sociedad. Todos tienen un papel relevante para trabajar coordinados, en la misma dirección para conseguir lograr el objetivo.

04

La tecnología se erige como un factor determinante para ayudar desde el principio a las personas que tienen más dificultades, teniendo en cuenta todas sus necesidades y singularidades.

05

El vehículo autónomo es una **oportunidad para redefinir la sostenibilidad de las ciudades** desde un propósito integrador, sostenible y equitativo. Los desplazamientos actuales en las ciudades no son sostenibles. La congestión, la contaminación y el poco espacio útil para el ciudadano en las calles se han convertido en uno de los principales problemas de las grandes urbes.

06

La conducción autónoma es llave de acceso para que todas las personas puedan acceder de forma fiable y segura a la movilidad. La diversidad de la población requiere modelos y soluciones que den respuesta a aquellas personas que, por distintas circunstancias, no pueden actualmente permitirse el desplazarse con coche.

07

Los **entornos urbanos deben redefinirse** adaptándose a los nuevos conceptos de movilidad. Esta transformación debe incluir también las zonas más aisladas, rurales, donde el vehículo autónomo puede brindar la oportunidad de una mayor conexión entre las personas que viven en estas zonas y las grandes ciudades.

08

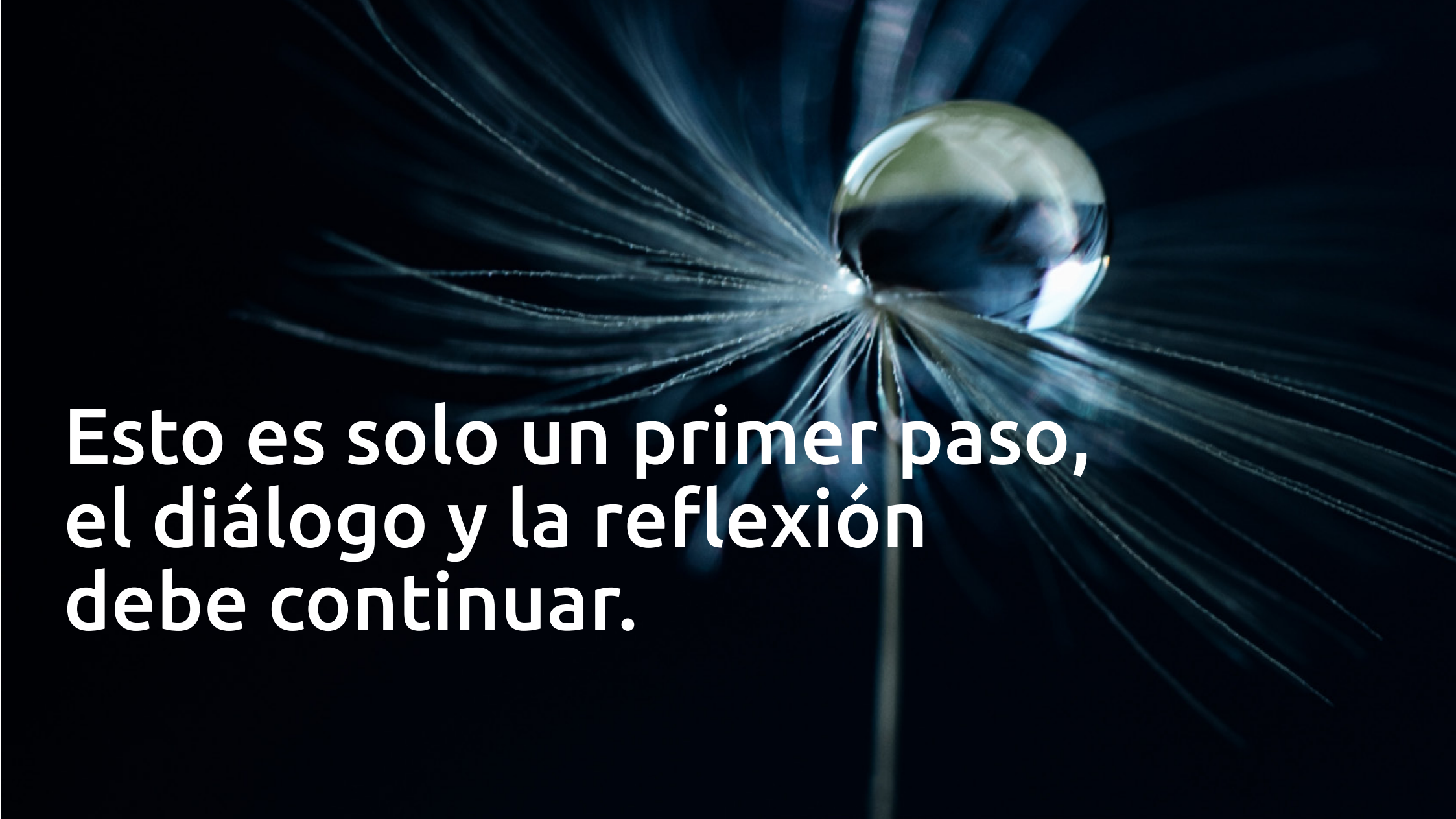
Para que las **ciudades sean más inclusivas** se requerirán soluciones innovadoras, flexibles, escalables, en red que faciliten el acceso físico, dotándolo de una conectividad en tiempo real entre vehículos e infraestructuras.

