

E-BOOK

# Conducción autónoma

¿Oportunidades para una movilidad segura, eficiente y sostenible para todos?

---

Perspectivas, necesidad de actuación y de regulación

# Índice

<b>Sobre el autor .....</b>	<b>3</b>
<b>Presentación IKEM .....</b>	<b>4</b>
<b>Introducción: La ciencia ficción ha llegado a nuestras calles .....</b>	<b>5</b>
¿Cómo se ha desarrollado la conducción autónoma en los últimos años? .....	6
Status quo: Conducción autónoma hoy .....	7
<b>Trasfondo: ¿Qué son los vehículos con funciones de circulación autónoma? ....</b>	<b>9</b>
Autónomo significa por cuenta propia e independiente del conductor .....	11
El nivel de automatización no excluye nada .....	12
Las personas siguen siendo responsables del sistema .....	15
Las tecnologías detrás de la autonomía .....	16
Programas informáticos potentes e inteligencia artificial .....	24
Conducción manual, automatizada y autónoma. ¿Qué significa eso? .....	28
La conducción autónoma necesita una legislación propia .....	36
<b>Objetivo: Movilidad más sostenible, segura y eficiente para todos.....</b>	<b>40</b>
Las oportunidades para el tráfico y el mercado laboral .....	41
Las posibilidades para la sostenibilidad .....	46
Los riesgos de un uso incorrecto de los datos y oportunidades de acceso .....	50
<b>Conclusión: ¿Una nueva era para la movilidad? .....</b>	<b>51</b>
Previsión para el tráfico individual .....	53
Previsión para vehículos industriales y medios de transporte corporativos .....	54
Proyectos nacionales e internacionales para vehículos con conducción autónoma .....	56

# Sobre el autor

Siguiente capítulo ↻



As. jur. Matthias Hartwig, es abogado y ponente del Instituto para la Protección climática, Energía y Movilidad (Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität, IKEM) desde 2011. Desde 2014 es jefe de un equipo de movilidad. En sus proyectos se ocupa, entre otras cosas, de las cuestiones jurídicas de la movilidad. Entre ellas destacan las siguientes áreas:

- ley de la normativa energética, derecho de viabilidad y código de circulación
- derecho de planificación
- modelos de incentivos y modelos de financiación en el ámbito de la movilidad
- marco mercantil de la movilidad (especialmente normativa sobre ayudas estatales, legislación sobre contratación y normas antimonopolio)

Su equipo y él están investigando cuestiones jurídicas, económicas y sociales relacionadas con vehículos con función de circulación automatizada o autónoma en una gran variedad de proyectos:

➔ [www.ikem.de/en/team/matthias-hartwig](http://www.ikem.de/en/team/matthias-hartwig)

# Presentación IKEM

Siguiente capítulo ↻

El Instituto para Protección climática, Energía y Movilidad (IKEM, por su nombre en alemán) investiga como asociación independiente, sin ánimo de lucro e Instituto de la Universidad de Greifswald sobre temas clave en vías a un orden social y económico sostenible. Se basan en una perspectiva interdisciplinaria, integradora e internacional. Los temas centrales de la investigación del IKEM son:

- ampliación de las energías renovables
- redes de energía sostenibles
- electromovilidad
- digitalización, automatización y conectividad del tráfico
- temas de tráfico y movilidad emparentados
- implementación de los objetivos de protección medioambiental
- preguntas básicas sobre el suministro de energía, la planificación, la protección y la eficiencia de los recursos

Una sinopsis sobre los proyectos, los socios y las publicaciones del IKEM puede consultarse en

➔ [www.ikem.de/en](http://www.ikem.de/en)

# Introducción: La ciencia ficción ha llegado a nuestras calles

Siguiente capítulo ↻



---

## ¿Cómo se ha desarrollado la conducción autónoma en los últimos años?

¿Cree que los coches robot son ciencia ficción? Hace unos pocos años cualquier experto le hubiese dado la razón sin dudarlo. En el año 2004 la estadounidense Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA) celebró en el desierto Mojave por primera vez una competición para el desarrollo de vehículos con conducción autónoma. El objetivo era recorrer con un control autónomo un trayecto de unos 240 kilómetros en diez horas. El vehículo más exitoso consiguió recorrer solamente doce kilómetros.

