

INFORME DE SEGURIDAD VIAL 2023

La tecnología y el ser humano



Accidentes

Es imprescindible aprovechar aún mejor el potencial para evitar accidentes de tráfico

Factor humano

La complejidad de los sistemas ha de poder controlarse en cualquier situación de tráfico

Tecnología

Los conceptos de manejo modernos no deberían aumentar las distracciones al volante



Nuestro objetivo:

Máxima *seguridad*

para las *personas*

El futuro de la movilidad pasa por la conducción automatizada y conectada. DEKRA ofrece una experiencia única, así como oportunidades para lograr la máxima seguridad en nuestros centros de ensayos ultramodernos e innovadores. Apueste por la movilidad sin renunciar a la seguridad. dekra.com/automated-and-connected-driving





Aprovechemos de forma activa el potencial que ofrece la conducción automatizada

Jann Fehlauer

Director general de DEKRA Automobil GmbH

Tras los mínimos históricos registrados en 2020 — en gran parte, a causa del coronavirus—, el número de fallecidos en accidentes de tráfico está volviendo a subir en muchos países. Mientras que en el año 2020 en la Unión Europea (UE) fallecieron 18.800 personas en accidentes de tráfico, en 2021 esta cifra aumentó a 19.900 y en 2022 rondó los 22.600, situándose a niveles similares a los del año 2019. Aunque no cabe duda de que la evolución a largo plazo es positiva, si queremos alcanzar los ambiciosos objetivos que se ha fijado la UE —reducir a la mitad las muertes en carretera de aquí a 2030 y, a ser posible, que no haya ninguna víctima mortal más a partir de 2050—, todavía tenemos trabajo por delante. Y en línea con el objetivo internacional «Visión Cero», ahora más que nunca se insta a todas las partes implicadas a que aprovechen al máximo los potenciales que puedan surgir para mejorar aún más la seguridad vial.

Uno de los aspectos clave para ello es la tecnología, en particular, los sistemas que permiten la conducción automatizada e interconectada. No en vano, el 90 % de los accidentes se producen a causa de errores humanos. Equipar los vehículos con los respectivos sistemas de asistencia e interconectarlos entre sí o con la infraestructura permite detectar a tiempo situaciones de peligro y evitar accidentes o, al menos, minimizar sus consecuencias. No obstante, los sistemas de asistencia no eximen a los conductores de su responsabilidad, que, en último término, recae siempre en la persona.

El informe de seguridad vial de DEKRA de este año analiza una vez más el alto grado de vinculación entre la tecnología y el ser humano en el tráfico rodado. Cabe recordar que ya en 2012 dedicamos un informe específico a este controvertido tema. Así, por ejemplo, toda tecnología eficiente debe garan-

tizar que no distraerá ni abrumará al conductor. Un requisito esencial para el uso de sistemas de asistencia es, por tanto, que sean de fácil comprensión para todos los usuarios. Además, su manejo no hará que surjan nuevos riesgos o peligros que pongan en jaque la seguridad vial que se pretende garantizar. Sin embargo, este peligro existe, y así lo demuestran una encuesta del Instituto Forsa encargada por DEKRA y un estudio con sujetos de prueba realizado por DEKRA, cuyos resultados analizamos en el presente informe.

Otro aspecto importante sería garantizar el funcionamiento fiable de los sistemas para la conducción asistida y automatizada, así como el de los componentes mecánicos relevantes para la seguridad, a lo largo de toda la vida útil del vehículo. Y es que solo así tendrán el efecto deseado. En consecuencia, las inspecciones periódicas de vehículos —que desde hace años se llevan a cabo en numerosos países de todo el mundo— tendrán una mayor importancia en el futuro, también debido a que la complejidad de los sistemas y el peligro de posibles manipulaciones electrónicas son cada vez mayores.

En el Informe de seguridad vial 2023 de DEKRA abordamos varios de los desafíos que presenta la interfaz persona-máquina desde la perspectiva de la investigación de accidentes, la psicología vial, la tecnología de los vehículos, el diseño de infraestructuras y la legislación. Personalmente, me complace que hayamos podido volver a recabar las declaraciones y testimonios de reputados expertos nacionales e internacionales que nos relatan sus experiencias y las medidas que consideran oportunas. Se trata del complemento perfecto a nuestros conocimientos y experiencia y subraya una vez más la consideración de la que goza nuestro informe en los círculos profesionales. Espero que disfruten con la lectura.



La tecnología de los vehículos al servicio de las personas

Nicolas Bouvier

*Director Región Sur Este de Europa,
Vice Presidente Ejecutivo DEKRA Group*

La base de una sociedad y una economía altamente desarrolladas como las nuestras es una movilidad óptima. Sin embargo, esta movilidad está sujeta a cambios constantes que dan lugar a nuevas exigencias, sobre todo en materia de medio ambiente y tecnología.

Como DEKRA ha demostrado en varias ocasiones en informes anteriores, las nuevas tecnologías tienen su papel en la seguridad vial. En este sentido, los continuos avances en la digitalización de los sistemas de propulsión de los vehículos y de los equipos de control asociados desempeñan un papel decisivo.

Dado el tráfico cada vez más mixto y denso de nuestras carreteras, los sistemas de asistencia al conductor, que desde hace años forman parte del equipamiento de serie de los automóviles modernos, tienen un gran potencial. La conducción conectada y automatizada debería facilitar la conducción, hacerla más cómoda y, sobre todo, más segura.

Los sistemas tecnológicos de asistencia deben ayudar a los automovilistas informándoles o advirtiéndoles de los peligros, y permitir compensar en cierta medida las carencias y fallos humanos en situaciones críticas, en las que la tecnología reacciona mejor y más rápido que el hombre. No cabe duda de que estos sistemas pueden evitar accidentes o, al menos, reducir sus consecuencias. Pero no hay que olvidar que el grado cada vez mayor de automatización aumenta constantemente la complejidad de estos aparatos, y que la tecnología puede ser sólo parcialmente controlable por el ser humano.

La Unión Europea hace todo lo posible por reducir o eliminar los accidentes de tráfico, tanto es así que lanzó el Reglamento 2019/2144, entrando en vigor en España el 6 de julio de 2022.

Este Reglamento indica que todos los coches de nueva homologación deben incorporar de serie al menos ocho sistemas: Detector de somnolencia (DDR), Asistente de velocidad inteligente (ISA), Alerta de tráfico cruzado (RCTA), Caja negra (EDR), Alerta de cambio involuntario de carril (LDW), Sistema de frenado de emergencia (ESS), Inhibidor de arranque con alcoholímetro y Alerta de uso del cinturón en todas las plazas.

Según una encuesta reciente elaborada por la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) en España, el 65% de los encuestados considera que es seguro confiar en los sistemas de asistencia, e incluso más del 70% de ellos los encuentran útiles, tanto en carretera como en ciudad. Los sistemas de seguridad más valorados fueron las cámaras y sensores de estacionamiento traseros, los sensores de presión de neumáticos y el asistente de ángulos muertos.

Para facilitar la implementación y el uso seguro de estas nuevas tecnologías, los sistemas de asistencia al conductor y las funciones de conducción automatizada deberían enseñarse durante la curva de aprendizaje, por lo que deberían formar parte integrante del examen de conducir.

Por muy rápidamente que los niveles de automatización se conviertan en la norma para todos los usuarios de la carretera en las próximas décadas, también nos plantean nuevos retos que debemos abordar, como la protección de la ciberseguridad y la garantía de que los vehículos altamente automatizados funcionarán con seguridad en el tráfico mixto entre vehículos convencionales y automatizados.

Necesitamos una organización inteligente de nuestra movilidad, en la que el progreso técnico debe estar al servicio de los seres humanos y permitirles hacer la carretera más segura.

06

Introducción

El ser humano en confluencia con la tecnología

La digitalización y la automatización impregnan cada vez más el ámbito de la movilidad. Los términos «conducción altamente automatizada» o «conducción autónoma» ya están en boca de todos y se presentan como una posible solución ideal a los problemas de tráfico fundamentales.



14

Accidentes

Aprovechar aún mejor el potencial de prevención de accidentes

Conductor distraído, cansado, abrumado... la lista de las causas más frecuentes de los accidentes de tráfico es interminable. Aunque todas se resumen en una sola: el factor humano.

26

Ejemplos de accidentes

Ejemplos representativos de accidentes en detalle
Ocho casos seleccionados

34

Factor humano

¿Conductores distraídos o abrumados por sistemas demasiado complicados de manejar?

Con el fin de compensar hasta cierto punto las deficiencias y errores humanos, la industria del automóvil apuesta intensamente desde hace años por el uso de sistemas de asistencia a la conducción capaces de detectar de forma precoz situaciones viales críticas, advertir de peligros e incluso intervenir de manera activa en caso necesario.

52

Tecnología

Detectar los peligros a tiempo e intervenir

En lo que respecta a la seguridad en la carretera, ya se ha alcanzado casi todo el potencial de los sistemas pasivos. Sin embargo, los sistemas de asistencia a la conducción todavía ofrecen múltiples posibilidades para evitar accidentes o mitigar sus consecuencias.



68

Infraestructura

Digitalización, interconexión y conformidad con las normas

La conducción automatizada conlleva una serie de desafíos en materia de regulación e infraestructuras que se deben abordar cuanto antes.

80

Conclusión

La tecnología al servicio del ser humano

A medida que avanzamos en la transformación digital y se va liberando todo el potencial de seguridad es importante no perder de vista el sistema de movilidad en su conjunto y los efectos recíprocos que puedan derivarse.

82

Personas de contacto

¿Alguna pregunta?

Personas de contacto, servicios, aviso legal y referencias bibliográficas

Quando en este informe de seguridad vial de DEKRA se menciona a «usuarios de la vía pública», «peatones», «conductores», etc., solo se ha utilizado la forma masculina para facilitar la lectura. A no ser que se indique explícitamente lo contrario, siempre se hace referencia a todos los géneros. Los términos «bicicletas» y «ciclistas» incluyen siempre a las bicicletas eléctricas (hasta 25 km/h) y a sus conductores, salvo que se indique explícitamente lo contrario.



dekra-roadsafety.com

El ser humano en confluencia con la tecnología

En nuestro mundo moderno, la digitalización y la automatización han irrumpido ya en casi todos los aspectos de la vida y, como no podía ser de otra manera, impregnan cada vez más el ámbito de la movilidad. Los términos «conducción altamente automatizada» o «conducción autónoma» ya están en boca de todos y se presentan como una posible solución ideal a los problemas de tráfico fundamentales. En el presente informe abordamos en detalle los retos que esto supone y la posición que el ser humano ocupa en todo ello.

«Íbamos a toda velocidad, sin nadie al volante, doblando una y otra esquina y esquivando a otros vehículos igual de refinados, nadie tocaba el claxon... [...] En lugar del volante, me encontré con una placa metálica, en la que había grabado un mapa de la ciudad muy elegante y preciso. Encima había una

fina aguja indicadora. Apenas la moví, el vehículo arrancó, llevándome por calles que yo ni siquiera conocía. Tan súbitamente como arrancó, se detuvo. [...] Lo que más me maravilló fue que el coche iba esquivando a los demás vehículos, de pronto se detenía ante cruces concurridos, dejaba pasar a otros automóviles y actuaba como si se supiera de memoria todas las normas de circulación imaginables».

Al leer hoy este fragmento de la novela de ciencia ficción *Utopolis*, escrita en 1930 por Werner Iling, podría parecernos increíble cómo el escritor alemán se anticipó ya por aquel entonces a algo a lo que los fabricantes de automóviles están dedicando sus esfuerzos actualmente. En particular porque el novelista, al hacer referencia al funcionamiento técnico de los «automóviles que conducen solos de manera misteriosa», incluso aborda el tema de la conectividad: todos los coches disponen de «un pequeño ojo prismático» en la parte delantera, el cual reacciona a fotodetectores eléctricos y se comunica con ojos eléctricos encastrados «de forma imperceptible en las fachadas». «Al intercambiar reflejos, estos ojos mecánicos regulan la velocidad y la dirección».

Hitos en el camino hacia una mayor movilidad y seguridad

1900 • • • • • 1910 • • • • • 1920

1902

- El británico Frederick W. Lancaster inventa el freno de disco y solicita su patente.
- El inventor alemán Otto Schulze desarrolla el velocímetro de corrientes inducidas para vehículos de carretera.

1911

- Se inventan las marcas viales para la división por carriles (hoy en día, la base de los sistemas de estabilidad direccional).

1914

- El médico Eric Gardner elabora el primer casco para las carreras de motos utilizando tela de lino y goma laca.

1917

- En EE. UU. se patenta la primera señal de tráfico automática y en Detroit se instala la primera torre de regulación de tráfico en un cruce.



1920

- Los ingenieros del Radio Air Service en la zona de ensayo de las fuerzas aéreas McCook (Ohio) presentan públicamente el primer automóvil sin conductor teledirigido por radio.
- Se instala en París el primer semáforo de Europa con tres colores.

1921

- El Modelo A de Duesenberg es el primer vehículo con frenos hidráulicos.



1925

- Se funda en Berlín la Deutsche Kraftfahrzeug-Überwachungsverein e.V. (DEKRA en la actualidad).

1931

- La Sociedad de las Naciones aprueba en Ginebra la Convención sobre la unificación de la señalización vial.

1933

- Se instala el primer semáforo peatonal europeo en Copenhague.



1934

- El británico Percy Shaw inventa el reflector (catafaro).

1935

- BMW introduce la horquilla telescópica para motocicletas (que sigue siendo la estructura más común actualmente).

1938

- En mayo, la revista norteamericana *Popular Science* informa por primera vez sobre la conducción automatizada del futuro.

Europa avanza en su camino hacia el futuro

El Marco de la política de la Unión Europea en materia de seguridad vial para 2020-2030 refleja la enorme transformación que está viviendo el sector del transporte. En él se recogen los ajustes que deben hacerse en la política y la práctica para superar los desafíos y aprovechar las oportunidades que presentan los cambios en las pautas de movilidad, la conectividad y la automatización, entre otros. De momento, está claro que se está avanzando demasiado despacio y que hay que hacer más por alcanzar el objetivo de reducir a la mitad el número de muertes en las carreteras de aquí a 2030. El Reglamento sobre la seguridad general de los vehículos establece las funciones de seguridad con las que han de equiparse los vehículos para que puedan venderse en la UE. Desde julio de 2022 se aplican ya los nuevos requisitos, los cuales prevén el equipamiento de serie con las tecnologías de seguridad más modernas y crean el marco jurídico para la homologación de los vehículos automatizados. De aquí a 2029 se irán introduciendo progresivamente nuevas medidas.

93 años después y ante el aumento incesante de la digitalización del tráfico, nos encontramos como sociedad en los umbrales de la que posiblemente será la mayor revolución de la movilidad desde que se inventara el automóvil. En este tránsito, los programas de software y el equipamiento electrónico van asumiendo cada vez más tareas, convirtiendo el coche en una máquina de alta tecnología sobre ruedas. Actualmente, todos los fabricantes conocidos de vehículos en masa ya incluyen en su oferta la conducción asistida y parcialmente automatizada, y en los próximos años se espera un aumento considerable del número de vehículos con funciones propias de la conducción automatizada.

Kristian Schmidt

Coordinador de la Unión Europea para la seguridad vial



Las disposiciones técnicas de la Comisión Europea se centran ahora en los vehículos automatizados que asumen el papel del conductor en la autopista, así como en los vehículos sin conductor, como es el caso de las lanzaderas urbanas o los robotaxis. Exigimos un alto nivel de seguridad y madurez antes de introducir en el mercado europeo el vehículo totalmente automatizado. Las disposiciones incluyen desde procedimientos de ensayo, pasando por requisitos relativos a la ciberseguridad, los registradores de datos y la monitorización del rendimiento en materia de seguridad, hasta requisitos relacionados con la notificación de incidentes por parte de los fabricantes.

La Comisión no pretende frenar la innovación, sino asegurarse de que las carreteras europeas solo albergan tecnologías seguras. Nuestro objetivo es garantizar una seguridad óptima y un proceso regulador armonizado. La creación del primer marco jurídico europeo para vehículos automatizados y totalmente automatizados refuerza a su vez la competitividad global de los fabricantes de automóviles en la UE.

Los sistemas de conducción automatizada van a suponer un antes y después en la movilidad. Van a cambiar las reglas de toda la cadena de producción de vehículos y de movilidad, incluyendo todo lo relacionado con la inspección técnica de vehículos, el permiso de conducción, el seguro y su implantación. La conducción automatizada y conectada tiene un gran potencial para conseguir que la movilidad sea más segura y accesible, por lo que estamos trabajando a marchas forzadas para crear el marco normativo más adecuado.

No obstante, siguen surgiendo nuevos retos, como garantizar la ciberseguridad y el funcionamiento seguro de los vehículos altamente automatizados en el tráfico mixto. Hemos de asegurarnos de que los vehículos automatizados sean seguros antes de permitir su circulación por las carreteras europeas, pues un fracaso en la homologación de tipo podría restar toda la credibilidad a la tecnología en su conjunto.

1930

1940

1950

1960

1946

- El fabricante de neumáticos francés Michelin patenta el primer neumático radial y lo presenta en 1949 con el nombre comercial de Michelin-X.



1951

- El húngaro Béla Barényi solicita la patente para su concepto «habitáculos de estructura rígida con zona de absorción de impactos delanteros y traseros».



- Se introduce en Alemania la inspección técnica de vehículos (HU, por sus siglas en alemán).
- Walter Linderer solicita la patente de un airbag.

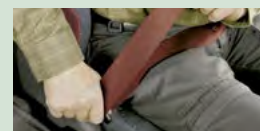


1956

- El reglamento alemán sobre permisos de circulación prevé por primera vez una «evaluación psicotécnica». A partir de 1960, pasa a llamarse «reconocimiento médico-psicológico».



1959



- El ingeniero de Volvo Nils Ivar Bolin solicita la patente del cinturón de seguridad con tres puntos de sujeción.
- Mercedes-Benz lanza al mercado el Mercedes 220/S/SE, el primer vehículo con habitáculo de seguridad.

1947

- En el campo de Muroc ubicado en el desierto norteamericano de Mojave, el coronel John Paul Stapp lleva a cabo el primer autoensayo en el marco del proyecto «deceleration project» dirigido por él mismo, en cual usa un trineo-cohete para someterse a una deceleración que le lleva al límite físico.

- En colaboración con la Policía Estatal de Indiana y bajo la dirección del ingeniero Hugh de Haven, varios investigadores en materia de accidentes realizan en EE. UU. los primeros análisis exhaustivos de siniestros en carretera.

1956

- En la Exposición Internacional de la Policía celebrada en Essen (Alemania), la empresa Telefunken presenta el primer radar de tráfico para el control de la velocidad.

1960

- En Suecia salen al mercado las cabinas de seguridad certificadas para camiones.
- Se introduce el servicio de rescate coordinado en Alemania.

En general, estamos abiertos a las nuevas tecnologías

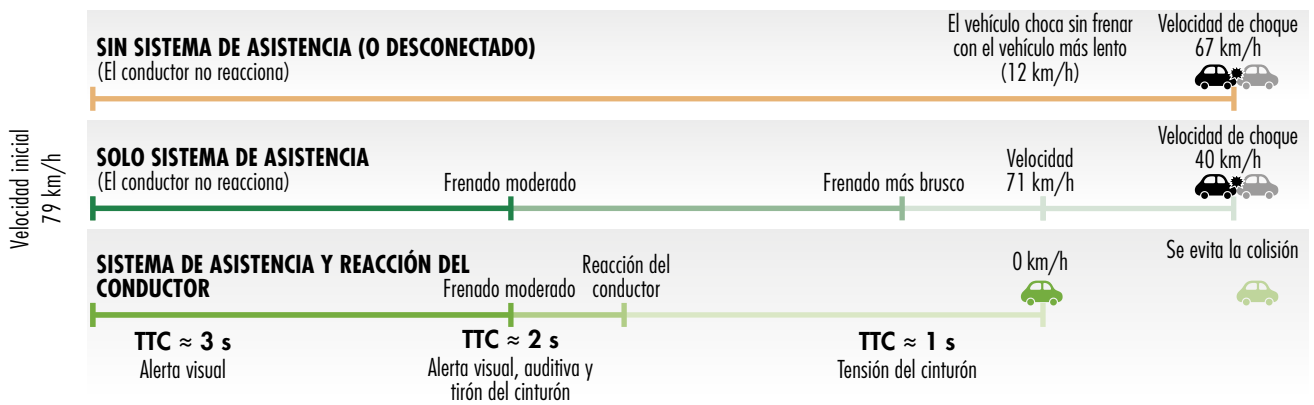
¿Pero qué opina la población con respecto a la conducción automatizada, por ejemplo, en Alemania? ¿Cómo reaccionarían los conductores ante estos vehículos? ¿Confían, en general, en la seguridad que ofrecen las funciones de conducción automatizadas o los sistemas de asistencia a la conducción? ¿Están teniendo dificultades a la hora de manejar las funciones y sistemas tecnológicos que incorporan los vehículos? ¿Y verían conveniente la estandarización de las funciones y sistemas? Para responder a todas estas preguntas, el instituto demoscópico Forsa realizó una

encuesta representativa por encargo de DEKRA en octubre de 2022, en la que participaron más de 1500 personas mayores de 18 años de habla alemana previamente seleccionadas mediante un procedimiento aleatorio sistemático.

En lo referente a su comportamiento ante vehículos totalmente automatizados, el 60 % afirmó que tendría más cuidado al cruzarse con un vehículo totalmente automatizado que con uno conducido por una persona (independientemente de si se cruzara con él estando montado en un vehículo, en bicicleta o a pie). Por su parte, el 36 % de los encuestados respondió que actuaría con la misma prudencia en ambos casos. El escepticismo que rodea

1 La eficacia de los sistemas de asistencia

El gráfico muestra los beneficios que conlleva informar de un conflicto a una persona aparentemente distraída al volante. El primer objetivo es volver a introducir a esa persona en el circuito y hacer que actúe para evitar una colisión. Además, se aplica una desaceleración con el fin de reducir la velocidad de colisión o, a ser posible, de evitar la colisión por completo. El sistema que se muestra aquí ya no se fabrica como tal, pero sigue habiendo vehículos en circulación que lo tienen. Los momentos temporales (aquí: tiempo de colisión = 1 s, 2 s y 3 s) y el tipo de intervención (alerta visual o auditiva, frenado moderado, frenado más brusco) los decide el respectivo fabricante.



TTC = tiempo de colisión (el TTC es una instantánea y no tiene por qué coincidir con tiempo cuantificable)

Fuente: DEKRA

1965

1970

1963

- Béla Barényi solicita la patente para la «columna de dirección de seguridad para vehículos» que él mismo había desarrollado.



1964

- Luigi Locati presenta un compendio de la seguridad del vehículo en el que por primera vez se distingue entre seguridad activa y pasiva.

1966

- Se instala el primer sistema antibloqueo de frenos (ABS) mecánico en el Jensen FF: el Dunlop Maxaret.
- El presidente estadounidense Lyndon B. Johnson firma el National Traffic and Motor Vehicle Safety Act y el Highway Safety Act.

1968

- En Viena se firman la Convención internacional sobre la circulación vial y la Convención internacional sobre la señalización vial.
- El Ministerio de Transporte de EE. UU. (Department of Transportation, DOT) comienza un programa de desarrollo de vehículos de seguridad experimentales e inaugura la conferencia internacional «Technical Conference on Experimental Safety Vehicles» (ESV). Dicha conferencia se sigue celebrando cada dos años.



1969

- Primera motocicleta con freno de disco hidráulico de serie (Honda CB 750 Four).

1970

- Como contrapartida europea del programa ESV norteamericano, se establece el «European Enhanced Vehicle-Safety Committee» (EEVC), que aborda las investigaciones dentro de las regulaciones establecidas. El EEVC ha desarrollado, por ejemplo, las pruebas e inspecciones para la protección de los ocupantes en colisiones laterales y frontales, así como las pruebas de componentes para la protección de peatones.

1971

- Daimler-Benz AG solicita la patente de un airbag viable para el conductor.
- Primeras conferencias internacionales para el intercambio de resultados de investigación sobre el desarrollo, la construcción y los ensayos con vehículos de seguridad experimentales (Experimental Safety Vehicles, ESV).
- Se equipan los primeros vehículos con lámparas halógenas con 2 filamentos (H4) para luces de cruce y de carretera.



Obligación europea de declarar los accidentes en los que estén implicados sistemas de conducción asistida y automatizada

Antonio Avenoso

Presidente del Consejo Europeo de Seguridad Vial (ETSC)



El año pasado, la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras estadounidense (NHTSA, por sus siglas en inglés) publicó por primera vez datos sobre los accidentes en los que se ven involucrados vehículos equipados con sistemas de asistencia a la conducción (ADAS) modernos. En los diez meses posteriores a la entrada en vigor de la obligación de declarar este tipo de accidentes se notificaron 400 casos. Pero ¿cómo son estas cifras en Europa (un mercado equiparable en tamaño)? Lo desconocemos totalmente.

En la UE no tenemos ningún organismo equivalente a la NHTSA a cargo de todo el territorio. De hecho, cualquier vehículo homologado en un estado miembro puede ponerse a la venta en otro país de la UE, por ejemplo: un Tesla que haya sido homologado en los Países Bajos por la RDW, la autoridad neerlandesa de homologación de tipo, puede venderse en cualquier país de la UE. Recientemente, la Oficina Federal de Tráfico alemana ha homologado en el mercado alemán un nuevo sistema de asistencia a la conducción autónoma de nivel 3 de Mercedes para el rango de velocidad inferior y es muy probable que este organismo lidere el proceso de homologación del sistema también a escala europea.

Pero ¿qué pueden hacer los consumidores si detectan algún problema con un sistema de asistencia a la conducción? En Estados Unidos, los particulares también pueden comunicar este tipo de defectos a la NHTSA a través de formulario web de fácil

acceso. En la UE, notificar defectos de vehículos a las autoridades nacionales también es posible, pero encontrar el sitio web del país en cuestión donde poder proceder a la notificación no resulta tan sencillo en la práctica. Quizás el año pasado llegaran a sus oídos los «frenzados fantasma» de Tesla. De ser así, fue gracias a las denuncias recibidas por la NHTSA en Estados Unidos. ¿El problema se da también en Europa? Saberlo es mera cuestión de suerte.

Si bien las llamadas de vehículos al taller se registran en una base de datos centralizada para toda la UE, los informes que se derivan no incluyen ningún tipo de información sobre el número de casos notificados o los posibles heridos a causa de un defecto. Y aunque es cierto que, en general, la UE va por delante de Estados Unidos en lo referente a las normas de seguridad de los vehículos, esto no es así en cuanto a transparencia sobre defectos o posibles problemas con los ADAS. Y este tipo de accidentes también ocurren en la

UE. En un informe publicado en 2019 por la Oficina Holandesa de Seguridad (OVV) se analizaron varias colisiones con implicación de sistemas de asistencia a la conducción. Pero... ¿y a escala europea? Nada de nada.

La declaración e investigación de accidentes está adquiriendo cada vez más relevancia a medida que los ordenadores van asumiendo tareas de conducción. En caso de que el código informático o los sensores causen un problema que derive en un accidente, debemos saberlo para evitar que se repita en el futuro. Por este motivo, desde el ETSC exigimos que se introduzca a escala de la UE la obligatoriedad de declarar los accidentes en los que estén implicados sistemas de conducción asistida y automatizada, y que se cree una autoridad central para el registro de los datos relacionados, el seguimiento de los estudios pormenorizados de accidentes y el control de la introducción segura de nuevas tecnologías para la conducción asistida y automatizada.

1975

1973

- El Instituto Federal de Carreteras alemán (BASt) comienza en la Facultad de Medicina de la Universidad de Hanóver el proyecto «Estudios en el lugar del accidente» (un predecesor del «German In-Depth Accident Study», GIDAS).

1978

- A partir de octubre, todos los vehículos de Mercedes-Benz son equipados de serie con el sistema antibloqueo ABS. El primer modelo con ABS es la Clase S (W116).

1979

- Un grupo científico de las universidades de Aquisgrán, Berlín, Stuttgart y Darmstadt lanza el proyecto de investigación UNI-CAR. Este coche experimental tiene un «frontal blando» que abarca toda la parte delantera y, hasta una velocidad de colisión 45 km/h, mantiene la carga de un peatón al ser atropellado dentro de límites biomecánicos tolerables.

- Primer ABS electrónico (Mercedes-Benz Clase S y BMW Serie 7)



1980

- Primeros sistemas hidráulicos Anti-Dive para algunas motocicletas de Kawasaki y Garelli; poco después, Suzuki y Yamaha los incluyen de serie.

1980

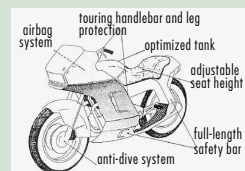
- Década en la que General Motors equipa varios de sus modelos destinados al mercado norteamericano con head-up display en blanco y negro.

1981

- A partir de julio, Mercedes-Benz ofrece por primera vez un vehículo con airbag de serie en la Clase S.

1985

- Motocicleta de seguridad de HUK Verband.



1986

- En el marco del proyecto de investigación europeo EUREKA, el programa PROMETHEUS (PROgramme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) investiga por primera vez las posibilidades de la conducción automatizada.

1985

1987

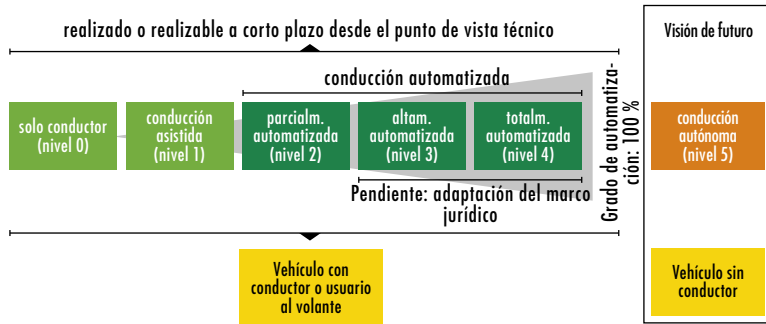
- Primer sistema de control de tracción (ASR, por sus siglas en alemán) en la Clase S de Mercedes-Benz.



1988

- BMW presenta con la K100 la primera motocicleta con ABS de serie.
- Constitución del International Traffic Safety Data and Analysis Group (IRTAD).

Clasificación de la automatización de los vehículos



los vehículos totalmente automatizados aumenta con la edad de los encuestados, siendo la precaución mayor en mujeres que en hombres.

En cuanto a los sistemas de asistencia a la conducción con los que ya cuentan los automóviles modernos, como el asistente de frenado de emergencia, el asistente de mantenimiento del carril o el tempomat con regulación de distancia, la confianza es relativamente alta, llegando a alcanzar un 68 %. Aun así, un 25 % no confía del todo en estos sistemas y un 5 % no confía en ellos para nada. A la pregunta de si confían en la seguridad de las funciones de conducción automatizadas, cerca de la mitad de los encuestados respondió que no ve diferencias entre los distintos fabricantes de automóviles. Para el 87 % de los que afirman confiar más en unos fabricantes que en otros, la marca del vehículo juega un papel (muy) importante. El 78 % también considera que el país de fabricación es un aspecto a tener en cuenta, y el 55 % ve además el precio del vehículo como un factor relevante.

Niveles de automatización

Tras el desarrollo tecnológico que supone pasar de la conducción manual a la conducción totalmente automatizada se esconde un proceso complicado y laborioso, en estrecha relación con innovaciones de muy diferentes campos tecnológicos. La Sociedad de Ingenieros de la Industria Automovilística (SAE, por sus siglas en inglés) divide este proceso en 6 niveles. El nivel 0 se corresponde con la conducción clásica, convencional. El conductor es quien conduce el vehículo, ayudándose de sistemas adicionales para

Desde un punto de vista puramente técnico, la conducción automatizada hasta el nivel 4 ya es factible, pero es imperativo adaptar el marco jurídico en consecuencia.

procesar la información mediante orientaciones (como el sistema de navegación con indicación de ruta) o avisos (como el asistente de ángulo muerto o el asistente de aparcamiento acústico). El nivel 1 se identifica con la conducción asistida. Aquí, los sistemas de asistencia asumen parte de la tarea de conducción en determinadas situaciones. Sería el caso, por ejemplo, del control de velocidad de cruce, el regulador de distancia o el asistente de aparcamiento activo, que se encarga de aparcar el vehículo en la respectiva plaza como si fuera un chófer digital. En el nivel 2 encontramos la conducción parcialmente automatizada, donde el vehículo mantiene la trayectoria y frena o acelera por sí solo en determinadas condiciones.

La conducción altamente automatizada a la que se refiere el nivel 3 permite al conductor delegar la conducción temporalmente, sin tener que estar pendiente del tráfico. De este modo, el vehículo circula de manera autónoma dentro del ámbito de aplicación que haya definido el fabricante, si bien, el conductor ha de estar preparado

para retomar rápidamente el control del vehículo si el sistema le avisa de una incidencia. En este nivel, la persona sentada al volante asume ya un papel híbrido, cambiando entre su función clásica como conductor y la de un ocupante más cuando el vehículo circula en modo automatizado. Un ejemplo reciente de automatización de nivel 3 es el sistema DRIVE PILOT de Mercedes-Benz. El 2 de diciembre de 2021, la Oficina Federal de Tráfico alemana concedió a este sistema de estabilidad direccional la primera homologación de tipo a escala mundial. Su uso en la Clase S de Mercedes-Benz de momento está limitado a tramos de autopista a una velocidad de hasta 60 km/h, y solo está permitido en condiciones de luz natural, buena visibilidad y en ausencia de heladas. La persona al volante debe estar lista en todo momento para retomar la conducción del vehículo ante una posible solicitud de intervención.

El nivel inmediatamente superior, el 4, corresponde a la conducción completamente automatizada. Aquí, la persona sentada al volante cede las funciones de conducción por completo al ve-

1990

- En los BMW Serie 7 se incluyen por primera vez en un vehículo luces de xenón (mediante lámparas de descarga de gas de Bosch), por entonces solo como luz de cruce.



1992

- En Francia se implanta la inspección técnica (Contrôle Technique) para los nuevos vehículos (en primera instancia, cada cuatro años y, después, cada dos).
- Motocicleta con control de tracción (Honda Pan European).

1994

- Se instala por primera vez un sistema de navegación de serie (BMW Serie 7).



1995

- Las empresas Robert Bosch GmbH y Mercedes-Benz implantan el sistema electrónico de estabilidad ESP, un sistema de frenada y control de estabilidad dinámico.
- La «Visión Cero» se aplica por primera vez en Suecia en el tráfico rodado.

1996

- Primera motocicleta con sistema de frenado combinado más sistema antibloqueo de frenos y control de tracción (Honda ST 1100)



1997

- Euro NCAP publica por primera vez resultados de simulaciones de accidente y además lleva a cabo evaluaciones relativas a la protección de los peatones que también incluyen de forma expresa la protección de los niños.



1998

- Primer vehículo alemán con tempomat con regulación de distancia (Clase S de Mercedes-Benz).

1999

- Con el Safe Liner, Krone lanza al mercado el semi-remolque desarrollado por Karl-Heinz Schimmelpfennig con protección integral eficaz contra el empotramiento.

2000

- BMW introduce con el C1 el primer vehículo de dos ruedas del mundo que, en caso de accidente, protege al conductor mediante una estructura envolvente (Alu-Space-Frame) y un cinturón de seguridad. Por esta razón, se permite su conducción sin casco.

2001

- Por primera vez se introduce en el Corvette de Chevrolet un head-up display en color.
- Se incorporan por vez primera faros de xenón para luces de carretera en los denominados faros bixenón en el Mercedes CL. En este caso, para las luces de cruce y de carretera se emplea la misma fuente de luz.
- Primer vehículo equipado de serie con asistente de mantenimiento del carril (Nissan Cima).

2002

- Mercedes introduce el sistema de protección preventiva de ocupantes PRE-SAFE en la Clase S.

La «Visión Cero» implica una concepción conjunta del ser humano y la máquina

Manfred Wirsch

Presidente del Consejo alemán de seguridad vial (DVR)



Los avances tecnológicos tienen el potencial de impulsar el progreso social, así como de reducir o evitar los errores humanos. También la asistencia a la conducción y la automatización pueden contribuir de manera decisiva a la «Visión Cero». Pero esto no es algo que podamos asumir sin puntualizaciones: antes de entrar en el mercado, las nuevas tecnologías deben someterse a controles exhaustivos y a una evaluación crítica, de modo que puedan cumplir con lo prometido y supongan una ayuda fiable para el ser humano en el tráfico rodado.

Los errores humanos (con un porcentaje superior al 90 %) son la causa más frecuente de los accidentes con lesiones personales. Gracias a los sistemas de asistencia a la conducción, como el asistente de frenado de emergencia, el tempomat con regulación de distancia, el asistente de mantenimiento del carril, la advertencia de fatiga o el asistente inteligente de velocidad, pueden evitarse muchos accidentes de tráfico. A quien haya visto un asistente de frenado de emergencia en acción, experimentando en primera persona cómo la función de asistencia frena el vehículo hasta detenerlo por completo, no se le habrá escapado la enorme ventaja que alberga esta tecnología: ninguna persona es capaz de reaccionar con tanta rapidez ni igualar esa distancia de parada tan corta.

Sin embargo, los grados superiores de automatización —en los que la máquina asume cada vez más la tarea de conducción y el ser humano solo tiene que supervisar al sistema e intervenir en determinadas ocasiones— albergan un considerable riesgo estructural. Pensémoslo: pasar de una tarea no relacionada con la conducción a tener que hacerse una idea general de una situación compleja de tráfico y asumir el control del vehículo en muy poco tiempo supone un esfuerzo importante para el usuario, pudiendo llegar a sobrepasarle.

Por ello, desde el DVR pedimos que se tengan en cuenta todos los factores que, desde el punto de vista de la psicología vial, están relacionados con los requisitos que conlleva la conducción de vehículos automatizados en toda su magnitud. Con ello, nos referimos especialmente al diseño de la interfaz persona-máquina, así como a los aspectos relacionados con la aptitud de los usuarios, como la formación vial, los exámenes, la formación continua y la instrucción. Entre otras cosas, el DVR apuesta por equipar de forma obligatoria los vehículos de autoescuela con determinados sistemas de asistencia a la conducción, de modo que los conductores noveles al menos sepan de su existencia y puedan conocer su potencial a la hora de evitar accidentes.

Aunque solo alrededor del 1 % de los accidentes con lesiones personales es atribuible a defectos técnicos o de mantenimiento de los vehículos, debemos tener en cuenta que los automóviles solo son nuevos por poco tiempo y que los sistemas de asistencia a la conducción, sensores incluidos, se vuelven cada vez más propensos a sufrir fallos. Si pensamos en una inspección de vehículos moderna, concluimos la necesidad de que el ser humano no confíe a ojos ciegos en la asistencia inteligente, sino que sea crítico y se asegure siempre de su fiabilidad.

2005

2010

2003

- Como primer fabricante europeo, BMW lanza al mercado el head-up display en los modelos de las series 5 y 6.
- El 17 de noviembre, el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea aprueban la Directiva 2003/102/CE relativa a la protección de los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública. Según esta normativa es necesario demostrar mediante varios ensayos de impacto de componentes de la parte delantera del vehículo que no se superan determinados valores biomecánicos límite. Desde octubre de 2005, todos los nuevos modelos certificados de vehículos deben superar dichas pruebas.
- Autorización de los faldones de las barreras de protección «Euskirchen», que ofrecen una protección más efectiva a los motoristas en caso de colisión. A partir de este sistema, DEKRA desarrolló «Euskirchen Plus» por encargo del BAST con el fin de ofrecer una protección mejorada también a los ocupantes de turismos en caso de choque a gran velocidad.

2004

- La Comisión Europea crea la Carta Europea de la Seguridad Vial. Su objetivo declarado es reducir a la mitad el número de víctimas mortales en las carreteras hasta el año 2010 (partiendo de las cifras de 2001).



2006

- Primer vehículo de serie con capó activo para la protección de peatones (Jaguar XK).
- Daimler presenta el «Safety Truck» con sistema de regulación de distancia, asistente de mantenimiento del carril, regulación de la estabilidad (en curvas) y el asistente de frenado de emergencia Active Brake Assist (ABA).
- Airbag para motocicletas (Honda Gold Wing).

2007

- Por primera vez se celebra en EE. UU. la competición internacional de vehículos sin conductor, el DARPA Urban Challenge, en un entorno urbano.

2009

- En la UE, los vehículos comerciales de nueva matriculación deben ir provistos de marcado del contorno retrorreflectante.
- Primer sistema Brake-by-wire con control electrónico de la fuerza de frenado (Honda CBR 600/1000).

2010

- Directrices políticas en materia de seguridad vial dentro de la UE para 2011-2020.

2011

- Desde el 1 de noviembre de 2014, todos los vehículos nuevos de la UE (desde los turismos hasta los autobuses pesados, así como los camiones con sus remolques) deben estar equipados con el control electrónico de estabilidad del vehículo (Electronic Vehicle Stability Control, EVSC), popularmente conocido como ESP o ESC. Para los modelos nuevos de vehículos homologados, esta norma ya entra en vigor con fecha del 1 de noviembre de 2011.

• Naciones Unidas anuncia el «Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020».

- A partir de febrero son obligatorias las luces de circulación diurna para todos los nuevos turismos y camiones de la UE.

2012

- Volvo introduce el primer airbag para peatones en el V40.
- A partir de 2012, las luces de circulación diurna pasan también a ser obligatorias para las categorías de camiones (N2/3) que entren en circulación en la UE.

La seguridad en la fase de transformación del automóvil

Richard Damm

Presidente de la Oficina Federal de Tráfico alemana (KBA) y del grupo de trabajo de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) para la conducción automatizada, autónoma y conectada (WP.29/GRVA)



La automatización de nuestros vehículos está evolucionando a ritmos acelerados en el actual contexto de transformación del automóvil con el usuario como eje central. En este contexto, la tarea principal (conducir) ya no será la única protagonista, puesto que han surgido nuevos sistemas que permiten a los ocupantes del vehículo realizar otras tareas adicionales que nada tienen que ver con la conducción.

Un elemento decisivo en todo ello es la seguridad de los sistemas empleados que, en sus diferentes modalidades, están pasando a asumir tareas de conducción como asistencia al conductor o de forma automatizada. Su principal cometido ha de ser salvaguardar la seguridad, puesto que la seguridad vial debe ser siempre la máxima prioridad de todas las partes interesadas. Con este fin, tanto a escala nacional como europea, se han definido una serie de objetivos específicos de cara a las próximas décadas. Solo si se cumple esta condición básica podrán sumarse las demás

consideraciones o escenarios de uso que se deriven de la creciente automatización. Y, en última instancia, resultará irrelevante si se trata de un sistema de asistencia (nivel 2), un sistema altamente automatizado (nivel 3) o un sistema totalmente automatizado (nivel 4). La confianza en la tecnología va de la mano de la seguridad.

La seguridad y las nuevas tecnologías no son excluyentes. Este hecho se refleja en la evolución que ha experimentado el automóvil desde sus inicios hasta la actualidad. Los sistemas modernos de asistencia a la conducción ya forman parte de muchos vehículos nuevos y se irán incorporando cada vez más como equipamiento obligatorio en los próximos años. Y como ahora los vehículos están orientados al software, es posible incorporar «Functions on Demand» que antes eran impensables debido al coste que implicaban y a la falta de medios. Esto amplía el abanico de ofertas destinadas a cubrir las necesidades y exigencias individuales de los usuarios. En todo ello, la movilidad individual seguirá teniendo un papel destacado. En Alemania, por ejemplo, el parque automovilístico continúa creciendo (en 2022, la cifra de turismos en circulación alcanzó los 48,8 millones).

Cada vez se hace más evidente que la tecnología de los vehículos está pasando por un proceso de transformación integral y que en un futuro estará ligada de forma indisoluble y generalizada a la sostenibilidad y a la automatización. Ahora más que nunca debemos dar una oportunidad a las nuevas tecnologías y desarrollos, puesto que las posibilidades que alberga (por ejemplo, en relación con nuevas ofertas de movilidad) y los beneficios derivados (en particular, para la seguridad vial) son inmensos. Siempre, claro está, contando con que todas las partes implicadas asuman su responsabilidad.