09

La movilidad autónoma **generará nuevas oportunidades** de movilidad, integración social y colaboración entre todos los sectores que la harán posible, generándose nuevos modelos que ayudarán a su sostenibilidad económica, social y digital.

10

En definitiva, **el vehículo autónomo debe concebirse como un servicio para toda la sociedad,** que ofrezca una mejora de calidad de vida a las personas, haciendo realidad una mejora sustancial de desplazamientos, accesibles y seguros.


Esto es solo un primer paso,
el diálogo y la reflexión
debe continuar.

08

Referencias

1. Glosario de términos.
2. Leyes Unión Europea, artículo 6 del REGLAMENTO (UE) 2019/2144.
3. Society of Automotive Engineers, Sitio web oficial.
4. Society of Automotive Engineers, Niveles de autonomía.
5. Wikipedia, Eureka Prometheus Project.
6. ADAS & Autonomous Vehicle International, The Prometheus project: The story behind one of AV's greatest developments.
7. Carnegie Mellon University, Navlab: The Carnegie Mellon University Navigation Laboratory.
8. Naciones Unidas, Informe 2022.
9. International Transport Forum, ITF Transport Outlook 2023.
10. Waymo, Sitio web oficial.
11. Cruise, Sitio web oficial.
12. Tesla, Sitio web oficial.
13. Baidu, Sitio web oficial.
14. Aurora, Sitio web oficial.
15. Nuro, Sitio web oficial.
16. Capgemini, REMOTIS – sistema de inteligencia remota para automóviles.
17. Autopia, Connected and automated driving. Sitio web oficial.
18. Centro Tecnológico de Automoción de Galicia, Sitio web oficial.
19. Innovaspain, Shutlink: el ciudadano como prioridad en la nueva movilidad.
20. EV Design & Manufactoring. Four Megatrends in the Automotive Industry.

    MDPI, Data and Energy Impacts of Intelligent Transportation—A Review, by Kaushik Rajashekara and Sharon Koppera.

    Samsung, Navigating into the Driverless – from a First-Hand Autonomous Driving Experience to the Technology Behind It.
21. Moral Machine Project, Sitio web oficial.
22. Organización de Naciones Unidas, Perspectivas de la población mundial 2022
23. Fundación MAPFRE, El proceso de cese de la conducción en personas mayores.

24. Sociedad Española de Geriatría y Gerontología, Decálogo para el buen trato a las personas mayores.

25. Organización Mundial de la Salud, 10 datos sobre la discapacidad.

26. Consejo Europeo, Consejo de la Unión Europea, La discapacidad en la UE: datos y cifras.

27. Informe Closingap, Analizando el coste de oportunidad de la desigualdad de género en la movilidad

28. Caroline Criado Pérez, Invisible Women.

29. Instituto de Biomecánica de Valencia, Sitio web oficial.

30. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Sitio web oficial.