Desde el 2011 diversos consorcios tecnológicos estadounidenses afirman que sus prototipos de vehículos autónomos están cerca de la viabilidad comercial. Sus vehículos ya habrían recorrido cientos de miles de kilómetros de prueba con muy pocas intervenciones de los conductores.



---

## Status quo: Conducción autónoma hoy

Aunque esos anuncios hoy deben considerarse algo apurados y exagerados, esas empresas ofrecieron un impulso importante. Los vehículos con conducción autónoma (también conocidos como vehículos autónomos, coches robóticos o vehículos sin conductor) han pasado a ocupar los primeros puestos de la investigación sobre la movilidad y vienen impulsando una euforia mediática que promueve el tema. Algunas discusiones veían a los coches autónomos en unos años ocupando el lugar de los coches tradicionales. Sin embargo, esa euforia se ha apagado y ha dejado su sitio a una observación más realista.

Hoy los vehículos con conducción autónoma pueden superar ciertas situaciones de tráfico por sí mismos, por lo que tienen campos de aplicación más útiles. No obstante, casi todos los expertos están de acuerdo en que en determinadas situaciones de tráfico y en el mantenimiento y la supervisión de los vehículos seguirá siendo necesaria la presencia humana durante mucho tiempo.<sup>1</sup> Además, la conducción autónoma no se puede emplear en todos los ámbitos.

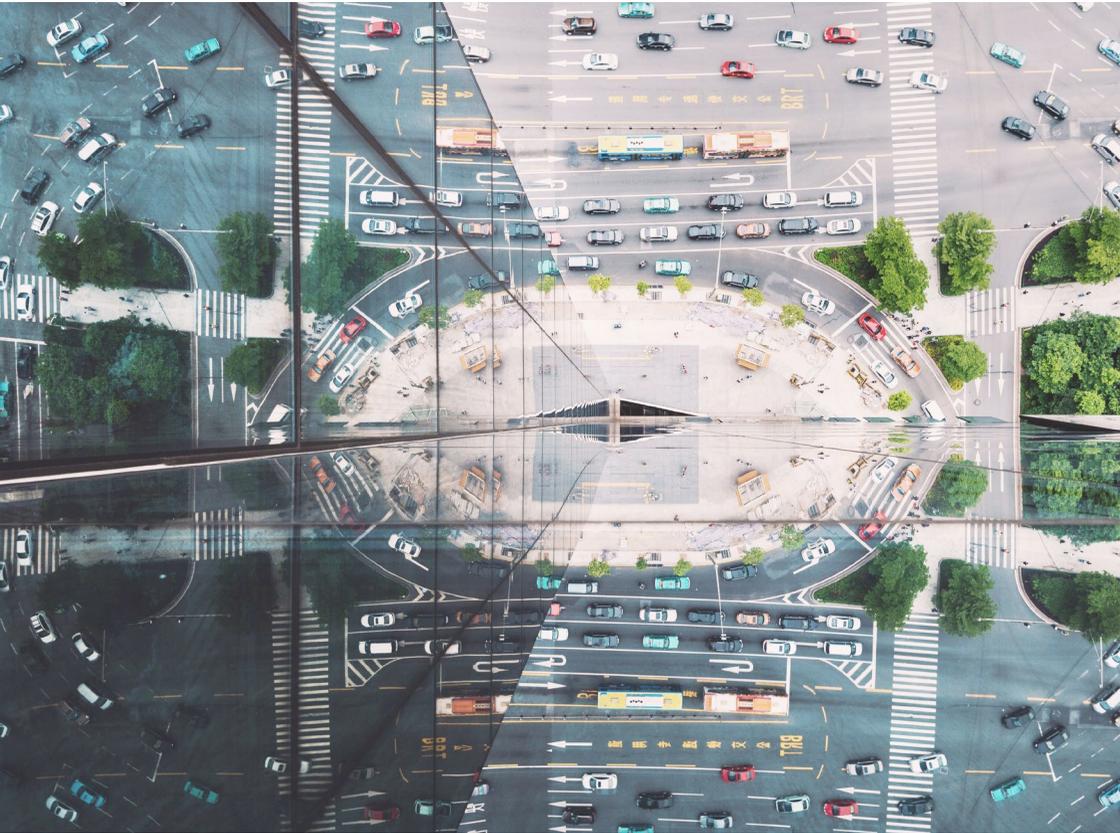
# “Seguirá habiendo tráfico mixto, donde los vehículos de diferentes grados de automatización, los ciclistas y los peatones compartirán un espacio común.”