2015

2020

2013

- Para los nuevos camiones y autobuses, en la UE se hace obligatorio el uso de detectores de cambio de carril (Lane Departure Warning Systems, LDWS) y sistemas de frenado de emergencia avanzados (Advanced Emergency Braking Systems, AEBs), en un primer momento solo para los vehículos comerciales con frenos neumáticos y una masa máxima autorizada (MMA) >8 t por eje trasero con suspensión neumática; a partir del 1 de noviembre de 2016, para todos los nuevos vehículos comerciales y a partir del 1 de noviembre de 2018, para todos los nuevos vehículos comerciales con una MMA >3,5 t.

2014

- En mayo, Google presenta el prototipo de un coche autónomo.
- A partir de noviembre, el ESP pasa a ser obligatorio para todos los nuevos vehículos.
- Daimler AG presenta el «Mercedes-Benz Future Truck 2025». Con ayuda del sistema inteligente «Highway Pilot», este camión puede circular de forma automatizada en autopista a velocidades de hasta 85 km/h.



2015

- A partir de septiembre, en Alemania se designa un tramo de la autopista A9 como pista de pruebas oficial para la conducción automatizada y conectada.
- Desde el 1 de noviembre, en la UE los vehículos pesados de nueva matriculación (MMA >3,5 t) y los autobuses con más de 8 asientos (sin contar el del conductor) deben estar equipados con un asistente de frenado de emergencia predictivo (Advanced Emergency Braking System, AEBs) y un avisador de cambio de carril (Lane Departure Warning System, LDWS). Esta obligatoriedad de equipamiento ya se aplica desde el 1 de noviembre de 2013 a los nuevos vehículos homologados.

2017

- El 21 de junio entra en vigor en Alemania la Ley de conducción automatizada, según la cual los sistemas automatizados (nivel 3) pueden asumir la tarea de conducción en determinadas condiciones.
- Con el paquete «Europa en movimiento», la UE se fija el objetivo de reducir a la mitad el número de muertos y heridos graves en las carreteras europeas entre 2021 y 2030.

2019

- Adopción del Reglamento (UE) 2019/2144 («Reglamento de seguridad general»): la mayor protección de los usuarios vulnerables de la vía pública y el uso de sistemas de asistencia a la conducción pasan progresivamente a formar parte de los requisitos para la homologación de tipo.

2020

- El 28 de julio entra en vigor en Alemania la Ley de conducción autónoma, la cual permite a los vehículos de motor autónomos (nivel 4) circular por la vía pública en situaciones normales en determinadas zonas de operación.
- Naciones Unidas anuncia el «Segundo Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030».

2022

- A partir del 6 de julio de 2022, todos los nuevos modelos de vehículos de la UE deben venir provistos de asistente inteligente de velocidad (Intelligent Speed Assistance, ISA), advertencia de fatiga, asistente de frenado de emergencia, asistente de mantenimiento de carril de emergencia, asistente de marcha atrás y control de la presión de los neumáticos (a partir de julio de 2024, todos los nuevos vehículos).

hículo y se convierte en un pasajero más. En este nivel, los vehículos conducen de forma independiente gran parte del trayecto, permitiendo al conductor desviar la atención de la carretera una vez que ha cedido el control. El sistema ha de ser capaz de reconocer sus límites a tiempo para poder, por sí solo y conforme a la normativa, llevar el vehículo a un estado seguro para evitar cualquier incidente, ya sea aparcando en el arcén o en un carril de parada de emergencia. En el modo totalmente automático, los ocupantes ya no son responsables en caso de infracciones o daños. El control del vehículo en el nivel 4 abarca muchísimo más que en el nivel 3 y ya solo contempla unos pocos criterios de exclusión claramente definidos.

En el nivel 5, el nivel superior, que es el de la conducción autónoma sin conductor, no hay condiciones específicas limitantes, sino únicamente pasajeros que ya no han de asumir tareas de conducción (mientras que en los niveles 3 y 4 solo podían desatender estas tareas de forma temporal). En el nivel 5, ni siquiera es necesaria la presencia de un conductor o de ocupantes, ya que la propia tecnología del vehículo se encarga de todo lo relacionado con la conducción. El usuario solo tiene que elegir el destino y el vehículo le hará de chófer, con lo que será un simple pasajero, como cuando va en tren o en avión. En este nivel, la persona al volante queda totalmente fuera del circuito persona-máquina (concepto también denominado «out of the loop»).

La complejidad de la conducción automatizada

Los retos a los que se enfrentan los fabricantes y programadores en el ámbito de la conducción automatizada a partir del nivel 3 se evidencian, entre otros, al definir el dominio del diseño operativo. El dominio del diseño operativo establecido por el fabricante debe incluir, como mínimo, los siguientes aspectos: precipitaciones, hora del día, estado de la visibilidad, marcas viales del carril, área geográfica y dependencias V2X. En el caso de cualquier sistema de conducción automatizada resultan además esenciales varios aspectos relacionados con la seguridad, entre ellos, la conducción segura de conformidad con las normas de tráfico, la interacción segura con el usuario en forma de avisos de estado, la gestión de situaciones de conducción críticas para la seguridad, el favorecimiento de un estado de funcionamiento seguro (por ejemplo, notificando los trabajos de mantenimiento pendientes) y la gestión de fallos debidos a defectos del sistema o a un acceso no autorizado al sistema.

Además, el sistema ha de poder procesar distintos escenarios, en concreto: escenarios nominales (por ejemplo, adaptar la velocidad y la distancia respecto al vehículo precedente), escenarios críticos (como sucede cuando un vehículo que circula más despacio se incorpora al carril por delante del propio vehículo y frena) y escenarios de fallo (como el fallo de un sensor). Otros criterios importantes que deben definirse son, por ejemplo, el tipo de manejo o de intervención en el sistema y la posición del usuario durante la marcha. Asimismo, el sistema debe saber cuántos usuarios de la vía pública más hay en torno al vehículo, de qué tipo son, dónde se sitúan y cómo se mueven para poder reaccionar en consecuencia.

Una cosa está clara: conforme aumenta el nivel, también aumenta el porcentaje de tareas de conducción que asume la tecnología del sistema. Como consecuencia, el porcentaje de tareas que controla el conductor disminuye en la misma medida. En los prime-

Seis aspectos para clasificar un vehículo con función de conducción automatizada

Aspecto	Características	Ejemplo: Mercedes-Benz Drive Pilot
1 ¿Por dónde puede circular el vehículo con el sistema automatizado activo?	<ul style="list-style-type: none"> En propiedad privada, en una zona de limitada localmente, por una ruta predefinida, por un determinado tipo de vía en un país, etc. 	Autopista y autovía
2 ¿Qué situación o situaciones de tráfico domina el sistema automatizado?	<ul style="list-style-type: none"> Circular por un carril, circular en una dirección con cambio de carril, tráfico en intersecciones, etc. 	Circular por un carril
3 ¿Qué parámetros rigen para el funcionamiento del sistema automatizado?	<ul style="list-style-type: none"> Luz natural, ausencia de humedad, límite de velocidad, temperatura, solo si se conecta (connected), etc. 	Luz natural, temperatura de 4 °C o más, máx. 60 km/h, no en túnel
4 ¿El sistema automatizado circula (con fiabilidad) de forma independiente, requiere de supervisión o hay un conductor como alternativa provisional?	<ul style="list-style-type: none"> Funcionamiento experimental (con el ingeniero de desarrollo en el vehículo), conductor de seguridad en el vehículo, supervisión del vehículo desde un centro de control, fallback-ready user, etc. 	Fallback-ready user (conductor listo en 10 segundos)
5 ¿Para qué categoría de vehículo está previsto el sistema automatizado?	<ul style="list-style-type: none"> Turismos (M1) sin/con remolque, vehículos comerciales pesados (N3) sin/con remolque, etc. 	Turismo
6 ¿Quién puede utilizar/operar el vehículo equipado con el sistema automatizado?	<ul style="list-style-type: none"> El fabricante/desarrollador, el operador de una flota de vehículos, un particular, etc. 	Un particular
¿Con qué nivel SAE se corresponde el sistema?	1, 2, 3, 4 o 5 Los niveles 1 y 2 son sistemas de asistencia a la conducción (ADAS, por sus siglas en inglés), pero no son sistemas de conducción automatizados (ADS)	Nivel 3

ros tres niveles (niveles 0-2), los asistentes y sistemas suponen una ayuda complementaria al conductor, que sigue llevando a cabo la mayor parte de las tareas de conducción, además de seguir siendo el responsable. En los niveles superiores (a partir del nivel 3), el control del vehículo se delega, ya sea parcialmente o en su totalidad y de forma permanente, en el sistema del vehículo, lo cual conlleva nuevos riesgos desconocidos hasta el momento.



Aprovechar aún mejor el potencial de prevención de accidentes

Conductor distraído, cansado, abrumado... la lista de las causas más frecuentes de los accidentes de tráfico es interminable. Aunque todas se resumen en una sola: el factor humano. Si miramos los atestados de la policía sobre accidentes de tráfico, puede afirmarse que casi todos los siniestros en cualquier parte del mundo tiene su explicación en el comportamiento (inadecuado) de las personas. Las deficiencias en la infraestructura o la tecnología se mencionan muy raramente como causa principal o secundaria del accidente. Por ese motivo, para muchos, el mejor modo de prevenir accidentes es traspasar el mayor número posible de tareas de conducción a los propios vehículos.

Los modernos sistemas de asistencia a la conducción constituyen el fundamento de la automatización creciente del tráfico rodado. En numerosos vehículos es ya posible mantener automáticamente el vehículo en su carril o acelerar y frenar conforme a las condiciones del tráfico. También existen ya sistemas automáticos de frenado de emergencia. Estos sistemas encierran potencial para evitar accidentes o, al menos, para mitigar sus consecuencias. Pero basta con echar un vistazo al desarrollo de las estadísticas de accidentes en la UE para darse cuenta de que aún queda mucho por hacer para conseguir la «Visión Cero» perseguida por muchos países del mundo hasta el año 2050: el objetivo de un tráfico rodado seguro, en el que ya no haya muertos ni heridos graves a consecuencia de los accidentes. Desde 2001 hasta 2020, el número de muertes en las carreteras disminuyó en casi un 63,5 %, de 51.400 a 18.800. No obstante, estas cifras han permanecido casi constantes desde el año 2012. La disminución hasta el mínimo histórico en 2020 puede explicarse por la influencia de la pandemia de Covid. Desde entonces, las cifras han vuelto a aumentar: a 19.900 en el año 2021 y a 22.600 en el año 2022 (**gráfico 2**). Con ello, la reducción porcentual en comparación con el año 2001 disminuye a un 56 %. La Organización Mundial de la Salud estima en 1,3 millones el número anual de muertos debidos al tráfico rodado en todo el mundo.

Pero, independientemente los sistemas de asistencia a la conducción que estén incorporados en un vehículo, a día de hoy es imprescindible que los conductores presten constantemente toda su atención al tráfico de su entorno, para poder intervenir en caso necesario e inclu-

La tecnología debe hacer la conducción más segura y menos complicada

Mark Chung

Vicepresidente ejecutivo de prácticas viales
Consejo Nacional de Seguridad de EE. UU. (NSC)



Conducir un vehículo es una tarea extremadamente compleja. La conducción plantea elevadas exigencias al conductor, que debe compaginar el control del vehículo con un entorno que cambia continuamente. Esta complejidad, además, aumenta con las distracciones. Por ejemplo, cuando el conductor, mientras va al volante, intenta hacer otras cosas relacionadas con la conducción, como modificar parámetros de navegación o manejar los sistemas de infoentretenimiento a través de la pantalla táctil. Por tanto, no es de extrañar que las distracciones al volante y los riesgos consiguientes para seguridad vial estén aumentando. En otras palabras: conducir un vehículo se está convirtiendo en una actividad cada vez más compleja y peligrosa.

En Estados Unidos, el número de fallecidos en el tráfico rodado ha aumentado claramente durante las dos últimas décadas. En el año 2021, este país registró la máxima cifra de accidentes mortales de los últimos 16 años, entre ellos casi 7.500 usuarios vulnerables de la vía pública: este es el mayor número anual de accidentes mortales con peatones desde hace cuarenta años. Tenemos que invertir esta fatídica tendencia.

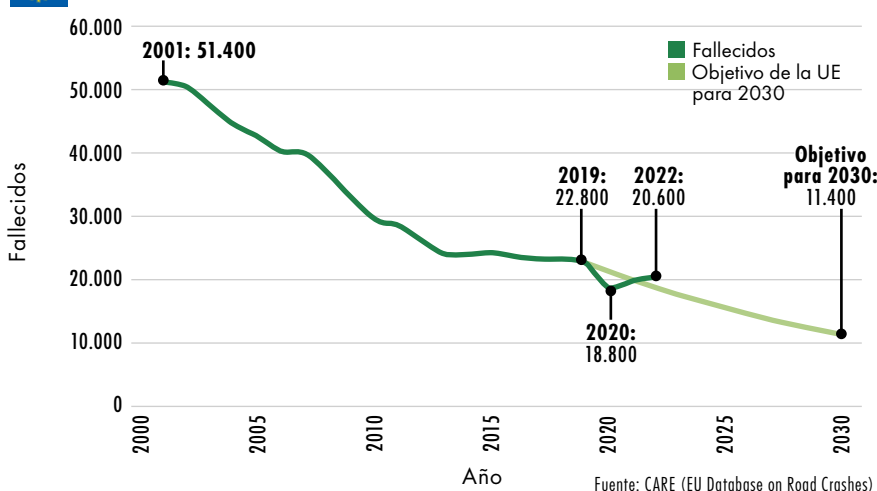
Los sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) encierran un elevado potencial para registrar el entorno del vehículo, a fin de ayudar al conductor en el manejo seguro de su vehículo. Algunas funciones de los ADAS, como el asistente de frenado de emergencia, han demostrado ser una contribución positiva para la seguridad de los usuarios vulnerables de la vía. No obstante, de acuerdo con diversos estudios, muchos conductores en EE. UU. desactivan las funciones de los ADAS, ya que no confían en sus aptitudes. Más grave todavía es el hecho de que algunos conductores confían excesivamente en estas funciones porque entienden mal sus capacidades. A esto se suma que algunos fabricantes OEM consideran las funciones de los ADAS como criterio distintivo de su marca y fomentan una publicidad excesivamente creativa de estas funciones en el marco de sus actividades de marketing. En pocas palabras: los ADAS deberían hacer la conducción más segura y menos com-

PLICADA. Pero, hasta ahora, podemos constatar justamente el efecto contrario.

Hay soluciones que permiten aprovechar de forma ideal la capacidad tecnológica de los ADAS y optimizar su potencial en favor de la seguridad. En primer lugar es importante que los distintos OEM armonicen la terminología de los ADAS. Por ejemplo, el Consejo Nacional de Seguridad de EE. UU. ha elaborado en cooperación con la asociación AAA, Consumer Reports, JD Power y SAE International la guía «Clearing the Confusion», en la que se recomienda un sistema conjunto de denominación para las funciones ADAS. Por otro lado, es importante informar mejor a los consumidores acerca de las posibilidades de las distintas funciones de los ADAS. A este fin, el NSC ha creado una página web para usuarios particulares con el nombre www.mycardoeswhat.org en la que es posible informarse de forma sencilla acerca de lo que pueden y no pueden hacer las funciones de los ADAS.

En resumen: debemos fomentar el desarrollo y el uso de tecnologías modernas de seguridad. Para proteger a todos los usuarios de la vía, incluyendo a los vulnerables, no es suficiente con poner a disposición estas tecnologías, si no se facilita a los conductores el uso de las funciones de los ADAS. Y es que la tecnología tiene que hacer la conducción más segura y menos complicada.

2 Evolución del número de fallecidos en accidentes de tráfico en la UE



so anular la reacción de los sistemas. Y es que los sistemas de alta funcionalidad y fiabilidad –por ejemplo, en lo que respecta al cambio de carril y a la regulación de la distancia– pueden ser para muchos usuarios de la vía una invitación a dedicarse a otras tareas ajenas a la conducción. Ya se han registrado varios accidentes graves como consecuencia de un error de juicio sobre la fiabilidad de estos sistemas. Tales sistemas pueden resultar también críticos si el conductor sufre problemas repentinos de salud y el sistema no reconoce la situación.

Un ejemplo muy significativo es el llamado caso de Aschaffenburg del año 2012. El conduc-

tor de un turismo sufrió un derrame cerebral, de modo que no estaba en condiciones de seguir conduciendo. Pese a ello, el asistente de mantenimiento del carril siguió dirigiendo el vehículo, conservando la elevada velocidad de circulación en carretera, y lo condujo al centro de la ciudad, donde se produjeron colisiones mortales con varios peatones. Sin estos sistemas, el vehículo se habría salido de la calzada antes de llegar a la ciudad de destino. No cabe duda de que la utilidad potencial de estos sistemas, también en cuanto a la seguridad vial, es claramente mayor que los

riesgos resultantes, siempre que se comuniquen con franqueza las limitaciones de cada sistema y que los usuarios los utilicen con el debido cuidado. Por otro lado, no es raro que los fabricantes utilicen descripciones de rendimiento o asignen nombres a estos equipos que despiertan en los clientes expectativas excesivas, que estos sistemas no pueden satisfacer. Es cierto que, a fin de protegerse frente a posibles reclamaciones, sus limitaciones se describen en los manuales de instrucciones de los vehículos, pero los clientes conservan en mente las atractivas afirmaciones publicitarias.

La precaución es siempre imprescindible, incluso con los sistemas de nivel 3. En un vehículo con este grado de automatización está permitido que los conductores se dediquen a otras tareas, siempre que se cumplan determinadas condiciones. Si el sistema se acerca a sus límites, se indica a las personas sentadas al volante que asuman de nuevo el mando. Con frecuencia se plantean discusiones acerca de la duración adecuada del tiempo de aviso previo, a fin de garantizar que el conductor pueda apreciar la situación del tráfico y reaccionar

Hombre y máquina

Infraestructura, usuarios y medios de locomoción. Estos son, según el consenso actual, los pilares de cualquier enfoque global y sistémico en el sector de la seguridad vial. Dentro de este trío se contempla siempre la especial interacción entre el hombre y la máquina.

En la historia de la movilidad, tanto basada en animales de tiro como en accionamientos mecánicos, se aprecia como línea básica el deseo de las personas de dominar la tecnología correspondiente. Tanto si es preciso domar un caballo como si se trata de controlar la mecánica de un vehículo. En definitiva se trata siempre de lo mismo: dominar algo que es complejo y que, una vez en movimiento, puede ser incalculable y, en principio, también peligroso.

Por ese motivo, desde su introducción el 31 de diciembre de 1922, el permiso de conducir es sobre todo la credencial de que su titular está en condiciones de dominar la técnica de un vehículo. En el Código de Circulación alemán se ha recogido este principio de un modo casi filosófico: «El conductor del vehículo debe estar siempre dispuesto y en condiciones de ejecutar con seguridad y sin retardo las maniobras de conducción que le corresponde realizar» (Art. R.412-6).

Es decir, evitar peligros debidos al tráfico significaba, en especial en los comienzos de la era de la automoción, dominar del mejor modo posible el riesgo que emana del vehículo mismo. Desde entonces, el vehículo se ha ido convirtiendo cada vez más en una parte activa para la seguridad de su conductor y de los pasajeros. Desde el cinturón de seguridad y el ABS hasta el airbag: el hecho de que cada vez mueran menos personas a consecuencia de accidentes de tráfico se debe esencialmente al progreso tecnológico. El medio de locomoción —y en primer lugar, el vehículo motorizado— es ya un aliado indiscutible en cuestiones de seguridad.

Los sistemas de asistencia a la conducción, cada vez más numerosos y difundidos, aseguran que esta transformación avance y se acelere. Pero todavía no conocemos en todos sus detalles a dónde nos lleva este desarrollo. Por otro lado, la Dirección de Seguridad Vial de Francia apoya numerosos estudios y proyectos de investigación sobre el tema de los sistemas de asistencia a la conducción y sobre los nuevos desafíos que plantean. Se trata de analizar las circunstancias de una nueva cooperación entre el hombre y la máquina, y de entender mejor su interacción con la totalidad de los usuarios de la vía. Para que los sistemas puedan desarrollar plenamente su eficacia es imprescindible que los conductores conozcan y dominen su funcionamiento hasta el más mínimo detalle. Y con ello se cierra el círculo.

Si bien yo no creo en la ilusión de un futuro tecnológico, en el que la máquina y su inteligencia artificial serían suficientes para eliminar cualquier riesgo en el tráfico rodado, estoy plenamente convencida de que el progreso técnico, la mejora continua de los sistemas de asistencia a la conducción y su plena aceptación entre los usuarios nos ofrecen perspectivas maravillosas a la hora de evitar con eficacia los accidentes de tráfico.

Florence Guillaume

Delegada Interministerial de la
Dirección de Seguridad Vial



del modo adecuado. En situaciones complejas que se presenten repentinamente, esto plantea exigencias muy elevadas a los conductores. A medida que aumenta el grado de automatización disminuye además la experiencia de conducción cotidiana. Pero justo esta experiencia resulta imprescindible en situaciones críticas de conducción, en las que el sistema devuelve el control al conductor. Esto es un desafío, para el que en la actualidad no se ha encontrado una solución satisfactoria.

En Estados Unidos se han recopilado ya algunos conocimientos acerca de accidentes reales en relación con vehículos altamente automatizados. En el marco de diferentes proyectos piloto y de investigación se ha permitido en algunos estados de este país la circulación de vehículos altamente automatizados en las vías públicas. Estos vehículos están ocupados por personas en condiciones de intervenir en todo momento. Concretamente en el estado de California se registran detalladamente los accidentes con implicación de vehículos altamente automatizados. En un estudio publicado en 2019 por la Universidad de Belgrado se analizaron los accidentes con implicación de vehículos altamente automatizados en comparación con siniestros equiparables sufridos por vehículos convencionales. Como resultado pudo constatar que existen diferencias en el curso de los accidentes. Ha disminuido el número de colisiones laterales y de accidentes con implicación de peatones. Ha aumentado el número de accidentes por alcance. Sin embargo, es preciso constatar que se trata de accidentes en los que vehículos convencionales alcanzan a vehículos altamente automatizados.

Este hecho es relevante, teniendo en cuenta que el tráfico mixto con ambos tipos de vehículos va a durar todavía mucho tiempo. Los conductores de vehículos convencionales tienen que acostumbrarse a las diferencias en los procesos de aceleración y de frenado de los vehículos altamente automatizados. Para esto es necesario, en primer lugar, poder reconocer estos vehículos. En la base de datos no se encuentran accidentes entre dos vehículos altamente automatizados, ni tampoco accidentes con víctimas mortales. En líneas generales, las colisiones tuvieron lugar en el margen de baja velocidad.

Con el fin de recibir información más detallada acerca de los accidentes con implicación de vehículos automatizados y altamente automatizados, la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras

La precaución es siempre imprescindible, incluso con los sistemas de nivel 3.

estadounidense (NHTSA) obligó a todos los operadores de dichos vehículos a enviar notificaciones de accidentes con un contenido definido. Desde el 29 de junio de 2021 hasta el 15 de mayo de 2022 se recibieron por esta vía 130 notificaciones de accidentes con implicación de al menos un vehículo de nivel 3, 4 o 5. El análisis realizado a continuación por la NHTSA confirmó que se trataba en primera línea de accidentes leves. En un solo accidente se registraron lesiones personales graves, en tres casos lesiones de gravedad mediana y en doce casos lesiones leves. En un 78 % de los casos, el segundo implicado en el accidente era un turismo, un SUV, una furgoneta o una camioneta descubierta. En siete casos se trató de colisiones con bicicletas, en dos casos con motocicletas y en otros dos, con patinetes eléctricos. En todos estos casos llama la atención el elevado porcentaje de colisiones con deterioros en la parte trasera del vehículo altamente automatizado.

Durante este mismo periodo de tiempo se recibieron 392 notificaciones de accidentes con

Un tráfico mixto en las carreteras, como ya se da en EE. UU., ofrece una buena base para la investigación con vistas a una optimización de la seguridad vial.



implicación de vehículos de nivel 2, en los que el conductor asume siempre la responsabilidad por la conducción. Por otro lado, estos registros de datos contenían un alto número de parámetros desconocidos, especialmente en relación con el segundo vehículo implicado y las lesiones más graves. Tampoco es posible averiguar qué sistemas estaban implementados en los vehículos, y si estos sistemas fueron o no relevantes en el correspondiente accidente sufrido. Más interesante es el hecho de que en 88 de 246 casos en los que se conoce a la otra parte de la colisión, se trata de una colisión con objetos estacionarios. También llaman la atención dos colisiones con vehículos de emergencia. Las colisiones con ciclistas o peatones también fueron muy poco frecuentes en los vehículos con este grado de automatización: solo tres casos en total. No obstante, no debe olvidarse tampoco que el porcentaje de estos grupos de usuarios de la vía en el reparto modal y el formato de las interfaces de comunicación es muy diferente en las distintas regiones, y que los criterios para la clasificación de un evento que deba notificarse no están completamente unificados. En la identificación de las áreas del vehículo dañadas durante el accidente se obtienen resultados opuestos a los de los vehículos con mayores grados de automatización. Aquí predomina claramente el frontal del vehículo.

Los conocimientos actuales muestran sin duda que un nivel de automatización elevado encierra potencial para evitar accidentes, o al menos para mitigar sus consecuencias. Al mismo tiempo, un uso no adecuado de esta técnica —principalmente por la falta de supervisión en vehículos con sistemas de nivel 2— conduce a riesgos elevados de accidente. También deben mencionarse los nuevos peligros resultantes del tráfico mixto futuro, en el que circulan a la vez vehículos convencionales y vehículos altamente automatizados. En cualquier caso, es errónea la suposición de que un alto grado de automatización contribuirá a reducir el número de accidentes hacia el cero absoluto, y a eliminar el «factor humano» como causa de accidentes. Mientras existan en el entorno del tráfico puntos de encuentro entre vehículos altamente automatizados y otras formas de movilidad bajo la influencia de personas se seguirán produciendo accidentes entre los implicados.

Esto se aplica también y en alta medida a los usuarios vulnerables de la vía, como peatones o ciclistas. Mientras que los vehículos con cuatro o más ruedas asisten a sus usuarios con un gran número de medidas en el campo de la seguridad activa y pasiva y los protegen frente a y durante colisiones y situaciones crí-



Los usuarios vulnerables de la vía, como los ciclistas, llevan siempre las de perder en una colisión con un vehículo motorizado.

ticas de conducción, los usuarios vulnerables de la vía, vayan en bicicleta, en patinete eléctrico o a pie, están claramente en desventaja en este campo. Existen nuevas tecnologías, como los sistemas mejorados de propulsión eléctrica con potentes baterías, que permitirán la implementación de sistemas de seguridad y de protección, como por ejemplo un ABS para bicicletas.

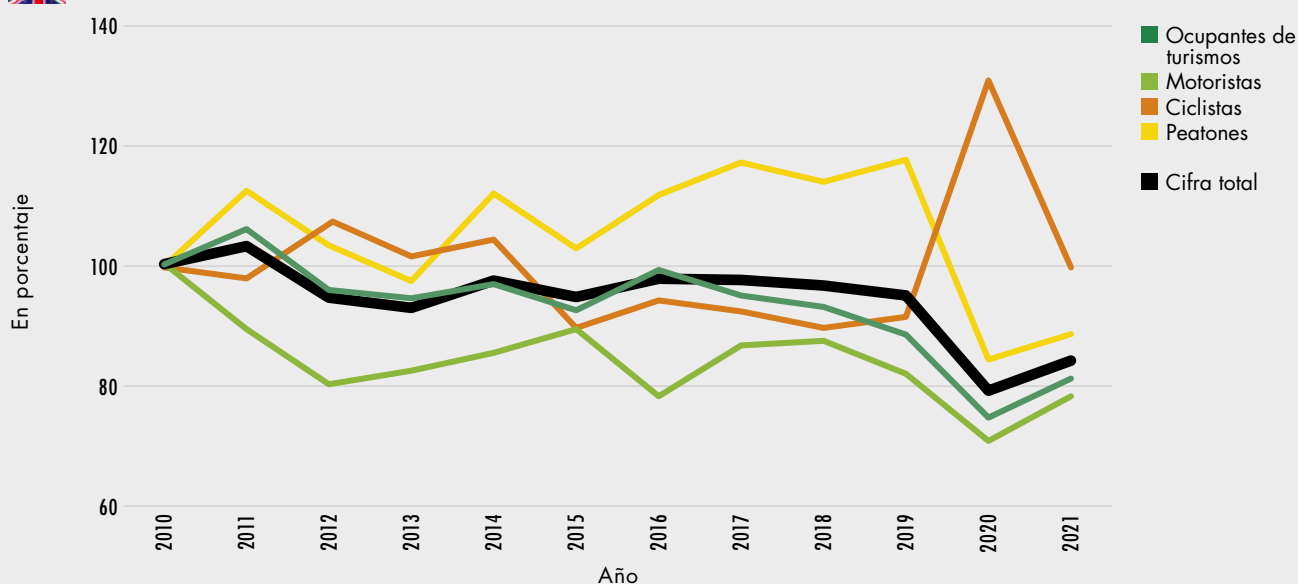
Al mismo tiempo, estos desarrollos tecnológicos comportan también nuevos riesgos. Se circula a mayor velocidad, aumenta en exceso el uso de la bicicleta por parte de grupos de usuarios más vulnerables, como las personas mayores, y la posibilidad de transportar mayores cargas o varios niños gracias a la asistencia eléctrica conduce a la oferta de modelos de bicicletas cada vez más largos, más anchos y más pesados. Esta tendencia, ya conocida en el ámbito de la automoción, hacia vehículos cada vez mayores y más pesados, se extiende así al mercado de las bicicletas. Las medidas necesarias de adaptación de la infraestructura no logran seguir el ritmo del progreso. Si se realiza una comparación a nivel mundial, puede comprobarse también que la evolución en las cifras de accidentes presenta diferencias importantes. Así lo confirma un análisis de la International Road Traffic and Accident Database (IRTAD) del Foro Internacional del Transporte de la OCDE.

Diferencias en la evolución de las cifras de accidentes a nivel mundial

Durante el año 2021 fallecieron en total en el Reino Unido (Gran Bretaña y el Norte de Irlanda) 1.608 personas en accidentes de tráfico (**gráfico 3**). Esto significa una disminución de 297 personas con respecto a 2010, con 1.905 fallecidos (reducción en un 15,6 %). Hasta el año 2019 se observó en todos los tipos considerados de participación en el tráfico, con excepción de los peatones, una reducción moderada del número de fallecidos hasta el 82-92 % de los valores de partida. En el caso de los peatones, en cambio, las cifras aumentaron de forma casi constante hasta un 117 % en el año 2019. Durante el primer año de la pandemia de Covid en 2020 pudo observarse una disminución clara en el campo de los turistas y los vehículos motorizados de dos ruedas, hasta un 75 y un 71 % de los valores de 2010 respectivamente. Debido a la reducción en el sector de los turistas, el número total de fallecidos en



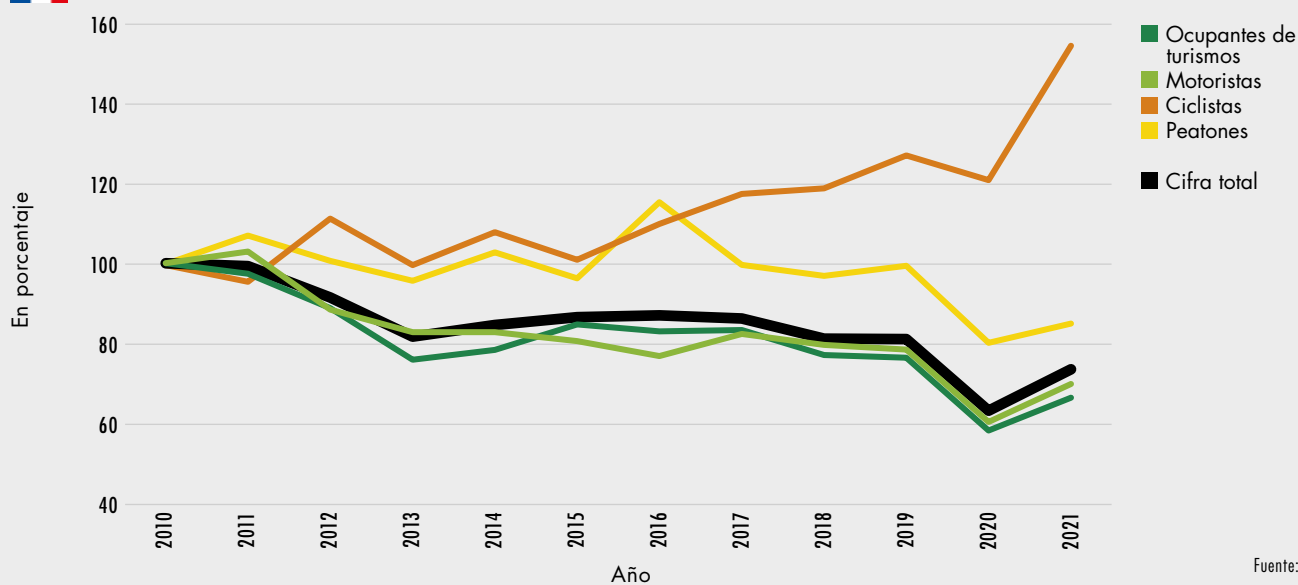
3 Evolución del número de fallecidos en accidentes de tráfico en el Reino Unido



Fuente: IRTAD



4 Evolución del número de fallecidos en accidentes de tráfico en Francia



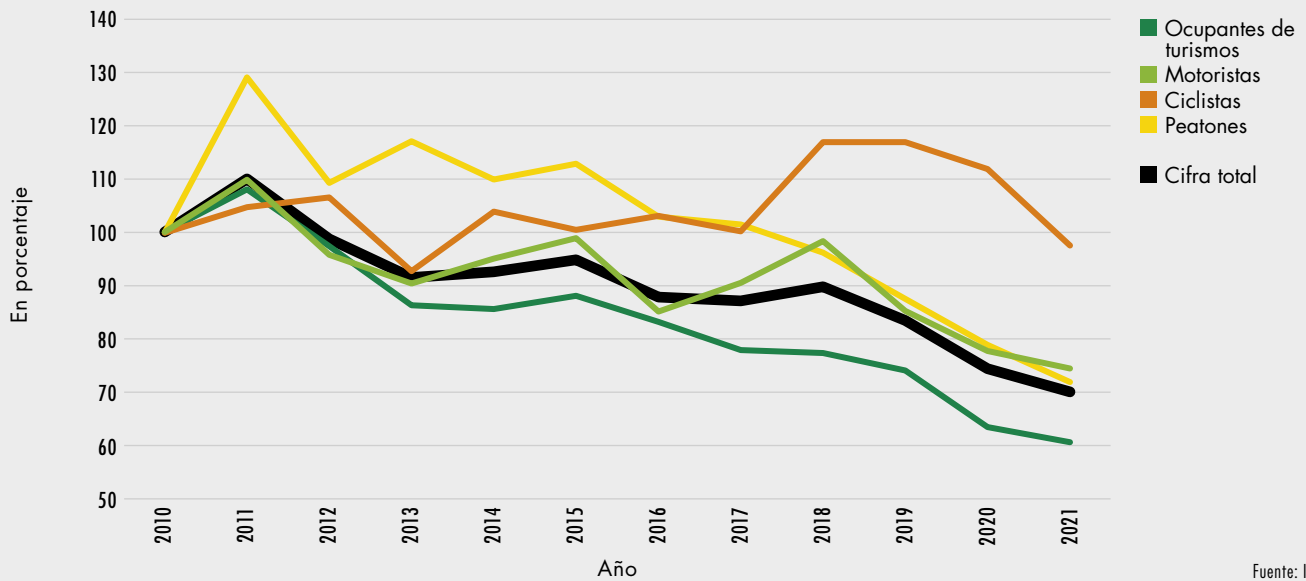
Fuente: IRTAD

el tráfico disminuyó a un 80 % del valor inicial. La reducción más acusada se refiere a las cifras de peatones fallecidos a consecuencia de accidentes. El porcentaje en 2020 disminuyó a un 85 % del valor de referencia de 2010. En comparación con el año 2019, la disminución es de 32 puntos porcentuales. Al mismo tiempo aumentó enormemente el número de ciclistas fallecidos a consecuencia de accidentes de tráfico. Las cifras absolutas aumentaron de 102 en el año 2019 a 145, lo que corresponde a un 131 % del valor del año 2010. En el año 2021, todavía bajo la influencia de la pandemia, pudo observarse una fuerte disminución satisfactoria del número de ciclistas fallecidos, hasta el nivel de 2010. En los demás tipos considerados de participación en el tráfico, y en las cifras

absolutas, tuvo lugar un nuevo aumento, si bien no se alcanzó en ningún caso el nivel de 2010. El enorme aumento del número de ciclistas fallecidos a consecuencia de accidentes de tráfico en el año 2020 debe valorarse teniendo en cuenta que, según informaciones del Ministerio Británico de Transporte, el kilometraje del tráfico en bicicleta aumentó en 2020 en un 46 % frente a las cifras del año 2019. El Ministerio de Transporte registró un promedio de 28 accidentes mortales por cada mil millones de millas recorridas en bicicleta en el año 2020; en 2019, este valor era de 29. Por lo tanto, la variación es marginal, pero supone al mismo tiempo una mejora patente, por ejemplo, frente al año 2004, con 52 ciclistas fallecidos por cada mil millones de millas.

5

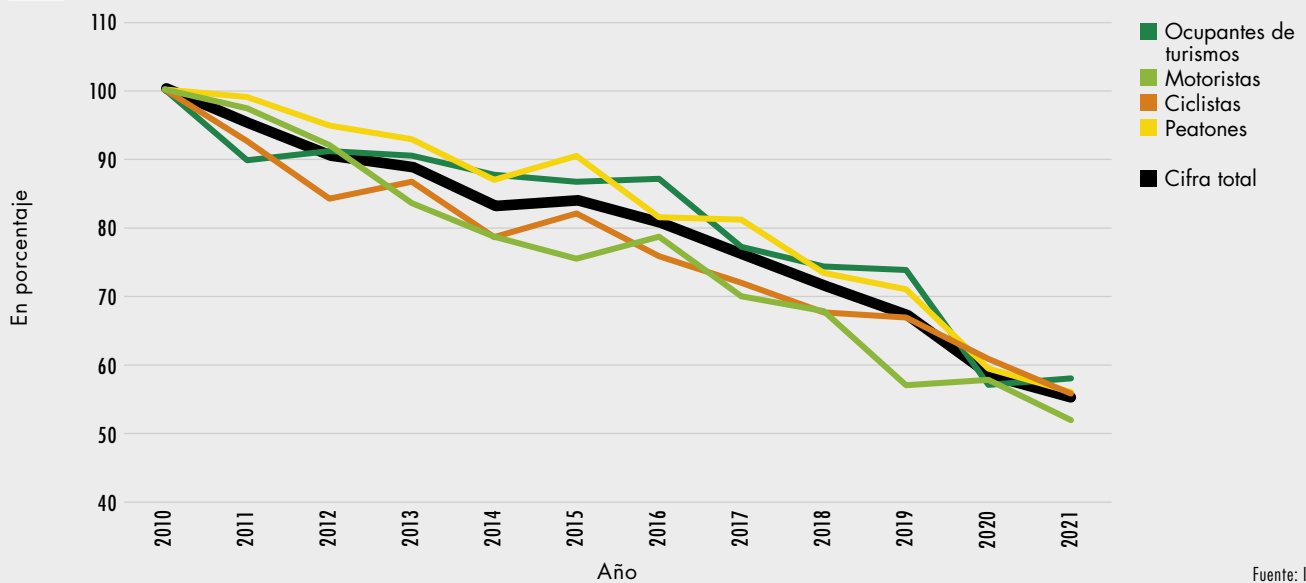
Evolución del número de fallecidos en accidentes de tráfico en Alemania



Fuente: IRTAD

6

Evolución del número de fallecidos en accidentes de tráfico en Japón



Fuente: IRTAD

En Francia pudo constatarse entre 2010 y 2013 una clara reducción del número de fallecidos en el tráfico rodado (**gráfico 4**). La cifra absoluta disminuyó de 3.992 a 3.268. Si se observan las cifras con mayor atención resulta evidente que solo se produjo un desarrollo positivo entre los usuarios de vehículos a motor y vehículos motorizados de dos ruedas, mientras que los valores para ciclistas y peatones permanecieron al nivel original. En los años siguientes, hasta 2019, los valores permanecieron estacionarios en todos los grupos de usuarios, conservando el nivel alcanzado, salvo el número de

ciclistas fallecidos en accidentes de tráfico, que aumentó hasta un 127 % del valor inicial del año 2010. Al igual que en el Reino Unido, durante el primer año de la pandemia (2020) se constató una disminución patente del número de fallecidos en accidentes de tráfico, a excepción del tráfico de ciclistas, en el que se observó un nuevo incremento. En 2021 aumentaron en Francia las cifras en todos los tipos analizados de participación en el tráfico. Es llamativo el aumento desproporcionado en los ciclistas, con un incremento de casi 28 puntos porcentuales, hasta alcanzar un 154 % del valor de 2010. También

Vehículos autónomos en Brasil

Roberto Saldo

CEO de Escola Tesla Brasil, Desarrollo de proyectos con vehículos eléctricos



De acuerdo con las informaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el tráfico rodado en Brasil es el cuarto más peligroso en el continente americano. São Paulo es el estado federado con el mayor número de muertos a consecuencia de accidentes de tráfico en el país, y la ebriedad al volante es la segunda causa más frecuente de accidentes.

Los vehículos autónomos subsanarán las deficiencias humanas y los errores de conducción debidos a la falta de atención de conductores cansados o con problemas de salud. La automatización contribuirá a reducir la cuota de errores durante la conducción, especialmente mediante una mayor interacción de los vehículos con ciudades y entornos «inteligentes».

Dado que la tecnología está realizando grandes avances en esta área, la conducción autónoma es ya una realidad y no hay vuelta atrás. La introducción de un sistema de este tipo en Brasil estaría ligada a enormes dificultades, pero no es imposible, y es preciso afrontarla cuanto antes. Esto requiere cambios profundos, tanto en nuestro país como en el resto del mundo. Durante este proceso tendremos que superar algunos obstáculos, pues las deficiencias en la infraestructura de telecomunicación dificultan a los automóviles mantener una conexión permanente con internet durante la marcha. A esto se suma la necesidad de elaborar mapas de carreteras y de instalar las señales y los rótulos necesarios para que un vehículo autónomo pueda reconocer e interpretar calles, cruces y la presencia de otros automóviles.

Otro problema son los elevados costes de la tecnología. En los vehículos de alta tecnología, el paquete de equipamiento necesario puede costar de 65.000 a 140.000 dólares, lo que en definitiva encarece el precio del automóvil. Esto puede suponer una dificultad importante, sobre todo si los consumidores no están preparados y necesitan tiempo para acostumbrarse y optar conscientemente por la compra de estos equipos, y al mismo tiempo no tiene lugar el traspaso de la propiedad de los vehículos, de personas particulares a empresas de *car sharing*.

Por otro lado, al parecer, la legislación en Brasil no está todavía preparada para los automóviles autónomos; por ejemplo, cuando se trata de agarrar el volante. De acuerdo con el artículo 252 del Código de Circulación brasileño (CTB) se considera una infracción «manejar el vehículo con una sola mano, salvo cuando sea necesario para realizar las señales reglamentarias con el brazo, cambiar de marcha o activar componentes del equipamiento del vehículo y accesorios».

A esto se suma la falta de una base legal para la operación de las tecnologías existentes en dichos vehículos (radar, cámaras, sensores). En este contexto debe aludirse también a la inteligencia artificial y al complejo tema de la responsabilidad en caso de producirse un accidente.