09

Glosario de términos

ACC (Adaptive Cruise Control)

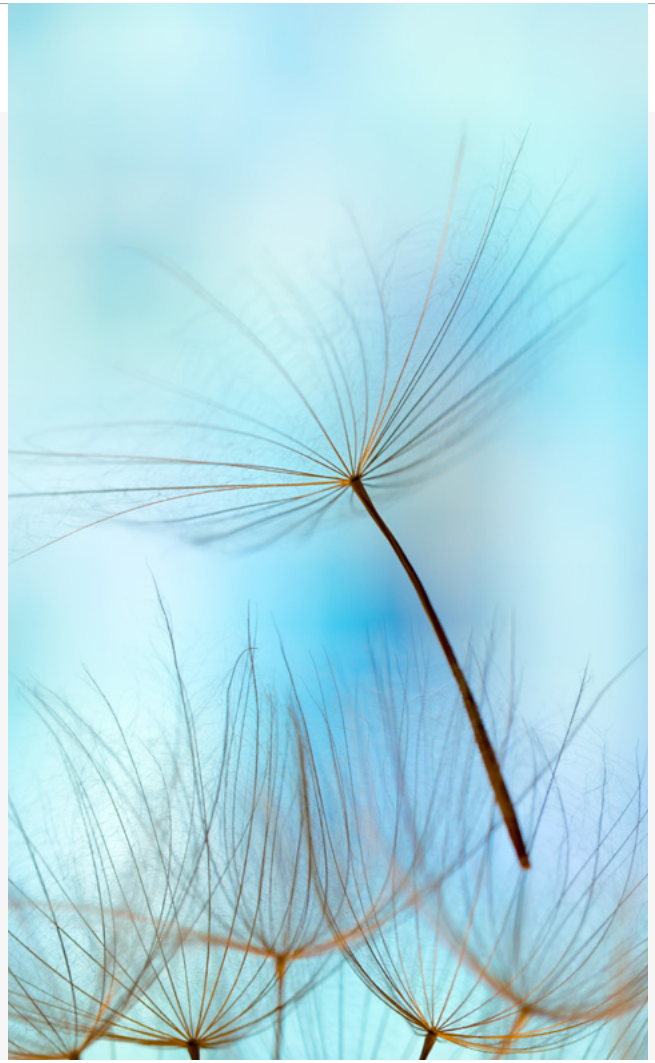
Sistema de control de velocidad que ajusta automáticamente la velocidad del vehículo para mantener una distancia segura respecto al vehículo delantero.

ADAS (Advanced Driver Assistance Systems)

Conjunto de sistemas electrónicos que ayudan al conductor en la conducción, mejorando la seguridad y la eficiencia.

BSD (Blind Spot Detection)

Sistema que detecta vehículos en los puntos ciegos del conductor y emite alertas para evitar colisiones.



CTAG (Centro Tecnológico de Automoción de Galicia)

Centro de investigación y desarrollo especializado en tecnologías avanzadas para la automoción.

DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)

Agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos responsable de desarrollar tecnologías emergentes para uso militar, incluyendo avances en conducción autónoma.

EBA (Emergency Brake Assist):

Sistema que detecta frenadas de emergencia y ayuda a aplicar la máxima fuerza de frenado para evitar o minimizar impactos.

FCW (Forward Collision Warning)

Sistema que alerta al conductor sobre una posible colisión frontal, permitiendo tomar acciones preventivas.

ITF (International Transport Forum)

Organización intergubernamental que reúne a ministros de transporte y expertos para promover políticas de transporte sostenibles a nivel global.

LIDAR (Light Detection and Ranging)

Tecnología de detección basada en láser que mapea el entorno tridimensional para la conducción autónoma.

LKA (Lane Keeping Assist)

Sistema que ayuda al conductor a mantenerse dentro de su carril mediante alertas o correcciones automáticas de la dirección.

MIMO (Multiple Input Multiple Output)

Técnica de comunicación inalámbrica que utiliza múltiples antenas para mejorar la calidad y capacidad de las transmisiones.

PID (Proportional Integral Derivative)

Controlador utilizado en sistemas de control para ajustar variables como la velocidad, aplicando correcciones basadas en errores.