**Matthias Hartwig**

Si consideras que los vehículos con conducción autónoma son ciencia ficción aquí podrás ver:

- hasta qué punto ha llegado ya esa tecnología,
- porqué la conducción autónoma se podrá emplear pronto en el tráfico rodado,
- porqué puede ser necesaria su contribución a una movilidad eficiente, sostenible y a la seguridad vial y
- qué nos falta por hacer en el camino hacia una movilidad sostenible, segura y eficiente con vehículos con conducción autónoma.

# Trasfondo: ¿Qué son los vehículos con funciones de circulación autónoma?



**Quando se activa la función de conducción autónoma el vehículo deja de disponer de un conductor al pie de la letra. El motivo: Durante la circulación autónoma no hay ninguna persona que supervise continuamente el tráfico o que controle en todo momento el vehículo. El vehículo sigue un programa realizado por personas. Además, las personas fuera del vehículo o un acompañante del vehículo asumen una parte de las funciones y de la responsabilidad que tiene ahora el conductor. Algunas tareas técnicas también las pueden ejecutar sistemas digitales que estén fuera del vehículo. Esos sistemas conforman un sistema general con el vehículo. Por eso la Society of Automotive Engineers (SAE International) y tras ella también, por ejemplo, el Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) prefieren la definición de conducción cooperativa («cooperative driving») para los vehículos que dependen de la comunicación y la cooperación con sistemas técnicos o personas fuera del vehículo («outside entities»).<sup>2</sup> La circulación autónoma es activada por una persona que así toma el control sobre el vehículo, por lo menos emitiendo comandos que el vehículo implementa automáticamente.**

De ese modo las personas pueden sacar el vehículo del tráfico en cualquier momento. Las personas también cumplen varias funciones en mantenimiento, supervisión y acompañamiento del vehículo. Qué funciones y responsabilidades son asumidas por un sistema de vehículo o un sistema digital de entorno y cuáles son asumidas por personas puede variar mucho de un sistema a otro.



---

## Autónomo significa por cuenta propia e independiente del conductor

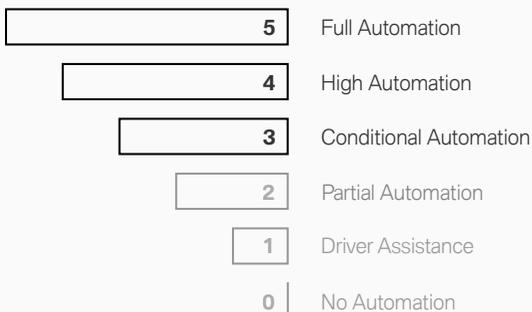
La palabra «autónomo» deriva del griego y se puede traducir como «que trabaja por cuenta propia» o «autosuficiente». Un vehículo no circula «por cuenta propia» con conducción autónoma en un modo de circulación autónoma. El vehículo es guiado por un código informático, con el que programadores han determinado con antelación las reacciones del vehículo. Es decir que en el modo de circulación autónoma las reacciones del vehículo vienen determinadas por el programa y no por el conductor. Por eso es mejor la traducción como «autosuficiente» en el sentido de que en la mayor parte de las situaciones de tráfico el vehículo actúa sin depender de la persona y por eso ninguna persona tiene que estar controlando o asumiendo continuamente el sistema. Eso no excluye que una persona apague la función autónoma y conduzca el vehículo en cualquier momento.