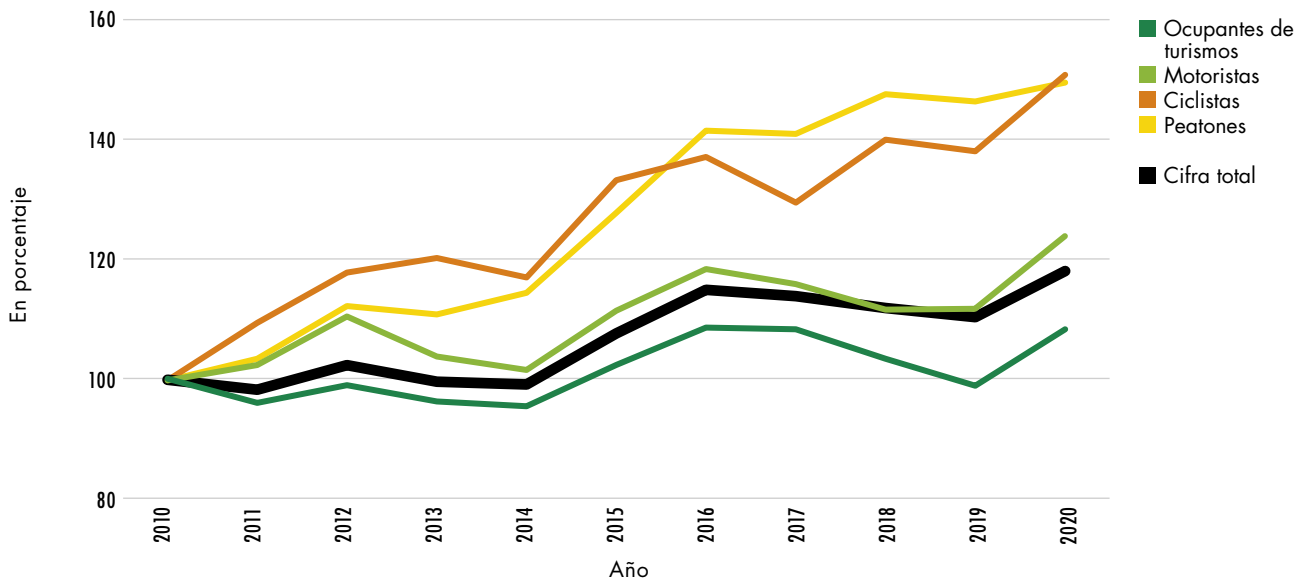
Los cambios no son siempre favorables, pero las inversiones están justificadas si los vehículos autónomos pueden ayudar a salvar vidas. Estoy convencido de que no se trata solamente de un problema técnico, sino más bien de una cuestión moral: si no hacemos lo posible por incorporar esta tecnología, mucho más segura, tendremos que hacer frente a la crítica de las futuras generaciones.

en Francia pudo constatar un enorme aumento del uso de la bicicleta durante los años de la pandemia.

En Alemania puede apreciarse una reducción del número de usuarios de la vía fallecidos en accidentes de tráfico aún más patente que en Francia y en el Reino Unido. Esta cifra disminuyó de 3.648 en el año 2010 a 2.562 en el año 2021, lo que supone un 70 % del valor inicial (**gráfico 5**). Un hecho llamativo es que en Alemania se produjo una disminución también en el año 2021, tanto en las cifras absolutas como en todos los tipos de participación en el tráfico considerados. Según información provisional del Instituto Nacional de Estadística alemán, en el año 2022 se dio un aumento muy patente, con un incremento de cerca del 9 %, hasta un total previsible de 2.782 fallecidos. El número de ciclistas que sufrieron accidentes mortales permaneció constante hasta 2017. En 2018 tuvo lugar un aumento en más del 16 %. Esta cifra puede explicarse, sobre todo, por la mayor difusión de las bicicletas eléctricas. Este elevado valor se mantuvo también durante el año 2019. Las reglas altamente restrictivas en relación con la pandemia de Covid favorecieron una reducción en los años 2020 y sobre todo 2021, en el que se alcanzó de nuevo un valor algo inferior (98 %) al nivel de partida de 2010. También aquí se constató un aumento importante en 2022, con 484 ciclistas fallecidos en accidentes de tráfico, una cifra claramente mayor a la de 2010. En comparación con el año 2021, el número de ciclistas fallecidos en Alemania aumentó en ese año en aproximadamente un 26 %. Si se



Evolución del número de fallecidos en accidentes de tráfico en EE. UU.



Fuente: IRTAD

consideran solamente los usuarios de bicicletas eléctricas, el incremento fue de incluso un 55 % (de 137 a 210).

Japón presenta una evolución impresionantemente positiva. Aquí puede observarse una disminución patente y constante del número de fallecidos en accidentes de tráfico para todos los tipos considerados de participación en el tráfico (**gráfico 6**). En comparación con el año 2010, las cifras disminuyeron hasta el año 2021 a un 55 % del valor de partida. De los datos no pueden derivarse influencias específicas en relación con la pandemia de Covid. Este éxito en Japón debe considerarse tanto más notable si se tiene en cuenta el envejecimiento de la sociedad, especialmente apreciable en este país. Hay muchos motivos que explican esta tendencia positiva. Algunos ejemplos son los programas específicos de seguridad vial, las existencias de vehículos adaptadas a la infraestructura existente en las grandes ciudades con una predominancia clara de los modelos pequeños, la limitación acusada de las posibilidades de aparcamiento público junto a la calzada, un

sistema fiable y extenso de medios de transporte público y una supervisión estricta del tráfico.

Las cifras de Estados Unidos revelan una realidad muy diferente. Entre 2010 y 2020 aumentó el número de usuarios de la vía fallecidos en accidentes de tráfico de 32.999 a 38.824 (**gráfico 7**). Esto corresponde a un aumento hasta el 118 % del valor de partida. Pueden constatarse incrementos en todos los tipos considerados de participación en el tráfico, aunque el aumento es desproporcionado en las cifras de peatones y ciclistas. Durante el periodo de tiempo contemplado, el incremento en estos grupos alcanza un 150 % del valor de partida, si bien tiene que mencionarse que ambos tipos de movilidad han ganado claramente popularidad en EE. UU. En el año 2019 se observaron disminuciones en todos los tipos considerados de participación en el tráfico, aunque solo fueron margina-

Es preciso concentrar en los peatones —y también en los ciclistas y las demás formas de micromovilidad— los esfuerzos por mejorar la seguridad vial.



Ventajas e inconvenientes de la conducción automatizada: ¿es siempre seguro conducir de manera confortable?

Dr. Hartmut Fischer

Médico especialista en medicina legal, Instituto Regional de Medicina Legal de Brandeburgo, Potsdam



Según una noticia publicada el 29.12.2022 en t-online.de, la policía descubrió a un «conductor durmiendo» al volante de un Tesla mientras circulaba por la autopista y fue difícil despertarle. De acuerdo con la información policial, el vehículo se desplazaba a una velocidad constante de 110 kilómetros por hora, manteniendo una distancia invariable con respecto al vehículo de patrulla que circulaba por delante. El hombre que ocupaba el asiento del conductor tenía los ojos cerrados y sus manos no se encontraban en el volante. Durante el control presentaba «síntomas de abstinencia típicos del consumo de drogas». Los agentes encontraron en el espacio reposapiés del vehículo un dispositivo conocido como «pesa para el volante». Este equipo se sujeta al volante para burlar una función de seguridad del vehículo, simulando que el conductor tiene las manos en el volante.

Con relación a los cinco niveles de la conducción automatizada —es decir, del nivel 0 (una persona asume completamente las funciones de conducción) hasta el nivel 5 (el vehículo se desplaza sin conductor, o bien de forma autónoma)—, el Tesla permite una conducción parcialmente automatizada de nivel 2; este nivel exige que el conductor supervise completamente el tráfico en su entorno. Los sistemas de asistencia a la conducción pueden asumir algunas funciones, como la maniobra automática de estacionamiento, el mantenimiento del vehículo en el carril, el control general del movimiento longitudinal, la aceleración y el frenado. Las informaciones aparecidas durante los últimos años en los medios acerca de incidentes con consecuencias letales para los implicados debido a que la persona que maneja el vehículo no asume sus obligaciones de supervisión subrayan la relevancia de la sobrestimación de las aptitudes del vehículo y la tentación de relajarse al volante.

Con independencia de las tendencias actuales de automatización, en otoño de 2010 tuvo lugar en una carretera secundaria una colisión frontal entre un turismo de tamaño mediano y un utilitario que circulaba en sentido contrario. La conductora del utilitario —de tan solo 1,50 metros de estatura y constitución adiposa—, implicada sin culpabilidad en el accidente, sufrió a consecuencia de las fuerzas resultantes de la colisión una rotura de las vértebras cervicales con desprendimiento del tronco encefálico, casi como una decapitación interna. Junto a otras lesiones de mediana gravedad pudieron determinarse huellas del cinturón de seguridad: por un lado, en oblicuo de arriba hacia abajo desde el lado izquierdo del cuello hasta el flanco derecho y, por otro, en dirección ascendente desde las dos crestas ilíacas casi hasta la altura del ombligo, en lugar de, como está previsto, a lo largo del abdomen. Es decir, la mujer se había deslizado por debajo del cinturón abdominal y había sufrido un desprendimiento del tronco encefálico —de forma innecesaria en este caso concreto— por acción de la sección torácica del cinturón de seguridad de tres puntos. Con otras palabras: no hizo uso correcto del cinturón de seguridad. Es de suponer que las demás lesiones hubieran permitido un tratamiento médico, y podría haberse evitado la muerte de la conductora.

El uso de prendas de ropa de cierto grosor o superpuestas, así como una postura tendida sobre el asiento en combinación con un respaldo reclinado —sea por comodidad, sea por el deseo de asumir una postura deportiva, o simplemente por desconocimiento— favorecen el efecto «submarino», es decir, el deslizamiento hacia delante por debajo del cinturón abdominal durante una colisión frontal. Quien haya tenido la oportunidad de observar a pilotos profesionales, sabrá que estos adoptan siempre una postura erguida sobre el asiento. Esta posición es imprescindible para poder garantizar la acción del cinturón durante una colisión y conservar el control permanente del volante. Los acompañantes no asumen tareas de conducción y quieren descansar durante los desplazamientos, algo que se extiende a todos los ocupantes del vehículo en los automóviles altamente o totalmente automatizados. Los fabricantes de vehículos están reaccionado ya con sistemas capaces de evitar, por ejemplo, el efecto «submarino», elevando los muslos a modo de cuña y actuando así como obstáculo para retener la cadera.

Pero ni siquiera las mejores soluciones técnicas sirven para algo si los usuarios se dejan llevar por la irracionalidad. Los comportamientos que pueden observarse actualmente en los acompañantes se extenderán a medida que aumenta el nivel de automatización a la persona que ocupa el asiento del conductor. Puede apreciarse con cierta frecuencia que, por motivos de comodidad, el acompañante no se limita a reclinar el respaldo del asiento, sino que coloca los pies sobre el salpicadero.

Conclusión: la tecnología puede asistirnos, pero no puede asumir la responsabilidad. Para poder conservar el control en todo momento es imprescindible saber siempre lo que está sucediendo. La persona responsable de conducir el vehículo no debe caer en la tentación de confiar plenamente en la tecnología, relajarse demasiado e incluso ingerir sustancias que pudieran reducir su capacidad sensorial, por leve que sea su influencia.

El grupo de edad de más de 65 años está especialmente en peligro en el tráfico rodado.



les. En relación con las cifras de Norteamérica debe tenerse también en cuenta que una gran parte de las existencias de vehículos corresponde al segmento de los llamados «Light Trucks», es decir, SUV grandes y camionetas descubiertas. Estos modelos no se especifican en el diagrama.

Los usuarios vulnerables de la vía pública sufren como hasta ahora el máximo riesgo de accidentes

Un hecho que se deriva de esta comparación es que, a pesar de que los vehículos presentan una tecnología comparable, existen diferencias patentes en cuanto a los accidentes. Los factores más relevantes que explican estas divergencias son las diferencias regionales en el reparto modal (desglose del volumen de tráfico entre las distintas formas de movilidad), las normas de tráfico, la presión legal en caso de transgresiones, la calidad de la formación de los conductores, el estado y el tipo de vehículos utilizados y la infraestructura, así como diferencias sociales. Es imprescindible contemplar la situación más allá de las fronteras y que exista la voluntad de llevar a cabo los cambios necesarios para realizar la «Vision Cero». También puede apreciarse con claridad que en todas partes es preciso centrar los esfuerzos en la protección de los ciclistas, los peatones y las diversas formas de micromovilidad, ya que estos tipos de movilidad adquirirán una importancia creciente en el futuro.

Como ya se expuso en el informe anterior de DEKRA sobre seguridad vial, o también en el PIN Flash Report 38 publicado en 2020 por el

Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte, es preciso dedicar especial atención al entorno urbano, así como a la población mayor de 65 años. Por ejemplo, un 70 % de todos los accidentes mortales con peatones tienen lugar en un contexto urbano. Casi la mitad de todos los fallecidos en accidentes de tráfico en la UE corresponden al grupo de edad de 65+, a pesar de que el porcentaje de estas personas con respecto a la población total suponía en 2021 «solo» un 21 %. En un 99 % de todos los accidentes de tráfico registrados en la UE en los que los peatones sufrieron lesiones mortales, la parte contraria eran vehículos a motor. En esta consideración no debe perderse de vista el hecho de que los accidentes en solitario en el tráfico peatonal –provocados generalmente por una infraestructura no exenta de obstáculos– no se consideran accidentes de tráfico. Así pues, de las estadísticas de accidentes de tráfico no se puede extraer, por falta de registro de datos, la necesidad urgente de una infraestructura para peatones que sea lo más accesible, segura e intuitiva posible y esté bien cuidada. Esta circunstancia es fatal en una sociedad que está envejeciendo.

El Reglamento de seguridad general prescribe la introducción obligatoria y en distintas fases de diferentes sistemas de asistencia a la conducción relevantes para la seguridad en los vehículos nuevos

También entre los ciclistas fallecidos en accidentes de tráfico en la UE, el grupo de edad de más de 65 años supone un 45 %, una cifra claramente mayor al porcentaje que representa este grupo con respecto a la población total. Algo más de la mitad de todos los ciclistas fallecidos sufrieron accidentes en un contexto urbano. Como ya se explicó en el informe de seguridad vial de 2020, el porcentaje de accidentes en solitario es muy alto entre los ciclistas fallecidos en Alemania; tanto en ciudad, con aproximadamente un 37 %, como fuera del contexto urbano, con algo más del 20 %. A nivel de la UE, el porcentaje total de fallecidos en accidentes en solitario es de un 16 %, si bien es de asumir que las cifras desconocidas debido a deficiencias en el sistema de registro es diferente en cada Estado miembro. En relación con los accidentes de ciclistas con implicación de dos usuarios de la vía en Alemania, la parte contraria más relevante son los turistas, con un porcentaje aproximado del 31 % en ciudad y del 50 % fuera de la ciudad, así como los camiones (aproximadamente el 18 % y el 13,5 % en el entorno urbano y fuera de la ciudad respectivamente). Si se contempla la totalidad de la UE, en algo más de la mitad de los accidentes la parte contraria son turistas (53 %); los camiones y las furgonetas suponen un 20 %.

Con independencia de la culpabilidad, esto demuestra que, junto a las medidas de optimización de la infraestructura, las medidas técnicas en los vehículos encierran también un potencial muy elevado de protección de los usuarios vulnerables de la vía. En concreto, el perfeccionamiento de los sensores para detección de peatones y ciclistas supone una buena oportunidad para reducir notablemente el número de accidentes entre vehículos a motor y usuarios desprotegidos de la vía. Los legisladores europeos abordaron justo este punto al decretar el Reglamento UE 2019/2144 del Parlamento Europeo y el Consejo del año 2019, conocido como Reglamento de seguridad general.

En los vehículos de nueva introducción en el mercado es obligatorio incorporar equipos como los sistemas inteligentes de regulación de la velocidad, asistentes de frenado de emergencia con reconocimiento de peatones y ciclistas, avisadores de marcha atrás o sistemas de asistencia de giro. Por otro lado, puede tardar mucho tiempo hasta que estos sistemas se difundan en las existencias de vehículos. Al mismo tiempo, las ciudades y los gobiernos regionales tienen la posibilidad de prohibir la entrada de vehículos que no estén equipados con determinados sistemas, por ejemplo, exigiendo que solo pue-

dan circular en determinadas zonas o en todo el entorno urbano camiones con asistente de giro.

La implementación de conceptos integrales es más urgente que nunca

Por otro lado, el progreso técnico y las posibilidades resultantes del mismo no pueden llevar a confiar exclusivamente en este avance. La experiencia recogida por DEKRA en la investigación de accidentes demuestra claramente que la mayoría de los accidentes entre usuarios vulnerables de la vía y el tráfico motorizado tienen lugar en cruces y pasos regulados. Aquí es preciso tomar medidas relacionadas con el diseño de la infraestructura, la supervisión y la educación vial de todos los usuarios de la vía pública. La tecnología de los vehículos por sí misma solo puede ayudar a evitar una parte de los accidentes. Las medidas tomadas en muchos países durante la pandemia de Covid y destinadas a convertir en carriles para bicicletas secciones de la calzada abiertas previamente al tráfico motorizado —por ejemplo, en forma de las llamadas ciclovías emergentes— es sin duda una medida muy positiva para las grandes ciudades. Mediante la separación espacial entre los usuarios protegidos y desprotegidos de la vía se crean entornos de seguridad.

Lamentablemente, en muchos lugares faltan conceptos integrales para este tipo de medidas. Con frecuencia, los carriles para bicicletas se crean en los tramos situados entre dos cruces, pero desaparecen de nuevo inmediatamente antes de los cruces críticos. Esto mismo puede decirse de la señalización de la infraestructura para bicicletas creada rápidamente, que desconcierta en muchos casos a todos los implicados, en lugar de guiarlos. A falta de posibilidades relevantes de comparabilidad entre los datos de accidentes de los años de la pandemia y los datos de los años anteriores, resulta difícil un análisis estadístico de esta información. No obstante, es de suponer que la seguridad aparentemente creada en algunos lugares favorece más bien los accidentes.

Resumen de los datos

- Una estimación errónea de las limitaciones del sistema, o la falta de fiabilidad de los sistemas de asistencia a la conducción han conducido ya a varios accidentes graves.
- El futuro tráfico mixto, con circulación en paralelo de vehículos altamente automatizados y vehículos de conducción convencional, conlleva nuevos peligros de accidentes.
- Los conductores de los vehículos convencionales tienen que acostumbrarse al comportamiento más bien defensivo de los vehículos altamente automatizados.
- El perfeccionamiento de los sensores para detección de peatones y ciclistas supone una buena oportunidad para reducir claramente el número de accidentes entre vehículos a motor y usuarios vulnerables de la vía pública.
- Los programas específicos de seguridad vial han propiciado en numerosos países, como Japón, una reducción constante del número de usuarios de la vía fallecidos a consecuencia de accidentes de tráfico.
- En EE. UU., en cambio, se observa una evolución claramente opuesta.

Ejemplos representativos de accidentes en detalle

Combinación de errores de conducción y deficiencias técnicas

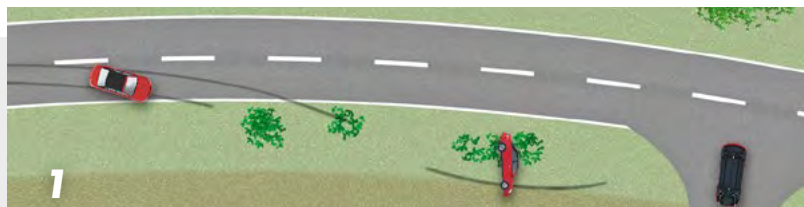
Un turismo derrapa en una curva

Circunstancias del accidente:

Un descapotable con tres personas a bordo que circulaba por una carretera en buen estado perdió la estabilidad al salir de una curva de radio amplio hacia la izquierda. El vehículo derrapó, se salió de la calzada hacia el lado derecho al comienzo de la siguiente curva hacia la derecha y se desvió hacia un terraplén. Como consecuencia, el turismo volcó y quedó finalmente apoyado sobre el techo. La ocupante del asiento del acompañante salió despedida del vehículo.

Implicados en el accidente:

Turismo



1 Esquema del curso del accidente y de la posición final

2 Aproximación al lugar del accidente, huellas de deriva

3 Posición final del turismo

4 Daños en el turismo

5 Amortiguadores inestancos del eje trasero

6 Cinturón de seguridad (utilizado) del conductor

Consecuencias del accidente/ lesiones:

Una ocupante salió despedida del vehículo y sufrió heridas mortales. El conductor y el niño sentado en el asiento trasero quedaron aprisionados y sufrieron lesiones graves.

Causa/problema:

Durante el peritaje técnico del vehículo se encontraron deficiencias considerables en los amortiguadores traseros (falta de estanqueidad) y en los neumáticos (presión de inflado baja, excesiva antigüedad). Si este vehículo recorre a una velocidad demasiado elevada la combinación de curvas descrita, basta con pequeños movimientos de la carrocería del automóvil o ligeras influencias de la superficie de la calzada para que disminuyan las fuerzas de apoyo sobre las ruedas y, por consiguiente, se reduzcan las fuerzas de guiado lateral que pueden transmitirse, lo que origina una situación inestable de conducción. El conductor reaccionó a esta inestabilidad con un movimiento excesivamente amplio del volante, de modo que el vehículo comenzó a derrapar.

Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

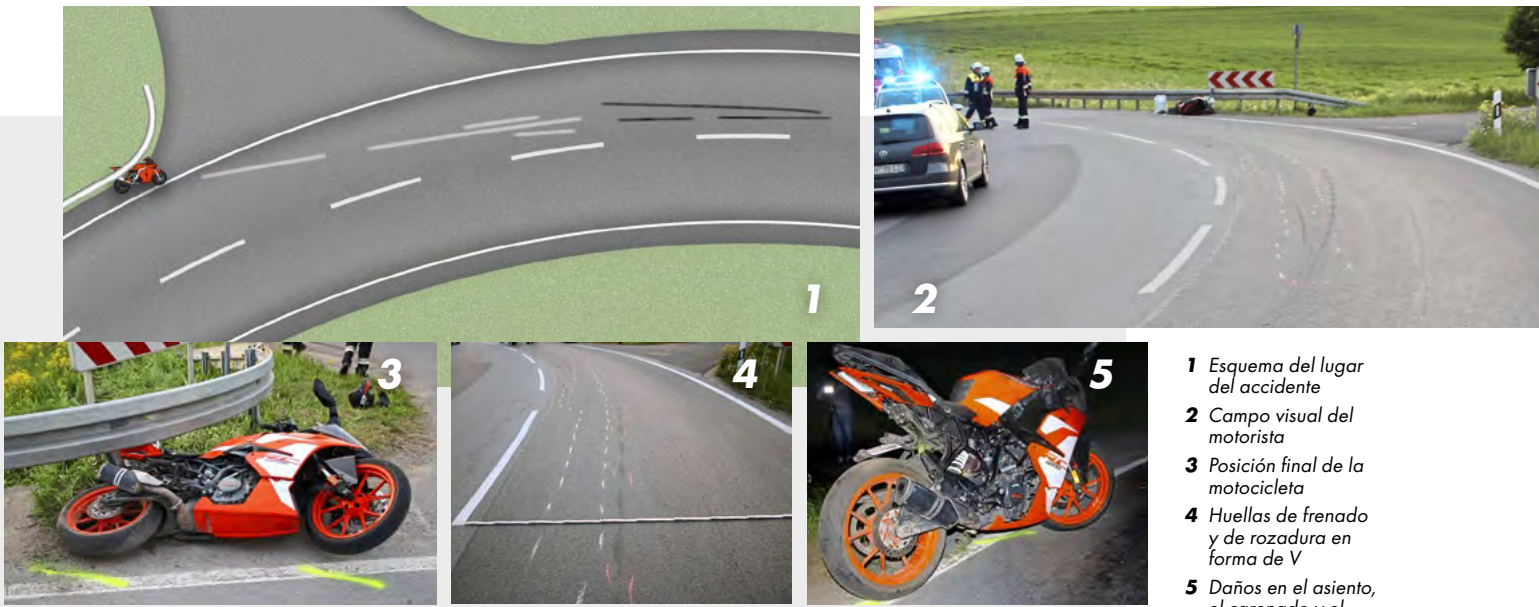
Si bien no se superó la velocidad máxima autorizada en la vía durante la maniobra contemplada, la velocidad elegida por el conductor era excesiva para el estado técnico del vehículo. El giro demasiado brusco del volante como reacción a la inestabilidad fue la causa de que el vehículo derrapara y se saliera de la calzada.

En una situación tan exigente en cuanto a la dinámica de marcha como la descrita, la inestabilidad podría haberse evitado con un vehículo en perfecto estado técnico. Una reacción adecuada del conductor, como la que puede aprenderse en un curso de conducción segura, habría reducido la probabilidad de un derrapaje del vehículo. Es probable que un sistema ESP, como el incorporado en los vehículos más modernos, habría podido evitar la inestabilidad inicial a pesar de las deficiencias técnicas.

Aún hoy en día, el cinturón de seguridad sigue siendo un equipo imprescindible, que puede salvar vidas. Si la ocupante del asiento del acompañante se hubiera colocado correctamente el cinturón de seguridad, habría permanecido dentro del vehículo y habría disminuido claramente el riesgo de sufrir lesiones mortales.

Falta de experiencia de conducción

Una motocicleta ligera se cae en una curva



- 1 Esquema del lugar del accidente
- 2 Campo visual del motorista
- 3 Posición final de la motocicleta
- 4 Huellas de frenado y de rozadura en forma de V
- 5 Daños en el asiento, el carenado y el tubo de escape

Circunstancias del accidente:

El joven conductor (17 años) de una motocicleta ligera circulaba a alta velocidad por una carretera nacional con calzada en buen estado en circunstancias meteorológicas favorables. Antes de entrar en una curva cerrada hacia la derecha, frenó fuertemente y perdió el control de su motocicleta. El vehículo se cayó al comienzo de la curva sobre el lado izquierdo y se deslizó junto con su ocupante en dirección tangencial hacia el lado exterior de la curva. Mientras la motocicleta fue retenida por el pretil lateral, el ocupante se deslizó por debajo de este y llegó a detenerse al chocar contra el poste de una señal de tráfico.

Implicados en el accidente:

Motocicleta ligera

Consecuencias del accidente/ lesiones:

El conductor sufrió lesiones graves.

Causa/problema:

La combinación de una velocidad excesiva para el curso de la calzada y para la propia pericia, unida a una reacción inadecuada debida a la falta de experiencia de conducción —frenar el vehículo en posición inclinada al comienzo de la curva— fue la causa de la caída. En el curso del accidente, el dispositivo instalado como protección repercutió negativamente en el joven motorista, ya que se deslizó por debajo de la barrera lateral y chocó contra el poste de una señal de tráfico situada detrás de la barrera, sufriendo lesiones graves.

Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

La sobrestimación de la propia pericia al volante es un problema conocido, que afecta sobre todo a conductores noveles jóvenes. Es posible sensibilizar a los jóvenes conductores mediante una instrucción precisa en la autoescuela o por medio de campañas específicas de información. Mediante cursos periódicos de conducción segura puede mejorarse el dominio del vehículo y de situaciones concretas en el tráfico. Si existe un ABS para curvas disponible para la motocicleta, no debería prescindirse por motivos económicos de esta tecnología de seguridad. En este caso, dicho equipo habría podido mitigar claramente la situación.

Desde el punto de vista de la infraestructura, un pretil lateral optimizado con protección antiempotramiento para choques con vehículos de dos ruedas habría podido impedir que el motorista se deslizara por debajo. El uso de paneles direccionales para curvas de plástico con postes de plástico habría reducido claramente la intensidad del choque contra el poste.

La manipulación influye en los sistemas de asistencia a la conducción

Un camión choca por alcance contra un turismo

Circunstancias del accidente:

Al acercarse al final de una retención, el conductor de un turismo frenó su vehículo. El conductor de un camión articulado que circulaba por detrás reconoció demasiado tarde el frenado. Pese a la intervención del asistente automático de frenado de emergencia y a la reacción del conductor del camión, en forma de frenado a fondo y maniobra evasiva, se produjo una colisión. Como consecuencia de esta, el turismo salió desprendido hacia la derecha, y el conductor sufrió lesiones mortales. El camión articulado se detuvo en el carril izquierdo.

Implicados en el accidente:

Camión articulado, turismo

Consecuencias del accidente/lesiones:

El conductor del turismo sufrió lesiones mortales.

Causa/problema:

Durante la redacción del atestado del accidente se pudo comprobar que el aparato de control CE del camión no estaba precintado. Durante las medidas siguientes de reconstrucción del accidente y el peritaje técnico de los vehículos pudo comprobarse que el camión articulado estaba manipulado, de manera que los sensores comunicaban una velocidad de circulación demasiado baja. De ese modo era posible conducir a una velocidad más elevada, mientras que se registraba y visualizaba una velocidad más baja. Dado que esta señal de velocidad reducida se transmitía también a los sistemas de asistencia a la conducción, disminuía claramente la efectividad de estos equipos.

El asistente de frenado de emergencia incorporado había reconocido la situación, emitiendo una advertencia para el conductor e iniciando un frenado a fondo automático. Como la velocidad inicial real era claramente mayor que la velocidad autorizada de 80 km/h, en la que se basa el sistema, la deceleración iniciada fue considerablemente menor que la necesaria, y no pudo evitarse por completo el accidente.

Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

El conductor del camión podría haber evitado el accidente si hubiese prestado la atención necesaria al tráfico y hubiese observado la velocidad máxima autorizada. En ese caso, habría podido reaccionar a tiempo a la retención, claramente visible, y evitar el accidente mediante un frenado normal, acompañado en su caso de una maniobra evasiva.

Por lo demás, también habría podido evitarse el accidente, o habrían podido mitigarse las consecuencias del siniestro, si el asistente de frenado de emergencia hubiera recibido las señales de velocidad correctas, necesarias para poder reaccionar adecuadamente. En los vehículos modernos, provistos de una tecnología compleja, una modificación aparentemente sencilla como esta puede tener consecuencias de mayor envergadura, con frecuencia peligrosas.



- 1 Esquema de la posición de la colisión
- 2 Lugar del accidente
- 3 Daños en el camión
- 4 Daños en el turismo
- 5 Huella de frenado del camión y marca de impacto

Una persona intenta cruzar la carretera en la oscuridad

Un turismo atropella a un peatón

Circunstancias del accidente:

El conductor de un turismo circulaba en la oscuridad por una curva suave a la izquierda de una carretera secundaria. Al acercarse a un cruce con paso de peatones, un joven ebrio se separó de su grupo e invadió el carril contrario con el semáforo en rojo. El joven reconoció el peligro del vehículo que se acercaba, y comenzó a correr. Al correr, el joven invadió el carril del turismo desde el lado izquierdo, visto en el sentido de la marcha, de modo que fue atropellado por el turismo sin frenar, sufriendo heridas mortales.

Implicados en el accidente:

Turismo, peatón

Consecuencias del accidente/lesiones:

El peatón sufrió lesiones mortales

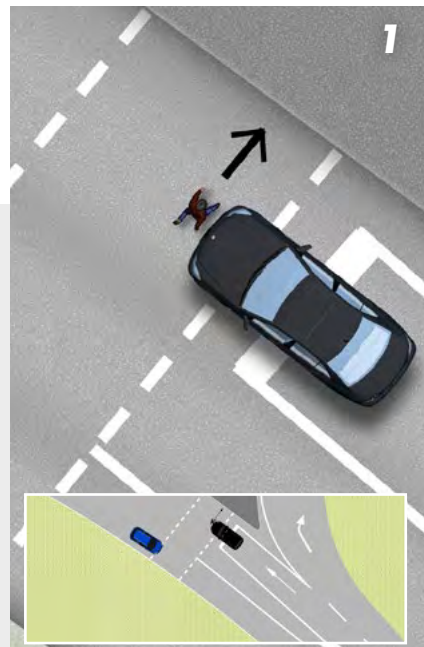
Causa/problema:

Debido a la ropa oscura y de bajo contraste que vestía el peatón y a la perceptibilidad limitada a causa de las luces de cruce de un vehículo que circulaba en sentido contrario, el conductor del turismo no pudo registrar la presencia del peatón hasta muy tarde. El trazado de la curva contribuyó igualmente a que el peatón se encontrara en el campo visual periférico del conductor al invadir la calzada.

Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

Se elaboró un dictamen pericial de un especialista en iluminación para describir la situación en el lugar de los hechos. Si se asume que el conductor precisa una percepción periférica de las dos piernas en movimiento del peatón para poder derivar una necesidad de reacción, puede constatar que, en este caso, el peatón no fue perceptible hasta que el accidente era ya inevitable por falta de espacio.

En Alemania, la mitad de los accidentes con peatones tienen lugar en la oscuridad o durante el crepúsculo. Para lograr que las cámaras y los sensores de los asistentes de frenado de emergencia y de visión nocturna puedan percibir la situación mejor que la vista humana en la oscuridad es preciso combinar de forma inteligente varios módulos: por ejemplo, sensores de radar/lidar con cámaras de infrarrojos. De ese modo pueden reconocerse a tiempo los peligros y es posible reaccionar con rapidez.



- 1 Esquema de la posición de la colisión
- 2 Campo visual del turismo
- 3 Daños y huellas del turismo
- 4 Posición de la necesidad de reacción (visión de la cámara de luminancia)
- 5 Posición de la necesidad de reacción (visión del ojo humano)



En este caso, el peatón habría podido evitar el accidente si no hubiera cruzado la calle con el semáforo en rojo, o si hubiera dejado pasar al turismo claramente visible.

Escenario frecuente de accidente

Colisión frontal de un autobús y un turismo

Circunstancias del accidente:

Un turismo y un autobús circulaban en la oscuridad en sentidos opuestos por una carretera nacional. Pese a la nevada, la carretera era segura, pues ya se había barrido la nieve y se había esparcido sal antihielo. Las marcas viales de la calzada podían apreciarse claramente. El conductor del turismo invadió sin motivo aparente el carril de la conductora del autobús. Esta reaccionó frenando su vehículo e iniciando una maniobra evasiva, pero no pudo impedir la colisión. Tuvo lugar una colisión frontal, en la que el turismo chocó con una cobertura del 90 % y el autobús con una cobertura aproximada del 50 %.



2



3



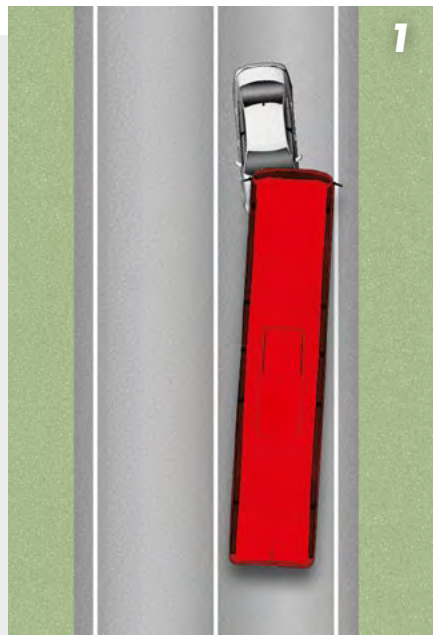
4



5



6



1

- 1 Esquema de la posición de la colisión
- 2 Lugar del accidente
- 3 Daños en el autobús
- 4 Puesto de conducción del autobús
- 5 Daños en el turismo
- 6 Lugar de colisión con marcas de impacto en el carril del autobús



Implicados en el accidente:

Turismo, autobús

Consecuencias del accidente/lesiones:

El conductor del turismo sufrió lesiones mortales, la conductora del autobús, lesiones graves.

Causa/problema:

Si bien la carretera se encontraba en condiciones invernales en esa mañana, la calzada estaba libre de hielo y nieve. Las condiciones de la vía no explican la invasión del carril contrario por parte del conductor del turismo. No se encontraron tampoco deficiencias técnicas en ninguno de los dos vehículos que hubieran podido originar o propiciar el accidente. No es posible determinar a posteriori si el conductor del vehículo siniestrado invadió la calzada contraria por distracción, por microsueño o por problemas de salud.

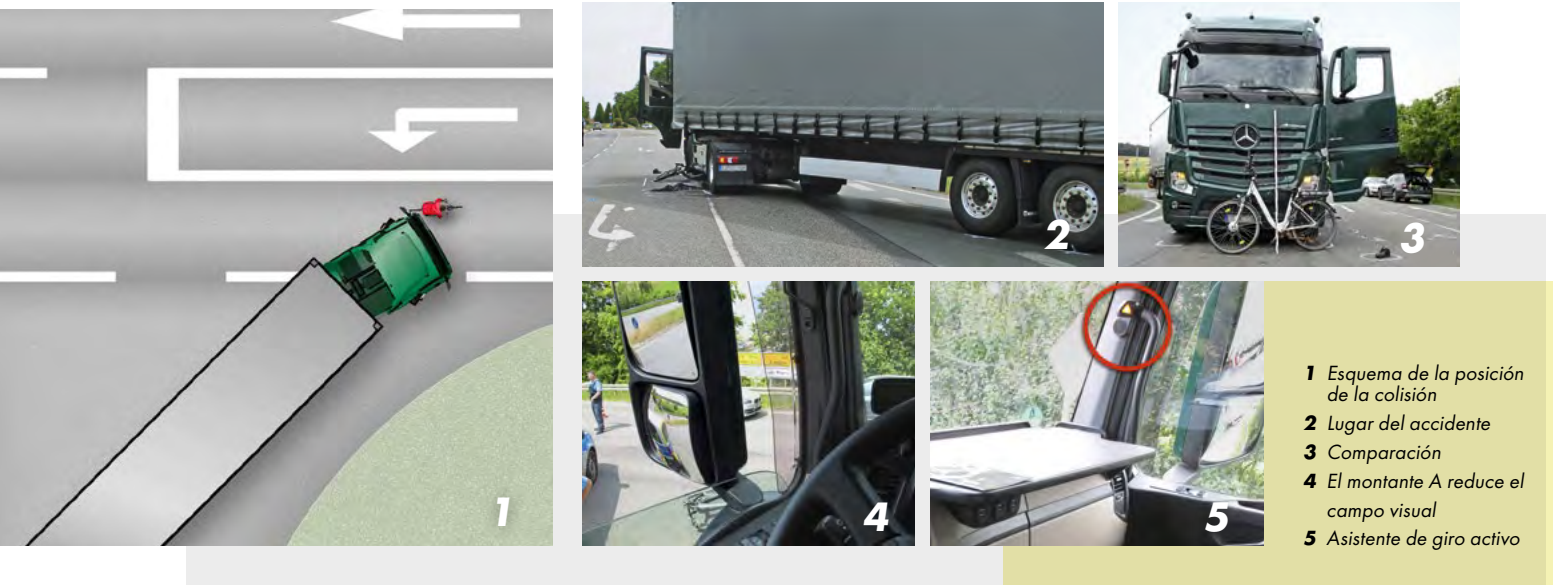
Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/ enfoque para medidas de seguridad vial:

En la mañana del siniestro, las marcas viales de la calzada (línea central continua, marcas en los arcones) eran claramente visibles. Un detector de cambio de carril habría podido reconocer claramente estas marcas. Este equipo habría podido advertir a tiempo al conductor, o habría podido evitar mediante una intervención en el volante o en los frenos que el conductor se saliera de su carril. En caso de microsueño, un asistente de atención habría podido advertir al conductor.

Es preciso seguir desarrollando la tecnología de reconocimiento de vehículos que circulan en sentido contrario para mejorar permanente de los sistemas automáticos de detección de cambio de carril y de frenado de emergencia, y debe impulsarse su incorporación en vehículos de todas las clases.

Es imprescindible evitar distracciones en el tráfico rodado debidas al uso de smartphones o sistemas de infoentretenimiento o bien a otras actividades no relacionadas con la conducción.

Falta de reconocimiento del tráfico que se acerca por la izquierda Un camión atropella a una bicicleta eléctrica



- 1 Esquema de la posición de la colisión
- 2 Lugar del accidente
- 3 Comparación
- 4 El montante A reduce el campo visual
- 5 Asistente de giro activo

Circunstancias del accidente:

Durante el día, un camión salió de la autopista y pretendía girar hacia la derecha para incorporarse a una carretera secundaria (había activado el intermitente). Por esta carretera con prioridad se acercaba desde el lado izquierdo una bicicleta eléctrica junto al borde derecho de la calzada. El conductor del camión redujo su velocidad y se incorporó a la carretera secundaria. Durante esta maniobra se produjo una colisión entre el conductor de la bicicleta eléctrica y la esquina delantera izquierda del camión. En el curso del accidente, el conductor de la bicicleta eléctrica fue atropellado por la rueda delantera izquierda de la cabeza tractora y falleció en el lugar del accidente.



Implicados en el accidente:

Camión, bicicleta eléctrica

Consecuencias del accidente/lesiones:

El conductor de la bicicleta eléctrica sufrió lesiones mortales.

Causa/problema:

El camión estaba equipado con un asistente de giro. Este equipo se activó al conectar el intermitente. No obstante, el sistema explora solamente el lado derecho del vehículo. Dado que el conductor de la bicicleta eléctrica se acercó desde el lado izquierdo, no se advirtió al conductor del camión.

Para el conductor del camión era difícil reconocer la bicicleta eléctrica en la fase de aproximación al cruce, ya que el ciclista estaba oculto la mayor parte del tiempo por el montante A de la cabina y los retrovisores.

Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

El accidente se podría haber evitado si el conductor del camión hubiese frenado completamente su vehículo y hubiese respetado la prefe-

rencia de paso de la bicicleta eléctrica. Las limitaciones del campo visual directo e indirecto de un camión siguen siendo la causa de que existan amplias zonas no visibles para los conductores de estos vehículos. Debido a la elevada velocidad a la que pueden circular las bicicletas eléctricas, unida a su silueta estrecha, existe un riesgo elevado de que los ciclistas se encuentren en el ángulo muerto del conductor. Los cruces optimizados para una incorporación rápida y fluida de los vehículos pueden aumentar adicionalmente el riesgo de accidentes.

La electrificación de las bicicletas y la difusión de las bicicletas eléctricas y las bicicletas rápidas hacen que sea frecuente encontrarse con estos vehículos en carreteras secundarias. Los conductores de los vehículos motorizados deben contar cada vez con más frecuencia con la circulación de ciclistas rápidos y adaptar correspondientemente su comportamiento al volante.

Es de desear un perfeccionamiento de los asistentes de giro existentes, de modo que puedan cubrir también situaciones como esta, o el uso en países con circulación por la izquierda.

Desde el punto de vista del ciclista, el accidente podría haberse evitado solamente si hubiera renunciado a su prioridad en el cruce. Los ciclistas tienen que ser conscientes de que, con frecuencia, los conductores de camiones tienen una mala visibilidad, y tienen que afrontar maniobras de giro de alta complejidad.

En el ángulo muerto

Un turismo colisiona con una motocicleta al cambiar de carril

Circunstancias del accidente:

Un camión, un turismo y una motocicleta circulaban (en este orden) por el carril izquierdo de un desvío de tráfico en una autopista. Tanto el motorista como el conductor del turismo decidieron adelantar al camión por la derecha. Durante el cambio de carril del turismo hacia la derecha se produjo una colisión con la motocicleta, que se encontraba en el carril de la derecha, junto al turismo. Ambos vehículos chocaron a una velocidad similar. El motorista se cayó, se deslizo sobre la calzada y se detuvo en el arcén, sufriendo lesiones graves.

Implicados en el accidente:

Turismo, motorista e, indirectamente, un camión

Consecuencias del accidente/ lesiones:

El motociclista sufrió lesiones graves, el conductor del turismo lesiones leves.

Causa/problema:

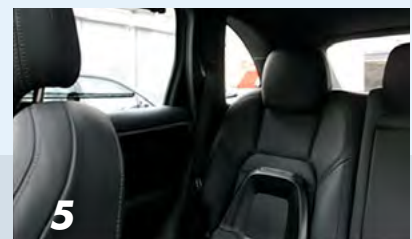
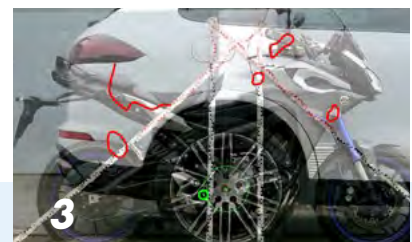
La causa de la colisión es que tanto el conductor del turismo como el de la motocicleta querían adelantar de forma ilícita por la derecha al camión que circulaba por el carril izquierdo.

A posteriori no puede reconstruirse si el conductor del turismo hubiera podido reconocer la presencia del motorista, incluso si hubiera controlado sistemáticamente los retrovisores y hubiese mirado por encima del hombro. En un turismo existen también ángulos muertos que el conductor no puede controlar directamente o con ayuda de los retrovisores. Si el motorista se encuentra en el lado derecho y ligeramente desfasado hacia atrás a una cierta distancia del turismo, el conductor de este no puede reconocer su presencia.

Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

Podría haberse evitado el accidente si tanto el conductor del turismo como el de la motocicleta hubieran respetado las reglas de tráfico y no hubieran intentado adelantar por la derecha. No se pudo determinar por qué el camión no se atuvo a la obligación de circular por el carril de la derecha.

También habría podido tal vez evitarse el accidente si los dos vehículos que iniciaron la maniobra de adelantamiento hubieran señalado a tiempo su intención de cambiar de



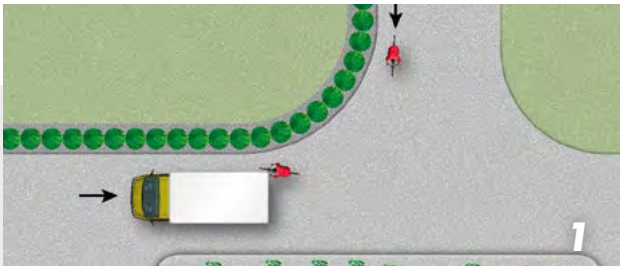
- 1 Esquema de la posición de la colisión
- 2 Lugar del accidente
- 3 Correspondencia de los daños
- 4 Posición del ángulo muerto
- 5 La motocicleta no es visible directamente (por encima del hombro)
- 6 La motocicleta no es visible indirectamente (retrovisor)



carril accionando el intermitente. Si el turismo hubiera contado con un asistente de ángulo muerto, este equipo habría advertido al conductor de la presencia de la motocicleta, y este habría podido interrumpir a tiempo la

maniobra de cambio de carril. Este asistente emite una advertencia óptica en el retrovisor exterior. Algunos sistemas emiten además una advertencia acústica en situaciones especialmente críticas.

Un asistente de marcha atrás con función de frenado de emergencia podría haber sido de ayuda Una bicicleta eléctrica choca contra una furgoneta que circulaba marcha atrás



1 Esquema del curso del accidente y posición de colisión 2 Lugar del accidente 3 Comparación
4 Visibilidad de la bicicleta eléctrica 5 Reproducción de la visibilidad de la cámara y del retrovisor derecho
6 Visibilidad supuesta un segundo antes de la colisión

Circunstancias del accidente:

Una furgoneta circulaba marcha atrás por una calle estrecha de una zona residencial. Al mismo tiempo, la conductora de una bicicleta eléctrica quería girar hacia la derecha a esta misma calle desde un cruce en T. Un seto y una valla limitan la visibilidad en la zona del cruce. Inmediatamente después de la maniobra de giro se produjo una colisión entre la conductora de la bicicleta eléctrica y la esquina trasera derecha de la furgoneta. La ciclista se cayó de la bicicleta y sufrió lesiones graves.

Implicados en el accidente:

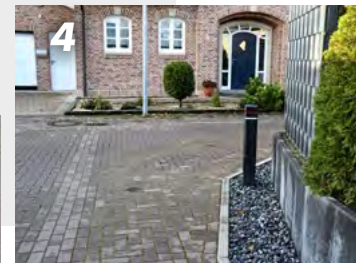
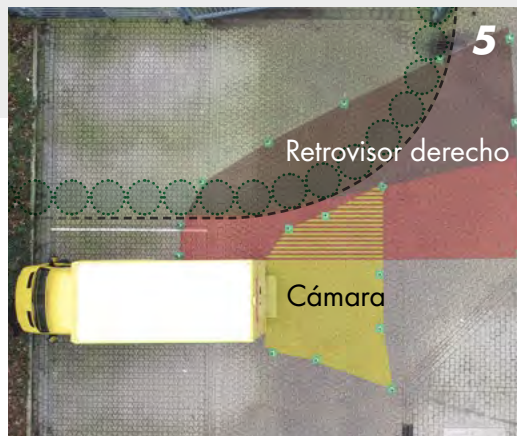
Furgoneta, bicicleta eléctrica

Consecuencias del accidente/lesiones:

La conductora de la bicicleta eléctrica sufrió lesiones graves.

Causa/problema:

Un seto y una valla redujeron claramente la visibilidad entre ambos usuarios de la vía. La conductora de la bicicleta eléctrica no pudo ver a la furgoneta hasta poco antes de la colisión, cuando ya había entrado en la curva. El conductor de la furgoneta, que conducía un vehículo equipado con una cámara de marcha atrás, solo pudo ver la bicicleta eléctrica brevemente en el retrovisor exterior derecho, y con la cámara de marcha atrás solo inmediatamente antes de la colisión.



Posibilidades de prevención, mitigación de las consecuencias del accidente/enfoque para medidas de seguridad vial:

La conductora de la bicicleta eléctrica habría podido evitar el accidente si hubiera contado con la posibilidad de que se acercara un vehículo más ancho proveniente de la calle con preferencia de paso, o si hubiera percibido el faro de marcha atrás conectado y hubiera frenado a tiempo.

Las bicicletas eléctricas no son fáciles de conducir a causa de su alta velocidad y de su gran capacidad de aceleración. Es urgente recomendar la participación en medidas de seguridad de conducción. La experiencia adquirida en estos cursos podría haber ayudado a la conductora de la bicicleta eléctrica a reaccionar de una manera diferente en esta situación y, en su caso, a mitigar las consecuencias del accidente.

El conductor de la furgoneta contaba con una cámara de marcha atrás, pero la bicicleta eléctrica no entró en el campo visual de este equipo hasta poco antes de la colisión. Sería recomendable que los vehículos de los servicios de paquetería y distribución utilizados principalmente en ciudades contaran con un asistente de marcha atrás que incluyera una función de frenado de emergencia. De ese modo, al menos podría haberse reducido la velocidad de colisión de la furgoneta. También podrían haber contribuido a evitar el accidente, o al menos a mitigar las secuelas de la colisión, un sistema mejorado de vídeo para marcha atrás o un dispositivo acústico de advertencia de marcha atrás.



¿Conductores distraídos o abrumados por sistemas demasiado complicados de manejar?

Con el fin de compensar hasta cierto punto las deficiencias y errores humanos, la industria del automóvil apuesta intensamente desde hace años por el uso de sistemas de asistencia a la conducción capaces de detectar de forma precoz situaciones viales críticas, advertir de peligros e intervenir de manera activa, en caso necesario. El hecho de que con ello se evitan accidentes o, al menos, se mitigan sus consecuencias es algo indiscutible. Sin embargo, no podemos perder de vista que un mayor grado de automatización aumenta a su vez la complejidad de los sistemas, dificultando probablemente el manejo de la tecnología por el ser humano.

La creciente automatización del tráfico rodado motorizado —gracias a la cual se espera, entre otros efectos, una disminución de los accidentes con lesiones personales y, con ello, de los fallecidos y heridos— es imparable. Para lograr una mejora sostenible de la seguridad vial, no obstante, será necesario optimizar en la misma medida tanto las fortalezas humanas como las tecnológicas. Mientras que la tecnología puede implementar con mucha fiabilidad y sin errores operaciones claramente definidas dentro de los límites del sistema, como contar, medir o ejecutar una conexión estímulo-respuesta —incluso de forma sostenida y sin que disminuya la calidad—, las fortalezas del ser humano residen en la intuición, la comprensión del tráfico a pesar de la complejidad y la rápida toma de conciencia de la situación. Por el contrario, hacer varias cosas a la vez no entra dentro de estas fortalezas, puesto que nuestra capacidad para procesar simultáneamente información procedente de diversos canales es limitada.

Así pues, se necesita una interfaz persona-máquina cooperativa, que adapte la tecnología a las habilidades de conducción condicionadas neurobiológicamente, compensando las limitaciones que el ser humano presenta en cuanto a perceptividad y capacidad funcional, con el fin de evitar errores de manejo. En los niveles de conducción asistida, la idea es que la tecnología ayude al conductor en su tarea, bien sea facilitándole información, advirtiéndole o interviniendo mediante una regulación mecánica, pero sin suponerle una sobrecarga o limitar su responsabilidad. Para ello, sin embargo, el conductor debe conocer el

Para una alta aceptación se requiere claridad en torno a la funcionalidad y los límites del sistema

Prof. Dr. Andreas Riener

Profesor de Human Machine Interface & Virtual Reality en la Universidad Politécnica de Ingolstadt (THI)



La tecnología de la conducción automatizada, así como autónoma y conectada, sin duda ofrece grandes posibilidades para aumentar la seguridad vial y el confort del conductor y los pasajeros. Entre el público general, no obstante, se está transmitiendo la idea de que gracias a la conducción automatizada podremos ir leyendo, dormidos o comiendo al volante, algo que lógicamente no se corresponde con la realidad.

Otro problema que surge en el debate público deriva de los distintos niveles de automatización. En este contexto cabe recordar que no es que el vehículo se corresponda con un determinado grado de automatización, sino que la automatización se define a nivel funcional. Por ejemplo, un vehículo automatizado puede estar equipado con un asistente de mantenimiento del carril (automatización de nivel 1), un piloto para atascos (automatización de nivel 3) y un piloto de aparcamiento con servicio aparcacoches para *parkings* (automatización de nivel 4). El gran número de funciones que intervienen en las respectivas situaciones y en los diversos niveles de automatización evidencia lo difícil que puede llegar a ser para el usuario final comprender la complejidad de los sistemas —y con ello, por una parte, adquirir confianza y, por otra, además, conocer los límites del sistema y los correspondientes ámbitos de competencia—.

En principio, los sistemas automatizados no deberían transmitir la idea de que pueden encargarse de todo, en particular, porque el conductor (al menos hasta la au-

tomatización de nivel 3) ha de estar listo en todo momento para retomar el control si el vehículo se lo solicita. Por ello, desde mi punto de vista, resulta crucial que adquiramos un conocimiento básico del dominio del diseño operativo, el cual juega un papel fundamental para la seguridad, y más en el caso de los vehículos altamente automatizados. Con ello nos referimos a las condiciones de funcionamiento en las que está diseñado específicamente un sistema para funcionar.

Considero que en este aspecto los fabricantes son los que tienen la principal obligación, ahora más que nunca, de informar detalladamente sobre qué puede y qué no puede hacer cada sistema, cómo actúa en cada circunstancia de conducción y por qué. Aclarar todos estos aspectos me parece vital, sobre todo, para lograr la mayor aceptación posible de los sistemas automatizados en la sociedad. De hecho, cuando un fabricante de vehículos de alta gama ofrece, por ejemplo, una función de asistencia, por lo general los consumidores

suelen confiar plenamente en su funcionalidad. Pero, si ocurre algo, dicha confianza tarda en recuperarse. Además, muchos sistemas están mal parametrizados y requieren de demasiadas validaciones por parte del conductor sobre lo que puede hacer y lo que no, con lo que este acabará por sentirse «tutelado» y, posiblemente, fuera de quicio.

Da igual lo automatizado que esté un vehículo: no podemos olvidar que hay una persona al volante que puede cometer errores y llegar a abrumarse con tanto sistema. Por ello, es necesario tener muy en cuenta la interacción persona-máquina. Al respecto podrían preverse formaciones periódicas en las que el conductor demuestre que sabe manejar el sistema, algo más que crucial en el caso de la solicitud de intervención que se da en el nivel 3. Y, por último, no podemos olvidar que el manejo de los sistemas automatizados ha de formar parte de la formación vial, especialmente en los niveles de automatización inferiores, donde la frecuencia de la cooperación conductor-vehículo es mayor.

funcionamiento y los límites de los sistemas de asistencia a la conducción (ADAS) y del nivel de automatización, además de comprometerse a respetar su uso previsto.

Si bien al principio se trasladarán a la máquina elementos sencillos de la tarea de conducción, cabe prever una involución de las habilidades y destrezas humanas necesarias para ello. Esta «pérdida de cualificación» ya la mencionó en su ensayo Lisanne Bainbridge hace 40 años como parte de las «Ironías de la automatización». El mensaje fundamental sería: a mayor automatización, menos capaz será el ser humano de controlarla. Como bien se dice, «la práctica hace al maestro». De ahí que, si disminuyen las oportunidades de practicar, conseguiremos justamente lo contrario: la pérdida de competencias por falta de entrenar nuestras habilidades y destrezas para la conducción (y es que «lo que no se usa se atrofia»). Esto, a su vez, dificulta que podamos afrontar una situación de peligro de manera rápida, fiable y apropiada.

Confianza excesiva en los sistemas

Otra consecuencia negativa podría ser un estado de estimulación insuficiente, que se traduciría en un menor nivel de activación y de alerta continua del conductor. Este «agotamiento por aburrimiento» se describe en la ley de Yerkes-Dodson: con un nivel de activación moderadamente elevado es cuando las personas realizan el menor número de errores y consiguen el máximo rendimiento. Si la activación es demasiado baja, existe el riesgo de que se pasen por alto señales importantes. Al mismo tiempo, esta activación insuficiente y la monotonía derivada incitan al conductor a querer acabar con este estado (percibido normalmente como negativo) y a decantarse por otro entorno que le resulte más estimulante. Esto puede derivar en distracciones conscientemente pro-

Es muy probable que percibir un riesgo como bajo nos lleve a conducir a mayor velocidad

vocadas como, por ejemplo, utilizar sistemas de comunicación e información o entretenerse con la tableta o el móvil. La lista de riesgos y efectos colaterales de la conducción altamente automatizada no acaba aquí.

A partir de la información ya almacenada, el cerebro humano genera estimaciones sobre los contratiempos que podrían derivarse de la automatización en un futuro. Si todo funciona según lo previsto, sin complicaciones y de manera efectiva, el modelo de previsión cognitivo prevé una «funcionalidad plena», con lo que el cerebro reduce el nivel de vigilancia. Esto genera una confianza excesiva en el sistema técnico, que a su vez conlleva que el conductor no preste la suficiente atención o se despreocupe del sistema (parcialmente) automatizado, delegando toda la responsabilidad en este. Al mismo tiempo, los sistemas de asistencia generan una falsa sensación de seguridad que puede hacer que el conductor se sienta totalmente protegido por el equipo electrónico, lo que quizás haga que conduzca de forma más arriesgada.

En su teoría de la homeostasis del riesgo, Gerald J. S. Wilde propuso en 1982 un enfoque teórico que explicaría este fenómeno y que auguraba la posibilidad de que no se lograran mejoras a largo plazo con el uso de los sistemas de asistencia a la conducción. Según esta teoría, los conductores perciben en cada momento un riesgo subjetivo y lo van comparando durante la marcha con el riesgo máximo que están dispuestos a asumir. Si estos valores difieren, los conductores adaptan su comportamiento al volante con el fin de solventar dicha discrepancia. Cuando el riesgo percibido es mayor que el riesgo aceptado (por ejemplo, por

que las condiciones de visibilidad son malas), pueden minimizarlo reduciendo la velocidad. Sin embargo, si el riesgo percibido es menor que el aceptado, esto puede derivar en comportamientos como aumentar la velocidad de conducción, lo cual conlleva objetivamente un mayor riesgo de accidente. Para simplificar podría decirse que, si la tecnología nos induce a creer que nos acompaña una especie de ángel de la guarda, esto afecta a cómo calibramos la disposición al riesgo, con lo que aumentaríamos nuestra disposición subjetiva a asumir riesgos.

Respetar el uso previsto es condición *sine qua non*

Otro problema sería que, si se dan demasiados errores en la automatización, la confianza en el respectivo ADAS disminuye. Por ejemplo, una función de advertencia con un ajuste demasiado sensible dará avisos al conductor o activará falsas alarmas con una frecuencia excesiva, algo que la mayoría de las veces acabará resultando molesto o interfiriendo en la conducción. En consecuencia, la aceptación o la predisposi-

Tanto en ciudad como en carretera, una velocidad excesiva o inadecuada es a menudo la causa de graves accidentes de tráfico.



La tecnología de asistencia a la conducción puede salvar miles de vidas

Mar Cogollos

Directora de AESLEME (Asociación para el Estudio de la Lesión Medular)



La tecnología ADAS aplicada al automóvil viene a suplir una serie de importantes carencias ya bien conocidas, que se resumen en el concepto de «error humano».

Es de sobra conocido que detrás de cerca del 90 % de los siniestros viales está el mencionado error humano: velocidad inadecuada, distracciones, somnolencia, distancia de seguridad insuficiente... Y que, a pesar de que es tan necesaria la educación vial, las campañas de concienciación continuas, así como el control policial y la sanción, vemos que llegar a reducir la siniestralidad —y sus nefastas consecuencias— a cero, que es la única cifra aceptable, resulta prácticamente imposible.

Esto es así porque, aun sabiendo todos lo que debemos hacer (o no hacer) al volante, al cruzar una calle o al movernos en patinete/bici, en muchas ocasiones, interpretamos la realidad, concluyendo con aquel «total, por una vez no pasa nada» o «yo controlo» o «me salto el Stop porque no parece venir nadie»...

Pero las máquinas —o la tecnología de asis-

tencia a la conducción, en este caso— no caen en esa interpretación o toma de decisiones individual, sino que se atienen a las normas o los parámetros indicados para su correcto funcionamiento. Esto se traduce en que, cuanto más autónomos sean los vehículos, menos espacio dejarán al mencionado error humano al volante y sus trágicas consecuencias.

Mientras llega la autonomía plena a las carreteras, los ADAS, ya sean solo con función de alertas visibles y/o sonoras o con niveles más avanzados en los que el vehículo toma el control —por ejemplo, para frenar en caso de choque o atropello inminente—, pueden salvar miles de vidas, como ya una serie de estudios publicados han concluido.

Y no solo se ha visto que cumplen su función de avisar al conductor para que reaccione ante una salida de carril repentina o ante un peatón que se cruza, sino que también reeducan al conductor. Por ejemplo, en flotas profesionales con ADAS y sistemas telemáticos pueden identificarse comportamientos de riesgo y, así, corregirse y derivar en conductas más seguras al volante. Y también pueden instalarse en postventa, lo que supone una buena solución, en un país como España, en el que un 44 % del parque móvil tiene más de 15 años.

En AESLEME consideramos, por tanto, que la tecnología ADAS ha llegado para complementar la, ahora y siempre, necesaria educación vial y ayudarnos a rozar o incluso alcanzar, en un futuro esperemos que no muy lejano, el objetivo cero víctimas.

ción a delegar la responsabilidad del control en el sistema disminuirán. Además de una actitud positiva hacia los ADAS, otros elementos clave para su aceptación serían la utilidad y la facilidad de uso percibidas. Que el entorno social tenga una opinión favorable sobre los ADAS o la compatibilidad y asequibilidad económica de los sistemas son otros de los factores que también aumentan esta aceptación. La utilidad percibida se define como el grado en el cual una persona cree que utilizando un sistema concreto mejorará su rendimiento al volante.

Más allá de la aceptación, existe un factor crítico: respetar el uso previsto de los sistemas y no sobrecargarlos. A tal fin, los usuarios de los sistemas (altamente) automatizados deben observar las prescripciones del fabricante para no crear nuevas situaciones de peligro. La cuestión que se plantea aquí es cómo proceder con aquellos conductores que ignoran o eluden dichas prescripciones de forma consciente.

El desarrollo progresivo de tecnologías de información, control y regulación abre múltiples posibilidades para la presentación responsiva y oportuna de la información, así como para la creación de conceptos de manejo fiables y de fácil comprensión. Además, el diseño del salpicadero puede orientarse a los distintos grupos de usuarios, según sus intereses y necesidades. Según apunta un documento de posición publicado en 2020 por la Sociedad Alemana de Psicología del Tráfico en torno al diseño ergonómico de los vehículos, una transferencia de datos óptima que favorezca el procesamiento de la información y contribuya a la orientación del conductor debería tener en cuenta los siguientes aspectos: la información presentada ha de ser oportuna, relevante, específica para cada situación, adecuada y fácilmente comprensible. Y también ha de ser aceptada por el conductor y motivarle a adoptar el comportamiento deseado.

Diseño efectivo de las interfaces persona-máquina

En los últimos años se han desarrollado diversos requisitos para el diseño de conceptos de manejo efectivos y transparentes (sobre todo, para los ADAS). Un sistema de asistencia óptimo debería, como ya hemos mencionado, cumplir los criterios de la aceptación

Las funciones del vehículo relevantes para la seguridad no tienen por qué utilizarse mediante pantallas táctiles.



y la facilidad de uso, que engloban características como la controlabilidad y la transparencia. Los sistemas de asistencia son controlables porque respaldan o asumen la ejecución de determinadas tareas (parciales), pero también pueden desactivarse. También deben garantizar que el control del vehículo se ceda y se asuma con tiempo suficiente y sin fallos ni errores en todas las circunstancias.

Los sistemas de asistencia transparentes facilitan que el conductor se haga una idea clara de la interacción persona-máquina o, lo que es lo mismo, que entienda la lógica del sistema. La simplicidad de un sistema y lo fácil que sea aprender a utilizarlo son otros dos factores relacionados con la facilidad de uso. Si el sistema puede utilizarse de forma intuitiva, la aceptación por parte de los usuarios aumentará. Sin embargo, aquellos sistemas complejos que cuesta aprender a usarlos suelen tener una menor aceptación y, en consecuencia, se utilizan menos o, en el peor de los casos, de forma incorrecta.

La interacción con el sistema de infotainment se ha convertido en la actividad secundaria más exigente para el conductor. Las interfaces con un diseño efectivo permiten a los conductores manejar correctamente el sistema distrayéndose lo mínimo, de modo que no se ve mermada la seguridad de conducción. Hoy en día, los sistemas de información que incorporan los vehículos gene-

ralmente se basan en pantallas y se operan tocando una serie de botones. Ya solo determinadas funciones se manejan a través de interruptores o teclas. Con la introducción de los nuevos sistemas de asistencia, el número de funciones a las que se enfrenta el usuario también va en aumento. En este sentido, se hace necesario desarrollar una navegación a través de menús lo más segura desde el punto de vista vial y efectiva posible.

Cada usuario tiene sus preferencias

Según diversos estudios en los que se analizaron varios diseños de menús web, el rendimiento de búsqueda en menús desplegados que se operan a través de un elemento de mando desplegable fue superior al de los menús de selección globales y locales. Su impacto en la búsqueda de información se midió mediante tareas de búsqueda y navegación en las que el usuario debía encontrar determinada información lo más rápidamente posible o bien seleccionar un producto adecuado en la oferta disponible. El tiempo necesario para una misma tarea de búsqueda con un menú de selección global o local fue mayor que con un menú desplegable.

El desarrollo de sistemas de asistencia suele enfocarse en el usuario medio. Sin embargo, los estudios demuestran que los usuarios tienen distintas preferencias. Por eso, diseñar sistemas flexibles y personalizables puede ofrecer numerosas ventajas. Aquí destacaría, por ejemplo, el regulador adaptativo de la velocidad, ya que con este sistema el usuario puede ajustar la distancia respecto al vehículo precedente según sus propias preferencias, que normalmente dependen de la situación actual, así como del estado de ánimo del usuario, y pueden cambiar con el tiempo y la experiencia. Por todo ello, en lo referente a los sistemas de información y advertencia, sería aconsejable concebirlos de tal manera que puedan ir adaptándose de forma flexible a las preferencias del usuario en cada momento.

El diseño moderno del salpicadero con pantallas táctiles

En el tráfico rodado, los salpicaderos tienen una función esencial, y ya no solo incorporan los tradicionales interruptores y botones, sino que cada vez se incluyen más pantallas. A menudo, en el tablero de instrumentos encontramos el cuentarrevoluciones, el velocímetro, el indicador de nivel de llenado de combustible y diversos testigos luminosos de control y de advertencia. Las últimas generaciones de salpicaderos siguen un concepto de manejo integrado e interactivo en el que botones, interruptores y tablero de instrumentos se combinan en una pantalla sensible al tacto (pantalla táctil o *touchscreen*). En la mayoría de los vehículos se trata de pantallas táctiles resistivas, compuestas por dos capas conductoras que se conectan entre sí al pulsar la pantalla.

El desarrollo permanente en este campo, sin embargo, apunta a que las pantallas táctiles resistivas pueden presentar una facilidad de uso limitada frente a tecnologías más novedosas, como las ondas ultrasónicas, la luz infrarroja o la medición de los cambios de capacidad. En este tipo de pantallas táctiles, la presión necesaria es menor, y además presentan una resolución mejor y permiten entradas multitáctiles.

Hoy en día también contamos con tecnologías de reconocimiento de gestos, consistentes en realizar una serie de gestos en el aire que los sensores y cámaras detectan para activar determinadas funciones. Estas innovadoras tecnologías de control reducen el número de entradas erróneas y el tiempo de introducción requerido, y a la vez mejoran la experiencia del usuario y pueden minimizar los riesgos para la seguridad vial debidos, por ejemplo, a distracciones. De momento, no existe ningún conjunto de gestos estandarizado. Los estudios, no obstante, apuntan a que los usuarios prefieren estos conceptos basados en gestos por ser más naturales e intuitivos y asemejarse más a la forma en que nos comunicamos las personas. También se cree que las indicaciones gestuales son más adecuadas para determinadas funciones de infoentretenimiento y no tanto para operaciones relacionadas con la tarea primaria de conducción, como puede ser activar el intermitente.

Combinar pantallas táctiles y teclas independientes parece lo más recomendable

El número de funciones que los conductores pueden manejar a través de pantallas táctiles ha ido en aumento a medida que la tecnología ha evolucionado. Además de las funciones clásicas, como manejar el sistema de navegación o acceder al contenido multimedia, algunos fabricantes ya incluyen también otros elementos de mando en sus pantallas táctiles, por ejemplo para activar el aire acondicionado o incluso el limpiaparabrisas. Desde el punto de vista de la facilidad de uso, los

conductores en general valoran positivamente las pantallas táctiles que ofrecen una confirmación háptica en forma de vibración perceptible en el dedo al realizar una entrada. Hoy en día, los elementos más utilizados en la tarea primaria de conducción, como los intermitentes, siguen manejándose mediante palancas, botones o teclas que se ubican en la zona del volante. Las conclusiones de un estudio llevado a cabo por ADAC refuerzan este concepto de diseño, según el cual las funciones más utilizadas y relevantes para la seguridad se accionan a través de elementos de mando independientes situados en una ubicación no demasiado baja.

Los mejor valorados en el estudio de ADAC fueron los modelos de vehículo con sistemas de manejo basados en controladores en forma de botón giratorio. Sin embargo, manejar elementos de control claves para la seguridad a través de sistemas de menús digitales e interruptores electrónicos (botones) situados en la pantalla táctil del sistema de infoentretenimiento gozó de menos aceptación. El estudio de ADAC concluye que lo recomendable es una combinación de pantallas táctiles y teclas independientes en el caso de las funciones más utilizadas y relevantes para la seguridad. La conclusión a la que llega DEKRA en su estudio con sujetos de prueba y que se aborda en el capítulo «Tecnología» va también en esa dirección.

Si hablamos del uso de sistemas de infoentretenimiento con funciones como la navegación, la comunicación o el acceso al contenido multimedia, las pantallas táctiles suponen la mejor alternativa a los controladores. Cuando el visualizador es suficientemente grande, la superficie táctil es amplia y la potencia de cálculo puede garantizar un manejo fluido, operar la pantalla táctil es más rápido, supone menos distracciones y redundante en una opinión positiva por parte de los usuarios. Además, las entradas a través de un controlador requieren más tiempo que a través de una pantalla táctil, lo cual aumenta el tiempo de distracción al volante.

Las funciones relevantes para la seguridad deben poder manejarse rápidamente

El riesgo de accidente que conlleva el *car sharing*

El diseño efectivo de las interfaces persona-máquina reviste cada vez más urgencia a medida que aumenta el número de personas que se alternan en el uso de vehículos con equipamientos tecnológicos y ergonómicos diferentes. Sobre todo si tenemos en cuenta el cambio climático y un desarrollo urbanístico sostenible, los nuevos conceptos de movilidad necesarios ofrecen no solo soluciones tecnológicas innovadoras, sino también nuevas formas de organizar la participación en el tráfico. Entre ellas se encuentra el *car sharing*, es decir, un servicio de vehículos multiusuario que se contraponen al uso particular de un automóvil en pro-

piedad. Esta modalidad —de forma similar al transporte público— puede reducir el volumen de tráfico, facilitar la conexión con otros medios de transporte (ampliando así las opciones modales) y disminuir la necesidad del espacio dedicado al estacionamiento y la circulación.

Al mismo tiempo, el *car sharing* implica abandonar ciertos esquemas de comportamiento al volante con marcados tintes simbólicos y emocionales que suelen asociarse a tener un coche propio y al derecho de propiedad privada sobre el automóvil. Esta nueva forma de comportamiento de los usuarios también puede conllevar riesgos para la seguridad, tal y como señalan diversos estudios. Por ejemplo, los datos derivados de un estudio llevado a cabo en Sídney (Australia) en 2014 con personas que utilizan el *car sharing* apuntan a que entre los usuarios que con mayor frecuencia se vieron implicados en accidentes destacaban aquellos que no tenían coche propio, llevaban menos tiempo en posesión del permiso de conducir, ya habían tenido algún otro accidente en los últimos diez años y cuya distancia recorrida en el año anterior a participar en el estudio

Las estadísticas viarias no mienten: nuestras carreteras siguen registrando demasiadas víctimas mortales

Konrad Romik

Director de la secretaría del Consejo Nacional de Seguridad Vial,
Ministerio de Infraestructuras de la República de Polonia



Si bien Polonia es uno de los nueve países que en 2021 registraron un descenso en la cifra de fallecidos en carretera y se cuenta entre los cinco países en los que el número de víctimas mortales disminuyó más que la media europea (-13 %) respecto a 2019, vamos muy a la zaga.

El National Road Safety Programme (NRSP) 2021-2030 ha fijado objetivos específicos y prioridades para las medidas destinadas a mejorar significativamente la seguridad en las carreteras polacas. Este programa nacional de seguridad vial establece dos prioridades clave que deben alcanzarse de aquí a 2030: una reducción del 50 % en las muertes en la carretera y una reducción del 50% en las personas gravemente heridas en accidentes de tráfico, ambos valores en comparación con los niveles de 2019. Además, estamos llevando a cabo los planes de ejecución aprobados para el NRSP 2021-2030 sistemáticamente, de forma que se mantienen las sinergias generadas a través de la transformación que está viviendo la tríada que conforman persona+infraestructura+vehículo y que tan relevante es para la seguridad.

El Consejo Nacional de Seguridad Vial y el Ministerio de Infraestructuras, por su parte, realizan acciones educativas e informativas de forma continua. También se han implementado una serie de cambios, entre otros, en las disposiciones legislativas existentes, con el fin de mejorar la seguridad en las carreteras del país.

El 1 de junio de 2021 entraron en vigor las disposiciones del Código de Circulación revisadas, según las cuales se unificó el límite de velocidad dentro de localidades independientemente de la hora del día, se aumentó el alcance de la protección de los peatones en el área de los pasos de cebra, se impuso la obligación de

guardar la mayor prudencia posible para con los peatones y se estipuló una distancia de seguridad entre los vehículos en autopista y autovía. Todos estos cambios legislativos se complementaron con una campaña educativa e informativa a nivel nacional para conductores y peatones.

Además, el 1 de enero de 2022 entraron en vigor una serie de disposiciones destinadas a mejorar la seguridad vial que reforzaron las sanciones en el caso de las infracciones de tráfico más graves, por ejemplo, se incrementaron las multas por exceso de velocidad y se endurecieron las multas por infracciones contra peatones y por conducir bajo los efectos del alcohol u otros estupefacientes. Como es natural, las novedades se dieron a conocer entre los ciudadanos a través de una campaña con la que se informó al público general de los cambios y las consecuencias en caso de incumplimiento.

Pero eso no es todo: el 17 de septiembre de 2022 comenzaron a aplicarse varias modificaciones más, entre ellas, algunas relativas al sistema de puntos, como la prolongación del período para la recuperación de puntos de uno a dos años, el incremento de la sanción única por las infracciones de tráfico más graves de 10 a 15 puntos o la introducción del concepto de «hecho reincidente» (si se repite la infracción en el plazo de dos años, se duplica la tasa que debe abonar el conductor).



Coches de car sharing y alquiler: antes de emprender la marcha es necesario familiarizarse con las funciones más importantes del vehículo y su manejo.

superaba la de años anteriores. Las probabilidades de que los conductores de vehículos de *car sharing* implicados en accidentes fueran los causantes de los siniestros aumentaban si en el último año no habían llegado a los 1.000 km al volante y, en general, no cogían mucho el coche. Además, un análisis publicado en Corea del Sur en el año 2019 reveló que el número de accidentes de tráfico en las ciudades analizadas había aumentado tras la llegada del *car sharing*, así como que esta oferta había tenido un impacto especial en la cifra de accidentes de conductores experimentados (con permiso de conducir con más de tres años de antigüedad).

A causa de los pocos estudios que se han llevado a cabo en Europa y, en concreto, en los países de habla alemana, un equipo de investigadores vieneses decidió abordar este tema analizando en detalle el *car sharing* en el contexto de la seguridad vial a través de un encuesta en línea en la que participaron tanto usuarios de *car sharing* (n=125) como no usuarios (n=194). Asimismo, se llevaron a cabo entrevistas cualitativas y debates moderados con los usuarios (n=6) y no usuarios (n=6) de *car sharing* con el fin de establecer ámbitos de actuación y propuestas de mejora encaminados a aumentar la seguridad vial en relación con esta modalidad.

Familiarizarse con el manejo del vehículo

Entre los resultados de la encuesta a los usuarios de *car sharing* cabe destacar que el 54 % dedica un tiempo a familiarizarse con el vehículo de *car sharing* y sus ajustes antes de emprender la marcha. En cambio, solo el 18 % lo hace con los sistemas de asistencia a la conducción. Algo más de la mitad de los encuestados (el 52 %) admitió

que antes de emprender la marcha solo dedica un máximo de dos minutos a los requisitos para la puesta en servicio del vehículo, entre los que se incluyen no solo activar las funciones básicas del vehículo al recogerlo, sino también familiarizarse con ellas. En dos minutos, abordar estos requisitos solo es posible de forma muy superficial y aleatoria. Asimismo, el 37 % de los encuestados señaló que no conocía o que apenas conocía los sistemas de asistencia del vehículo de *car sharing*. En este punto cabe recordar que los conceptos de manejo y la presencia de sistemas de asistencia en los distintos vehículos de *car sharing* es algo que puede variar enormemente. Uno de cada cuatro encuestados admitió haber vivido una o más situaciones de peligro con este tipo de vehículos. El 7 % incluso había sufrido al menos un accidente con un vehículo de *car sharing*.

Con vistas a mejorar la seguridad vial, tanto usuarios como no usuarios consideraron especialmente relevante familiarizarse con el manejo del vehículo. Entre los usuarios, el 33 % señaló que una modalidad de facturación distinta —que se aleje de las tarifas en función del tiempo— podría resultar más útil, y es que con estos modelos no es fácil estimar el precio final dada la imposibilidad de calcular cómo se desarrollará el trayecto, lo que en ocasiones se traduce en una conducción a mayor velocidad o menos segura. Y, como el tiempo comienza a contar desde que se desbloquea el vehículo, la gente emplea muy poco tiempo en familiarizarse con este antes de emprender la marcha. Teniendo esto en cuenta, los proveedores de *car sharing* podrían, por ejemplo, introducir algunos minutos de bonificación para que el usuario tuviera tiempo suficiente de conocer el equipamiento del vehículo (que, a menudo, le será desconocido) antes de ponerse a conducir. Además, en la plataforma del proveedor de *car sharing* también deberían incluirse indicaciones para el manejo del vehículo que se haya reservado.

La parte negativa de los sistemas de asistencia a la conducción

En términos generales, el concepto «ADAS» se refiere a los dispositivos electrónicos auxiliares que incorporan los vehículos a motor con la función de asistir al conductor en situaciones específicas. La tecnología actual abarca diversas soluciones individuales concebidas como apoyo a la tarea de conducción (información, advertencia, ayuda al manejo, ejecución del manejo, intervención automática en la conducción del

vehículo para evitar un peligro inminente), en algunos casos con control del movimiento longitudinal y lateral y/o de la navegación. Pueden limitarse a tareas de conducción específicas, como aparcar, o a factores situacionales, como la conducción nocturna. Estos prácticos ayudantes tecnológicos tienen por cometido evitar el riesgo de accidente, aumentar el confort de conducción y mejorar la rentabilidad.

Sin embargo, no es oro todo lo que reluce: los ADAS también tienen consecuencias negativas para la seguridad vial, como hacer que se tenga una sensación de seguridad excesiva y que se subestimen las distracciones que pueden ocasionar. Existen pruebas empíricas de ambos fenómenos basadas en estudios científicos. Por ejemplo, ya en el año 2010 se realizó un estudio para analizar si los conductores, tras utilizar un asistente de mantenimiento del carril durante un tiempo, desarrollaban una confianza excesiva en dicho sistema y, en consecuencia, se observaba una adaptación negativa de su comportamiento al volante.

Para ello, 30 conductores experimentados (>10.000 km recorridos en los últimos 12 meses, >30 años de edad) recorrieron un trayecto por vías alemanas (245 km en autopista y 105 km en carreteras interurbanas) en el tráfico rodado habitual. El vehículo que conducían estaba equipado con un sistema que asistía a los conductores en el guiado lateral del vehículo al detectar una desviación excesiva de la trayectoria del carril a través de movimientos

activos del volante. Estos movimientos de viraje eran claramente perceptibles por los conductores. Durante la marcha, el sistema se desconectó varias veces sin que los conductores lo supieran. Los resultados del estudio constataron que, con el sistema de asistencia de mantenimiento de carril activo, se mantuvo una distancia mayor desde el punto de vista estadístico respecto a los límites/las líneas centrales de la calzada que cuando se conducía sin que el sistema estuviera activado (aunque se presupusiera que sí lo estaba).

En otro estudio realizado el mismo año en Japón con un simulador de conducción se analizó si la eficacia de los ADAS disminuía a largo plazo a raíz de los procesos de adaptación del conductor. Para determinarlo, se comparó la forma de conducir con y sin sistema de visión nocturna. Los participantes (n=10) recorrieron con el simulador de conducción una pista de ensayo de dos carriles (de unos 12,2 km) varias veces y en distintas condiciones: con y sin Night Vision Enhancement System (NVES). Durante la serie de pruebas, los sujetos debían afrontar en varias ocasiones una situación incierta (un peatón aparecía de forma repentina e inesperada en la calzada).

Al observarse el momento en el que se pisaba el pedal de freno previamente a la maniobra evasiva ante la situación de peligro, se constató que se frenaba antes cuando se daba la condición experimental «Conducción con NVES activo» que cuando se conducía sin el sistema de advertencia. No obstante, la velocidad del vehículo (en general y justo antes de la situación crítica) era superior que al circular sin NVES. Teniendo en cuenta que a los participantes se les dijo que optarían por una velocidad que les pareciera segura, este incremento podría deberse a una respuesta adaptativa por parte del conductor.

Cambio en la percepción del riesgo

En un estudio llevado a cabo en Italia en 2015 se analizó el impacto en el comportamiento y la aceptación de un ADAS más complejo, el cual

Abrocharse el cinturón de seguridad sigue siendo la medida que más vidas salva.



Si conduce, no se distraiga

Rosário Abreu Lima

Directora de comunicación institucional
del Automóvel Club de Portugal



Bastan dos segundos para provocar un accidente. Según se estima, el 25 % de los accidentes de tráfico están causados por las distracciones y del 25 al 30 % del tiempo total de conducción se invierte en actividades lúdicas. Apartar la vista de la carretera dos segundos mientras se va al volante multiplica el riesgo de colisión por 20. Cualquier pequeño lapso de atención puede tener consecuencias dramáticas o incluso mortales: al conducir un coche o una moto, o al ir en bicicleta o a pie, lidiar con el tráfico circundante exige una atención continua.

Con la tecnología cada vez más presente en la vida de todos, especialmente entre los conductores, ya sea a través del móvil o de las pantallas digitales que incorporan los vehículos, están aumentando los momentos de distracción. Pero, aunque sea una de las causas de distracción principales, no solo nos distraemos con la tecnología: comer, beber, hablar con los pasajeros o buscar una emisora de radio son actividades tan peligrosas como hablar por teléfono o introducir un destino en el sistema de navegación o de entretenimiento.

Pero aún mucho más peligroso resulta leer o escribir mensajes, una actividad considerada como uno de los peores actos de distracción al volante. Para leer o escribir un mensaje se necesitan unos 5 segundos de media: el tiempo equivalente a atravesar un campo de fútbol de punta a punta a una velocidad de 90 km/h... con los ojos cerrados.

Según un estudio del Observatório ACP sobre los conductores portugueses (el mayor que se ha llevado a cabo en Portugal), utilizar el móvil durante la conducción es un factor de distracción preocupante: el 47 % de los encuestados admitió hablar por el móvil mientras conducen, ya sea a través del manos libres o incluso con el teléfono a la oreja. Además, el 70 % indicó que su vehículo no contaba con ningún sistema de mando fónico.

En el estudio del Observatório ACP, el tema del teléfono móvil fue uno de los que menos acuerdo suscitó entre los participantes al preguntarles por su opinión sobre legislar para prohibir su uso al volante: apenas el 61 % de los encuestados se declaró a favor de sancionar el uso del móvil, incluyendo con el sistema manos libres.

evalúa el tráfico circundante a través de sensores de a bordo y advierte al conductor cuando identifica un peligro, pero sin intervenir activamente. El ADAS dispone de diversas funciones y asiste en todo momento al conductor a través de distintos canales de la interfaz persona-máquina. Para ello, transmite tanto información visual a través de pantallas como señales acústicas. La tensión del cinturón de seguridad es otro canal mediante el cual el sistema avisa al conductor. Si el sistema identifica un peligro, advierte al conductor emitiendo un aviso de intensidad variable en función del nivel de riesgo. En el caso concreto del estudio: cuando se excedía el límite de velocidad, se avisaba al conductor mediante un símbolo que aparecía en la pantalla. Cuando el conductor iba a tomar una curva a demasiada velocidad, primero se visualizaba un símbolo de advertencia. A fin de reforzar el aviso, a continuación sonaba una alarma y se tensaba el cinturón de seguridad.

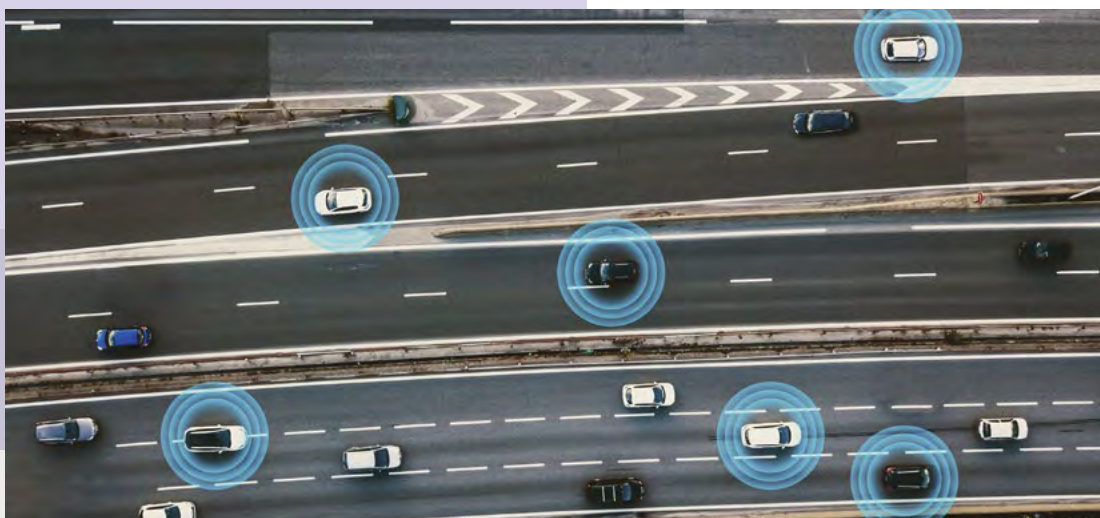
En el ensayo de campo participaron 24 personas que recorrieron un trayecto de pruebas de 53 km con tramos de autopista y carreteras interurbanas. Además de un impacto positivo a la hora de seleccionar el carril, cambiar de carril y respetar el límite de velocidad, también se observaron efectos no deseados: por ejemplo, a pesar de circular con el sistema activado, los sujetos giraban en cruces a una velocidad excesiva y, por tanto, inadecuada en esa situación, y además sin mantener la distancia lateral apropiada.