SADE (Securing Autonomous Driving Function at the Edge)

Estrategia que busca asegurar las funciones de conducción autónoma utilizando tecnología de procesamiento de datos en el borde de la red, mejorando la eficiencia y la seguridad.

SAE (Society of Automotive Engineers)

Organización que define estándares técnicos para la industria automotriz, incluyendo los niveles de autonomía de los vehículos.

TJA (Traffic Jam Assist)

Sistema que asiste al conductor en situaciones de tráfico congestionado, manteniendo una velocidad constante y ayudando con la dirección.

Autores

Óscar Codón

Director General de la Fundación Capgemini

Óscar es un líder apasionado con el propósito de hacer una sociedad más equitativa a través de la innovación y la tecnológica. Director General de la Fundación Capgemini desde su origen, impulsando y transformando la primera y única entidad sin ánimo de lucro del grupo Capgemini. Desde la Fundación Capgemini, Óscar lidera los programas sociales de la entidad sin ánimo de lucro dirigidos a mejorar la calidad de vida y la educación, especialmente para los sectores más vulnerables de la sociedad.

Formado como arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), cuenta con formación como experto en Gestión y Administración de Fundaciones por la UNED. Su carrera es un compromiso constante con la innovación y la mejora de las condiciones de vida a través de la tecnología y la educación. Desde 2023, Óscar es miembro de la Junta Directiva de la Asociación Española de Fundaciones, coordinando la Transformación Digital de la misma.

Óscar es reconocido por su capacidad para liderar equipos multidisciplinares, gestionar grandes proyectos y desarrollar iniciativas estratégicas que tienen un impacto positivo en la sociedad. Su trabajo ha sido galardonado con numerosos premios, reflejando su dedicación y éxito en el campo de la innovación social y la transformación digital.

Yoann Groleau

VP Market Unit Head Capgemini Manufacturing, Automotive, Aerospace, Life Sciences & Public Sector Capgemini. Patrono Fundación Capgemini

Yoann Groleau es un ingeniero industrial graduado de la ESEO en Angers, Francia, con más de 25 años de experiencia en diversos sectores industriales. Inició su carrera en el Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) y, posteriormente, desarrolló su labor en entornos industriales como sistemas postales, agroalimentación, ferroviario y automoción.

Desde 2002, reside en Barcelona, donde comenzó a trabajar para Altran en actividades de ingeniería. Entre 2014 y 2020, fue responsable del sector automoción. Actualmente, es responsable de los sectores automoción, aeroespacial, ferroviario, farmacéutico, industrial y público en Capgemini España.

Edgar Aneas

Electric Vehicle Specialist Capgemini Engineering España

Edgar Aneas es ingeniero industrial, especialista en movilidad sostenible y sistemas de almacenamiento de energía con baterías. A lo largo de su trayectoria, con más de 15 años de experiencia en el sector de la electromovilidad, ha participado en múltiples proyectos de I+D en automoción, contribuyendo al desarrollo de soluciones de integración de tecnologías en vehículos. Comprometido con la creación de un futuro más accesible y sostenible, combina su expertise técnico con su labor en diversos proyectos de la Fundación Capgemini reflejando su pasión y trabajo en hacer de la tecnología una herramienta al servicio de todos.

Jorge Vega

Senior Compliance Quality Regulatory Engineering, Capgemini Engineering España

Jorge Vega Hernández es Técnico Superior en Automoción e Ingeniero Mecánico por la Universidad Carlos III de Madrid. Movido por la pasión por el sector del automóvil, con más de 10 años de experiencia en el sector, ha desempeñado funciones de I+D+I en diseño del automóvil y procesos de fabricación, así como gestión de proyectos y gestión de calidad tanto en España como en Alemania. Comprometido con la industria, tiene también experiencia en el sector de máquina herramienta, sector aeronáutico y sector de energías renovables. Forma parte de Capgemini Engineering desde 2022 como ingeniero de calidad senior en la búsqueda de la mejora continua y la excelencia siguiendo el compromiso de desarrollo industrial sostenible en todos los proyectos de los que forma parte. Colaborador activo de la Fundación Capgemini, aporta su pasión y experiencia en el entorno de igualdad e innovación que esta representa.