---

## El nivel de automatización no excluye nada

**Los niveles de automatización facilitan la clasificación de las funciones de conducción autónoma de los vehículos. Por el contrario, para evaluar las funciones es necesario ver en detalle los diversos sistemas.**

Existen diversos niveles de automatización para los vehículos automatizados. Diferenciar esos niveles permite comprender mejor y discutir con trasfondo sobre esos vehículos. A nivel internacional se ha establecido la división de los vehículos de transporte por carretera de la Society of Automotive Engineers (SAE) en seis niveles de automatización (nivel SAE-0-5).<sup>3</sup> El gobierno francés también se basa en esa división,<sup>4</sup> mientras que el Ministerio del Interior español (Dirección General de Tráfico, DGT) lo ha integrado en la traducción en su INSTRUCCIÓN 15/V-113 para autorizar el modo de pruebas para vehículos con conducción autónoma.<sup>5</sup>



Los vehículos autónomos o vehículos de nivel SAE 5 serían, siguiendo esta definición solamente vehículos que pueden superar cualquier situación de tráfico sin la intervención humana.

## «No tendremos vehículos autónomos o vehículos con nivel SAE 5 como mínimo hasta dentro de 20 años.»

**Matthias Hartwig**

Por ejemplo, el gobierno español parte de que entre 2030-2050 solamente se conseguirá una conducción «casi» plenamente automatizada en todos los entornos,<sup>6</sup> dicho de otra manera el nivel SAE 5 no se alcanzará en ese periodo, mientras que el gobierno alemán ha excluido el nivel SAE 5 completamente de su estrategia para la conducción automatizada e interconectada.<sup>7</sup> También le resulta muy difícil para los proyectos de investigación actuales clasificar como «autónomos» a los vehículos de nivel SAE 3-5. En la comunicación diaria y, por ejemplo, en las definiciones legales de algunos estados federados estadounidenses el concepto de «vehículo autónomo» es mucho más amplio. Por eso en este texto hablaremos de vehículos con conducción autónoma. En niveles SAE los vehículos con conducción autónoma que tratamos aquí estarían clasificados como de nivel 4 («conducción altamente automatizada»). Durante la activación de la conducción autónoma todas las tareas de conducción son asumidas por el equipo técnico del vehículo de forma autónoma (independiente del conductor) en las condiciones medioambientales y de tráfico permitidas. Si el vehículo permanece dentro del entorno de servicio previsto no necesita al conductor.

No obstante, esos vehículos no son capaces de reaccionar de forma autónoma como requeriría en nivel SAE 5 en todas las condiciones medioambientales y de tráfico posibles («under all roadway and environmental conditions»). Por eso la conducción autónoma seguirá estando unida a un entorno específico y puede depender además de la comunicación y la cooperación con sistemas técnicos o personas de fuera del vehículo («outside entities») a efectos de una conducción cooperativa. El sistema podría incluso necesitar una vigilancia desde el exterior del vehículo y la intervención humana («technical support») en situaciones excepcionales.

### **¿Qué es una conducción autónoma?**

Una conducción autónoma es capaz de superar una situación de conducción definida en un entorno de tráfico concreto sin la intervención humana. Solamente se puede activar en determinadas condiciones.