Por último, en el año 2021 se analizó en China la eficacia de los ADAS en relación con la mejora de la percepción del riesgo por parte del conductor en cuasi-accidentes con la ayuda de «Safety Margins» (SM) como indicadores. Estos márgenes de seguridad o «Safety Mar-

gins» hacen referencia a la distancia mínima —por ejemplo, con respecto a otros usuarios de la vía pública— que el conductor quiere mantener en todo momento. Al respetar esta distancia, el conductor se siente seguro y no percibe ningún riesgo. Sin embargo, cuando la distancia es menor que esta mínima, el conductor verá una situación de peligro, pudiendo proceder a una maniobra evasiva.

En el estudio, realizado a través de trayectos reales en la ciudad china de Wuhan, se comparó el nivel de riesgo de los conductores en situaciones de conducción críticas con el ADAS conectado frente al nivel de riesgo con el sistema apagado. Para ello, los participantes condujeron por la pista de pruebas una primera vez con el ADAS y tres meses después con el sistema desactivado. El sistema de asistencia empleado incluía un avisador de cambio de carril, un avisador de colisión frontal, así como un sistema de control y advertencia de distancia. Los conductores con una experiencia al volante de más de 40.000 km se clasificaron como conductores experimentados (n=22) y aquellos con menos kilómetros recorridos, como conductores sin experiencia (n=22).

El tráfico rodado de los próximos años se caracterizará por la coexistencia de vehículos convencionales y vehículos de conducción automatizada.



Para el análisis, se extrajeron durante los desplazamientos 424 cuasi-accidentes, que se dividieron en tres grupos: de riesgo bajo (n=236), medio (n=154) y alto (n=34). Después se analizaron los indicadores de desaceleración máxima durante el proceso de frenado y el porcentaje de reducción de la energía cinética del vehículo. A mayor nivel de riesgo, el ADAS tenía un impacto significativo únicamente en los conductores sin experiencia, pero no así en los experimentados. Conforme aumentaba el riesgo, el incremento de la seguridad era mucho mayor en el caso de los conductores sin experiencia, mientras que en los conductores experimentados incluso llegaba a disminuir ligeramente, lo que viene a indicar que el ADAS limitaba el rendimiento de los conductores con más práctica en situaciones de alto riesgo.

Estos resultados discrepantes apuntan tanto a un incremento de la seguridad como a la consecuente merma, algo que pueden explicar nuestros esquemas mentales de valoración: por una parte, tenemos el concepto de «confianza en la automatización» y, por otro, la teoría que ya hemos mencionado de la «homeostasis del riesgo». Se genera una confianza excesiva en el sistema técnico, que conlleva un enfoque deficiente o negligente respecto del propio deber de diligencia como conductor. Así, pensando que «el sistema ya lo arreglará», se delega la responsabilidad en el ADAS como si fuera una suerte de «herramienta mágica que todo lo soluciona» si es que nos topamos con un peligro real o potencial.

Distracciones derivadas de los sistemas de asistencia a la conducción

La problemática que presentan las distracciones al volante en el contexto de la seguridad vial es de sobra conocida. Así lo demuestra un estudio de las tendencias de accidentes de tráfico entre los conductores jóvenes estadounidenses: en el 59 % de los accidentes observados, los jóvenes estaban realizando otra actividad segundos antes de que se produjera el accidente, siendo las conductas más comunes la interacción con acompañantes (14,6 %), el uso de un teléfono móvil (11,9 %) y el manejo de componentes del salpicadero en el interior del vehículo (10,7 %). En este contexto, también resulta muy interesante el estudio publicado este año por el Centro de Tecnología de Allianz sobre las distracciones y la tecnología moderna. Una de las conclusiones más destacadas es que el riesgo de accidente aumenta cerca del 50 % en el caso de muchas distracciones derivadas del uso de tecnología, por ejemplo, al escribir mensajes con el móvil en la mano (61 %) o a través de equipos integrados/montados en el vehículo (54 %), al utilizar la navegación (46 %) o al realizar otras tareas con el sistema de asistencia activado (56 %).

En 2021 se llevó a cabo un amplio análisis sistemático de 29 publicaciones que destacó especialmente la relevancia de las distracciones derivadas de los ADAS, puesto que el conductor se vuelve más pasivo y adquiere una función más «de supervisión» cuando se transfieren tareas al sistema del vehículo. Esta estimulación insuficiente lleva a la monotonía y al aburrimiento y, además, hace que disminuya el nivel de activación. Para compensar esta sensación, se tienden a realizar actividades que distraen de la conducción.

Los resultados globales demostraron que, al conducir con ADAS, los conductores aumentaban el tiempo que dedicaban a actividades secundarias. Esto podría deberse a que la exigencia que sienten subjetivamente es menor como consecuencia de la ayuda que supone el sistema de asistencia. Asimismo, los resultados confirman que, con el uso de ADAS, los conductores se fijan más en el entorno del vehículo

y, por consiguiente, tienen una peor conciencia situacional.

Por otra parte, los sistemas de asistencia pueden suponer una fuente de distracciones o interferencias por sí mismos. Un equipo de investigadores de la Universidad de Padua (Italia) abordó este fenómeno en 2014. En concreto, analizó las repercusiones que podían tener las señales acústicas en los conductores. Son muchos los ADAS que emiten estas señales cuando determinados parámetros, como la velocidad, superan los umbrales establecidos. A través de un experimento con un simulador de conducción examinaron si este tipo de señales influía en el mantenimiento del carril y la velocidad.

Para ello, los participantes (n=26) debían circular por una recta y, al acercarse a un tramo peligroso, se emitía una señal acústica continua durante 4,55 segundos. Los resultados indican que este tipo de señales acústicas abruptas pueden perturbar o asustar al conductor, desatando una respuesta motriz descontrolada e involuntaria. En concreto, se observó que los conductores levantaban el pie del acelerador, lo que conllevaba una disminución significativa de la velocidad. Además, se constató un leve movimiento de giro del volante (una «sacudida») —como señal de sorpresa—, con el consiguiente desvío momentáneo de la trayectoria correcta.

Estas fluctuaciones a la hora de mantener la trayectoria y la velocidad probablemente

se deban a reflejos motrices, ya que se producen en un intervalo de tiempo muy breve (150 milisegundos tras emitirse la señal acústica). Esta latencia tan corta excluye la posibilidad de que en estas respuestas motrices intervengan capacidades cognitivas superiores. El equipo de investigación destaca la peligrosidad que conllevan estas reacciones y señala que, en estas situaciones, incluso el cambio más mínimo en el comportamiento del conductor puede llegar a ser decisivo en el resultado de la maniobra.

Coexistencia de los vehículos convencionales con los de conducción automatizada

En lo que atañe a los aspectos críticos para la seguridad, todos los niveles de automatización (incluida la conducción completamente automatizada) dependen de factores situacionales, entre ellos: el funcionamiento simultáneo con vehículos pertenecientes a otros niveles de automatización, su interacción directa, el comportamiento de los demás usuarios de la carretera y fallos o incluso averías del sistema.

Independientemente de la rapidez con la que los niveles de automatización se abran paso entre la comunidad vial, es de suponer que en las próximas décadas los vehículos convencionales coexistirán con los de conducción automatizada. Un estudio encargado a Prognos por ADAC en el año 2018 pronostica que en Alemania no se registrarán cifras reseñables de matriculación de vehículos nuevos capaces de conducir de puerta a puerta («door-to-door», nivel 5) hasta 2040. Para 2050, el informe prevé que en Alemania circularán entre 0,5 y 2,1 millones de vehículos de este tipo. A día de hoy, sigue siendo difícil determinar el uso efectivo que se hará de los vehículos automatizados de los niveles 3 a 5. A este respecto cabe recordar que los usuarios, a la hora de elegir entre distintos medios de transporte, suelen verse muy influenciados por tres factores: lo que hayan experimentado en el pasado con el medio de transporte dominante, la experiencia así acumulada y la formación de hábitos.

El objetivo primario de ir de un punto a otro se amplía con lo que se conoce como motivos secundarios para conducir, los cuales tienen tintes emocionales. Conducir uno mismo (en tanto que es algo que realizamos de forma activa) supone una recompensa a nivel interno por las emociones que sentimos al realizar esta actividad, como son la alegría o el placer al volante —muy notable, por ejemplo, en el caso de los amantes de los coches clásicos—. Además, se suele asociar a conceptos como la salud y la vitalidad, la independencia y la participación en la vida social. Esta función creadora de identidad pudo demostrarse en un estudio llevado a cabo en 2010. En él se observó que el malestar experimentado por las personas a las que se les había retirado el permiso de conducir era incluso mayor que en una separación (por ejemplo, tras un divorcio) o en caso de desempleo.

Todo ello podría reducir considerablemente la euforia con respecto a los vehículos autónomos, una paradoja que podría repercutir aún más en la contención del consumo. Previsiblemente, los vehículos costarán entre 100.000 y 200.000 €, más los gastos asociados al funcionamiento y al cumplimiento de todos los requisitos legales. Como consecuencia, los principales compradores en el ámbito privado serían los titulares con más tiempo en posesión del permiso de conducir y con medios económicos suficientes como para permitírselos. Pero precisamente en este grupo consumidor la aceptación de este tipo de vehículos es muy reducida.

La desconexión del modo automático puede ocurrir por motivos muy diferentes

Perturbación de la «armonía del flujo del tráfico»

Los estudios sobre la intención de uso y la valoración subjetiva de los sistemas de conducción altamente y totalmente automatizados indican que se da una actitud más positiva y abierta respecto a estos vehículos entre los conductores de menor edad y del sexo masculino, así como entre las personas con una mayor necesidad de «búsqueda de sensaciones límite», es decir, de emociones, diversión y aventuras. Sin embargo, los conductores jóvenes, curiosos y familiarizados con la tecnología —que se muestran mucho más receptivos a esta oferta de productos— posiblemente no dispongan de la solvencia económica necesaria y, en ocasiones, podrían verse privados del placer de conducir o de otros motivos secundarios como consecuencia de esta «frustración programada de la motivación». Por esta razón, cabe prever un escenario en el que durante años convivan las distintas opciones, mientras que pensar en un uso frecuente de los vehículos altamente y totalmente automatizados seguirá siendo más bien una utopía por unas décadas más.

Los expertos consideran que este escenario mixto supondrá una perturbación para la «armonía del flujo del tráfico», pues los perfiles de velocidad y distancia estarán menos equilibrados que en la actualidad. Los vehículos totalmente automatizados, en comparación con los que se conducen manualmente, circularán a una velocidad mucho menor y dejando una distancia mayor respecto al vehículo precedente, puesto que deben respetar todas las normativas vigentes. Esta obligación, por su parte, abre todo un abanico de comportamientos posibles para los conductores de vehículos convencionales, que pueden optar, por ejemplo, por adelantar o posicionarse entre dos vehículos.

El uso compartido de los carriles durante este escenario de coexistencia podría suponer una fuente de fricción adicional, ya que las personas al volante de vehículos convencionales no se atienen tanto a las normas como cabría esperar. El exceso de velocidad, las violaciones de las normas de prioridad, no respetar la distancia mínima necesaria y un comportamiento inadecuado al volante son algunas

de las infracciones más habituales en las carreteras y podrían ocasionar intervenciones frecuentes (y, posiblemente, molestas) de los sistemas de conducción automatizada. Esto, como mínimo, disminuiría el confort subjetivo de conducción y, dado el caso, podría dar lugar a conflictos viales con posibilidad de daños (si tenemos en cuenta los límites de los sistemas informáticos, así como el riesgo de errores de los sistemas automáticos de vigilancia y de control).

Por supuesto, también cabrían escenarios donde únicamente circulen vehículos autónomos. Por ejemplo, cuando en Dubái o China se cree la siguiente ciudad de la nada es concebible que en su planificación ya no se incluyan los vehículos particulares de conducción manual. Asimismo, en las grandes urbes también podrían definirse áreas para el uso exclusivo de vehículos autónomos.

Retomar el control manual desde la conducción altamente automatizada

Una de las principales preocupaciones respecto a la conducción en los niveles 3 y 4 son aquellas situaciones del tráfico que llevan al sistema al límite haciendo que el conductor deba asumir el control manual. Esta desconexión del modo automático se conoce como «disengagement» y, sobre todo en California, está siendo sometida a un proceso sistemático de seguimiento y análisis. Existen dos tipos de desconexiones: las iniciadas por el sistema («automáticas/autónomas») y las iniciadas por el conductor («manuales»). A instancia del Departamento de Vehículos de Motor de California, todos los fabricantes de automóviles están obligados a presentar informes anuales con datos sobre las desconexiones que hayan tenido lugar.

Del análisis de los informes presentados entre 2014 y 2019 se desprende que las desconexiones iniciadas por el sistema en la red de carreteras californianas disminuían cuanto mayor era el tiempo o la experiencia (medidos en kilómetros) en modo totalmente automatizado, un hecho que los investigadores atribuyen a una mejor adaptación del sistema incluso en situaciones viales complejas. Al mismo tiempo, también se observó un ligero aumento de las desconexiones manuales, lo cual sugeriría un estancamiento o un retroceso de la confianza en la tecnología, aunque también podría deberse a que los conductores con más experiencia en el manejo



Si nos distraemos demasiado con actividades secundarias, en el modo de conducción altamente y completamente automatizada existe el riesgo de que no consigamos retomar el control en caso necesario.

Necesitamos sistemas de asistencia a la conducción más presentes y eficaces

Prof. Dr. Fernando Santos Osorio

Universidad de São Paulo (USP)/Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), miembro del Centro de Robótica de la USP (CRob São Carlos) y del Centro de Inteligencia Artificial de la USP (C4AI) y coordinador local del proyecto Rota2030-SegurAuto



En la última década, la cifra de fallecidos en las carreteras brasileñas ha ido oscilando: tras aumentar de más de 38.000 en el año 2009 a casi 46.000 en el año 2014, entre 2015 y 2019 se registró un descenso al pasar de 39.500 a 31.300 fallecidos en accidentes de tráfico. Un primer paso esencial a la hora de gestionar las políticas públicas en materia de seguridad vial —incluida la introducción de sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS)— con vistas a reducir el número de fallecidos en carretera consiste en recopilar y proporcionar datos fidedignos y accesibles sobre las cifras de accidentes y víctimas mortales, así como sobre sus causas.

La toma de decisiones ha de basarse siempre en datos (de calidad) que nos permitan decidir incluso qué sistemas de asistencia a la conducción es necesario priorizar a la hora de implementarlos en los vehículos (por ejemplo, elementos obligatorios/accesorios). Sería el caso de componentes como el sistema antibloqueo de frenos, los airbags, el tempomat con regulación de distancia, la detección de peatones y obstáculos, el sistema de frenado de emergencia, el sistema de advertencia de cambio de carril, el asistente de mantenimiento del carril, la detección de señales de tráfico, el asistente de ángulo muerto, etc., sin olvidarnos de los sistemas V2V y V2X para la comunicación entre vehículos, también de gran relevancia.

Por otra parte, también existe un consenso respecto a que hoy en día los accidentes se deben en su mayoría a «factores humanos», puesto que el tráfico en las ciudades y carreteras principales sigue estando controlado prácticamente en su totalidad por las personas. Incluso en aquellas situaciones en las que se dispone de sistemas inteligentes avanzados, tecnologías de automatización de vehículos y sistemas de asistencia a la conducción, el tráfico exige la coexistencia del ser humano y los sistemas. Y es que el «factor humano», con las limitaciones y problemas que conllevan los distintos comportamientos derivados de esta coexistencia —y teniendo en cuenta que la conducta humana suele estar marcada por la indisciplina, el caos, la falta de responsabilidad y la imprevisibilidad— es el que provoca muchos de los accidentes que lamentamos a diario.

Para lograr una seguridad en carretera cercana al 100 % no basta con que por una vía circule un vehículo autónomo estupendísimo, sino que sería necesario que todos los vehículos estuvieran automatizados y que dispusieran del control absoluto sobre las condiciones viales y el contexto en el que actúan. Sin embargo, es muy probable que esto no sea así en los próximos años y ni siquiera en la década que viene, en particular si hablamos de los países en vías de desarrollo o los países más pobres, donde no les es posible automatizar toda su flota de vehículos.

Debido a ello, en los años venideros debemos invertir en sistemas que ayuden a los conductores a aumentar la seguridad a través de los ADAS, así como a minimizar los daños en la medida de lo posible. Los datos que se generen deberán ir recopilándose y analizándose de forma constante con el fin de perfeccionar los sistemas de asistencia a la conducción e impulsar medidas políticas en el ámbito de la seguridad vial y, con ello, ofrecer una mayor seguridad a los pasajeros y a las personas que interactúan o comparten el espacio de alguna manera con los vehículos. Es necesario que los seres humanos y las tecnologías coexistan y cooperen para que todos podamos vivir mejor.

Los sistemas avanzados de asistencia a la conducción pueden reducir de forma sustancial el número de accidentes. Pero, para que esto se materialice, también se requieren acciones políticas y una gobernanza pública orientadas a introducir de forma más eficaz los sistemas de asistencia a la conducción en los vehículos a motor.

de estos sistemas van conociendo cada vez mejor los límites que estos presentan.

Si observamos los factores desencadenantes y las causas de las desconexiones, destaca que más del 80 % se produjeron a iniciativa de los conductores, por no sentirse cómodos con las maniobras del vehículo automatizado o porque no confiaban lo suficiente en el sistema y optaron por la desconexión manual preventiva. Los investigadores clasificaron las causas en tres categorías: factores humanos (conductores de vehículos automatizados/otros conductores con sus vehículos); factores ambientales y otras causas; y causas relacionadas con el sistema (diferentes fases de procesamiento de la información: identificación = percepción/localización/planificación/control del vehículo). La mayoría de las desconexiones (manuales y automáticas) se atribuyeron a causas relacionadas con el sistema: tres cuartas partes, en concreto, se debieron a errores en la percepción, localización, planificación y control del sistema de conducción automatizada.

Por lo general, las desconexiones fueron iniciadas con mayor frecuencia por los conductores que por los sistemas de los vehículos. La mayoría de las iniciadas por los sistemas tenían que ver con discrepancias de hardware y software, y con discrepancias de planificación. Aquellas atribuibles a condiciones climá-

Las condiciones climáticas o de conducción adversas también pueden ser factores desencadenantes de las desconexiones.



Las desconexiones, estado de la calzada y entorno de conducción fueron iniciadas casi exclusivamente por los conductores. En cambio, las desconexiones atribuibles a discrepancias de planificación fueron tanto iniciadas por los conductores como detectadas y activadas por los sistemas de los vehículos.

Las desconexiones como parte de la estrategia de prevención de accidentes

Si comparamos las causas de desconexión registradas en los cinco primeros años del programa californiano con las del último año examinado, en 2019 se observa un claro incremento de la causa «condiciones climáticas, estado de la calzada y entorno de conducción», que pasa del 12 al 31 %. Esto puede atribuirse a que también aumentó el número de ensayos de los vehículos en condiciones climáticas o de conducción adversas fuera del ámbito de aplicación definido por el fabricante. En 2019 se registraron también menos desconexiones por discrepancias de hardware y software y por discrepancias de percepción (18 % y 9 %) que en los cinco primeros años (26 % y 21 %), lo cual sugiere una mejora de los vehículos. En 2019, los porcentajes atribuibles a la discrepancia de control (el 8 % aprox.) y la discrepancia de planificación (el 35 % aprox.) se mantuvieron sin cambios con respecto a los cinco años anteriores.

En este contexto, también resulta interesante observar el tramo recorrido por desconexión, un indicador de la madurez de la tecnología de la conducción automatizada. Esta cifra ha ido aumentando con los años de participación de los fabricantes en el programa californiano de ensayo de vehículos autónomos. En el caso de Waymo, por ejemplo, se ha observado un aumento de las millas por desconexión, que va de las 629 registradas en 2014 a las 13.219 recorridas en 2019. Otras empresas desarrolladoras y titulares de licencias del ámbito de la tecnología para vehículos totalmente automatizados han registrado incrementos igual de pronunciados.

Por su parte, científicos de la Universidad de Virginia (EE. UU.) evaluaron los registros de datos relativos a estas desconexiones junto con los informes de accidentes disponibles con el fin de examinar la relación

entre desconexiones y accidentes. En total, el análisis incluyó 770 desconexiones (de 2014 a 2018) y 124 accidentes (de 2014 a 2019). La conclusión fue que las desconexiones en general no dan lugar a un accidente. Los factores relacionados con los sistemas de conducción automatizada (como los errores de software) y los factores relacionados con otros usuarios de la vía pública (como las maniobras incorrectas o un comportamiento poco recomendado) aumentaban la probabilidad de que se produjera una desconexión sin accidente. Sin embargo, todos los aspectos relacionados con la toma de decisiones por parte del conductor sí que incrementaban la posibilidad de una desconexión que derivara en un accidente.

Conciencia situacional insuficiente

El problema de retomar el control manual desde la conducción altamente automatizada sin advertencia de intervención previa constituye la mayor parte de las situaciones en que se hace necesario asumir el control en el tráfico real. No obstante, esta problemática no se está reflejando en las investigaciones actuales, dominadas por una serie de estudios cuyo diseño incluye una advertencia de intervención previa. El tiempo requerido para retomar el control va desde los 2,8 hasta los cerca de 40 segundos, variando en función de las tareas propuestas a los sujetos, el tipo de advertencia de intervención y qué se entiende por una toma de control segura. Uno de los principales requisitos para asumir el control sería que el conductor pueda «leer» correctamente la situación del tráfico, detectando qué ocurre o si existe algún peligro e identificando qué hay que hacer.

Este complejo procesamiento de una situación de tráfico se conoce como «conciencia situacional» y Mica R. Endsley lo dividió en tres niveles:

1. **la percepción de factores críticos en el entorno**
2. **la comprensión de lo que dichos factores representan**
3. **la comprensión de lo que acontecerá en el futuro con el sistema**

En general, los diversos estudios al respecto indican que se da un claro retardo. Mientras que la conciencia situacional en el nivel 1 todavía puede desarrollarse en relativamente poco tiempo (5-8 segundos), este tiempo en el nivel 2 ya supera los 20 segundos (precisamente en el momento en el que de lo que se trata es de comprender el comportamiento de los demás usuarios de la vía).

Un punto especialmente crítico es el momento en que se retoma el control manual del vehículo desde el modo altamente automatizado ocupados con una actividad secundaria, como leer el periódico o utilizar aplicaciones móviles. Un informe de la Asociación General de Aseguradoras Alemanas del 2016 abordó esta problemática. La revisión bibliográfica incluída abarcaba diversos estudios al respecto y, según concluyó, pasaban entre 2 y 20 segundos hasta que el conductor era capaz de cumplir con su cometido.

Si además se tiene algún dispositivo en la mano, el tiempo requerido para intervenir es mucho mayor. Las tareas de índole visual también incrementan el tiempo de intervención, aunque el conductor no tenga ningún dispositivo en la mano. No obstante, los datos de los que disponemos hasta el momento no son suficientes para lograr una amplia evaluación de todas las variantes de intervención, puesto que la mayoría de las actividades de investigación se centran en los aspectos relacionados con el comportamiento de conducción tras recibir una advertencia de intervención y a penas se realizan trayectos reales en condiciones experimentales. En especial si tenemos en cuenta la legislación vigente, por ejemplo, en Alemania, que exige la intervención en circunstancias peligrosas o en caso de funcionamiento defectuoso del sistema, existe una necesidad urgente de estudios sobre la intervención sin advertencia previa.

Estudio de DEKRA sobre retomar el control desde la conducción altamente automatizada

Las repercusiones que se derivan en el rendimiento del conductor a la hora de intervenir cuando se altera la cadena de información mediante advertencias erróneas del sistema o en caso de no activarse ninguna advertencia también se han estudiado en condiciones de conducción prácticamente reales, en un proyecto de colaboración entre DEKRA y la Universidad Técnica de Dresde en el circuito Lausitzring de DEKRA ubicado en Brandeburgo. Entre los estudiantes de dicha universidad y de la Escuela Superior de Senftenberg, así como a través de redes públicas, los responsables seleccionaron a unas 90 personas para el estudio de campo, de las cuales 36 participaron finalmente en los recorridos de prueba. Los sujetos —que, en un primer momento, desconocían el trasfondo real del estudio— tenían entre 19 y 48 años. De media, llevaban unos 8 años en posesión del permiso de conducir de clase B y recorrían unos 9.400 km al año. El vehículo de prueba era un prototipo modificado para pruebas de conducción conectada y altamente automatizada. Los sistemas permitían la conducción altamente automatizada con control pleno del movimiento longitudinal y lateral por un tramo por el que ya se había circulado antes.

Los sujetos recorrieron el circuito Lausitzring del DEKRA Technology Center varias veces a una velocidad máxima de 50 km/h. En los recorridos les acompañaba un conductor de seguridad de DEKRA con formación específica y capacidad para intervenir mediante un circuito de frenado adicional. En el asiento trasero iba además el investigador principal, quien, en determinados puntos del recorrido previamente establecidos, introducía los distintos escenarios de intervención pulsando un botón. Los datos sobre la dinámica de marcha, como movimientos de viraje, fuerzas de frenado y velocidades de conducción, se iban transmitiendo en tiempo real a un ordenador y se almacenaban allí para su evaluación.

Durante cada recorrido de prueba se activaba una «alarma falsa», es decir, una advertencia de intervención sin que hubiera una situación crítica. Además, se daban tres situaciones en las que hubiera sido necesario intervenir para evitar una situación de peligro, si bien aquí no se producía ninguna solicitud del sistema para que el conductor retomara el control (lo que se conoce como «alarmas silenciosas»). Las situaciones de las alarmas silenciosas incluían: no respetar una línea de parada con una señal de *stop*, invadir poco a poco el carril contrario y evitar repentinamente un obstáculo detectado por error. Los cuatro escenarios de intervención tenían lugar después de que se hubieran dado varias vueltas sin que ocurriera nada reseñable.

Hay una necesidad urgente de ampliar los estudios sobre la intervención sin advertencia previa

Hacer varias cosas a la vez cuando vamos al volante es muy arriesgado

Parte de los sujetos tenía el cometido de supervisar la conducción automatizada como observador pasivo y, dado el caso, intervenir únicamente si lo consideraban necesario. Un segundo grupo debía realizar además una actividad secundaria de índole visual durante la conducción automatizada en una tableta instalada de forma fija en el vehículo. En todos los casos, la intervención se calificaba como «eficaz» cuando el sujeto intervenía correctamente antes de llegar al posible punto de colisión.

Problemas a la hora de intervenir incluso sin actividad secundaria

En general, las intervenciones tras una «alarma falsa» resultaron poco problemáticas. Todos los sujetos retomaron el control del vehículo de forma eficaz, tanto en el grupo experimental que debía utilizar la tableta como en el grupo de control sin actividad secundaria. No obstante, necesitaron más tiempo del esperado hasta retomar el control: algo más de 2 segundos de media. Si lo comparamos con los tiempos medios de reacción de 0,83 segundos que se recogen en la bibliografía especializada, este mayor tiempo de reacción que necesitaron los sujetos y que, de media, alcanzó los 2,44 segundos en el grupo de control y los 2,24 segundos en el grupo experimental se debería a que los sujetos no tenían ante sí de forma evidente ningún motivo grave para intervenir, de modo que debían desarrollar una conciencia situacional adecuada antes de cualquier intervención. En el caso de las «alarmas silenciosas» se observaron claras dificultades a la hora de retomar el control. Si bien esto fue así en ambos grupos,

el grupo con actividad secundaria registró casi el doble de intervenciones calificadas como ineficaces en todos los escenarios. Por tanto, cabe concluir que realizar una actividad secundaria disminuye en la mayoría de los casos la probabilidad de intervenir de forma eficaz tras una «alarma silenciosa». No obstante, a los responsables del estudio les llamó la atención el hecho de que las personas sin actividad secundaria también tuvieran en parte dificultades significativas a la hora de retomar el control del vehículo. Dependiendo del escenario, entre el 58 % y el 89 % de los sujetos del grupo experimental que debían utilizar la tableta no lograron intervenir de forma eficaz en caso de una «alarma silenciosa». En el grupo de control, los valores registrados se situaron entre el 24 % y el 61 %. El hecho de que en este grupo, que no debía realizar ninguna actividad secundaria, las intervenciones resultaran ineficaces en más del 60 % de las situaciones relacionadas con no respetar una línea de parada y en más del 30 % de los casos relativos a salirse del carril dejó perplejos a los autores de este estudio de DEKRA.

Una serie de retos por solucionar

El estudio enfatiza una vez más que hacer varias cosas a la vez siempre conlleva riesgos a la hora de retomar el control del vehículo. Por ello, esta carga crítica para la seguridad a la que se ven sometidos los conductores debería reducirse al mínimo mediante soluciones de diseño unívocas. Y es que realizar una actividad secundaria—que requiera de recursos visuales y cognitivos similares a los que exige la conducción convencional—dificulta en gran medida la identificación de errores del sistema durante el control automatizado del vehículo y, con ello, el poder reaccionar rápidamente y de acuerdo con la situación.

Mediante un estudio de campo, DEKRA ha analizado la capacidad de intervención durante la conducción altamente automatizada con y sin actividad secundaria.



Por una parte, desde el punto de vista técnico, se crea la posibilidad de desviar la atención de la carretera (al menos, en parte) cuando vamos al volante. Al mismo tiempo, los conductores deben seguir atentos y cumplir con su obligación de retomar el control del vehículo a través de la intervención manual para compensar los fallos de funcionamiento o los límites de la automatización. Esto nos lleva a una paradoja: por un lado, con la conducción automatizada se pretende retirar al ser humano como fuente de errores, pero, por otro, en situaciones de emergencia (como en caso de fallo del sistema) ha de poder intervenir en poquísimos segundos y sin cometer errores. Debido a ello, algunos expertos se preguntan si no deberíamos renunciar a los vehículos de nivel 3.

Pero la conducción completamente automatizada también se enfrenta a una serie de retos que deberían solucionarse mediante una intensa actividad de investigación. Desde la perspectiva de los pasajeros, la conducción completamente automatizada equivaldría en gran medida al transporte tradicional de pasajeros en taxi, autobús o vehículo de alquiler con chófer. Sin embargo, en la conducción completamente automatizada no existe la figura del conductor en el habitáculo. Con el fin de minimizar los riesgos tanto como sea posible, las condiciones marco para la conducción completamente automatizada deberían establecerse de modo que la seguridad de todos los usuarios de la vía pública esté suficientemente garantizada también en el futuro en cualquier situación.

También deben regularse de forma clara los requisitos que afectan a la zona de operación de los vehículos totalmente automatizados. De momento, quedan muchas cuestiones por resolver. ¿Han de ser áreas de circulación organizadas solo desde el punto de vista espacial o teniendo en cuenta además determinados factores situacionales? ¿Deben utilizarse las infraestructuras viarias existentes de forma simultánea o es mejor intentar dar con soluciones de diseño concebidas para la conducción completamente automatizada? ¿Cómo se podría prevenir que los usuarios de la vía pública o vehículos no autorizados se conviertan en un riesgo para la seguridad operativa? ¿Qué medidas físicas y digitales requieren las infraestructuras de la red viaria?

Lagunas legales en la normativa

Asimismo resultan de vital importancia todos los aspectos relacionados con la protec-

ción de datos (en particular, los relativos a las actualizaciones de software y la ciberseguridad), pues la supervisión y el control de todos los componentes de hardware y software que intervienen en la ejecución de la tarea de conducción plantean nuevos requisitos conforme al principio de neutralidad. Aquí se requiere la pericia de las organizaciones de control pertinentes, sin olvidarnos de que los ciclos de supervisión deberían incluir sin falta todas las actualizaciones de software.

Todos estos puntos plantean una serie de lagunas legales en la normativa actual. La ciencia en torno a la interfaz persona-máquina se enfrenta a numerosas cuestiones que todavía no se han resuelto, lo que evidencia una gran necesidad de investigación que deberá desarrollarse de forma consecuente bajo la batuta de los poderes públicos sin perder de vista el objetivo «Visión Cero» y con la financiación necesaria. El desarrollo, la aplicación experimental y la aplicación práctica de la iniciativa legislativa en materia de conducción completamente automatizada a partir de pruebas científicas es algo que, sin duda, se espera con gran interés. Y a pesar de toda la euforia que están desatando los atractivos de la digitalización en este nuevo mundo del automóvil, esperemos que la ambición política, las limitaciones técnicas de los sistemas y el afán de lucro no vayan en detrimento del «factor humano» ni deriven en un aumento de las cifras de accidentes.

Resumen de los datos

- Las innovadoras tecnologías de las pantallas táctiles con guiado inteligente del usuario reducen el número de entradas erróneas y el tiempo de introducción requerido, y podrían minimizar los riesgos para la seguridad vial debidos, por ejemplo, a distracciones.
- Además de una actitud positiva hacia el respectivo sistema, otros elementos clave para la aceptación de los sistemas de asistencia a la conducción serían la utilidad percibida y la facilidad de uso.
- En ocasiones, los sistemas de asistencia pueden suponer por sí mismos una fuente de distracciones o interferencias durante la conducción.
- Los registros de datos analizados en California indican que las desconexiones del modo automático («disengagements») las inician con mayor frecuencia los conductores que los sistemas de los vehículos.
- Un estudio realizado por DEKRA ha demostrado que los sujetos también tuvieron en parte dificultades significativas a la hora de retomar el control del vehículo desde la conducción altamente automatizada, incluso sin actividad secundaria.
- Las condiciones marco para la conducción completamente automatizada deben establecerse de modo que la seguridad de todos los usuarios de la vía pública esté suficientemente garantizada también en el futuro en cualquier situación.



Detectar los peligros a tiempo e intervenir

En lo que respecta a la seguridad en la carretera, ya se ha alcanzado casi todo el potencial de los sistemas pasivos. Sin embargo, los sistemas de asistencia a la conducción todavía ofrecen múltiples posibilidades para evitar accidentes o mitigar sus consecuencias. En este punto es decisivo que los conductores entiendan el propósito de los sistemas de asistencia, pero, sobre todo, sus límites. Los sistemas convencionales de seguridad activa y pasiva también presentan cierto margen para mejorar su eficacia (en combinación con los sistemas modernos de asistencia). Básicamente, la operatividad de los distintos sistemas debe garantizarse a lo largo de toda la vida útil del vehículo y su comprobación dependerá cada vez más de los datos.

Desde hace años, los sistemas de información y asistencia que incorporan los vehículos a motor modernos forman parte de los elementos básicos para la mejora del confort y la seguridad. Componentes como el sistema de navegación con recomendaciones para evitar retenciones, el tempomat con regulación de distancia, el asistente de mantenimiento del carril, el asistente de frenado de emergencia, el asistente de ángulo muerto, el asistente de giro, la advertencia de fatiga, los sistemas de iluminación activos basados en cámaras, el asistente de visión nocturna, el sistema de control de la estabilidad... todos estos sistemas, y muchos otros, informan a los conductores de los vehículos, les asisten y, en caso necesario, compensan sus errores con el fin de reducir así el riesgo de accidente.

Sin embargo, y a pesar de contar con todos estos sistemas de seguridad adicionales, los conductores deben seguir adaptando todavía su forma de conducir, entre otros factores, al estado de la calzada y la visibilidad, puesto que no existe ningún sistema que capaz de desafiar los límites de la física. Además, para que los sistemas sean eficaces es imprescindible que se cumplan una serie de requisitos, como un sistema de frenos operativo (sistema mecánico, hidráulico o neumático, sensores y actuadores, y sistema electrónico). Y también es necesario que los respectivos sistemas no estén desconectados. Tampoco podemos olvidarnos de que algunos sistemas solo funcionan en determinadas circunstancias, entre las que se incluyen la luminosidad ambiental, la temperatura exterior, las condiciones climáticas, el estado de las marcas viales de la calzada o el ran-

Quedan muchas necesidades por cubrir

Karina Muñoz Matus

Secretaria ejecutiva de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET)



Las personas, desde nuestros orígenes, hemos estado en un constante estado de búsqueda de mejoras, soluciones e innovación, y, con esto, del desarrollo y uso de tecnologías para cumplir este fin. La mayoría de estos desarrollos, a medida que transcurre el tiempo, se convierten en un estándar y van haciendo nuestras vidas mejor, pero también presentan nuevos desafíos a los cuales tenemos que hacer frente. Los avances tecnológicos deben estar al servicio de las personas, orientándose a resolver los problemas que día a día enfrentamos o bien para hacer nuestras vidas más agradables y seguras. Si no, finalmente es esfuerzo perdido.

Importantes avances tecnológicos se han sumado en el tiempo a la difícil tarea de reducir las muertes y lesiones en el tránsito. Importantes ejemplos que se están implementando y desarrollando en nuestro país, y que tienen relación con incorporar tecnologías en los controles y fiscalizaciones de conductas de riesgo en el tránsito, mejoras en las tecnologías vehiculares, también en el avance hacia sistemas digitalizados para las licencias de conducir y todo el sistema de gestión de información asociado a este proceso, el tratamiento de la información estadística y la integración de distintas fuentes de información para hacer aún más ricos estos análisis y orientar de mejor forma las políticas públicas en pos de más seguridad vial.

Sin duda queda un largo camino y muchas necesidades por cubrir, pero teniendo como destino las personas y, en este caso, su seguridad en la movilidad, sin duda esos avances llegarán antes y mejor.

go de velocidad en el que se mueve el vehículo. Pero eso no es todo: los sistemas de seguridad activa que actualmente integran los vehículos solo pueden desarrollar plenamente su eficacia en relación con la seguridad pasiva o la mitigación de las consecuencias de los accidentes si el cinturón de seguridad está abrochado y el asiento se encuentra en la posición correcta.

Echando brevemente la vista atrás observamos que los numerosos adelantos técnicos alcanzados en el siglo XX, como los neumáticos radiales, el freno de disco, los habitáculos de estructura rígida con zona de absorción de impactos o la columna de dirección de seguridad, han ido abriendo camino a la eficacia que presentan hoy en día los sistemas para la protección de los ocupantes y de otros participantes en el tráfico. Así, por ejemplo, la buena capacidad de regulación de los frenos de disco hidráulicos ha sido un requisito clave para sistemas de asistencia como el ABS, para evitar el bloqueo de las ruedas al frenar o como el ESP, para estabilizar el vehículo en situaciones límite. La posibilidad que ofrece un tempomat de mantener constante la velocidad ajustada, sumada a una serie de sensores, llevó al desarrollo de la regulación de distancia ACC con avisador anticolidión y, de aquí, a los asistentes de frenado de

emergencia (que ya incorporan una función de frenado hasta detener el vehículo). Del mismo modo, el detector de cambio de carril derivó en el desarrollo del asistente de mantenimiento del carril, el cual interviene de forma activa en la conducción llevando al vehículo de vuelta al carril al intervenir de forma específica en el freno o en el volante. Para que estas intervenciones sean adecuadas, el servofreno y la dirección asistida resultan indispensables. La combinación de la regulación de distancia ACC con el detector de cambio de carril constituye a su vez la base para la conducción parcialmente automatizada de nivel 2, en la que el vehículo se mantiene dentro de su carril y es capaz de frenar y acelerar por sí mismo bajo determinadas condiciones y siguiendo las prescripciones del conductor.

Un reglaje correcto de los sensores es primordial para la seguridad

Como ya se ha señalado anteriormente, los sensores asumen un papel central en la funcionalidad de los sistemas de asistencia a la conducción. Estos elementos actúan como «órganos sensoriales» en el vehículo y son un requisito para que se puedan reconocer estados y situa-

Los sistemas de ayuda a la conducción suponen un gran salto cualitativo en cuanto a seguridad

Jorge Ordás Alonso

Subdirector General de Gestión de la Movilidad y Tecnología de la Dirección General de Tráfico (DGT)



El 27 de noviembre del año 2019 se aprobó el Reglamento de la Unión Europea 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos de homologación de tipo de los vehículos de motor y de sus remolques, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a esos vehículos, en lo que respecta a su seguridad general y a la protección de los ocupantes de los vehículos y de los usuarios vulnerables de la vía pública, por el que se modifican diversos reglamentos.

Este Reglamento supone un gran avance en las exigencias que en materia de seguridad la Unión Europea establece para los vehículos fabricados dentro de su territorio y supone un cambio de filosofía buscando, en esta ocasión, proteger a los usuarios vulnerables de la vía, cuando tradicionalmente todo el esfuerzo se había concentrado en la defensa de los ocupantes del vehículo.

Para lograrlo, se introducen una serie de sistemas de ayuda a la conducción (ADAS), que suponen un enorme salto cualitativo en la concepción de la seguridad y que harán que Europa, una vez más, encabece las medidas para paliar los accidentes de tráfico y los efectos de los mismos. Adicionalmente, para conseguir que la implantación de dichos sistemas sea efectiva y facilitar el seguimiento del cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento, se establece un ambicioso calendario para su implementación en función del tipo de vehículo, tanto en cuanto a las homologaciones —más restrictivas— como en nuevas matriculaciones. Así, por ejemplo, todos los camiones y autobuses matriculados a partir del 6 de julio de 2022 ya deben venir provistos del sistema de frenado de emergencia, del sistema de advertencia de abandono de carril, o de sistemas de limitación de velocidad.

En el caso de los turismos, por ejemplo, todos los vehículos que se homologuen a partir del 6 de julio del 2022 o aquellos que se matriculen a partir del 6 de julio de 2024 dispondrán de un gran número de sistemas, entre los que destacan el registrador de datos de incidencias, el sistema de advertencia de somnolencia, un interfaz para la instalación de alcoholímetro, el sistema de frenado de emergencia, el asistente de velocidad inteligente, el sistema de control de la presión de los neumáticos o el sistema avanzado de mantenimiento de carril.

El cumplimiento de estos plazos ayudará a dar un salto en la automatización de los vehículos. Este salto provocará que los vehículos que circulen por Europa alcancen el nivel 2 de automatización y favorecerá los siguientes pasos de la innovación en el camino hacia la plena automatización de los vehículos, que debe contribuir, como el propio Reglamento establece, a la reducción de más del 90 % de los accidentes debidos a día de hoy al error humano.

En España, más del 50 % de los accidentes se producen en ciudad. Más del 80 % de las muertes son usuarios vulnerables de la vía, como peatones, bicicletas, ciclomotores y motocicletas, especialmente expuestos en ciudades donde la combinación de velocidad, distracción y sorpresa acarrear consecuencias dramáticas y donde los sistemas ADAS, promovidos por el Reglamento Europeo, traerán consigo la reducción del número de accidentes y de los efectos que estos provocan en nuestras ciudades.

ciones de conducción, pues suministran los resultados de medición necesarios para ello. Con frecuencia, la tecnología de sensores está basada en cámaras. En los sistemas modernos se añaden además sensores de radar o lidar con el fin de obtener resultados fiables en la oscuridad y, en su caso, también bajo condiciones meteorológicas adversas: por ejemplo, identificar con seguridad tanto las marcas viales de la calzada como la presencia de personas, animales y vehículos.