Autores

de Capgemini España[1]

- **Ana ARREGUI,** *Lead Visual Designer en frog*
- **Isabel BRAVO,** *Delivery Head Capgemini España*
- **Arnaud BOUILHAGUET,** *Principal INVENT, Capgemini España*
- **Gema CÁNOVAS,** *Design Director en frog, Capgemini España*
- **Dragos COSTEA,** *Senior Delivery Manager, Capgemini Engineering España*
- **Laura FERNÁNDEZ,** *Becaria Service Design en frog*
- **Laura FERRER,** *VP Automoción INVENT, Capgemini España*
- **Beatriz FLAMENCO,** *Product Designer en frog*
- **Lirios FLORES,** *Senior UX Designer en frog*
- **María Teresa FRAILE,** *Senior Jefe de Proyectos Capgemini España*
- **Javier GODÁS,** *desarrollador Capgemini España*
- **Luis Miguel IGLESIAS,** *Account Manager Capgemini Engineering España*
- **Laura GRANDAS.** *Senior Project Manager Capgemini Engineering España*
- **Mathieu LAGARDE,** *Client Manager, Automoción Capgemini Engineering*
- **Esteban Falcao LEON,** *Analista funcional Capgemini Engineering España*
- **Adolfo LERÍN,** Technical Lead en Capgemini Engineering España
- **Francisco Javier MONZONIS,** *Senior Manager | Insights & Data | AI Analytics & Data Science Head. Capgemini España*
- **Rogelio MÁRQUEZ,** *Senior Strategist, Org. Design for Creativity & Innovation en frog*
- **Adriana MARTÍN,** *Service Design Intern en frog*
- **Miquel MATEU,** *Auto presales Capgemini Engineering España*
- **Víctor MUÑOZ,** *Senior Project Manager, Capgemini España*
- **Jesús MUÑOZ,** *Cyber Security Manager Capgemini España*
- **Nieves PADILLA,** *Associate Strategy Director en frog*
- **Consuelo PUCHADES,** *Executive Design Director frog, Capgemini España*
- **Jorge PINAZO,** *responsable técnico Proyectos I+D Automoción Capgemini Engineering España*
- **Victor RENGEL,** *Business Development Manager / Automotive & Mobility Capgemini Engineering*
- **Antonio SALAS,** *Head of Industry Capgemini Engineering España*
- **Estefanía SÁNCHEZ,** *Senior Product Designer frog, Capgemini España*
- **Jose SARMIENTO,** *Engagement Manager Capgemini España*

1 aparición por orden alfabético

Autores

Destacar la colaboración que desde un inicio han realizado los equipos directivos y técnicos de Cruz Roja Española, Fundación MAPFRE y Fundación ONCE con la Fundación Capgemini para hacer posible el desarrollo del Libro Blanco.

Cruz Roja Española

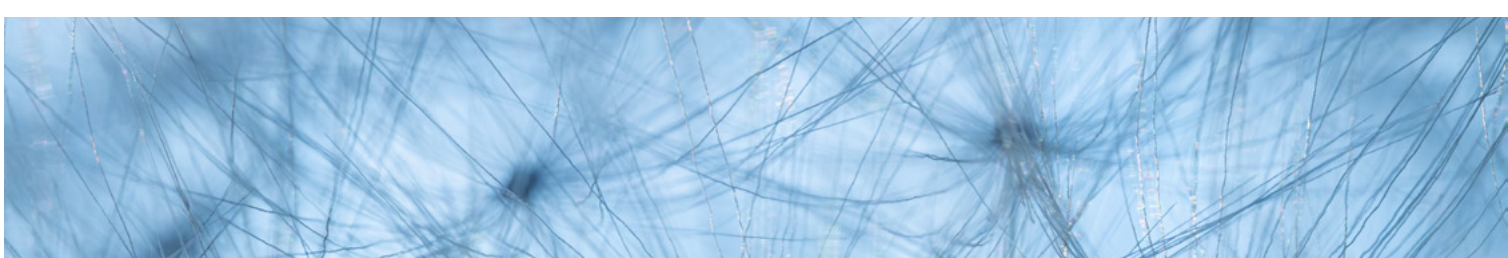
- Carlos CAPATAZ
- Jaime BARÁ
- Fernando PIÑA RUBIO
- Juan Carlos DOMONTE
- Ana MARTÍNEZ
- Joan MONTSERRAT
- Miguel OYARZÁBAL
- Aurelia RUBIO
- Humberto SOLAR
- Concepción ESCALERA
- Ascensión GIGANTE
- María RUEDA
- Fernando GRANADOS
- Mª Ascensión PÉREZ
- Jaime BUSTILLO
- Carmen ORDUÑA