---

## Las personas siguen siendo responsables del sistema

### **Es cierto que la conducción autónoma puede sustituir al conductor tras ser activada, pero no puede sustituir a todas las personas.**

Si ya no hay ningún conductor para el vehículo, asumen personas en otras funciones una parte de las responsabilidades que hasta ahora asumía el conductor. Los vehículos que de forma coloquial y en los proyectos de investigación se están denominando «autónomos» todavía disponen de un conductor de seguridad que interviene en situaciones críticas. En esos vehículos la conducción autónoma todavía está en desarrollo. Como consecuencia el conductor de seguridad debe asumir más responsabilidades de las que asume un conductor tradicional. En Francia, España, Italia y Alemania las autoridades obligan, por eso, a que haya un conductor de seguridad en cada vehículo. Esos conductores deben haber superado una capacitación de seguridad, para poder conducir ellos mismos el vehículo,<sup>8</sup> o tienen que tener, como mínimo, una cualificación especial.<sup>9</sup>

Aunque en el futuro no haya ningún conductor en el vehículo y las autoridades no lo exijan en parte seguirá habiendo acompañantes del vehículo dentro o fuera de este. El personal de vigilancia y mantenimiento puede desempeñar al mismo tiempo un papel importante en un centro de operaciones (o centro de control). Por ello aún por mucho tiempo deberá haber alguien dentro o fuera del vehículo que se responsabilice de la inspección del vehículo antes de su puesta en marcha, de la activación de la conducción autónoma, del apagado y del tiempo de servicio para que el vehículo funcione con fiabilidad. En casos excepcionales podría ser necesario incluso que un «conductor de emergencia» asuma el manejo directamente o por control remoto.<sup>10</sup>



---

## Las tecnologías detrás de la autonomía

Para que un vehículo se pueda mover sin la intervención de un conductor tiene que disponer de mucha información. Para recibir esa información y ponerla a disposición del vehículo hacen falta diversos desarrollos técnicos fuera del vehículo. La siguiente tabla ofrece un resumen de las técnicas que permiten la conducción autónoma. Así se puede comprender mejor qué pueden conseguir esos vehículos.

## Información

---

**Conducción:** El vehículo tiene que «saber» cuál es su destino.

---

**Posición propia:** El vehículo tiene que «saber» dónde está.

## Tecnologías

---

- La conducción la determina siempre una persona. El vehículo no puede decidir «autónomamente» hacia dónde circula, mientras el conductor no determine el tipo de destino (p. ej. «Vete hasta la estación de carga más cercana»).
- La digitalización de la comunicación puede ayudar, por ejemplo todas las posibilidades que se pueden ejecutar con smartphones y apps.

---

La mayor parte de los sistemas de posición actuales para tráfico utilizan el **Sistema de Posicionamiento Global por satélite (GPS)**. El GPS garantiza una precisión de posicionamiento con una divergencia inferior a los ocho metros. Para la conducción autónoma podrían ser necesarias divergencias de menos de cinco metros. Eso se puede conseguir con:

- **Sistema de Posicionamiento Global diferencial (DGPS):** Las imprecisiones del GPS se eliminan con cálculos con base en datos de estaciones de referencia en el planeta.
- **Orientación por marcas en tierra y marcaciones:** Cuando el sistema reconoce con sus sensores (cámara) marcas en tierra llamativas cuya posición está guardada en el sistema puede posicionarse con base en ellas. La señalización vial (línea central de la carretera) también se registra como medio auxiliar para la orientación.

## Información

---

### **Posición propia:**

El vehículo tiene que «saber» dónde está.

---

### **Registro del estado**

**propio:** El vehículo tiene que saber mucho sobre su propio estado: funcionamiento de sistemas importantes, dirección de desplazamiento, velocidad, cierre de puertas, temperatura interior y exterior etc.

## Tecnologías

---

- **«Vías virtuales» con identificación por radio frecuencia (RFID)** u otros métodos: Pequeños chips u otros dispositivos electrónicos auxiliares se colocan en o sobre la carretera o en el entorno de la carretera, los sistemas de emisor-receptor correspondientes detectan la señal electromagnética y la pueden usar para determinar la posición propia.
- Si debido a los datos del vehículo se conocen la velocidad y la dirección de marcha se puede calcular un cambio de la posición.