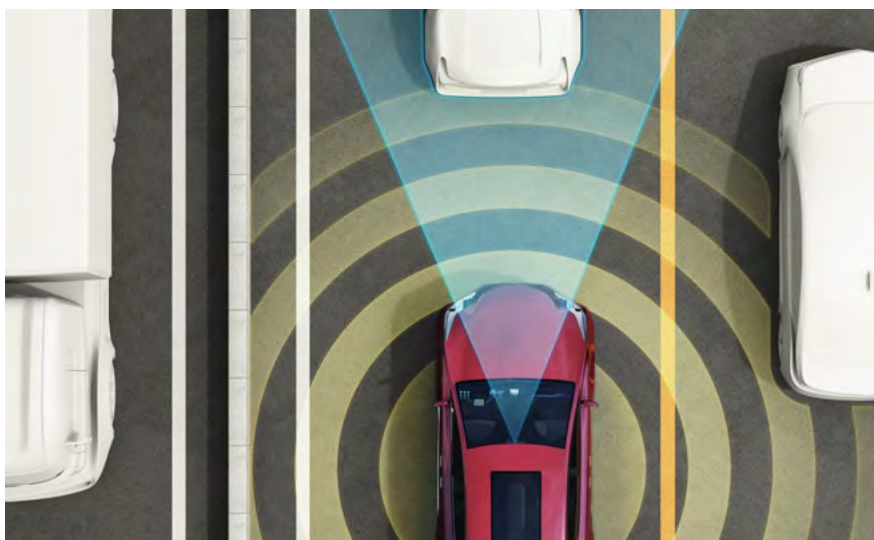
El vehículo es capaz de reconocer restricciones de importancia en el funcionamiento de los sensores y advertir al conductor de fallos en el sistema. Pero, ¿qué sucede si los sensores están solo ligeramente desajustados, de modo que el vehículo no notifica una avería? Los especialistas de DEKRA han estudiado esta cuestión en el marco de pruebas de conducción en el recinto del Centro de Tecnología de DEKRA en el circuito de carreras de Lausitzring en Brandeburgo. Se analizaron las consecuencias del llamado desajuste de los sensores. En el primer caso (A), los peritos manipularon de forma precisa la cámara frontal, sin superar el umbral del autodiagnóstico del equipo —ante el resultado aparentemente impecable del autodiagnóstico, el conductor espera ningún tipo de restricción— y evaluaron las repercusiones sobre el comportamiento del vehículo en escenarios estandarizados de frenado de emergencia. En el segundo caso (B) se estudió la reacción del asistente de ángulo muerto tras una posición de montaje incorrecta o un desajuste del radar trasero, situaciones ambas que pueden darse a causa de un pequeño choque durante una maniobra de aparcamiento.

El caso A se llevó a cabo con tres vehículos de prueba diferentes, todos equipados con asistente de frenado de emergencia y tecnología de medición de alta precisión. Para ello, los especialistas de DEKRA idearon dos escenarios estándar de la homologación Euro-NCAP (aproximación por detrás a un vehículo detenido o un obstáculo, así como reconocimiento de un maniquí de peatón en la calzada). Las maniobras se realizaron a una velocidad de 20, 40 y 60 km/h. Con las cámaras bien ajustadas, los tres vehículos advirtieron a tiempo al conductor y frenaron el vehículo hasta la detención antes de alcanzar el obstáculo correspondiente. A continuación se modificó la orientación de la cámara frontal por debajo del umbral de detección del autodiagnóstico. En la

Un ajuste correcto de los sensores es fundamental para la seguridad vial

prueba realizada seguidamente, uno de los vehículos no logró impedir la colisión contra el vehículo detenido, ni siquiera a una velocidad de 20 km/h; otro vehículo de pruebas fue capaz de detectar una colisión solamente a una velocidad de 20 y de 40 km/h, y tan solo el tercer vehículo de prueba emitió un aviso y frenó a tiempo a las tres velocidades de la prueba. Si los sensores hubieran estado ligeramente desajustados, los tres vehículos habrían atropellado al peatón en el supuesto planteado a una velocidad inicial de 60 km/h. A una velocidad inicial de 40 km/h, dos de los tres vehículos que tomaron parte en la prueba no reaccionaron con una advertencia ni con una intervención en el freno por parte del sistema de asistencia a la conducción.

Con otras palabras: basta con un desajuste mínimo de la cámara frontal —que el conductor no puede reconocer, ya que tampoco es detectado por el sistema de diagnóstico— para originar una anomalía en el funcionamiento de los equipos con peligro para la seguridad. Este tipo de ajustes incorrectos puede darse, por ejemplo, tras una sustitución incorrecta del parabrisas. Dado que los sensores, como han demostrado una vez más las pruebas de DEKRA, son esenciales para el funcionamiento correcto de los sistemas de asistencia a la conducción, es imprescindible verificarlos en el marco de la inspección periódica del vehículo. Por otro lado, un mero control visual de los sensores, que suelen estar ocultos por otros componentes, es tan insuficiente para ello como la lectura de los datos de autodiagnóstico del vehículo. Por ese motivo, DEKRA está desarrollando métodos tecnológicos de comprobación adecuados.



Después de la sustitución del parabrisas es imprescindible calibrar de nuevo los sistemas basados en cámaras, como el asistente de frenado de emergencia y el asistente de mantenimiento del carril.



En el marco de una prueba práctica con cabezas tractoras de tres fabricantes de camiones, DEKRA examinó la efectividad de los asistentes de frenado de emergencia incorporados en estos vehículos.

Como es natural, la necesidad de revisar los sensores en el marco de las inspecciones periódicas del vehículo no se limita a la cámara frontal, sino que abarca también el radar trasero, como se pone de manifiesto en el caso B. Los especialistas de DEKRA simularon un escenario habitual al conducir por autopista: un vehículo circula por el carril de la izquierda a alta velocidad, mientras que el conductor de un segundo vehículo que circula por el carril de la derecha tiene previsto adelantar y se dispone por tanto a cambiar de carril. Para el ensayo se desajustó de forma mínima el radar trasero en dirección transversal al sentido de la marcha, pero dentro de los límites de calibrado, de modo que el autodiagnóstico no pudiera detectar la anomalía. El asistente de ángulo muerto advirtió demasiado tarde al conductor de la presencia de un vehículo que estaba acercándose por detrás y, por lo tanto, a una distancia demasiado corta para poder evitar un accidente a causa de un cambio real de carril.

Pruebas de conducción de DEKRA con asistentes de frenado de emergencia para camiones

Los sistemas de asistencia a la conducción para camiones asumen un papel importante a

la hora de mejorar la seguridad vial. Esto afecta en especial a los accidentes por alcance al final de una retención, un supuesto de accidente que encierra riesgos muy elevados para los ocupantes de los vehículos. No es raro que este tipo de siniestros, especialmente con implicación de vehículos pesados de transporte de mercancía, tengan consecuencias graves e incluso mortales para los ocupantes. Si un camión choca por detrás contra un turismo detenido o que circula lentamente, y la diferencia de velocidad entre ambos es elevada, son de esperar deformaciones extremas en el turismo y consecuencias nefastas para sus ocupantes. Con frecuencia, en estos accidentes se ven involucrados varios vehículos en cadena. En accidentes por alcance de un camión contra otro camión, es frecuente que los ocupantes del camión que provoca el choque sufran lesiones muy graves. Pero también puede suceder que los ocupantes de un turismo que choca por alcance contra la zaga de un camión detenido o que circula a menor velocidad sufran lesiones graves o mortales.

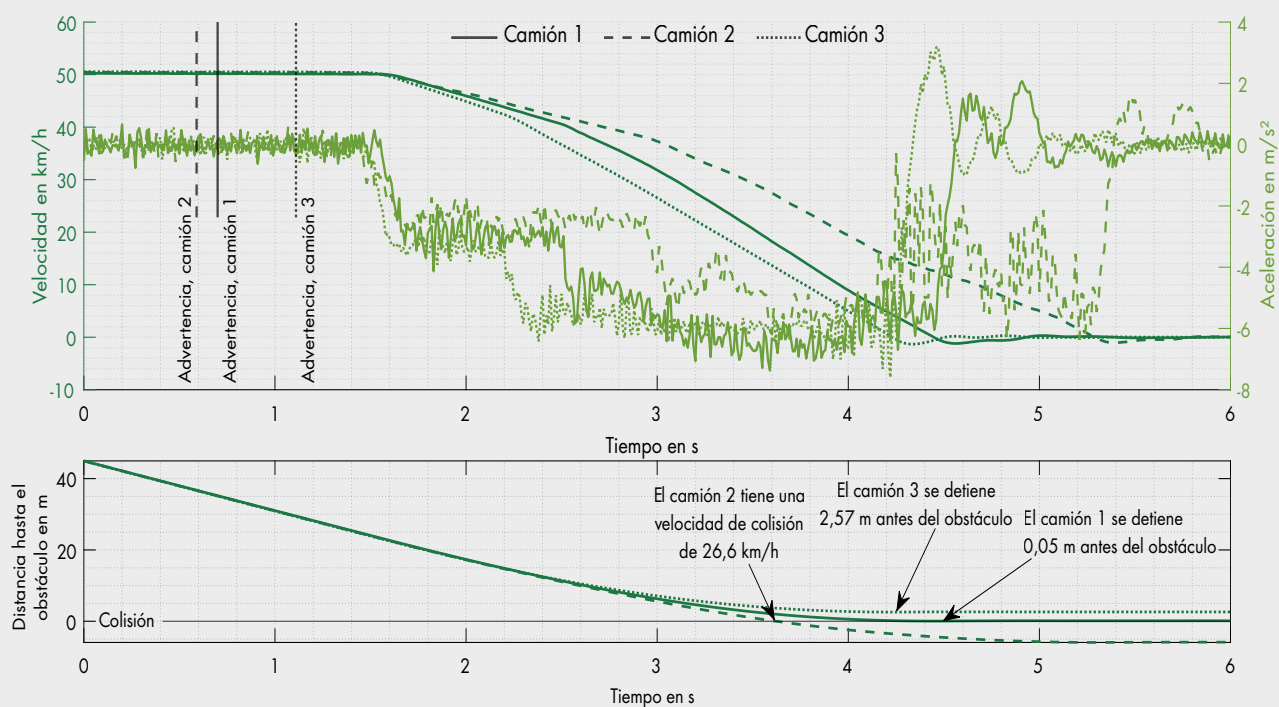
Las medidas de optimización en las estructuras de los vehículos para mejorar su compatibilidad pueden ser de ayuda hasta un cierto grado. Pero los límites físicos se alcanzan rápidamente a medida que aumenta la diferencia de velocidad. A la vista de la elevada masa de los vehículos comerciales pesados, las medidas de seguridad pasiva tienen solo un potencial limitado para atenuar las secuelas de un accidente. Por ese motivo, se han de lograr mejoras efectivas principalmente en materia de prevención de accidentes o reducción de su gravedad mediante el uso de sistemas de asistencia a la conducción. Se trata de conseguir de forma adecuada que un conductor distraído preste de nuevo la atención debida al tráfico a su alrededor, y que se inicie automáticamente un frenado a fondo, inmediatamente antes de que una colisión sea ya inevitable. La eficiencia del asistente de frenado de emergencia —prescrito por ejemplo desde hace ya algunos años en la Unión Euro-

Comparación de los tres sistemas de frenado de emergencia de camiones probados en un ensayo estandarizado

Se sincronizaron los datos de medición de manera que todos los camiones recorrieron a la misma velocidad y en el mismo momento el área representada de 45 metros antes del obstáculo. Puede apreciarse que las advertencias ópticas de los sistemas se emiten en momentos diferentes. El camión 2 advierte en primer lugar, y el camión 3 es el último en advertir del obstáculo.

A continuación, durante la fase de advertencia de colisión, tiene lugar una deceleración moderada y, por tanto, una disminución de la velocidad. Esta fase es seguida por la fase de frenado de emergencia, caracterizada en todos los camiones por una deceleración $> 4 \text{ m/s}^2$, tal como lo exige la legislación.

La diferencia entre los camiones radica en el momento de las llamadas «actividades del sistema» y en la intensidad de la deceleración de frenado. Los camiones de los fabricantes 1 y 3 llegaron a detenerse antes del obstáculo; en el fabricante 1, la distancia respecto al vehículo simulado fue de solo cinco centímetros, en el fabricante 3, nada menos que de 2,6 metros. El sistema incorporado en el camión del fabricante 2 deceleró el vehículo, pero no logró impedir una colisión con el obstáculo. Al menos, la velocidad de colisión disminuyó hasta 27 km/h.



Fuente: DEKRA

pea— se demostró de nuevo en el marco de un estudio publicado en marzo de 2021 por el Insurance Institute for Highway Safety y el Highway Loss Data Institute. Según esta publicación, el sistema contribuyó a reducir en un 41 % el número de accidentes de camiones por alcance en las autopistas norteamericanas entre los años 2017 y 2019.

Con independencia de este hecho, la pregunta que se plantea es la siguiente: ¿cómo es posible que, pese al equipamiento obligatorio con el asistente de frenado de emergencia, sigan produciéndose accidentes fatales de este tipo al final de una retención? ¿Puede ser que debido a las exigencias mínimas definidas en la legislación actual no se aproveche plenamente el potencial técnico de estos sistemas? Con el fin de responder a esta pregunta, y comprobar al mismo tiempo si la conducta del conductor puede perjudi-

car de modo involuntario la efectividad de estos asistentes, DEKRA llevó a cabo pruebas especiales de conducción en el recinto de su Centro de Tecnología en el circuito de Lausitzring con tres camiones de diferentes fabricantes. Para ello se equiparon los vehículos con tecnología de medición y robótica (actuadores para la dirección y los pedales). Los camiones se desplazaron en línea recta a una velocidad de 50 km/h hacia un turismo simulado detenido, con una cobertura de choque del 100 %, es decir, alineados con el centro del obstáculo.

Un frenado manual adicional puede mejorar la eficacia

Los ensayos se repitieron en cinco variantes diferentes. En primer lugar se verificó el funciona-

miento del asistente de frenado de emergencia incorporado sin intervención del conductor. Seguidamente se realizaron cuatro simulaciones de una intervención del conductor en el volante y en el pedal de freno, variando la fuerza de la intervención. Con el fin de asegurar la reproducibilidad de las pruebas, la intervención del conductor se confió a un dispositivo robótico, que actuaba durante la fase de advertencia de colisión en el momento en que este equipo reconocía una disminución de la velocidad del camión en 2 km/h por intervención del asistente de frenado de emergencia. Durante las pruebas sin intervención del conductor pudo comprobarse que los sistemas de asistencia a la conducción de los distintos fabricantes de camiones presentan una configuración muy diferente en cuanto al comportamiento de advertencia y de frenado. Esto puede verse en el **gráfico 8**, que permite apreciar que, si se parte de un mismo

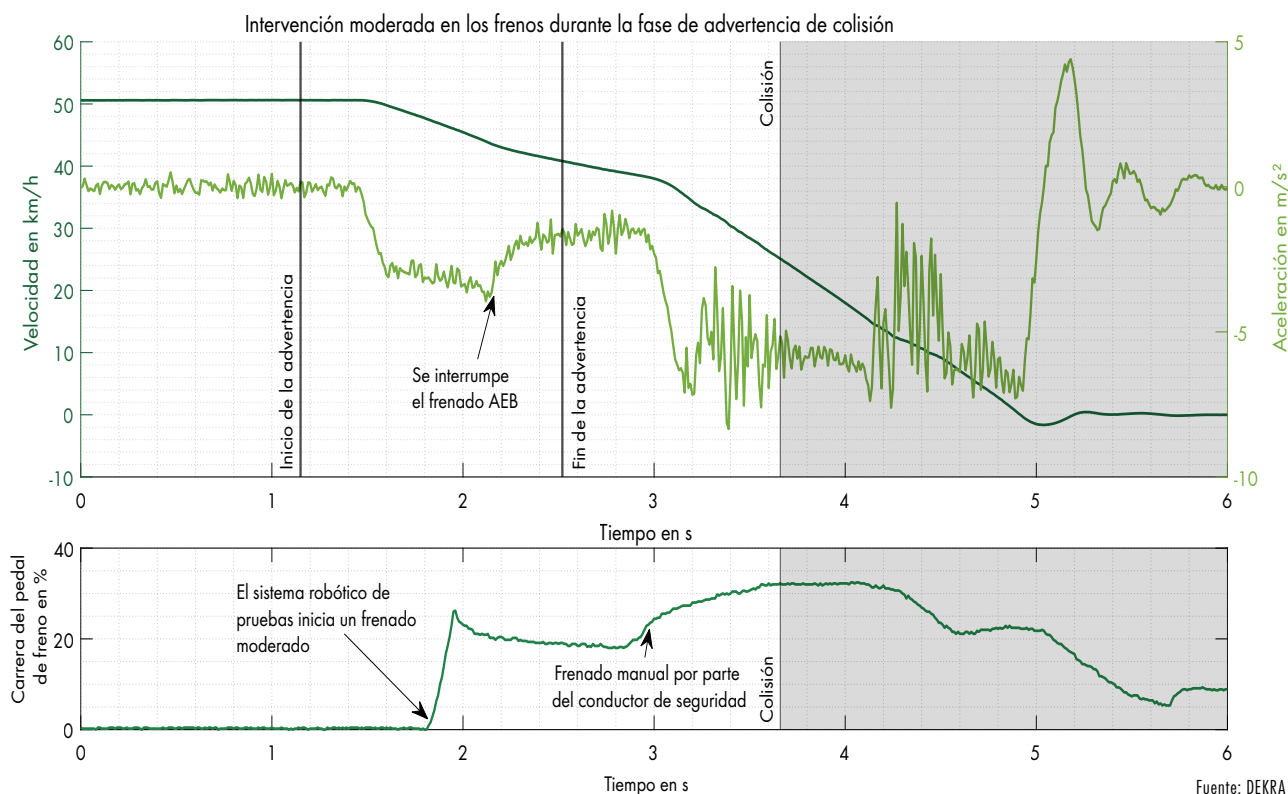
escenario de tráfico, desde la prevención de la colisión hasta la reducción de velocidad en 20 km/h exigida por la legislación, existen diferentes filosofías de configuración para el asistente de frenado de emergencia.

En todos los demás casos de simulación, el camión del fabricante 1 advirtió al conductor y frenó con fiabilidad hasta la detención sin dejarse «perturbar» por la intervención del conductor. En el camión del fabricante 2, la intervención del conductor condujo, al menos en parte, a una mejora de la respuesta. Un frenado manual potente ayudó a reducir la velocidad de colisión a 15 km/h. Una intervención decidida en el volante, en combinación con la reducción de la velocidad originada por el asistente de frena-

9

El sistema de asistencia a la conducción desactiva el frenado de emergencia a pesar de la situación de peligro

Al igual que sucede en el supuesto de prueba sin influencia del conductor, el sistema de frenado autónomo de emergencia (Autonomous Emergency Braking, AEB) en el camión del fabricante 3 emite en primer lugar una señal de advertencia (a partir de 1,2 segundos); a continuación comienza la fase de frenado de advertencia de colisión (a partir de 1,5 segundos). A partir de 1,8 segundos y unos 20 metros antes del obstáculo, el sistema robótico utilizado para la prueba interviene aplicando una presión moderada en el pedal de freno; esta acción no origina una deceleración adicional, ya que este efecto de frenado queda por debajo del aplicado por el sistema de asistencia a la conducción en la fase de frenado de advertencia. A los 2,2 segundos, la deceleración disminuye hasta el nivel del frenado moderado realizado por el sistema robótico, lo que significa que el sistema AEB finaliza el frenado activo. A los 2,5 segundos, y unos 12 metros antes del obstáculo, se apaga el testigo luminoso de advertencia del sistema AEB, lo que indica que el sistema está completamente inactivo. Este estado se conserva durante 0,5 segundos, hasta que el conductor de seguridad pisa el freno para impedir daños mayores en el equipo de pruebas, como puede apreciarse en el creciente recorrido del pedal y en la mayor deceleración. De todos modos, no es posible ya evitar una colisión, a pesar de que el mismo camión lo había logrado anteriormente con fiabilidad y sin accionamiento del pedal de freno. En este caso, la colisión con el obstáculo tiene lugar a una velocidad de 25 km/h.



do de emergencia, permitió al menos al camión esquivar el obstáculo simulado. Una intervención moderada en el volante no hubiera sido suficiente para ello. Por lo tanto, si bien el sistema del fabricante 2 satisface las prescripciones legales mínimas de 20 km/h con relación a la reducción de la velocidad, no es capaz de evitar con fiabilidad accidentes por alcance. Por otro lado, la advertencia temprana otorga al conductor el mayor tiempo para reaccionar. En líneas generales, el sistema incorporado en el camión del fabricante 3 emitió la advertencia necesaria y frenó el vehículo con fiabilidad. No obstante, una intervención moderada del conductor en los frenos condujo a una desconexión del asistente de frenado de emergencia, desactivando así su función

relevante para la seguridad. Esta reacción del sistema, inesperada por el conductor, se representa en el **gráfico 9** y muestra que, en función de la configuración, la posibilidad de anulación manual prescrita por la legislación puede originar accidentes.

En otra prueba se modificaron las condiciones marginales del test estandarizado para uno de los camiones. Por un lado, la maniobra se llevó a cabo en un escenario distinto, a lo largo de una ligera curva en vez de un tramo recto. El sistema de frenado de emergencia advirtió al conductor 9 metros antes del obstáculo, es decir, mucho más tarde que en el escenario estándar (27 metros). La colisión, que había podido evitarse con fiabilidad en el supuesto estándar, tuvo lugar ahora a una velocidad

Aprovechar al máximo el potencial y las posibilidades de optimización

Dr. Othmar Thann

Director de la Junta austriaca para la Seguridad Vial



Los sistemas activos de seguridad y de asistencia a la conducción (ADAS) han evolucionado a un ritmo vertiginoso a partir de finales del siglo xx. El uso de ADAS altamente desarrollados puede contribuir de forma significativa a evitar accidentes, a mitigar las secuelas de los siniestros y a reducir el riesgo de que se produzcan accidentes. No obstante, de cara al futuro es importante estudiar qué posibilidades adicionales existen para mejorar la seguridad, pero también qué riesgos, sobre todo si los sistemas deben fomentar el confort y reducir el esfuerzo del conductor a largo plazo.

Tanto en numerosos proyectos de investigación como en los procesos políticos y legislativos se ha reconocido el potencial básico que encierran los sistemas activos de seguridad para mejorar la seguridad vial. Para vehículos de las categorías M2, M3, N2 y N3 (autobuses y camiones), la implementación de asistentes de frenado de emergencia con reconocimiento de obstáculos y de vehículos en marcha es obligatoria para la homologación de nuevos modelos desde noviembre de 2013 y para la matriculación de vehículos nuevos desde noviembre de 2015.

La información sobre este tema está muy poco difundida, por ejemplo, entre la población de Austria, lo que supone un problema patente. Según una encuesta actual de la Junta austriaca para la Seguridad Vial (KFV) entre los consumidores austriacos, uno de cada cinco consumidores se siente poco (o nada) informado sobre el tema de la «conducción automatizada». Otro resultado de la encuesta de la KFV es que los modernos dispositivos técnicos asumen un papel importante, y que su relevancia seguirá aumentando en el futuro. A la hora de adquirir un nuevo turismo, más de la mitad de los entrevistados otorga gran importancia al equipamiento con ADAS, especialmente sistemas como la ayuda para aparcar, el tempomat adaptativo y el asistente de frenado de emergencia.

Con el fin de poder aprovechar el potencial de los asistentes técnicos se requieren conocimientos específicos en torno al funcionamiento y al manejo de estas herramientas. Se trata de averiguar el estado de conocimientos de la sociedad y de mejorarlo de forma precisa. No cabe duda de que esto exige prestar atención a los medios de información y a la formación.

La demanda de información acerca de los ADAS entre la población es muy elevada. Una gran parte de la sociedad se muestra también favorable a incluir en el futuro conocimientos sobre ADAS en la formación general de los conductores (tanto en la teoría como en la práctica). Casi un 60 % de los entrevistados estarían incluso dispuestos a participar en una medida de formación de medio día de duración sobre los ADAS.

Los alumnos de las autoescuelas de hoy serán, durante mucho tiempo, los usuarios activos de las vías. Si se tiene en cuenta que los vehículos nuevos están ya equipados con numerosos sistemas útiles de ayuda para el conductor, se comprende que los conocimientos teóricos y el uso práctico de los ADAS debe formar parte de la formación de los conductores. Aquí existe una clara necesidad de actuación.

Los sistemas de iluminación pueden contribuir a mejorar la seguridad vial

de más de 30 km/h. La variación en la cobertura de la colisión explica asimismo los resultados claramente peores de la prueba.

Conclusión: los asistentes de frenado de emergencia de los camiones que participaron en la prueba satisfacen sin duda las exigencias legales. Pero la comparación de las diferencias de configuración del sistema entre los distintos fabricantes y la efectividad de un frenado manual adicional muestran que las regulaciones actuales no aprovechan plenamente el potencial técnico de los equipos. Los sistemas también mostraron en parte marcadas interacciones relevantes para la seguridad en función del comportamiento del conductor. Por ejemplo, una supresión del frenado de emergencia a causa de una intervención del conductor, a pesar de que la situación de peligro seguía existiendo. Las diferencias de interpretación de las prescripciones legales entre los distintos fabricantes de vehículos —en concreto, la exigencia de que el conductor debe poder inhabilitar en todo momento los sistemas de asistencia a la conducción— pueden conducir a problemas serios, especialmente cuando los conductores de una empresa de transporte o de una flota de otro tipo alternan con frecuencia entre modelos de distintos fabricantes. Sería deseable un debate acerca de la unificación de la configuración de los sistemas.

Por lo demás, las pruebas de DEKRA revelan que la capacidad de rendimiento de los sistemas

disminuye claramente en caso de divergencias de la situación «estándar». Por ese motivo, los fabricantes deben realizar las pruebas necesarias para el desarrollo de las funciones en condiciones más variadas, y probar los sistemas en escenarios más diversos. En el futuro deberán incrementarse los requisitos legales, de manera que los sistemas puedan funcionar con mayor fiabilidad en situaciones reales del tráfico. Los cambios en los requisitos mínimos decididos a nivel de la ONU son un paso en la dirección correcta, pero tienen que ser traspuestos rápidamente a la correspondiente legislación.

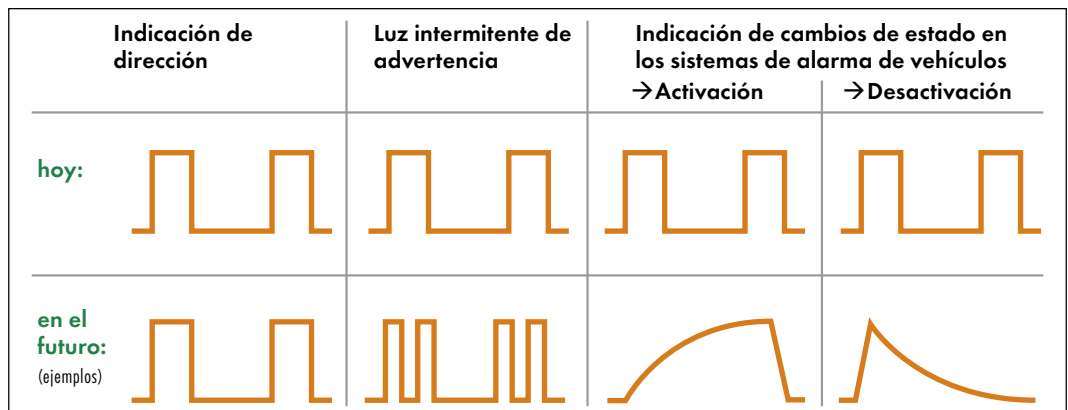
Ver y ser vistos

A medida que aumenta la densidad de tráfico en nuestras vías adquieren más importancia los dispositivos de iluminación y de señalización luminosa en los vehículos y sus remolques. Ver a los demás usuarios de la vía, ser visto por estos y poder comunicarse con otros conductores en caso necesario son aspectos de gran importancia para poder dominar situaciones complejas en el tráfico. Especialmente al conducir en la oscuridad resulta decisivo reconocer con rapidez y de forma inequívoca la imagen de un vehículo, así como sus características especiales de carrocería y tipo de uso.

En este contexto se plantearán desafíos adicionales en el futuro en relación con los vehículos de conducción parcialmente o totalmente automatizada. Con el fin de que esto pueda funcionar con fiabilidad —también en el tráfico internacional— no queda más remedio que definir de forma unificada el tipo, el número, el color y la posición de montaje de los dispositivos activos y pasivos de iluminación en los vehículos. Los primeros requisitos de validez general están recogidos en la «Convención internacional sobre la circulación vial» (Viena, 1968). En la actualidad, la fabricación y la comercialización de vehículos a motor y sus remolques están reguladas sobre todo por una serie de reglas mucho más detalladas y armonizadas a nivel internacional de la UE y de la CEPE.

Si bien los dispositivos de iluminación de los vehículos modernos incluyen con frecuencia soluciones llamativas de diseño y funcionales, deben estar siempre homologados en el marco de las disposiciones legales vigentes o actualizadas. En este ámbito, DEKRA sigue intentando impulsar el desarrollo de los dispositivos estándar convencionales de señalización luminosa, cuyo potencial no está plenamente aprovechado, de modo que ejerzan su cometido de forma aún más efectiva. Por ejem-

Es preciso estudiar de nuevo en los comités internacionales el potencial —no aprovechado hasta ahora— de optimizar las señales luminosas que deben o pueden emitir los vehículos, teniendo en cuenta las posibilidades técnicas nuevas y ampliadas para la representación de señales diferenciadas o armonizadas.



Fuente: Grupo de trabajo sobre tecnología en el marco del comité de dirección sobre seguridad vial en el Estado Libre de Sajonia

plo, en lo que respecta a la optimización de la señalización con ayuda de los intermitentes, como revelan los dos ejemplos siguientes.

El progreso hace posible nuevas mejoras

En el primer caso se trata de una emisión diferenciada de impulsos luminosos en función de la situación. Durante la década de 1990 se presentaron las primeras propuestas de modificación de las luces intermitentes de advertencia —implementando impulsos intermitentes dobles— para señalar mejor las de situaciones de peligro. Además de mejorar el efecto de advertencia, la secuencia optimizada de impulsos permite emitir diferentes señales luminosas.

En la actualidad, la luz intermitente amarilla puede señalar tanto un próximo cambio de dirección como una situación de peligro en general

(luces intermitentes de advertencia) y, desde hace poco, también un frenado de emergencia e incluso la activación o desactivación de la alarma antirrobo. Debido a la asignación de múltiples y diferentes funciones a los intermitentes, los especialistas de DEKRA consideran necesario establecer en el futuro diferencias entre las cuatro formas de señales. El impulso intermitente doble para la función de las luces intermitentes de advertencia ofrece una posibilidad clara de distinción y una mejora de la seguridad gracias a la señalización inequívoca en situaciones que se observan con frecuencia en el tráfico real, tanto fluido como en retenciones, si una parte del frontal o de la zaga del vehículo está oculta.

Salvar vidas con medios sencillos

El otro caso tiene como fin una visualización aún más patente de un cambio de carril, previsto o iniciado, así como de maniobras de cambio de dirección, en especial en los vehículos comerciales de gran tonelaje. El trasfondo es la pregunta siguiente, que se plantea con frecuencia en los comités responsables de la tecnología de iluminación de vehículos: ¿cómo se puede afrontar eficazmente mediante una señalización mejorada el grave peligro con el que siguen encontrándose los usuarios de la vía en dichas situaciones?

El Reglamento 48 de la ONU, en su apartado 6.5.3.1, contempla una posible solución a este problema. Desde el 8 de octubre de 2015, esta regulación exige como requisito para la homologación de nuevos modelos el equipamiento de los vehículos

En el futuro, la inspección técnica de los vehículos se basará cada vez más en los datos

Un hecho indiscutible es que, siempre que se implementan en un automóvil sistemas para conducción asistida y automatizada, debe garantizarse del mejor modo posible que estos equipos, al igual que los componentes mecánicos relevantes para la seguridad, funcionen con fiabilidad durante toda la vida útil del vehículo. Y es que solo así tendrán el efecto deseado. En consecuencia, las inspecciones periódicas de vehículos —que desde hace años se llevan a cabo en numerosos países de todo el mundo— tendrán en el futuro una mayor importancia que en la actualidad.

A la vista del papel cada vez más relevante que asumen el software, los sensores y las unidades de control para la seguridad de los vehículos, pronto ya no será suficiente con verificar el estado de la técnica, por ejemplo, cada dos años. A medio plazo será necesaria una inspección de los vehículos

basada en eventos y asociada a determinadas situaciones. A esto se añade el hecho de que, en el futuro, las actualizaciones del software y el firmware de los fabricantes de automóviles ya no se realizarán mediante cables en el taller, sino por vía inalámbrica «Over the Air». Es decir, un automóvil puede experimentar una renovación profunda en muy poco tiempo si se modifican en el marco de una actualización de software funciones de conducción relevantes para la seguridad integradas en los sistemas de asistencia a la conducción o funciones de conducción automatizada. Por otra parte, este tipo de actualizaciones «Over the Air» encierran un potencial considerable de riesgo, en primer lugar, los posibles ataques de piratas informáticos.

En el marco de la investigación de accidentes de tráfico, o de una transgresión de las normas de tráfico, será cada vez más importante esclarecer las causas y las responsabilidades. ¿Había una persona conduciendo el vehículo? ¿O el automóvil estaba controlado por un sistema automatizado? ¿Es posible que se haya producido un fallo en el sistema automatizado? Con el fin de poder examinar en todo momento de forma independiente todos los sistemas relevantes para la seguridad y la protección del medio ambiente durante el ciclo de vida útil completo del vehículo y poder identificar daños, fallos de funcionamiento y manipulaciones, asumiendo de ese modo sus funciones gubernamentales de acuerdo con la directiva de la UE 2014/45, las organizaciones de inspección técnica como DEKRA precisan un acceso directo, no restringido y exento de discriminación a los datos originales del vehículo relevantes para la seguridad y el medio ambiente, sin modificación alguna. Estos datos deben incluir asimismo el historial del vehículo.

Durante la inspección técnica periódica se detectan deficiencias técnicas en los vehículos, lo que reduce el peligro de accidentes.





En los ensayos con sujetos de prueba realizados por el departamento de investigación de accidentes de DEKRA se han puesto de manifiesto dificultades, en parte considerables, en lo que respecta al manejo de las funciones del vehículo.

comerciales largos y pesados, así como de sus remolques, con al menos tres intermitentes laterales adicionales de la categoría 5 o 6. La mejora de la señalización pretendida con esta medida puede alcanzarse en la actualidad también «si hay al menos tres luces de posición laterales de color amarillo auto intermitentes en fase y simultáneamente con las luces indicadoras de dirección del mismo lado del vehículo».



Este enfoque, aunque es eminentemente positivo, debe examinarse en relación con una mejora adicional de la seguridad de percepción óptica de esta señalización (de peligros). Por ejemplo, debe ponerse una fecha límite a la posibilidad de esta versión sustitutiva mediante luces de posición laterales intermitentes, teniendo en cuenta el progreso técnico, al igual que al uso de intermitentes de la categoría 5. Estos últimos intermitentes, con una intensidad luminosa prescrita de solamente 0,6 candelas, alcanzan una perceptibilidad claramente inferior que los intermitentes de la categoría 6, con una intensidad mínima de 50 candelas. En este contexto, DEKRA propone mejorar las luces de posición laterales (combinándolas en su caso, ya en la actualidad, con reflectores laterales) para convertir las luces de posición laterales compactas con función de intermitente plena e integrada mediante luces intermitentes de la categoría 6.

De esa manera, en combinación con el asistente de giro, los vehículos dispondrían en el futuro de un elenco de sistemas de prevención de peligros aún más eficaces y con mayor aptitud para salvar vidas, orientados tanto al conductor como a los usuarios de la vía sometidos a peligro.

Consecuencias de los modernos conceptos de manejo

El avance en la digitalización de la sociedad también se está viendo desde hace tiempo en los salpicaderos de los vehículos. Ahí donde hace pocos años predominaban los interruptores (giratorios) y los botones físicos con respuesta háptica para la interacción entre el conductor y el vehículo, se recurre en los vehículos más modernos a pantallas táctiles y superficies de interacción sensibles al tacto. Desde el punto de vista de

la investigación de accidentes se plantea la siguiente pregunta: ¿conduce este desarrollo a un incremento del riesgo en el tráfico rodado debido a las dificultades frecuentes para acceder a los elementos de mando, ocultos a veces en un sistema de menús, y debido a las distracciones resultantes de la búsqueda y la identificación de la función correspondiente?

Con el fin de encontrar respuestas a esta pregunta, el departamento de investigación de accidentes de DEKRA ha llevado a cabo una prueba con 80 personas, que debían asumir funciones de manejo relevantes para la seguridad en dos vehículos de prueba. A modo de ejemplo se seleccionaron dos generaciones de un mismo modelo con cifras de ventas y de matriculación elevadas en Alemania. De ese modo se aseguraba que los participantes en la prueba no tenían que enfrentarse a dos filosofías de manejo completamente diferentes. La antigüedad de los dos vehículos de pruebas difería en diez años (el modelo más antiguo era del año de construcción 2012 y el más moderno, del año de construcción 2022). Las pruebas se llevaron a cabo con el vehículo parado y el encendido conectado.

En la prueba aleatoria tomaron parte 35 mujeres y 45 hombres. El promedio de edad de los participantes era 36,5 años; un 50% de ellos tenía entre 29 y casi los 52 años de edad. En su mayoría, los participantes eran propietarios de vehículos matriculados a partir de 2015, más recientes que el vehículo de prueba más antiguo. Algo menos de

La cesión del mando a un sistema de control requiere un cambio radical de mentalidad

Prof. Dr. Markus Caspers

Profesor de Diseño y Medios, director del programa académico «Communication and Design for Sustainability» y del Centro de Competencia «Corporate Communications» en la Universidad de Neu-Ulm



La experiencia del usuario, denominada también **User Experience (UX)**, en el automóvil es desde hace algunos años un tema central del diseño del interior. A medida que avanza la automatización de los vehículos (hablamos aquí de la «conducción autónoma»), la transición de la condición de mero pasajero pasivo a una situación activa de conducción se convierte en un importante desafío. La configuración del habitáculo de los turismos, con volante, consola de instrumentos y dos filas de asientos en el sentido de la marcha ha sido un principio inamovible a lo largo de decenios.

La cesión del mando a un sistema de control en el marco de la conducción autónoma requiere un cambio radical de mentalidad y una confianza absoluta en la seguridad y fiabilidad de los sistemas. De forma similar a los interruptores de desconexión de emergencia habituales en las máquinas, es posible concebir determinadas áreas en las pantallas del habitáculo que se puedan activar de inmediato en una situación crítica y devuelvan a los pasajeros el control sobre el automóvil. Los sistemas de mando fónico basados en la inteligencia artificial moderarán el diálogo entre los ocupantes y el vehículo y actuarán como interfaz entre el hombre y la máquina.

También será necesario replantearse el diseño del interior. En el futuro, el habitáculo de un vehículo podrá modificarse mediante una aplicación y llegaremos a tener pantallas personalizables que ocuparán todo el interior. El automóvil asumirá una nueva función como ampliación de la vivienda, oficina móvil o refugio personal, y la UX se centrará en el bienestar y el confort de los ocupantes. En este contexto, uno de los mayores desafíos es diseñar la transición repentina de una zona de confort a un puesto de mando.

Si asumimos que, dentro de 20 años, no habrá muchas personas con permiso de conducir, pues este requisito se habrá vuelto obsoleto gracias a la extensa infraestructura de automóviles autónomos, ¿cómo puede garantizarse que, en caso de necesidad, alguien pueda asumir el mando manual del vehículo? Para los diseñadores el desafío consistirá en concebir una experiencia multimedia y multisensorial. Esto incluirá, por ejemplo, comandos mediante un asistente de voz y paneles de techo controlados por pantallas táctiles para configurar espacios variables de luz y color, incluyendo información sobre la conducción.

un 54 % de los participantes suelen recorrer más de 10.000 kilómetros al año, un 24 % entre 5.000 y 10.000 kilómetros, y cerca de un 11 % respectivamente conducen menos de 5.000 kilómetros anuales o no tienen coche.

Las diez tareas de manejo que debían realizar eran las siguientes:

1. Conectar el limpiaparabrisas y ajustar el nivel más rápido, o bien el intervalo de barrido más rápido disponible.
2. Conectar la ventilación del parabrisas en el nivel máximo.
3. Conectar la radio, seleccionar una emisora determinada y reducir a continuación el volumen de reproducción hasta cero.
4. Conectar la calefacción de la luneta trasera.
5. Conectar la luz de cruce.
6. Conectar los faros antiniebla y la luz antiniebla trasera.
7. Conectar el sistema de intermitentes de advertencia.
8. Accionar una vez las ráfagas de luz y conectar a continuación la luz de carretera.
9. Conectar la calefacción del retrovisor.
10. Reducir la temperatura en el vehículo en dos grados.

El usuario se siente en parte abrumado en el vehículo más moderno

En el vehículo más moderno, los participantes precisaron en promedio mucho más tiempo para asumir las tareas de manejo planteadas que en el modelo más antiguo. En parte, como en las tareas 2 a 5, más del doble de tiempo. Esto se debe presumiblemente al hecho de que la disposición de

Los conceptos de manejo modernos requieren con frecuencia una fase intensa de aprendizaje

Los botones de manejo en el nuevo vehículo se distinguen de la disposición acostumbrada. Por ejemplo, para ajustar el nivel más alto de la ventilación del parabrisas en el vehículo más moderno basta con activar una superficie sensible o bien un botón, pero estos botones táctiles se encuentran en el lado izquierdo del salpicadero, y no en la consola central, como es habitual en los modelos antiguos. En consecuencia, la mayoría de los participantes no los identificaron a primera vista, ya que en esta tarea dirigían su mirada en primer lugar hacia la consola central. Aquí podían conectar también el nivel más alto de la ventilación del parabrisas mediante el menú (de climatización) y sus submenús en la pantalla táctil, pero este proceso es mucho más complejo y requiere sobre todo concentrar durante más tiempo la mirada en la pantalla, lo que fomenta la distracción (en el tráfico real, distrae de las tareas de conducción).

En otros ejercicios, como por ejemplo el 1, el 7 o el 9, los participantes precisaron en el vehículo más moderno un tiempo similar o ligeramente inferior para el manejo. Pero esto se debía principalmente al efecto de aprendizaje de los participantes, resultante de los ajustes previos en el vehículo más antiguo. En la tarea 8 (activación de la luz de carretera) se apreció igualmente un efecto de aprendizaje. Este efecto fue en parte más acusado, ya que muchos participantes no sabían, o tuvieron que averiguarlo probando diversos mandos, que, de acuerdo con las disposiciones legales, la luz de carretera solo puede conectarse si está activada la luz de cruce o la luz de posición. Al tomar asiento en el vehículo más moderno ya conocían este hecho. **Gráfico 10**

Los participantes tenían un margen de 30 segundos para resolver cada una de las tareas de manejo. Si no lograban resolver la tarea en este tiempo, se cancelaba el intento. También en este caso, los resultados son significativos. El número de participantes que no fue capaz de resolver los ejercicios en el vehículo más moderno dentro del margen de 30 segundos es claramente mayor que el número correspondiente en el modelo más antiguo. También aquí destacan negativamente los ejercicios 2 a 4 en el vehículo más moderno (ventilación del parabrisas, radio, calefacción de la luneta trasera). La edad de los participantes no parece relevante en cuanto al tiempo necesario para solucionar las tareas de manejo. **Gráfico 11**

Un hecho interesante en la interpretación de los resultados es la clasificación de los participantes en usuarios privados de vehículos del mismo fabricante que el modelo de prueba o de otros vehículos. Se puso de manifiesto que los participantes que cumplen este requisito resolvieron

En muchos automóviles, el interruptor para las luces intermitentes de advertencia se encuentra en el centro del tablero de instrumentos, pero no en todos, ni del mismo modo.

en promedio con mayor rapidez la mayoría de las tareas en el vehículo más antiguo que los participantes que suelen conducir un vehículo de otro fabricante. En relación con el vehículo de pruebas más moderno, la imagen resultante es más equilibrada. Esto se debe, por un lado, a un cierto efecto de aprendizaje y, por otro, al concepto de manejo del vehículo más moderno, que planteaba dificultades a casi todos los participantes, ya que posiblemente se diferencia excesivamente de los modelos anteriores. **Gráfico 12**

Los más jóvenes se acostumbran antes al concepto moderno de manejo

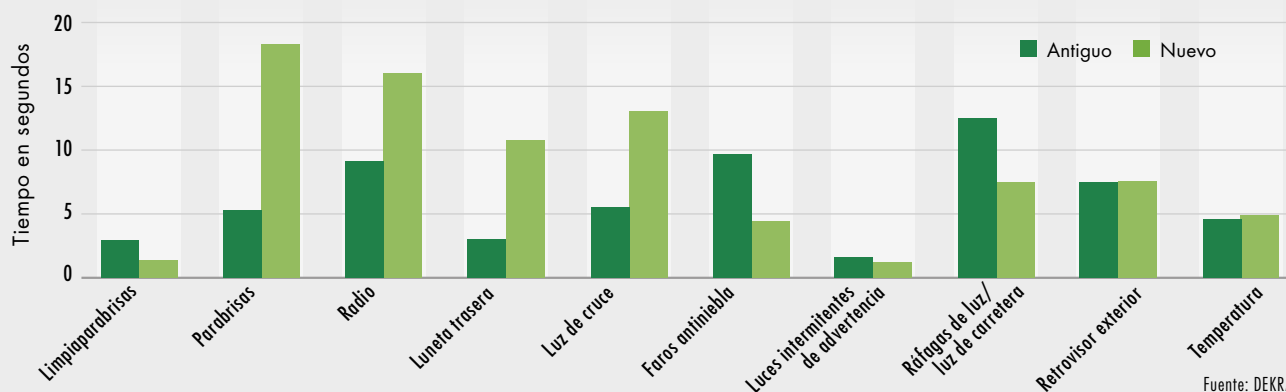
Al preguntarles qué concepto de manejo elegirían, la mayoría de los participantes se decantó por el del vehículo más antiguo. Un motivo para ello podría ser una cierta «Cognitive Overload» o sobrecarga cognitiva. Se designa con este término a la sobrecarga de la memoria funcional, debida en este caso concreto a las impresiones provocadas por el nuevo vehículo. En efecto, la mayoría de los participantes se sentían confusos a la vista del concepto de manejo del vehículo de pruebas más moderno. Algunos participantes se quejaron del tiempo de reacción de la pantalla táctil y de las superficies sensibles al tacto, así como de una falta de confirmación háptica, especialmente de las superficies sensitivas.