Fundación MAPFRE

- **Jesús MONCLÚS.** *Director del Área de Prevención y Seguridad Vial*
- **Jorge ORTEGA.** *Área de Prevención y Seguridad Vial*

Fundación ONCE

- **Jesús HERNÁNDEZ.** *Director de Accesibilidad e Innovación*
- **Esther RAMIRO.** *Técnico Accesibilidad Universal e Innovación*
- **Carlos SÁNCHEZ.** *Técnico Accesibilidad Universal e Innovación*



Autores

Así mismo, agradecer la participación y colaboración en el "Libro Blanco para un vehículo autónomo inclusivo" de las siguientes entidades y personas[2].

- **Silverio AGEA,** *Director General, Asociación Española de Fundaciones*
- **Antonio LLORENTE,** *Director General Asociación La Rueca / Vicepresidente de Asociación Madrileña de Lucha contra la Pobreza y Exclusión Social (EAPN)*
- **Albert BALDÓ I CANUT,** *Senior Project Manager CAR-Net (Future Mobility Research Hub), Co-CEO de Vaive Logistics*
- **José María CÁNCER,** *Director General de CESVIMAP*
- **Sandra PÉREZ,** *Responsable Dpto. Movilidad C.A.S.E. de CESVIMAP*
- **Juan José ARRIOLA,** *Subdirector Adjunto de Vehículos de la Dirección General de Tráfico*
- **Luis Fernando VELASCO,** *Jefe del área de vehículos de la Dirección General de Tráfico*
- **Cristina PÉREZ,** *Vision Systems Tech Lead FICOSA*
- **Antonio RODRÍGUEZ,** *Capitán de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil*
- **José Manuel COLCHERO,** *Capitán de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil*
- **Paula SÁNCHEZ,** *Responsable de Alianzas, Fundación Integra*
- **Lola SATO,** *empleo, Fundación Integra*
- **Diana MARCELA,** *candidata de los programas, Fundación Integra*
- **Marina RODRIGO,** *Técnico del Área de Innovación de la Plataforma del Tercer Sector*
- **Miguel Ángel VALERO,** *Profesor Titular Universidad Politécnica de Madrid. Delegado del Director para Accesibilidad y Responsabilidad Social. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación*[1]
- **Diego PEREIRA,** *Director CRIA Colorearte, Leganés – Técnico Programas de Leganés. Fundación Save the Children*
- **Carlos ELVIRA,** *Head of Lighting, Signaling & Exterior Trim SEAT* [1]
- **Leire OLAVARRÍA,** *Head of Interactive Cockpit and Connected Infotainment. SEAT* [1]
- **Aranzazu ALONSO,** *Directora Departamento de Empleo y Responsable Área de Innovación. Fundación Secretariado Gitano*
- **Amparo HEREDIA,** *Técnico del Área de Innovación de la Fundación Secretariado Gitano*

1 a título individual
2 por orden alfabético de la entidad

Capgemini
FUNDACIÓN

Sobre la Fundación Capgemini

La Fundación Capgemini tiene como propósito promover el desarrollo de la innovación tecnológica, la ciencia, la mejora de las condiciones de vida y la educación en pro del interés general, así como de los sectores más desfavorecidos de la sociedad.

Es la primera entidad sin ánimo de lucro del Grupo Capgemini, desarrollando su actividad en España, con impacto en la sociedad y beneficio en los colectivos más vulnerables.

Company Confidential. Copyright © 2025 Fundación Capgemini. All rights reserved.