---

Muchos sensores diferentes suministran esa información: hodómetro («medidor de recorrido»), sensores de velocidad angulares en las ruedas, girocompás, sensores de presión de los neumáticos, sensor de apertura de la puerta, termómetro etc.

## Información

---

**Entorno de tráfico:** El vehículo tiene que «saber» qué ruta debe tomar para llegar a su destino de la forma más rápida y segura.

**Situación de tráfico:** El vehículo necesita la posición exacta de edificios y otros obstáculos fijos, la posición actual, la silueta, la velocidad y la dirección de desplazamiento de todos los usuarios de la carretera del entorno (automóviles, bicicletas, peatones), la señalización de tráfico, las indicaciones de los semáforos, etc. Solo con una imagen precisa de la situación de tráfico puede tener en cuenta todas las normas de circulación y evitar poner en peligro a los demás usuarios de las vías públicas.

## Tecnologías

---

Desde datos espaciales estáticos (datos de mapas) pasando por elementos viales estáticos (señalización de tráfico, obras) hasta las señales luminosas de semáforos, la posición de bancos de niebla, atascos, automóviles individuales, bicicletas y peatones, un automóvil con conducción autónoma tiene que tener una imagen clara y precisa de su entorno.

Un **«Mapa Dinámico Local»** (LDM) almacena los datos necesarios en el vehículo. La información estática (p. ej. datos del mapa) se puede guardar con antelación en el LDM y compararla con el entorno real en recorridos de prueba en el trayecto previsto. Pero los datos así guardados siguen necesitando una actualización continua. El LDM puede recibir datos de los sensores del propio vehículo o de sensores o servicios digitales de fuera del vehículo (➔ véase ilustración).

- Para satisfacer la alta demanda de datos el vehículo tiene que estar interconectado con el entorno. Para la comunicación se emplea:
  - **Telefonía móvil:** La gran cantidad de datos se puede transmitir mejor con un estándar de comunicaciones móviles de banda ancha. El estándar de comunicaciones móviles 5G, sobre el que está discutiéndose en este momento parece ser ideal por sus altas tasas de transferencia de datos, la transmisión a tiempo real y la baja latencia.

## Información

---

**Entorno de tráfico:** El vehículo tiene que «saber» qué ruta debe tomar para llegar a su destino de la forma más rápida y segura.

**Situación de tráfico:** El vehículo necesita la posición exacta de edificios y otros obstáculos fijos, la posición actual, la silueta, la velocidad y la dirección de desplazamiento de todos los usuarios de la carretera del entorno (automóviles, bicicletas, peatones), la señalización de tráfico, las indicaciones de los semáforos, etc. Solo con una imagen precisa de la situación de tráfico puede tener en cuenta todas las normas de circulación y evitar poner en peligro a los demás usuarios de las vías públicas.

## Tecnologías

---

- **WiFi:** Una red para la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos (WLAN) se confecciona con módulos de radiofrecuencia en las farolas y los pórticos para mejorar la comunicación.
- Sensores en el vehículo o en las aceras o arcones registran el entorno vial y la situación del tráfico:
- **Cámara digital:** Cámaras registran el entorno ópticamente, pero en determinadas circunstancias no pueden detectar todo (p. ej. en penumbra, con niebla o cuando las deslumbran).
- **Escáner láser/LIDAR:** Con muchos haces láser se pueden medir ópticamente la distancia y la velocidad de objetos. Eso permite obtener una imagen precisa del entorno.
- **Sensores de radar y ultrasónicos:** Otras tecnologías de medición de distancia y dirección completan el espectro de registro de otros sensores y generan redundancia, para que no se ignore nada.
- **Agrupamiento y evaluación de los datos de sensores:** Los sensores diferentes y las imágenes y los datos registrados por ellos tienen ventajas y desventajas. Las computadoras pueden calcular una imagen homogénea que registra el tráfico mucho mejor que un sensor solo.