Los participantes consideran relativamente alto el esfuerzo de aprendizaje que exigen de los conductores los nuevos conceptos de manejo, especialmente si se trata de personas de edad. El nuevo concepto de manejo puede constituir un problema relevante para la seguridad, especialmente para las personas que tienen que utilizar gafas para leer. Sin estas gafas, estos usuarios no reconocen los elementos de mando y con ellas, no pueden supervisar el tráfico a su alrededor, pues ya no pueden ver bien a cierta distancia. Las propuestas de mejora de los participantes apuntan a una mezcla de ambos



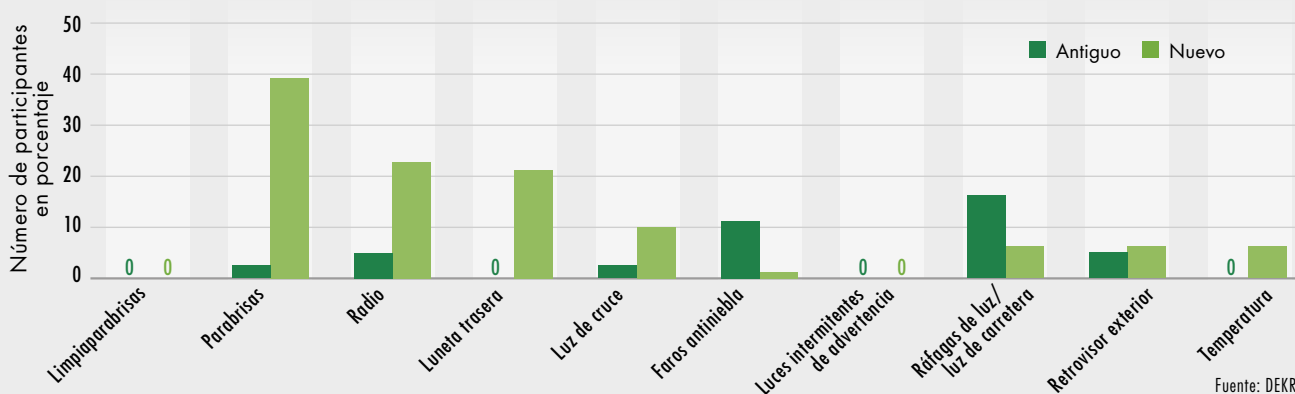
10

Tiempo necesario para cada tarea de manejo en promedio



11

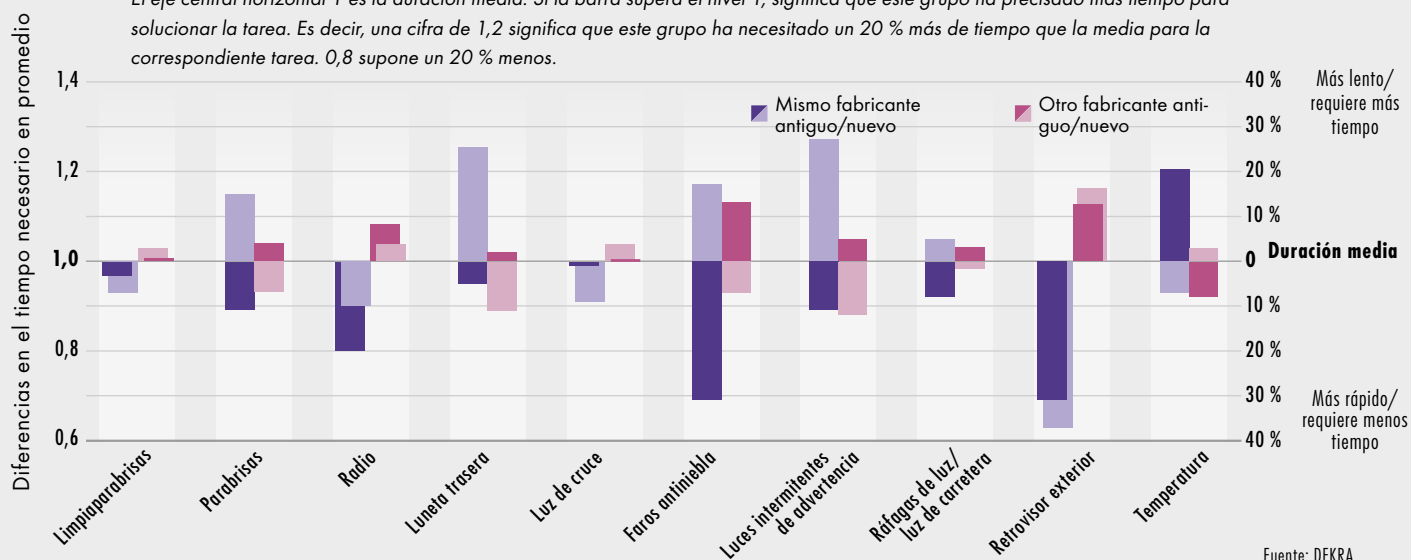
Participantes que necesitaron más de 30 segundos para la tarea de manejo o que no pudieron realizarla



12

Tiempo requerido en función del fabricante del automóvil utilizado habitualmente por el participante

El eje central horizontal 1 es la duración media. Si la barra supera el nivel 1, significa que este grupo ha precisado más tiempo para solucionar la tarea. Es decir, una cifra de 1,2 significa que este grupo ha necesitado un 20 % más de tiempo que la media para la correspondiente tarea. 0,8 supone un 20 % menos.





Parece necesario estandarizar con carácter urgente las funciones de manejo entre los distintos fabricantes, sobre todo en lo que respecta a los ajustes relevantes para la seguridad.

conceptos. Por ejemplo, puede conservarse la pantalla táctil, pero debería dejarse un botón giratorio convencional para regular el volumen de reproducción del sistema de sonido del vehículo.

Conclusión: a pesar de encontrarse en un vehículo detenido y bajo condiciones de pruebas, muchos participantes se sentían abrumados por el concepto de manejo del vehículo más moderno. Aunque la función fuera conocida, muchos participantes dejaban la mano demasiado tiempo sobre el botón táctil, de modo que se desconectaba y conectaba de nuevo la función, o se accionaban involuntariamente otros botones táctiles cercanos. En relación con las funciones y los ajustes relevantes para la seguridad se han acreditado los botones y los reguladores con confirmación háptica del accionamiento. Dado que esta confirmación falta en las superficies y pantallas táctiles —de modo que en la mayoría de los casos es necesario dirigir la mirada durante más tiempo al elemento de mando, como sucede al escribir en un smartphone—, aumenta el tiempo de distracción. También son más frecuentes los errores al introducir datos, porque es fácil tocar en el lugar incorrecto cuando las superficies son pequeñas, sobre todo durante la marcha. Con independencia

Superhéroes al servicio de la «Visión Cero»

Los maniqués para pruebas de choque o *dummies* se juegan literalmente su cabeza de acero y son imprescindibles en la investigación de accidentes y el desarrollo de los vehículos. Con el fin de lograr los mejores resultados posibles en las pruebas de choque es imprescindible que los «Anthropomorphic Test Devices», como reza la denominación oficial de los maniqués, reproduzcan con la mayor fidelidad posible a un sujeto de carne y hueso. Sin embargo, casi todos los modelos utilizados en la actualidad representan a un usuario típico de sexo masculino. El maniqué utilizado con más frecuencia, el Hybrid III (HIII50M), desarrollado en los años setenta y ochenta, corresponde

al varón promedio en aquella época con una estatura de 1,75 metros y un peso de 78 kilogramos.

No obstante, es un hecho que tanto entonces como hoy, los accidentes reales y, por tanto, los implicados en los siniestros, no corresponden siempre a este grupo de personas. La diversidad en cuanto a la estatura y el peso es enorme y está sometida a variaciones continuas. También las características corporales cambian a lo largo de la vida. Este aspecto es de gran importancia si se tiene en cuenta el cambio demográfico y el envejecimiento de la sociedad en muchas regiones del mundo. Al mismo tiempo, no se contemplan en absoluto las características del sexo femenino. Las mujeres tienen una complexión diferente a la de los hombres. Su anatomía, por ejemplo, se distingue en cuanto a la forma de la pelvis. También es frecuente que cuenten con una musculatura más débil en la zona de la nuca, y son en general más vulnerables en los brazos, las piernas, las muñecas y los tobillos, así como en el vientre. En consecuencia, el riesgo de lesiones durante un accidente de tráfico es muy diferente al de los hombres. Desde el punto de vista estadístico, las mujeres sufren además con mayor frecuencia de osteoporosis. El maniqué de mujer HIII5F utilizado hasta ahora se deriva directamente del modelo masculino HIII50M y representa más o menos una versión reducida a escala. En la actualidad, este maniqué corresponde más bien a una adolescente de 12 a 14 años

Los maniqués se juegan «la cabeza» en interés de la seguridad vial y albergan instrumentos de medición de alta sensibilidad.



de estos hechos debe constatar que, a pesar de las dificultades, las personas más jóvenes prefieren el manejo del nuevo vehículo, y están antes dispuestas a dedicar tiempo a aprender el nuevo concepto de manejo.

Esto se refleja también en los resultados de la encuesta realizada por el Instituto Forsa por encargo de DEKRA mencionada ya al comienzo de este informe. Según este estudio, un 90 % de los conductores consultados preferirían que las distintas funciones y los diversos sistemas se manejaran del mismo modo en vehículos diferentes o en los modelos de distintos fabricantes. Otros resultados interesantes de la consulta: un 86 % de los consultados, pertenecientes a todos los grupos de edad, no sabían espontáneamente cómo se accionan o utilizan determinadas funciones o sistemas en un vehículo que no conocen ni manejan, o lo hacen raramente. Esto afecta en especial al tempomat, al sistema de iluminación, al limpiaparabrisas y al sistema de navegación. Casi un 25 % de los consultados con dificultades de manejo de determinadas funciones y sistemas admitieron que,

debido a este hecho, se han distraído alguna vez al volante y se han encontrado en una situación crítica en el tráfico rodado.

En resumidas cuentas: los fabricantes de vehículos y los equipos de desarrollo tienen que afrontar un reto de gran importancia. Por un lado, el manejo debe ser tan intuitivo como sea posible y, al mismo tiempo, es preciso integrar continuamente nuevas funciones y posibilidades de ajuste en el concepto de manejo. Principalmente los ajustes relevantes para la seguridad, como los relacionados con la visibilidad y la iluminación, deben recibir una consideración especial y ser fáciles de reconocer. En líneas generales parece urgente lograr una mayor estandarización en las funciones de manejo y en la disposición de los elementos de mando. De ese modo, los conductores podrían acostumbrarse antes al manejo de vehículos de distintos fabricantes. Un mando fónico como opción alternativa no puede sustituir en todos los casos a un buen concepto de manejo, pero puede ser un buen complemento, siempre que el usuario esté acostumbrado a utilizarlo.

que a una mujer adulta. Para resolver este problema se está desarrollando en la actualidad un maniquí femenino completamente nuevo, que toma en consideración las particularidades anatómicas de este sexo. El THOR5F tiene en cuenta la menor masa muscular, las articulaciones más frágiles, la pelvis más ancha y los hombros más estrechos.

También se está desarrollando un maniquí para mujeres de edad avanzada. El «Elderly Female Dummy» debe representar a una mujer de 70 años con una estatura de 1,61 metros y un peso de 73 kilogramos. El futuro maniquí se distingue del maniquí actual por una distribución diferente de la masa corporal. Por ejemplo, es más pesado en las caderas. Durante los primeros ensayos de choque de DEKRA con un prototipo se han puesto de manifiesto diferencias relevantes en el comportamiento de este maniquí en comparación con el modelo actual de mujer HIII5F. Debido al mayor peso de la pelvis, el «Elderly Female Dummy» adopta una posición más profunda en la banqueta del asiento, y la sección de la correa del cinturón de seguridad que envuelve la pelvis se desliza hacia la zona del vientre, lo que encierra el peligro de lesiones graves. Al mismo tiempo, el tórax se desplaza menos hacia delante, lo que modifica las cargas que sufre la zona lumbar de la columna vertebral.

Otro modelo en fase de desarrollo es el llamado «Obese Dummy». Este ejemplar representa a ocupantes con sobrepeso, y pesa 124 kilogramos. DEKRA ha llevado ya a cabo las primeras pruebas de choque con un prototipo. La evaluación de los datos de medición todavía no ha finalizado, pero los primeros análisis muestran que el maniquí lleva al límite a los sistemas de retención. El cinturón de seguridad no puede retener de forma adecuada a un «Obese Dummy» en el asiento del conductor, de modo que las piernas del maniquí chocan con violencia contra el tablero de instrumentos, origi-

Resumen de los datos

- No existe ningún sistema que capaz de desafiar los límites de la física.
- Numerosos adelantos técnicos alcanzados en el siglo XX, como los neumáticos radiales, el freno de disco, el servofreno y la servodirección han ido abriendo camino a la eficacia que presentan hoy en día los sistemas para la protección de los ocupantes y de otros participantes en el tráfico.
- Un mínimo desajuste de los sensores, que ni el conductor ni los sistemas del vehículo son capaces de detectar, puede conducir ya a una anomalía de funcionamiento que ponga en peligro la seguridad.
- Los distintos asistentes de frenado de emergencia de los camiones satisfacen las exigencias legales, pero las diferencias de calidad entre los distintos sistemas brindan un elevado potencial de desarrollo para el futuro.
- Los intermitentes convencionales del vehículo deben mejorarse con el fin de que se aprecie con mayor claridad el efecto de señalización pretendido.
- La inspección técnica de los vehículos dependerá cada vez más de los datos memorizados en el vehículo o en su historial virtual.
- La falta de una confirmación háptica en las pantallas táctiles de los vehículos modernos conduce a un aumento de las distracciones, pues el conductor tiene que dirigir la mirada hacia la pantalla durante más tiempo.
- Dado que cada fabricante puede definir por sí mismo en qué consiste un guiado intuitivo del usuario durante el manejo del vehículo con ayuda de una pantalla táctil, se aprecian diferencias notables en los sistemas de menús y en la denominación de las funciones. Si se conducen vehículos de diferentes fabricantes (coches de alquiler, *car sharing*, etc.), es de esperar que se produzcan problemas.



Digitalización, interconexión y conformidad con las normas

La conducción automatizada conlleva una serie de desafíos en materia de regulación e infraestructuras que se deben abordar cuanto antes. Estos abarcan tanto cuestiones relacionadas con las tecnologías de comunicación y la ciberseguridad, como regulaciones legales, la construcción de la red viaria y la detección de señales de tráfico o el papel de un «supervisor técnico» que controle el funcionamiento de los vehículos totalmente automatizados.

La información proporcionada en los capítulos anteriores ha dejado claro que la interconexión inteligente y la digitalización dentro y fuera del vehículo serán cada vez más importantes en el futuro. Los vehículos se comunicarán entre sí (Vehicle to Vehicle, V2V) y con la infraestructura (Vehicle to Infrastructure, V2I), por ejemplo, con semáforos o sistemas de gestión del tráfico. Una de las ventajas decisivas de la comunicación del vehículo con otra instancia (Car-to-X Communication) es que puede informar y advertir al conductor en cuestión de fracciones de segundo de situaciones de peligro que puedan surgir a lo largo de la ruta, incluso cuando el conductor no puede visualizar todavía dichos peligros. Durante la conducción altamente o totalmente automatizada, el vehículo podría en estos casos incluso frenar o cambiar de carril de forma autónoma a fin de evitar la zona de peligro, manteniendo una distancia adecuada y sin que tenga que intervenir el conductor. De la movilidad interconectada se beneficiarán también en gran medida los usuarios vulnerables de la vía pública, como los peatones y los conductores de vehículos de dos ruedas.

Para garantizar que sea así y poder poner a disposición la conectividad necesaria para ello, se requieren las correspondientes tecnologías de comunicación. Entre estas se cuentan las tecnologías estándar de corto alcance para usos generales (Bluetooth, Wi-Fi, Wireless Power, Near Field Communication, etc.), la comunicación móvil (GSM, UMTS, LTE y todas sus variantes) y las tecnologías desarrolladas especialmente para la interconexión de los vehículos. A este grupo per-

Carretera conectada vs. carretera humanizada

Jacobo Díaz Pineda

Director General de la Asociación Española de la Carretera (AEC)



Digitalización, conectividad, automatización, ciberseguridad... son conceptos que hoy están presentes en cualquier debate. En las infraestructuras viarias, estas nociones confluyen, planteando una realidad que está llamada a marcar la auténtica transformación de la movilidad de viajeros y mercancías.

La movilidad conectada y autónoma, así como la digitalización de las infraestructuras, ocupan actualmente el plano central de esa revolución digital. La implantación del 5G abre un nuevo marco de oportunidades, que pivota sobre la conexión entre vehículos y de éstos con la infraestructura, y que generará una ingente cantidad de datos gracias a los que será posible la gestión dinámica de la información del tráfico y de la red viaria.

Aunque todavía queda camino por recorrer, existen numerosos proyectos que han logrado superar la fase de aplicación piloto y que dan sus primeros pasos ofertando nuevos servicios. Y, en este contexto, la interacción entre la tecnología y el usuario es prioritaria, razón por la que es indispensable que vehículo e infraestructura evolucionen de manera acompasada; solo así se conseguirá satisfacer las demandas de movilidad teniendo muy presentes los objetivos de sostenibilidad y seguridad.

Aceptación social de los sistemas de ayuda a la conducción, confianza en soluciones de movilidad conectada o aceptación de la movilidad autónoma son solo algunos de los ámbitos en los que es preciso profundizar para garantizar el éxito de todos estos desarrollos tecnológicos.

Sin olvidar, por supuesto, la ciberseguridad. Recientemente, el Foro Económico Mundial calificaba en su Informe de Riesgos Globales 2022 la cibervulnerabilidad como uno de los grandes riesgos de los próximos años, poniendo sobre la mesa la necesidad de cooperación entre los gobiernos para controlar esos riesgos de manera coordinada y sin fisuras.

La digitalización de la movilidad es hoy un hecho; avanzar hacia su humanización y máxima efectividad es imprescindible y ha de poseer carácter prioritario para quienes tienen la responsabilidad de adoptar este tipo de decisiones. Porque los usuarios somos y seguiremos siendo personas.

tiene, por ejemplo, el estándar WLAN IEEE 802.11p o el estándar de telefonía móvil C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) basado en 4G o 5G. El estándar 802.11p desarrollado en 2010 por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) utiliza WLAN, una tecnología adecuada para la comunicación en tiempo real con un alcance de unos pocos cientos de metros. C-V2X es un estándar de 3rd Generation Partnership Projects (3GPP) para la interconexión del tráfico. Esta tecnología permite una comunicación directa sin necesidad de utilizar la red de telefonía móvil, así como la comunicación basada en red. Para la comunicación directa se utiliza una gama de frecuencia en el espectro de 5,9 gigahercios. Todavía no se sabe qué estándar se acabará imponiendo, aunque el C-V2X se perfila actualmente como favorito. Estados Unidos y China ya han apostado por este estándar.

Un aspecto importante en este contexto es la cobertura fiable de señal. Al fin y al cabo, la mayoría de las aplicaciones en el ámbito

de la interconexión de vehículos («Connected Cars») depende en gran medida de una comunicación fiable. En el caso de las aplicaciones que no son relevantes para la seguridad, la pérdida de cobertura de señal no resulta un factor crítico y el usuario puede determinar fácilmente si dispone o no de conectividad. Sin embargo, los servicios o aplicaciones relevantes para la seguridad, como eCall, deben emitir advertencias que informen al usuario de una posible interrupción de la comunicación. El sistema debe ser asimismo capaz de poder restablecer automáticamente la función en cuanto la señal sea de nuevo estable.

Conectividad y transmisión de datos a prueba de manipulaciones

Teniendo en cuenta los elevados volúmenes de datos que generan los vehículos con sus numerosas unidades de control y sensores, el estándar de comunicación 5G cobra especial importancia como tecnología clave para la movilidad interconectada. Y es que el estándar 5G permite transmitir datos de forma considerablemente más rápida, fiable y en mayor cantidad que con el 4G. Mientras que el 4G (también LTE) solo puede transmitir datos a una velocidad máxima de 100 megabits por segundo, el estándar 5G alcanza una velocidad de 10 gigabits por segundo, y lo hace con una latencia máxima de tan solo un milisegundo. Si los vehí-

La forma en la que los sistemas procesan la información encierra todavía un gran potencial de desarrollo

culos deben compartir datos en tiempo real entre sí y con su entorno de forma permanente, este tiempo de retardo ultracorto se vuelve imprescindible. No obstante, llevará un tiempo hasta que esta tecnología se pueda implementar a gran escala. Ya que solo tendría sentido si se puede utilizar de forma generalizada y si se realizan las inversiones necesarias en la infraestructura general y vial.

Debido a la creciente interconexión de los vehículos, la protección contra la ciberdelincuencia se convierte también en un factor cada vez más importante. A fin de tratar de impedir ataques externos, desde julio de 2022 los fabricantes deben garantizar la seguridad contra manipulaciones de los sistemas de conectividad y transmisión de datos de todos los modelos de vehículos nuevos. Esta normativa se aplicará a partir de julio de 2024 a todos los vehículos nuevos de la Unión Europea y se basa en los reglamentos elaborados en 2020 por los miembros del «Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos» de las Naciones Unidas (CEPE WP.29). Según estos reglamentos, los fabricantes están obligados a utilizar un sistema de gestión certificado, tanto para la ciberseguridad (UN-R 155) como para las actualizaciones de software (UN-R 156) a lo largo de todo el desarrollo y la vida útil del vehículo.

Interpretación limitada de situaciones de tráfico complejas

Los desarrolladores de TI se enfrentan también a los desafíos monumentales que plantean las normas básicas de las distintas regulaciones legales en materia tráfico de cada país del mundo. El problema es

que las regulaciones correspondientes se deben implementar mediante instrucciones electrónicas del tipo «si X, entonces Y». Esto engloba también, por ejemplo, la exigencia de tener cuidado y prestar atención constantemente en el tráfico rodado, así como de evitar ocasionar daños, poner en peligro, obstaculizar o molestar a otros usuarios de la vía. La interpretación, por ejemplo, del Código de Circulación alemán (StVO) se basa en el conductor convencional y, considerando la variedad de soluciones individuales, presta una atención especial a los detalles. Las elevadas exigencias impuestas a la lógica de decisiones electrónica quedan reflejadas en dos ejemplos: el denominado precepto de conducción a la vista y el principio de confianza legítima.

El precepto de conducción a la vista obliga al conductor a garantizar que puede detener siempre el vehículo dentro de la distancia que puede abarcar con la vista. El principio de confianza legítima establece que todos los usuarios de la vía pueden confiar en que el resto de los usuarios respeta las prescripciones vigentes. En el mundo de la conducción totalmente automatizada, la conducción a la vista significa que el sistema de sensores del vehículo debe poder detectar en todo momento el alcance de visibilidad mínimo relativo, a pesar que su alcance está actualmente limitado, por cuestión de construcción, a unos 250 metros. Pero este es el requisito para poder adaptar la velocidad en la situación de tráfico respectiva. El alcance de visibilidad relevante puede verse afectado por el trazado de la carretera



Para poder adaptar la velocidad en función de la situación del tráfico, el sistema de sensores del vehículo debe poder mantener siempre el alcance de visibilidad actual de 250 metros.

ra, las condiciones meteorológicas, los vehículos que circulen por delante o restricciones ocasionales, como obras de construcción temporales o móviles.

Teniendo en cuenta el tiempo de reacción relevante para la automatización de unos 0,2 segundos, y considerando un margen de seguridad para condiciones marco desfavorables, los expertos en Alemania recomiendan por ello reducir de forma considerable la velocidad de marcha permitida en hasta un 20 % y aumentar la distancia de seguridad. Este escenario perturbaría la «armonía del flujo del tráfico»,

incitando a los conductores de vehículos convencionales, por ejemplo, a adelantar o posicionarse entre dos vehículos en circulación.

Además, son muchos los expertos en tráfico que critican que la tecnología actual todavía no es capaz de aplicar correctamente el procesamiento de la información necesaria para el principio de confianza legítima. En otras palabras, los sistemas actuales todavía no son capaces de descifrar e interpretar adecuadamente situaciones de tráfico complejas. Este hecho es catastrófico. Ya que, a pesar de que todos los usuarios de la vía pueden con-

fiar en que el resto de los usuarios respetan las disposiciones legales pertinentes, esta regla prevé la excepción autorizada por la legislación vigente de proteger a los usuarios de la vía más vulnerables, como los niños, los peatones o los ciclistas. Además, se observan infracciones inadmisibles a diario.

Errores de percepción de los sensores críticos para la seguridad

En consecuencia, los sensores y la tecnología de los sistemas que intervienen posterior-

Cellular-Vehicle-to-Everything: ha llegado la hora de beneficiarse de los desarrollos tecnológicos conseguidos

Más de seis años después de su constitución, la 5G Automotive Association (5GAA) sigue trabajando incansablemente para mejorar la seguridad de nuestras carreteras y la eficiencia del tráfico, así como para reducir las emisiones de CO₂.

La hoja de ruta de 5GAA recoge de forma clara las aspiraciones de la asociación: la tecnología C-V2X (Cellular-Vehicle-to-Everything) como eje sobre el que se centra nuestra actividad y el cumplimiento de varios hitos hasta 2030. Esta hoja de ruta C-V2X, actualizada a finales de 2022, es para 5GAA una referencia que guía nuestro compromiso y dedicación, a fin de hacer realidad una serie de casos de aplicación, entre ellos también aplicaciones de seguridad. Estos esfuerzos incluyen naturalmente las inversiones necesarias de los distintos actores del ecosistema 5G: fabricantes de automóviles, operadores de telecomunicaciones y operadores de red. 5GAA los reúne a todos para facilitar la implementación de la hoja de ruta.

Actualmente nos encontramos en una encrucijada, pues la tecnología existe desde hace años. Los vehículos están dotados, ya desde hace tiempo, de equipos de red de telefonía móvil, y hay una gran flota de vehículos interconectados en red en el mercado. A diario se introducen en el mercado nuevos modelos equipados con tecnología 4G y 5G. Con ello ya se ha efectuado parte de la inversión necesaria. Ha llegado el momento de sacar provecho de las tecnologías C-V2X desarrolladas y ampliar las funciones, desarrollar la infraestructura y seguir mejorando la fiabilidad de los casos de aplicación. Al igual que nuestra asociación, el ecosistema tampoco se queda estancado. Innovaciones como la comunicación directa 5G-V2X, la computación periférica o el uso de redes no terrestres muestran que no hay paralización alguna en el plano tecnológico. Todo lo contrario, la serie de innovaciones que tienen su origen en iniciativas como 3GPP (proyecto del que 5GAA está orgulloso de ser socio), deja entrever perspectivas muy prometedoras para aplicaciones en el sector de la automoción.

Sin embargo, las inversiones de la industria pueden no ser suficientes si no se dispone al mismo tiempo del marco reglamentario apropiado. El Estado debe garantizar el cumplimiento del principio de neutralidad tecnológica, a fin de que el ecosistema pueda tomar decisiones libremente. En última instancia y con las mismas condiciones se implementa la solución óptima según criterios meramente basados en el mercado. Nuestra asociación ha defendido siempre la colaboración entre el sector público y los actores del sector privado: desde el principio hemos pretendido promover el diálogo entre expertos y responsables de la toma de decisiones. 5GAA seguirá consultando a los operadores de las infraestructuras viarias para determinar las mejores prácticas y las recomendaciones más adecuadas. Alcanzar el consenso es una tarea de lo más complicada. Pero exactamente este intercambio es nuestra fuente de inspiración.

Johannes Springer

Director general de 5G Automotive Association



mente deben ser asimismo capaces de identificar de forma fiable a aquellas personas a las que no se aplica el principio de confianza legítima. La tecnología de los sensores debe ser también capaz de detectar correctamente posibles situaciones conflictivas, y pronosticar acertadamente cómo reaccionarán los usuarios de la vía. Pueden surgir situaciones conflictivas potenciales, entre otros lugares, en zonas de entrada y salida de aparcamientos y áreas de servicio, salidas de casas y terrenos, paradas de tranvías y autobuses o pasos de peatones. Las soluciones a estos problemas están todavía en un estado incipiente, por lo que existe aquí también una gran necesidad de investigación.

A ello se suma el hecho de que el principio actual de funcionamiento de la tecnología de los sensores y la lógica de decisión programada suelen generar errores. Un análisis de la Universidad de Londres de 2021 puso de manifiesto que en vehículos totalmente automatizados se produce un error de percepción de los

sensores críticos para la seguridad cada 288 millas. Las razones radican en deficiencias de hardware (componentes defectuosos, desgaste, manipulación, daños), en el reconocimiento de factores situacionales (por ejemplo, obras de construcción temporales o móviles), en la supervisión fiable de las condiciones del entorno a pesar de la perceptibilidad limitada (debido a condiciones meteorológicas como nieve, niebla o lluvia), así como en el deterioro de la infraestructura (baches o interrupción de las marcas viales de la calzada).

Además de una detección fiable de objetos, los sistemas de automatización deben también permitir conducir de forma previsible. El requisito para ello es una base de conocimiento accesible sobre la interacción de objetos individuales en distintas situaciones de tráfico y relaciones de movimientos como fundamento para la toma de una decisión de conducción adecuada. Esto se puede ilustrar con el siguiente ejemplo: cuando una pelota

rueda hacia la carretera desde una zona de visibilidad restringida, un conductor humano esperaría, debido a su experiencia, que poco después salga una persona de esa zona dispuesta a cruzar la carretera. Este escenario de tráfico requiere, además de evitar la colisión con la pelota, prestar atención a una persona que pueda aparecer de forma súbita, por ejemplo, un niño corriendo tras la pelota. Un vehículo automatizado incapaz de interpretar situaciones de tráfico de este tipo debido a la falta de conocimientos subyacentes, intentará únicamente evitar la colisión con la pelota, sin tener en cuenta que una persona puede aparecer de forma súbita en la carretera.

Comunicación comprensible entre los usuarios de la vía

A fin de poder cumplir la promesa de mayor seguridad que garantizan los vehículos automatizados, debe responderse asimismo

La ciberseguridad es un componente esencial de la seguridad vial

Uno de los problemas a los que se enfrentan Italia y los ciudadanos italianos afecta a la calidad de las carreteras urbanas e interurbanas. La seguridad vial es un tema preocupante al que se debería prestar mayor atención.

Ante este panorama resulta evidente que una mayor digitalización puede garantizar la mejora de la red viaria italiana. Por ello es crucial reconocer que la ciberseguridad constituye un componente esencial de la seguridad vial y no podemos dejarla de lado en la labor de desarrollo de la industria del automóvil. Este es el gran desafío al que se enfrentan todos los fabricantes de automóviles que son conscientes de que los vehículos cada vez más interconectados podrán ser víctimas de ataques cibernéticos.

Las instituciones y los usuarios particulares deben comprender que la carretera representa un peligro para la salud y la seguridad de la población, y que sería sensato adoptar todas las medidas viables para minimizar los riesgos asociados al uso de los vehículos motorizados. En un mundo altamente competitivo en el que las ciberamenazas se han convertido en un arma para fines ilegales y en un instrumento que puede ocasionar daños a terceros, la ciberseguridad será un factor realmente decisivo para la defensa y el fomento del bienestar y la libertad.

Este es un conocimiento indispensable, pues solo una protección efectiva y conjunta frente a los riesgos cibernéticos puede proporcionar la tranquilidad necesaria para poder navegar sin temor por el mundo digital. La seguridad digital, que está estrechamente relacionada con la seguridad vial, no puede seguir considerándose como un factor de coste, sino que representa una inversión social de intereses comunes. Su implementación hará que los ciudadanos, las empresas y las instituciones sean menos vulnerables a ataques malintencionados, reducirá los elevados costes sociales y económicos potenciales resultantes, y maximizará las ventajas y las oportunidades que brinda internet.

Prof. Giuseppe De Rita
Presidente de Centro Studi
Investimenti Sociali (Censis)



a la pregunta de cómo pueden interactuar estos vehículos en el tráfico mixto con usuarios vulnerables de la vía o vehículos convencionales. La interacción entre los usuarios de la vía plantea uno de los desafíos más importantes, pues, hasta la fecha, existen pocos conocimientos sobre cómo se desenvuelven en situaciones que requieren un comportamiento cooperativo, como pueden ser la incorporación en la autopista o la circulación en una intersección sin señalizar. En este tipo de situaciones dudosas, los gestos, las indicaciones específicas mediante contacto visual o una conducción defensiva y precavida pueden contribuir a aclarar la situación.

Al igual que en la comunicación cotidiana, en el tráfico rodado los conductores se comunican tanto de forma explícita como implícita. Nos comunicamos de forma explícita cuando formulamos un mensaje de forma clara e inequívoca. La comunicación implícita describe circunstancias que no se pueden entender por sí mismas, sino que se deben inferir por lógica. La comunicación explícita es poco frecuente o casi inexistente en el tráfico rodado. En cambio, la comunicación implícita, como los patrones y las dinámicas de movimiento de los vehículos, desempeña un papel importante para un comportamiento vial eficiente, especialmente para los peatones. Este hecho se demostró en un estudio de los Países Bajos en el que se observó que solo el 2,7 % de los peatones indicaron con gestos que querían cruzar la calle por un paso de peatones. No es habitual que los peatones y los conductores utilicen la comunicación explícita. Estos suelen guiarse más bien por «indicios», como la distancia, la velocidad o el comportamiento de frenado.

Un estudio de campo registró y analizó la interacción entre los conductores y los peatones en distintas ciudades europeas (n = 701 interacciones) y expuso que tan solo un 4 % de los conductores se comunicaron con los peato-

Las pantallas de visualización frontal (head-up displays) proyectan en el parabrisas información importante como, por ejemplo, las señales de tráfico.

La interacción entre los usuarios de la vía aumenta la seguridad

nes con gestos y menos de un 1 % lo hizo (de forma explícita) tocando la bocina o activando las ráfagas de luz. Tan solo un 6 % de los peatones indicaron con gestos que querían cruzar la calle. Por ello, el reconocimiento de la intención de los peatones de cruzar la calle constituye, especialmente para los vehículos totalmente automatizados, un proceso de percepción difícil de reproducir y que habrá que seguir investigando.

A fin de mejorar la comunicación, se están perfeccionando y optimizando distintas interfaces persona-máquina. Estas interfaces persona-máquina (HMI, por sus siglas en inglés) desempeñan distintas funciones, dependiendo del destinatario del mensaje. Existen HMI que transmiten mensajes a otros vehículos con información sobre el propio comportamiento o el estado (HMI externas o eHMI). Algunos ejemplos de eHMI son las luces de freno y los intermitentes. Otros prototipos se encuentran en fase de investigación y prueba, por ejemplo, proyecciones en la carretera, franjas luminosas o pantallas. Puesto que la mayoría de estas eHMI no corresponden a ningún estándar ni a requisitos mínimos, se constatan varias áreas problemáticas. No se sabe, por ejemplo, qué colores son más idóneos, cuál es el mejor lugar para colocar las eHMI y

Continúa en la página 76 »



Consideraciones jurídicas sobre los contenidos básicos del art. 1d de la Ley sobre el transporte por carretera de Alemania (StVG)

Prof. Dr. jur. Dieter Müller

Director del área de estudio de transporte de la Escuela Superior de Policía de Sajonia (FH) en Rothenburg/Alta Lusacia y Presidente del órgano técnico consultivo del Consejo alemán de seguridad vial (DVR)



Dicen que la conducción automatizada y autónoma es el futuro de nuestra movilidad automotriz, pero ¿qué oportunidades brinda realmente esta nueva y revolucionaria forma de movilidad y cuáles son sus límites? En cualquier caso, la autoridad legislativa y reglamentaria ya ha hecho grandes progresos en el aspecto normativo y ha definido (por el momento) las condiciones marco de la legislación en materia de tráfico. ¿En qué grado y alcance? Las siguientes explicaciones intentan abordar estas preguntas.

«Consultar las leyes simplifica la búsqueda de justicia», reza el dicho entre los profesionales del Derecho. Pero esto no es totalmente cierto, pues los textos legales son con frecuencia difíciles de comprender por el complejo lenguaje que utilizan. Un ejemplo de ello es el art. 1d en relación con los «vehículos motorizados con función de conducción autónoma en zonas de operación definidas», que fue añadido recientemente a la Ley alemana sobre el transporte por carretera (StVG) y que entró en vigor el 28 de julio de 2021. En el primer apartado se define primero con carácter vinculante el concepto de «vehículo motorizado con función de conducción autónoma», es decir un vehículo motorizado de nivel 4. La ley exige que los vehículos motorizados con función de conducción autónoma sean capaces de asumir con la tecnología disponible la tarea de conducción de forma autónoma en zonas de operación definidas sin una persona que conduzca el vehículo.

Con el término «tarea de conducción» se entienden las distintas situaciones de conducción que deben afrontarse durante la marcha, por ejemplo, giros, adelantamientos o aparcamientos.

Para llevar a cabo estas tareas de conducción ya no se necesita una «persona que conduzca el vehículo». Al entrar en la zona de operación durante el proceso de la conducción autónoma, esta puede ocasionalmente asumir la posición de pasajero, el cual no es considerado un usuario de la vía, pues su comportamiento no es relevante para el tráfico. Solamente el comportamiento del vehículo de conducción autónoma es relevante para el tráfico. Esta noción queda reflejada con la expresión «de forma autónoma». El concepto de autonomía no debe entenderse en sentido humano, pues se trata siempre de una autonomía programada por personas y controlada técnicamente. En el «modo autónomo» del nivel 4 que nos concierne aquí, los automóviles pueden conducir de forma autónoma sin que sus conductores deban asumir el control; las funciones ejecutan la tarea de conducción correspondiente de forma semiautónoma. Decimos «semiautónoma» porque el software de los vehículos ha sido programado por el ser humano para prácticamente todas las tareas de conducción conocidas y concebibles, y porque solamente las personas con capacidad de tomar decisiones y actuar según su propia voluntad pueden actuar de forma realmente autónoma. Por consiguiente, no es realmente adecuado emplear el concepto «de forma autónoma» para automóviles programados, pues implica un ideal de política vial.

En virtud del art. 1e, apartado 2 de la StVG, los automóviles con función de conducción autónoma deben estar asimismo dotados del equipamiento técnico necesario. La normativa en cuestión recoge en nada menos que diez puntos los requisitos técnicos específicos que deben satisfacer los automóviles. Un elemento importante es la creación del nuevo rol de «supervisor técnico», que se describe en detalle en el art. 1d, apartado 3 de la StVG.

Normativas repletas de lagunas

El contenido del art. 1e, apartado 2 de la StVG se explica fácilmente. Se trata únicamente de una descripción detallada del campo de aplicación de los automóviles con función de conducción autónoma. La normativa complementaria del art. 7, apartado 2 de la directiva alemana de aprobación y uso de vehículos autónomos (AFGBV) del 24 de junio de 2022 establece que el propietario del automóvil es responsable de definir la zona de operación. Sin embargo, puesto que esta zona de operación todavía no ha sido aprobada por las «autoridades competentes» en virtud del Derecho del Estado Federado y de conformidad con el art. 7, apartado 2, frase 2 de la AFGBV, actualmente no existen experiencias prácticas.

Las nuevas normas deben regir, entre otros, los servicios de transporte de lanzaderas, facilitar el uso sin conductor de sistemas de transporte de guiado automático («People Mover») y autorizar el transporte sin conductor, por ejemplo, para aparcarse con vehículos

motorizados con modo dual en procesos de «Automated Valet Parking». La nueva legislación es esencialmente válida también para el transporte profesional de pasajeros en el transporte público. En su concepción actual, la conducción autónoma parece que no es (todavía) adecuada ni ha sido ideada para un uso privado, pues los propietarios particulares de vehículos se verían claramente abrumados por las obligaciones y los requisitos técnicos impuestos especialmente en el art. 13 de la AFGBV.

Sin duda alguna, las nuevas normas presentan siempre lagunas, algunas incluso preocupantes desde el punto de vista de la seguridad vial. Con ello sigue sin quedar clara la viabilidad futura del modelo del «supervisor técnico», que se presenta en el art. 1d, apartado 3 y se define en detalle en el art. 1f, apartado 2 de la StVG, que debe estar avalado por una persona física. Su tarea consiste en todo caso en la supervisión constante de la seguridad de la conducción autónoma, a fin de poder intervenir en cualquier momento en caso de que la técnica falle. No queda claro por qué esta persona podría reaccionar mejor desde el exterior que un supervisor que se encuentre dentro del vehículo con los pasajeros. Esto entraña asimismo riesgos considerables de sufrir posibles ataques cibernéticos en cualquier momento, ya que el vehículo está constantemente controlado y asistido por aplicaciones en la nube, y por consiguiente, está siempre conectado. Con ello aumentan también las oportunidades de sufrir ataques, como la extorsión a empresas responsables de suministrar este servicio en carretera.

Los requisitos específicos de la tarea del supervisor técnico se definen en el art. 14 de la AFGBV y además de establecer requisitos de aptitud personales y técnicos, describen ya un nuevo perfil profesional para el que todavía no existe ningún conjunto adecuado de candidatos. Teniendo en cuenta la descripción detallada de los requisitos profesionales parece inevitable la creación de una nueva carrera o una cualificación profesional equivalente.

Condiciones marco no definidas

El «estado de riesgo mínimo» de un automóvil con función de conducción autónoma definido finalmente en el art. 1d, apartado 4 resuelve, en sentido metafórico, nada menos que la cuadratura del círculo, utilizando distintos términos jurídicos imprecisos para intentar solucionar una situación de conducción de peligro que pudiera surgir. La Ley es deliberadamente imprecisa al exigir que «el automóvil debe reaccionar de forma adecuada», pues el concepto de la adecuación, tomado del Derecho constitucional, es tan complejo como la vida misma, y tiene más interpretaciones de las que las autoridades encargadas de aplicar el Derecho querrían. La norma describe incluso utilizando «por iniciativa propia» y «por iniciativa del supervisor técnico» dos de varios momentos iniciales posibles para la devolución de un automóvil a un estado de riesgo mínimo.

El lugar del espacio vial en el que esta intención debe traducirse en una acción responsable, es «un lugar lo más seguro posible», lo que podría ser cualquier lugar, considerando el complejo diseño de la

vía pública, y comportaría asimismo en la práctica que el vehículo debería frenarse hasta su detención desde la velocidad a la que estuviera circulando. El hecho de que este proceso se deba llevar a cabo «prestando la debida atención a la situación del tráfico» y «garantizando la mayor seguridad posible a los ocupantes del vehículo, otros usuarios de la vía y terceros», hace que su ejecución sea intencionadamente complicada y en última instancia sirve únicamente de cobertura jurídica normativa para el legislador.

Si no se lleva a cabo la definición necesaria de los factores determinantes, resulta prácticamente imposible interpretar el espectro de aplicación y la profundidad técnica que requieren las nuevas disposiciones legales. No cabe duda de que la nueva Ley de la conducción autónoma constituye un paso adelante en la dirección correcta y puede ser un elemento innovador para la mejora de la seguridad vial. No obstante, queda por ver cómo pondrán en práctica las instituciones y autoridades citadas en la ley y la normativa el nuevo enfoque, especialmente si se tiene en cuenta que los fabricantes de automóviles siguen progresando en el desarrollo de sus innovaciones técnicas.

Un intento legislativo para generar publicidad

No está clara, por ejemplo, la forma en la que debería validarse a lo largo de los años la capacidad de los automóviles automatizados y autónomos para reconocer a tiempo los peligros específicos y las mejoras necesarias, y asumir el control si es preciso a fin de garantizar la seguridad. También cabe la duda de si la Oficina Federal de Tráfico alemana (KBA) sería la institución adecuada desde un punto de vista técnico para supervisar de forma continuada la capacidad de la función de conducción autónoma en el marco de un seguimiento sobre el terreno. Las organizaciones familiarizadas desde hace décadas con la inspección técnica de vehículos en su condición de depositarios del poder público constituirían una mejor alternativa.

En el caso de que se constaten en tiempo real posibles fallos relevantes para la seguridad en el marco de un control continuo y obligatorio de la calidad, la KBA debe retirar sin dilación el permiso de circulación en caso necesario hasta que se demuestre que el fallo se ha subsanado mediante una actualización del hardware o del software. Además, considerando las tecnologías actuales, parece que en Alemania no es viable una conducción autónoma en núcleos urbanos debido a la complejidad de las interacciones con los usuarios «analógicos» de la vía, como los peatones y los ciclistas. La capacidad computacional necesaria para ello y el sistema de sensores del vehículo, dimensionado todavía para un uso con buenas condiciones meteorológicas, siguen siendo por el momento obstáculos infranqueables. Por ello, en mi opinión, hasta ahora nos encontramos aquí ante un mero intento legislativo para generar publicidad, el resultado del cual es todavía incierto en vista de las condiciones marco que están por resolver.

Nuevos desafíos ante la posibilidad de influir sobre el control de un vehículo desde fuera

» Viene de la página 73

qué soporte resulta más adecuado. Además, es preciso aclarar si las eHMI deben informar a otros usuarios de la vía de la propia intención o incluso si deben instarles a actuar. También es preciso definir un diseño universal que funcione con modos para personas con discapacidad visual y auditiva.

Puntos fuertes y débiles de la detección de señales de tráfico

Un componente importante de los sistemas de información inteligente es la detección fiable de señales de tráfico, que en la actualidad se lleva principalmente a cabo con técnicas de imagen o vídeo. Sin embargo, el método del reconocimiento de patrones a partir de datos gráficos no permite garantizar una clasificación que sea totalmente fiable. Además, las condiciones meteorológicas (nieve, niebla o luz solar deslumbrante), la ocultación por otros objetos (por ejemplo, la rama de un árbol), el vandalismo o el desenfoco por movimiento pueden provocar que el sistema no detecte con fiabilidad las señales de tráfico. Sin embargo, en estudios llevados a cabo con cuatro registros de datos europeos, como el «German Traffic Sign Recognition Benchmark», se muestra que los métodos actuales de clasificación alcanzan una fiabilidad de detección de entre el 95 y el 98 %. Esto corresponde prácticamente al rendimiento humano de casi el 99 %.

Un estudio chino elaborado en 2022 analizó los efectos que tienen las condiciones meteorológicas extremas en la detección de las señales de tráfico. En días con sol, paisajes invernales luminosos sin precipitaciones, así como en días nublados, el porcentaje de utilización y precisión de los algoritmos de detección era relativamente elevado y, en día soleados, se situaba entre aproximadamente el 82 y el 97 %. Sin embargo, los porcentajes en condiciones de lluvia, niebla y de noche, eran considerablemente bajos. De este modo, la precisión de la detección correcta de las señales de tráfico en condiciones de lluvia oscilaba entre el 22 y el 91 % en función de la luminosidad y el contraste, así como del tipo y la intensidad de la lluvia.

Los algoritmos para la detección de señales de tráfico son, por tanto, más efectivos cuando no reinan condiciones meteorológicas extremas. Los investigadores ya han desarrollado distintos sistemas que combinan varios métodos a fin de minimizar los efectos de cada causa típica de error, como el desenfoco por movimiento o las señales dañadas. Por ejemplo, el método de reconstrucción tridimensional puede detectar señales de tráfico dañadas y parcialmente ocultas en tiempo real, gracias a que el algoritmo se basa en la detección automática de señales de tráfico verticales a partir de nubes de puntos e imágenes, que son registradas por un sistema de mapeo móvil. Este método

de reconstrucción tridimensional alcanza una tasa de precisión global de casi el 98 %.

Control remoto mediante operación a distancia

La automatización del tráfico de automóviles y la creciente digitalización de nuestras áreas de la vida hacen que sea necesario desarrollar nuevos conceptos, sobre todo por lo que respecta a la movilidad urbana del futuro. En un posible escenario, las personas que viven en la periferia de una gran ciudad dejarían sus vehículos eléctricos estacionados en aparcamientos a las afueras de la ciudad. Ahí podrían subir a pequeños autobuses sin conductores («People Mover») que estarían a su disposición y recorrerían rutas de forma similar a los metros. En otro escenario, el concepto de los «People Mover» se trasladaría a la movilidad privada, de forma análoga a los taxis o los vehículos de alquiler. Toda la familia podría llegar así al aeropuerto de forma rápida y cómoda a bordo de un vehículo totalmente automatizado. Además de las lanzaderas totalmente automatizadas destinadas al transporte de personas, se están desarrollando y probando también distintos vehículos para el transporte de mercancías totalmente automatizados (los denominados robots de entrega y también camiones), y ya se han vinculado camiones de conducción totalmente automatizados con otras modalidades de transporte.

Se deben considerar diferencias significativas entre los vehículos totalmente automatizados en lo que se refiere al equipamiento de sensores, las dimensiones del vehículo y las velocidades de marcha, así como a los ámbitos de uso previstos. Por lo general, no existe ninguna opción de control y manejo dentro del



Los pequeños autobuses sin conductor, denominados «People Mover», serán cada vez más frecuentes en las carreteras.



Michael Kadow

Gerente de House of Logistics and Mobility (HOLM) GmbH

Transformar las ciudades para mejorar la movilidad

Si queremos que nuestras ciudades sean más habitables es necesario reinventar el tráfico del futuro. Aquí es donde entra en juego el proyecto «Campus FreeCity»: el proyecto —del que es responsable HOLM en calidad de líder del consorcio y que es subvencionado por el Ministerio de Tráfico e Infraestructura Digital y Transporte de Alemania— realiza investigaciones a escala de laboratorio sobre un ecosistema de movilidad y logística integral basado en vehículos autónomos. Los ocho socios del proyecto, procedentes de la comunidad científica y la industria, velan por que el enfoque holístico y sostenible tome en consideración todas las cuestiones esenciales desde un punto técnico, económico, ecológico y social.

El proyecto combina logística, movilidad y robótica para desarrollar nuevas soluciones para el tráfico urbano. El transporte de personas y mercancías, y los trabajos municipales en entornos urbanos se llevarán a cabo mediante una flota interconectada de vehículos robotizados autónomos que responden a una estructura modular para distintos usos. Gracias a una planificación de las rutas y una tasa de utilización de la flota optimizadas se podrá reducir el número de vehículos en las ciudades y los espacios dedicados al aparcamiento podrán servir para otros fines.

Para hacer realidad esta visión de nueva urbe, los preparativos para el espacio controlado de pruebas prosiguen a un ritmo galopante. A partir de otoño de 2023, en las instalaciones del estadio Deutsche Bank Park en Fráncfort se pondrán a prueba numerosos casos de aplicación, como el transporte de personas y mercancías, y trabajos municipales, como el mantenimiento de espacios verdes y la limpieza de calles. El espacio controlado de pruebas se concibe como un modelo de núcleo urbano simplificado, que se replicaría a continuación en un contexto urbano.

Con «Campus FreeCity» seguimos una estrategia orientada a transformar las ciudades para mejorar la movilidad y la logística, y reducir al mismo tiempo el tráfico, los atascos y las emisiones. Nuestro objetivo es conseguir ciudades que ofrezcan una buena calidad de vida a una sociedad sostenible y móvil.

propio vehículo. Se trata de un vehículo motorizado sin volante en el que no está previsto ni es posible que los pasajeros asuman el control. En Alemania ya se ha definido el marco jurídico para este desarrollo: en julio de 2021 entró en vigor la «Ley de conducción autónoma» aprobada por las dos Cámaras del Parlamento.

La ley se amplía con normas de ejecución y requisitos acordados en relación con las disposiciones de procedimiento sobre la concesión de permisos de circulación para vehículos motorizados con función de conducción autónoma, sobre la autorización de zonas de operación definidas, así como sobre exigencias y normas de diligencia debida para las personas que participen en la operación de vehículos motorizados dotados de función de conducción autónoma. Este extenso compendio de normas tiene como finalidad garantizar el funcionamiento seguro de los vehículos totalmente automatizados, incluso cuando el control técnico del vehículo no sabe cómo proceder, por ejemplo, en caso de que la circulación por la calzada se vea interrumpida por un obstáculo o una obra provisional. En estos casos, el problema debe solucionarse por control remoto mediante una operación a distancia.

Con el término «teleoperación» se entiende la posibilidad de influir sobre el control de un vehículo desde fuera del mismo. Los conceptos actuales de seguridad contemplan, especialmente en el campo de la conducción totalmente automatizada, la función de un teleoperador (humano) en un entorno de trabajo específico (el puesto de trabajo del teleoperador o un puesto de conducción). En este sentido es necesario diferenciar entre la asistencia remota («remote assistance») y la conducción remota («remote driving»). Por «remote assistance» se entiende la emisión de recomendaciones relevantes para el control del vehículo en función de la situación o la autorización o iniciación de maniobras de conducción (alternativas) realizadas por el propio vehículo. «Remote driving», en cambio, comprende el control (remoto) completo del vehículo por lo que respecta a la navegación, el seguimiento del trazado de la calzada y la estabilización.

La función del «supervisor técnico»

Como teleoperador, el correspondiente encargado deberá afrontar cometidos com-

pletamente nuevos, muy distintos al manejo manual (que ya conoce) desde el vehículo. En el compendio de normas para la conducción autónoma recientemente formulado en Alemania, esta novedosa actividad recibe el nombre de supervisor técnico («Technische Aufsicht»). Todavía no están claras las características estructurales del puesto de conducción de este supervisor técnico. En cualquier caso, el supervisor técnico debe poder recibir información sobre el tráfico desde el entorno (directo) del vehículo que maneja, si bien inicialmente tendría únicamente a su disposición equipos para la visualización indirecta (imágenes de las cámaras en monitores). La tecnología de transmisión de datos conlleva por lo general un control retardado del vehículo, que puede hacer disminuir significativamente la sensación y capacidad de control. En escenarios críticos del transporte aéreo que requieren un control de precisión del avión, se consideran aceptables retardos de 100 milisegundos en total como máximo. Un retardo superior a 240 milisegundos ya no permitiría garantizar el control del avión. Para poder transmitir información a esta velocidad se requiere —precisamente debido a la complejidad esperada de los datos necesarios de los

sensores— una infraestructura adecuada y libre de interferencias, por ejemplo, redes de telefonía móvil rápidas y seguras también en áreas rurales.

Para poder proporcionar al supervisor técnico de forma oportuna toda la información necesaria para un manejo a distancia seguro, es preciso disponer de un amplio conocimiento sobre los principios de la percepción humana y de la conducta intencionada en el marco de la nueva interacción entre la persona y la máquina. El supervisor técnico únicamente dispone, con retraso, de información limitada sobre el entorno del vehículo, la situación del tráfico y las acciones de los usuarios de la vía. En este capítulo todavía existe una gran necesidad de investigación. Puesto que el supervisor técnico se encuentra completamente fuera del circuito conductor-vehículo-entorno, cabe esperar que la conciencia situacional realista se desarrolle con un retardo significativo. De hecho, en determinados estudios se ha observado que el «remote operator» desarrollaba una conciencia situacional con un retraso de entre 29 y más de 162 segundos, en función del problema.

Además del problema de la toma de conciencia situacional retardada y sus consecuencias en la capacidad de actuación del supervisor técnico, tampoco queda claro hasta qué punto la legislación permitirá o preverá la supervisión y/o asistencia simultáneas de varios vehículos. En consecuencia, en este sentido se precisan normas que definan cómo debe llevarse a cabo la supervisión de otros vehículos en caso de que sea necesario asumir el control.

No cabe duda de que la comprensión y la interpretación de las condiciones objetivas de una tarea de conducción dependen en gran medida de la percepción actual, la información recibida durante la conducción, así como de la experiencia y las expectativas del conductor, y de factores situacionales. Como riesgo y efecto colateral potencialmente negativo debe asimismo considerarse el hecho de que, al igual que en un videojuego, el supervisor técnico no podrá sentir la gravedad de sus acciones. Esto puede repercutir en una reducción del sentido de la responsabilidad, pero sobre todo en malentendidos ocasionados por la mala interpretación de la información, por ejemplo, la velocidad, lo que puede acarrear trágicas consecuencias.

El trabajo del «supervisor técnico» podría ser el puesto del trabajo del futuro.

La conducción autónoma del futuro: consideraciones sobre la función del supervisor técnico

Prof. Dr. Sebastian Pannasch

Profesor de Psicología de la Ingeniería e Investigación Cognitiva Aplicada, Facultad de Psicología, Universidad Técnica de Dresde



El diseño de la movilidad del futuro es un tema de peso en los debates actuales. En este contexto destaca el desarrollo de la conducción autónoma, en el que todavía hay muchas cuestiones por resolver. En 2021, el Gobierno federal aprobó la Ley de conducción autónoma. Con ello, los vehículos autónomos pueden circular en zonas de operación de la vía pública definidas y aprobadas con anterioridad sin necesidad de que haya un conductor al volante. Un requisito para ello es la supervisión continua del funcionamiento del vehículo autónomo por parte de un supervisor técnico. Desde el punto de vista de la psicología de la ingeniería, las tareas del supervisor técnico plantean interesantes desafíos, pues abordan cuestiones esenciales de la interacción persona-máquina en un contexto de situaciones complejas: en intervalos de tiempo muy reducidos se deben tomar decisiones y ejecutar acciones relevantes para la seguridad. Ante este panorama, aspectos como la percepción de peligros, la complejidad de las tareas y la psicología laboral de la actividad del supervisor técnico desempeñan un papel especial.



La percepción de peligros requiere la detección de la información relevante de una situación, un conocimiento de las dificultades existentes y la determinación de las posibles acciones que se deben ejecutar. Por consiguiente, el supervisor técnico debe ser capaz de identificar la relevancia de cada elemento a fin de comprender la situación y poder así determinar las acciones que se deben adoptar, así como sus posibles consecuencias. Para que este proceso se lleve a cabo de forma fiable, es crucial que las tareas se procesen activamente. Pero el supervisor técnico desempeña más bien la función de un observador pasivo y puede acceder a una selección limitada de información. La percepción de los peligros se diferencia así en gran medida de la percepción de un conductor activo en términos de cantidad, calidad y desarrollo temporal y dinámico. Mientras que el control individual del vehículo requiere un procesamiento continuo de la información del tráfico, un supervisor técnico se ve súbitamente confrontado con un problema, sin haber participado previamente en el proceso. En este caso, la orientación se lleva a cabo a partir de parámetros relativamente abstractos, y es preciso realizar deducciones debido a la falta de información y eventos. La percepción de peligros del supervisor técnico puede entonces dar lugar a errores. La Ley es consciente de ello y lo tiene en cuenta, pues el supervisor técnico debe poseer un seguro de responsabilidad civil con límites de responsabilidad que corresponden al doble de los límites establecidos para vehículos convencionales (diez millones de euros en caso de daños personales y dos millones de euros para daños materiales).

La Ley de conducción autónoma todavía no aborda la cuestión de la complejidad de las tareas de forma adecuada. Por ejemplo, no quedan claras las tareas concretas que se deben asumir. La Ley contempla escenarios sencillos posibles, como saltarse un semáforo en rojo, y supone que los vehículos conocen los límites de sus sistemas y son capaces de devolver al vehículo a un estado de riesgo mínimo de forma autónoma. El límite de la capacidad de los

vehículos variará probablemente en gran medida y, debido a la complejidad de las tareas y situaciones, no se podrá alcanzar una fiabilidad máxima. En otras palabras, se automatizarán las tareas viables y aquellas que sean altamente complejas serán responsabilidad del supervisor técnico. Esta contradicción se describió ya en los años 80 del siglo pasado como una «ironía de la automatización». La asistencia que brinda la automatización comporta un cambio en el grado de fatiga mental: la falta de estimulación mental a largo plazo se interrumpe con breves periodos de sobreestimulación. Así, la conducción autónoma supone también riesgos fundamentales en el tráfico rodado. La visión de la disminución de la cifra de accidentes de tráfico queda reducida al absurdo, pues las causas de los accidentes se trasladan, pasando del error humano del conductor del vehículo al error humano del diseñador.

Desde un punto de vista de la psicología laboral, el diseño de la actividad del supervisor técnico debería permitir un trabajo adecuado para las personas. Para ello deben cumplirse los cuatro criterios humanos de ejecutabilidad, ausencia de riesgos para la salud, tolerabilidad (no causa perjuicios) y fomento de la personalidad. Los tres primeros criterios aseguran la prevención de la salud y, con ello, la conservación de las capacidades, y el cuarto garantiza el desarrollo personal. La organización del trabajo debería caracterizarse por puestos de contenidos completos, transparentes, significativos y saludables con un amplio margen de maniobra. Este diseño tiene un efecto inmediato en la seguridad, pues las actividades influyen de forma decisiva tanto en la productividad subjetiva como en el compromiso laboral. Los desarrollos técnicos y enfoques en el ámbito de la realidad virtual o ampliada pueden contribuir a que el supervisor técnico reciba una imagen lo más completa posible de la situación del tráfico, y a que la persona responsable pueda identificar la situación actual del tráfico más fácilmente.

Resumen de los datos

- La mayoría de las aplicaciones relacionadas con los «Connected Cars» dependen en gran medida de una comunicación fiable o de una cobertura de señal óptima.
- Debido a la creciente interconexión de los vehículos, la protección contra la ciberdelincuencia se convierte en un factor cada vez más importante.
- Los sistemas necesarios para la conducción autónoma todavía no son capaces de descifrar e interpretar adecuadamente situaciones de tráfico complejas.
- La interacción entre los usuarios de la vía plantea uno de los desafíos más importantes de la conducción totalmente automatizada.
- Diversos estudios demuestran que los algoritmos para la detección de señales de tráfico son más efectivos cuando no reinan condiciones meteorológicas extremas.
- Para poder proporcionar al supervisor técnico de forma oportuna toda la información necesaria para un manejo a distancia seguro, es preciso disponer de un amplio conocimiento sobre los principios de la percepción humana y de la conducta intencionada en el marco de la nueva interacción entre la persona y la máquina.

La tecnología al servicio del ser humano

Según la información proporcionada una y otra vez en las estadísticas y analizada en detalle en los capítulos anteriores de este informe, el ser humano es responsable de más del 90 % de los accidentes. No en vano, la industria del automóvil apuesta intensamente desde hace años por el uso de sistemas de asistencia a la conducción capaces de detectar de forma precoz situaciones de tráfico y de conducción críticas, advertir de peligros e intervenir de manera activa, en caso necesario.

Adicionalmente, las tecnologías clave de la movilidad 4.0 desempeñarán aquí un papel decisivo. Mediante una infraestructura inteligente y la interconexión de los vehículos o la comunicación entre los propios vehículos (Car-to-Car) y entre los vehículos y sistemas centralizados o descentralizados (Car-to-Infrastructure), estas tecnologías pueden contribuir además a disminuir el número de situaciones que pueden acabar en accidentes y con ello a seguir reduciendo la cifra de siniestros graves con víctimas mortales y heridos graves. Como valor añadido, la movilidad automatizada promueve al mismo tiempo la participación en la vida social de personas con limitaciones físicas y mentales o de personas con capacidades reducidas debido a la edad.

Podría decirse que se trata así de una situación en la que todos salen ganando. Pero esto es solo una cara de la moneda. Las inmensas expectativas que tenemos con respecto al aprovechamiento de un potencial de seguridad no utilizado mediante la tecnología y con respecto al avance digital van acompañadas de una serie de dudas sobre los posibles riesgos. En este sentido, es importante no perder de vista el sistema de movilidad en su conjunto y los efectos recíprocos que puedan derivarse, y considerar sobre todo la reorganización del papel del conductor en el circuito persona-máquina-entorno.

Además hay que señalar que todavía no existe un sistema técnico capaz de igualar al ser humano a la hora de reconocer la situación actual del entorno con precisión y derivar las conclusiones correctas. Esto se pone de manifiesto claramente con el ejemplo clásico de la pelota que cruza la calzada. Los sistemas del vehículo reconocen la pelota y calculan que esta ya no estará en el trayecto del vehículo cuando este llegue al punto en cuestión. El conductor sabe además que detrás de la pelota aparecerá súbitamente un niño. La comunicación con los demás usuarios de la vía funciona también mejor entre las personas. La persona mayor que indica sonriente con la mano que no es necesario que nos detengamos en el paso de cebra, estaría haciendo señas en vano a vehículos altamente automatizados.

En todos los desarrollos tecnológicos en el ámbito de la automoción no hay que olvidar además que la aceptación y el respeto de las normas de circulación correspondientes son pilares esenciales de la seguridad para todo tipo de participación en el tráfico. La participación en el tráfico requiere en todo momento precaución y consideración mutua. A fin de cuentas, el ser humano sigue siendo quien contribuye de forma decisiva a la seguridad en la carretera con su comportamiento.

Las exigencias de DEKRA

Factor humano

- A fin de garantizar la utilidad de los sistemas de asistencia a la conducción, los conductores deben estar mejor informados sobre el ámbito de aplicación correspondiente, así como sobre los límites de los sistemas y su manejo. Esta información debe estar disponible tanto para el conductor principal, como para conductores secundarios y adicionales del vehículo.
- El objetivo de una asistencia cooperativa, en la que la tecnología asiste a las personas compensando sus puntos débiles, debería prevalecer ante soluciones impulsadas por la tecnología que solo precisan la intervención de las personas para solucionar errores («troubleshooter»).
- Los conductores deben ser conscientes de que son responsables del vehículo y la conducción, independientemente del número de sistemas de asistencia a la conducción que se utilicen y de lo que sugieran los mensajes publicitarios de algunos fabricantes.
- Un diseño del salpicadero eficaz desde el punto de vista ergonómico debe presentar la información correspondiente de forma oportuna, relevante, específica para cada situación y fácilmente comprensible.
- En el desarrollo de maniqués para simulaciones de accidentes y su implementación en las normativas, deben considerarse adecuadamente las diferencias en relación al sexo, la estura, el peso y la distribución del peso, la edad así como la postura.
- En lo que respecta a los estudios sobre la seguridad vial de las funciones de conducción automatizadas, debe prestarse mayor atención a que las personas siguen conduciendo sin cometer errores en muchas situaciones —sobre todo bajo condiciones meteorológicas difíciles—, mientras que los sistemas técnicos pueden fallar simplemente por tener los sensores sucios.
- Los proveedores de *car sharing* y patinetes de alquiler, entre otros, deberían elaborar ofertas que no se basen en el tiempo de uso como factor de coste. De este modo, los usuarios pueden dedicar el tiempo necesario a familiarizarse con el equipamiento y el manejo del vehículo antes de iniciar la marcha. También durante la conducción, la expresión «el tiempo es oro» es contraproducente para la seguridad vial.
- Los conceptos en los que los vehículos totalmente automatizados están supervisados por un centro de control y el personal puede asumir a distancia el control del vehículo en determinadas situaciones (supervisor técnico) plantean exigencias muy elevadas al personal. El perfil de la actividad debe analizarse adecuadamente para establecer las cualificaciones necesarias e introducir las medidas de formación y apoyo correspondientes.



Tecnología



- También en los sistemas actuales de seguridad activa y pasiva es necesario aprovechar consecuentemente el potencial que ofrecen para evitar accidentes o atenuar las secuelas de un accidente. La automatización no es una panacea.
- La operatividad de los componentes mecánicos y electrónicos de la seguridad del vehículo debe garantizarse a lo largo de toda su vida útil y comprobarse sistemáticamente en el marco de la inspección técnica de los vehículos. La información necesaria para ello debe ponerse a disposición.
- Los sistemas altamente automatizados de los vehículos motorizados deben ser capaces de descifrar e interpretar adecuadamente también situaciones de tráfico complejas, incluida la interacción con otros usuarios de la vía, como ciclistas, peatones y niños, entre otros. Las investigaciones futuras deben centrarse por ello también en la comunicación entre los usuarios de la vía.
- El momento en el que un sistema asume o deja de asumir la tarea de conducción debe indicarse claramente al usuario que está sentado al volante.
- Hay una necesidad urgente de estandarizar las funciones de manejo relevantes para la seguridad entre los distintos fabricantes, en lo que respecta a la disposición, la ubicación y el manejo de los elementos de mando en el salpicadero del vehículo. Estas funciones de manejo deben poder ajustarse fácilmente mediante elementos de mando convencionales con respuesta háptica, considerando asimismo un posible fallo de la pantalla táctil.
- En lo que respecta al alcance de las funciones de mando disponibles para la seguridad y el confort, las pantallas modernas de gran formato deben hacer una distinción entre los modos correspondientes de la conducción asistida o automatizada (nivel 2 o nivel 3).
- Puesto que las actividades no relacionadas con la conducción a bordo de un vehículo automatizado están asociadas a un elevado riesgo de accidente en caso de ser necesaria la asunción del control de vehículo, deben preverse conceptos de diseño unívocos e integrales, tiempos de respuesta adecuados, solicitudes de intervención oportunas y funciones de advertencia complementarias (por ejemplo, la activación de los pretensores de cinturón) que faciliten la toma del control del vehículo. Las correspondientes solicitudes de intervención del vehículo deben registrarse o documentarse adecuadamente para su posterior análisis.
- Debido a los nuevos diseños de asientos que podrían presentar los vehículos altamente automatizados, hace falta más investigación sobre el consiguiente cambio de los mecanismos de lesión, a fin de seguir garantizando la mejor protección posible de los pasajeros del vehículo.

Infraestructura y normas legales

- Los requisitos mínimos de los ámbitos operativos definidos por los fabricantes para los vehículos automatizados deben regularse de forma clara. Para ello es necesario establecer especificaciones mediante parámetros como la velocidad, el tipo de vía y las condiciones meteorológicas.
- Para poder satisfacer los requisitos de la transformación de la movilidad mediante una infraestructura que responda a un diseño seguro y orientado al usuario, es necesario también determinar la cifra de casos desconocidos de ciclistas y peatones fallecidos en accidentes en solitario, incluyendo los lugares del suceso.
- Es necesario reconsiderar detenidamente el sistema de estadísticas de accidentes de tráfico basado exclusivamente en notificaciones de accidentes de la policía en muchos lugares. También pueden tenerse en cuenta estadísticas de las compañías aseguradoras y mutuas sanitarias. Los criterios y procesos de registro deben además adaptarse regularmente a los requisitos actuales y a las posibilidades técnicas.
- En el ámbito de las estadísticas de accidentes deben aplicarse definiciones uniformes, que se correspondan con estándares internacionales en la medida de lo posible.
- Para la consecución de la «Visión Cero» deben identificarse de forma activa los puntos de peligro que deben ser eliminados lo más rápido posible mediante medidas comprensibles de construcción y/o de regulación del tráfico. En este contexto, es preciso tener en cuenta los requisitos de los sistemas de asistencia a la conducción modernos.



¿Alguna pregunta?

Sus personas de contacto en DEKRA

Inspecciones de vehículos

Florian von Glasner
Tel.: +49.711.78 61-23 28
florian.von.glasner@dekra.com

DEKRA SE
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart, Alemania

Investigación en materia de accidentes

Markus Egelhaaf
Tel.: +49.711.78 61-26 10
markus.egelhaaf@dekra.com

Andreas Schäuble
Tel.: +49.711.78 61-25 39
andreas.schaeuble@dekra.com

Luigi Ancona
Tel.: +49.711.78 61-23 55
luigi.ancona@dekra.com

DEKRA Automobil GmbH
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart, Alemania

Informes analíticos de siniestros

Michael Krieg
Tel.: +49.711.78 61-23 19
michael.krieg@dekra.com

DEKRA Automobil GmbH
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart, Alemania

Bases/procesos

André Skupin
Tel.: +49.357 54.73 44-257
andre.skupin@dekra.com

Hans-Peter David
Tel.: +49.357 54.73 44-0
hans-peter.david@dekra.com

DEKRA Automobil GmbH
Senftenberger Straße 30
01998 Kleitwitz, Alemania

Psicología vial

Dr. Thomas Wagner
Tel.: +49.357 54.73 44-230
thomas.wagner@dekra.com

DEKRA e.V. Dresden
Senftenberger Straße 30
01998 Kleitwitz, Alemania

Organismos internacionales

Walter Niewöhner
Tel.: +49.711.78 61-26 08
walter.niewoehner@dekra.com

DEKRA e.V.
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart, Alemania

Comunicaciones corporativas

Wolfgang Sigloch
Tel.: +49.711.78 61-23 86
wolfgang.sigloch@dekra.com

DEKRA e.V.
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart, Alemania

Nuestros servicios para una mayor seguridad

Vehicle Inspections



Claims & Expertise



Digital & Product Solutions



Industrial Inspection



Advisory & Training



Audits



Temp Work



AVISO LEGAL - Informe de seguridad vial 2023 de DEKRA «La tecnología y el ser humano»

Editor:

DEKRA Automobil GmbH
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart
Alemania
Tel. +49.7 11.78 61-0
Fax +49.7 11.78 61-22 40
www.dekra.de
Junio 2023

Editora responsable:

Uta Leitner

Dirección del proyecto:

Wolfgang Sigloch

Redacción:

Matthias Gaul,
Annika Zuske (red. jefe)

Maquetación:

Florence Frieser
Frank Haug
Oswin Zebrowski

Realización:

EuroTransportMedia
Verlags- und Veranstal-
tungs-GmbH
Corporate Publishing
Handwerkstraße 15,
70565 Stuttgart, Alemania
www.etm.de

Director de ETMcp:

Andreas Techel

Gerentes:

Bert Brandenburg
Oliver Trost

Créditos de las fotografías:

5GAA 71; Antonio Avenoso 9; Karl-Heinz Augustin 10, 12; Automóvil Club de Portugal 43; Wolfgang Bellwinkel 11, Alexander Berg 8; Hanno Boblenz 7; BMW 10; Brandenburg State Institute of Forensic Medicine (BLR) 23; Markus Caspers 63; Censis 72; Mark Chung 15; Daimler 7, 8, 9, 12; DEKRA 50, 56, 61, 76; DEKRA/Thomas Küppers 3, 38, 62 (2), 64, 66 (2); German Patent and Trade Mark Office 7; Press and Information Office of the Federal Government of Germany/Jesco Denzel 4, European Commission 7; Alexander Fischer 9; HOLM 77; Honda 10; KBA 12; KfV/APA: Juhasz 59; Hubert P. Klotzbeck | Bildfläche 35; Juan Carlos Ayago Merchan 37; Robert Michalk 74; Sebastian Pannasch 78; Privat 21, 47, 54, 69; Dorian Prost 16; Rodrigo Reyes-Audiovisual Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones 53; skrbdr 40; Vay 78; Getty Images/iStockphoto: anyaberkut 44, Berecko 5, 14, Boyloso 18, Chesky_W 55, dragana991 34, 80 felixmizoznikov 17, franc reporter 36, frantic00 24, hipotos35 52, 81, LeoPatrizi 22, metamorworks 5, 46, 68, 70, 81, nantonov 48, ollo 73, ricochet64 41, simonkr 42, Tramino 41; Michelin 7; Museum Kopenhagen 6; Volvo 7; Wikipedia/AlfvanBeem 6; Archive 6, 9.

Referencias bibliográficas

- ADAC e.V. (2022). Bedienkonzept: Ablenkungs- und Gefahrenpotenzial in der Fahrzeugbedienung. München.
- Ahmad, B. I., Langdon, P.M., Godsill, S. J., Hardy, R., Skrypchuk, L., & Donkor, R. (2015). Touchscreen usability and input performance in vehicles under different road conditions: an evaluative study. In Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI, 15), 47-54. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19 (6), 775-779.
- Becker, F., & Axhausen, K. W. (2017). Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. *Transportation*, 44(6), 1293-1306.
- Bengler, K., Rettenmaier, M., Fritz, N., & Feierle, A. (2020). From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving. *Information*, 11(2), 61.
- Biondi, F., Rossi, R., Gastaldi, M., & Mulatti, C. (2014). Beeping ADAS: Reflexive effect on drivers' behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 25, 27-33.
- Boggs, A. M., Arvin, R., & Khattak, A. J. (2020). Exploring the who, what, when, where, and why of automated vehicle disengagements. *Accident Analysis & Prevention*, 136, 105406.
- Carney, C., Harland, K. K., & McGehee, D. V. (2018). Examining teen driver crashes and the prevalence of distraction: Recent trends, 2007-2015. *Journal of Safety Research*, 64, 21-27.
- Cassarino, M., & Murphy, G. (2018). Reducing young drivers' crash risk: Are we there yet? An ecological systems-based review of the last decade of research. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 56, 54-73.
- Choi, H. S., Lee, M., & Lee, H. (2019). Two Faces of Car Sharing: An Exploration on the Effect of Car Sharing on Car Accident. 25. Americas Conference on Information Systems, Cancun.
- Dey, D., Habibovic, A., Lücken, A., Wintersberger, P., Pfleging, B., Riener, A., et al. (2020). Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 1-24.
- Dix, A., Helmer, J.R., Wagner, T., & Pannasch, S. (2021). Autonom und unfallfrei - Betrachtungen zur Rolle der Technischen Aufsicht im Kontext des autonomen Fahrens. *Journal Psychologie des Alltagshandelns / Psychology of Everyday Activity*, Vol. 14 / No. 2, ISSN 1998-9970, 5-18.
- Dixit, V. & Rashidi, T. H. (2014). Modelling crash propensity of carshare members. *Accident analysis and prevention*, 70, 140-147.
- Donges, E. (2015). Fahrerhaltensmodelle. In: Winner, H.; Hakuli, S.; Lotz, F.; Singer, C. (Eds.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (pp. 17-26). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Fastenmeier, W., Schlag, B., Kubitzki, J., Risser, R., & Gstalter, H. (2016). Hochautomatisiertes oder autonomes Fahren als wünschenswerte Zukunftsvision? Offene Fragen mit Blick auf die Mensch-Maschine-Interaktion. Positionspapier 03/2016 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. Berlin: DGVP.
- Fastenmeier, W. & Risser, R. (2020). Ergonomische Ansätze der Verkehrspsychologie - Verkehrspsychologische Grundlagen für die menschengerechte Verkehrsraum- und Fahrzeuggestaltung. Positionspapier 08/2020 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrspsychologie e.V. Berlin: DGVP.
- Fastenmeier, W. (2021). Die schöne neue Welt des automatisierten und autonomen Fahrens - der Mensch als Störfaktor? In Fastenmeier, W., Ewert, U., Kubitzki, J., & Gstalter, H. *Die kleine Psychologie des Straßenverkehrs - Mythen, Vorurteile, Fakten*. Bern: Hogrefe, 7-29.
- Fu, M.-Y., & Huang, Y.-S. (2010). A survey of traffic sign recognition. 2010 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 119-124.
- George, A. M., Brown, P. M., Scholz, B., Scott-Parker, B., & Rickwood, D. (2018). „I need to skip a song because it sucks”: Exploring mobile phone use while driving among young adults. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 382-391.
- Gershon, P., Sita, K. R., Zhu, C., Ehsani, J. P., Klauer, S. G., Dingus, T. A., et al. (2019). Distracted Driving, Visual Inattention, and Crash Risk Among Teenage Drivers. *American Journal of Preventive Medicine*, 56(4), 494-500.
- Gershon, P., Zhu, C., Klauer, S. G., Dingus, T., & Simons-Morton, B. (2017). Teens' distracted driving behavior: Prevalence and predictors. *Journal of Safety Research*, 63, 157-161.
- Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., & Bengler, K. (2013). „Take over!” How long does it take to get the driver back into the loop? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 57(1), 1938-1942.
- Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J. F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. *Human Factors*, 61(5), 774-792.
- Gruber, C. J., & Sammer, G. (2019). Erwartungen, verkehrspolitische Auswirkungen und Handlungsbedarf für automatisierte Fahrzeuge und Mobilitätsdienste. *Straßenverkehrstechnik Themenheft Automatisierte Mobilität*, 245-254.
- Guo, X. & Zhang, Y. (2022). Maturity in Automated Driving on Public Roads: A Review of the Six-Year Autonomous Vehicle Tester Program. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.
- Hayashi, Y., Foreman, A. M., Friedel, J. E. & Wirth, O. (2018). Executive function and dangerous driving behaviors in young drivers. *Transportation Research, Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 52, 51-61.
- Hasenjäger, M., & Wersing, H. (2017). Personalization in Advanced Driver Assistance Systems and Autonomous Vehicles: A Review. 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1-7.
- Hungund, A. P., Pai, G. & Pradhan, A. K. (2021). Systematic Review of Research on Driver Distraction in the Context of Advanced Driver Assistance Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2675(9), 756-765.
- Jannusch, T., Shannon, D., Völler, M., Murphy, F. & Mullins, M. (2021). Smartphone Use While Driving: An Investigation of Young Novice Driver (YND) Behaviour. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 77, 209-220.
- Jung, S., Park, J., Park, J., Choe, M., Kim, T., Choi, M., & Lee, S. (2021). Effect of Touch Button Interface on In-Vehicle Information Systems Usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 37(15), 1404-1422.
- Khan, A. B., Agrawal, R., Jain, S. S. & Choudhary, A. (2021). Review of distracted driving in young drivers: strategies for management of behavioural patterns. *International Journal of Crashworthiness*, 35(4), 1-13.
- Khattak, Z. H., Fontaine, M. D. & Smith, B. L. (2021). Exploratory Investigation of Disengagements and Crashes in Autonomous Vehicles Under Mixed Traffic: An Endogenous Switching Regime Framework. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(12), 7485-7495.
- Kidd, D. G., Cicchino, J. B., Reagan, I. J., & Kerfoot, L. B. (2017). Driver trust in five driver assistance technologies following real-world use in four production vehicles. *Traffic Injury Prevention*, 18, 44-50.
- Kita, E. & Luria, G. (2018). The mediating role of smartphone addiction on the relationship between personality and young drivers' smartphone use while driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 59, 203-211.
- Landau, K. (2002). Usability criteria for intelligent driver assistance systems. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(4), 330-345.
- Lee, Y. M., Madigan, R., Giles, O., Garach-Morcillo, L., Markkula, G., Fox, C., et al. (2021). Road users rarely use explicit communication when interacting in today's traffic: implications for automated vehicles. *Cognition, Technology & Work*, 23, 367-380.
- Li, R., Chen, Y. V., Sha, C., & Lu, Z. (2017). Effects of interface layout on the usability of In-Vehicle Information Systems and driving safety. *Displays*, 49, 124-132.
- Luo, H., Yang, Y., Tong, B., Wu, F., & Fan, B. (2018). Traffic Sign Recognition Using a Multi-Task Convolutional Neural Network. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(4), 1100-1111.
- Lyon, C., Mayhew, D., Granié, M.-A., Robertson, R., Vanlear, W., Woods-Fry, H. et al. (2020). Age and road safety performance: Focusing on elderly and young drivers. *IATSS Research*, 44(3), 212-219.
- Mayer, E., Sodl-Niederrecker, V., Trommet, M., Soteropoulos, A., Zuser, W., Schneider, F., Robatsch, K. & Berger, M. (2021). Carsharing-Nutzungsverhalten und Verkehrssicherheit. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 67(3), 147-157.
- Mathias, M., Timofte, R., Benenson, R., & Van Gool, L. (2013). Traffic sign recognition—How far are we from the solution? The 2013 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1-8.
- Müller, K., Reimann, C. & Wagner, T. (2018). Automatisiertes Fahren - Neue Anforderungen an die Kraftfahrtauglichkeit. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 3/2018, 228-238.
- Mutzenich, C., Durant, S., Helman, S., & Dalton, P. (2021). Updating our understanding of situation awareness in relation to remote operators of autonomous vehicles. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 6(1), 9.
- Parr, M. N., Ross, L. A., McManus, B., Bishop, H. J., Wittig, S. M. O. & Stavrinou, D. (2016). Differential impact of personality traits on distracted driving behaviors in teens and older adults. *Accident, analysis and prevention*, 92, 107-112.
- Patel, S., Liu, Y., Zhao, R., Liu, X., & Li, Y. (2022). Inspection of In-Vehicle Touchscreen Infotainment Display for Different Screen Locations, Menu Types, and Positions. In: Krömker, H. (Eds.), *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. HCII 2022. Lecture Notes in Computer Science*, 13335. Springer, Cham.
- Pei, S., Tang, F., Ji, Y., Fan, J., & Ning, Z. (2018). Localized Traffic Sign Detection with Multi-scale Deconvolution Networks. 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 01, 355-360.
- Pitts, M. J., Skrypchuk, L., Attridge, A., & Williams, M.A. (2014). Comparing the User Experience of Touchscreen Technologies in an Automotive Application. In Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI, 14), 1-3. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.
- PrognosAG. (2018). Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte - Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit. Forschungsbericht erstellt im Auftrag des ADAC e. V. München.
- Rahman, M. M., Strawderman, L., Lesch, M. F., Horrey, W. J., Babski-Reeves, K., & Garrison, T. (2018). Modelling driver acceptance of driver support systems. *Accident Analysis & Prevention*, 121, 134-147.
- Rahman, M.M., Deb, S., Carruth, D., & Strawderman, L. (2020). Using Technology Acceptance Model to Explain Driver Acceptance of Advanced Driver Assistance Systems. In: N. Stanton (Eds.), *Advances in Human Factors of Transportation*, (44-56). AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, 964. Springer, Cham.
- Schlag, B. & Rößler, L. (2019). Car-sharing - Motive und Intentionen. *Report Psychologie* 45, 02/2019, 10-21.
- Sinha, A., Vu, V., Chand, S., Wijayarajna, K. & Dixit, V. (2021). A Crash Injury Model Involving Autonomous Vehicle: Investigating of Crash and Disengagement Reports. *Sustainability*, 13(14), 7938.
- Soilán, M., Riveiro, B., Martínez-Sánchez, J., & Arias, P. (2016). Traffic sign detection in MLS acquired point clouds for geometric and image-based semantic inventory. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 92-101.
- Ulrich, L., Nonis, F., Vezzetti, E., Moos, S., Caruso, G., Shi, Y., & Marcolin, F. (2021). Can ADAS Distract Driver's Attention? An RGB-D Camera and Deep Learning-Based Analysis. *Applied Sciences*, 11(24).
- Vogelpohl, T., Vollrath, M., Kühn, M., Hummel, T., Gehlert, T. (2016). Übergabe von hochautomatisiertem Fahren zu manueller Steuerung [Forschungsbericht Nr. 39]. Berlin, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
- Wali, S., Hannan, M. A., Husain, A., & Samad, S. A. (2015). Comparative Survey on Traffic Sign Detection and Recognition: A Review. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, 11(2), 40-44.
- Wilde, G. J. S. (1982) The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2 (4), 209-225.
- Winner, H., Hakuli, S., & Wolf, G. (Hrsg.). (2009). *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*, mit 45 Tabellen (1.). Vieweg + Teubner.
- Yu, B.-M., & Roh, S.-Z. (2002). The effects of menu design on information-seeking performance and user's attitude on the World Wide Web. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 53(11), 923-933.
- Zhang, B., de Winter, J., Varotto, S., Happee, R., & Mariens, M. (2019). Determinants of take-over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 285-307.
- Zhang, J., Zou, X., Kuang, L.-D., Wang, J., Sherratt, R. S., & Yu, X. (2022). CCTSDB 2021: A More Comprehensive Traffic Sign Detection Benchmark. *Human-Centric Computing and Information Systems*.
- Zhang, Y., Yang, X. J. & Zhou, F. (2022). Disengagement Cause-and-Effect Relationships Extraction Using an NLP Pipeline. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.



DEKRA
Handwerkstraße 15
70565 Stuttgart
Alemania
Teléfono +49.711.7861-0
Fax +49.711.7861-2240
dekra.com