## Información

---

**Entorno de tráfico:** El vehículo tiene que «saber» qué ruta debe tomar para llegar a su destino de la forma más rápida y segura.

**Situación de tráfico:**

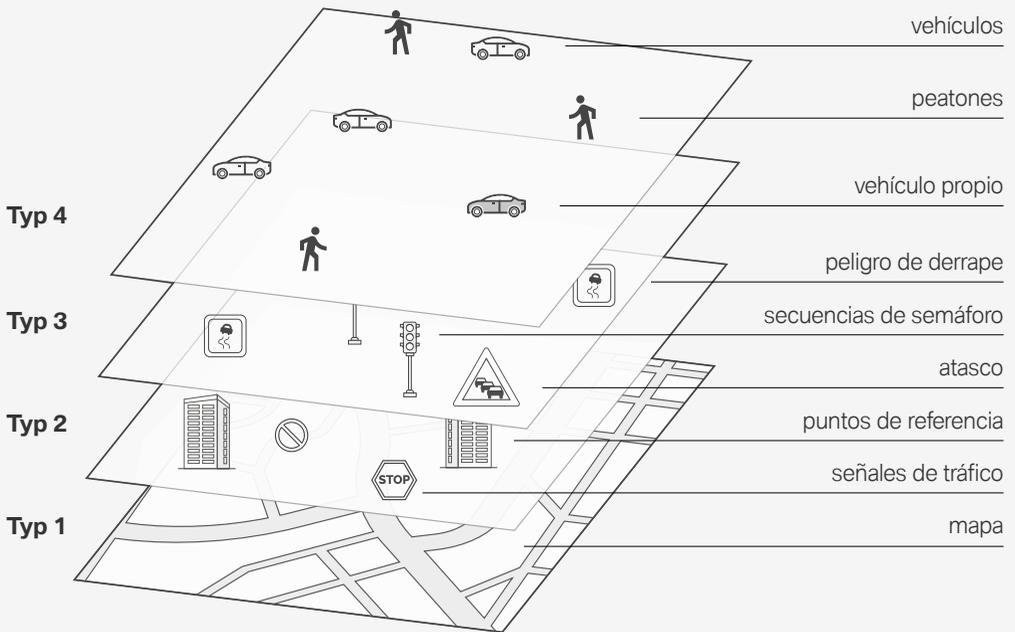
El vehículo necesita la posición exacta de edificios y otros obstáculos fijos, la posición actual, la silueta, la velocidad y la dirección de desplazamiento de todos los usuarios de la carretera del entorno (automóviles, bicicletas, peatones), la señalización de tráfico, las indicaciones de los semáforos, etc. Solo con una imagen precisa de la situación de tráfico puede tener en cuenta todas las normas de circulación y evitar poner en peligro a los demás usuarios de las vías públicas.

## Tecnologías

---

- **Mapa digital regional:** Los datos espaciales y datos dinámicos del tráfico se pueden agrupar y precisar en un mapa digital independiente del vehículo. El vehículo puede consultar esos datos.
- **Datos de sensor de otros vehículos** (Vehicle-to-Vehicle Communication, V2V): Se pueden usar adicionalmente, por ejemplo, para completar un mapa digital (p. ej. información de otros vehículos sobre atasco).
- **Señalización de tráfico digital:** Si un semáforo está verde o rojo no se puede detectar con precisión con una cámara. Una señal digital por radiofrecuencia del semáforo puede ofrecer la claridad necesaria.
- **Técnica de control:** Se emplea para agrupar muchos de los datos mencionados en una central de operaciones, para poder supervisar y atender desde una central el vehículo y la infraestructura y para coordinar las intervenciones desde el exterior.

## Ejemplo de un «mapa dinámico local»



**Typ 1:** datos geográficos estáticos

**Typ 2:** elementos de tráfico estáticos

**Typ 3:** elementos de tráfico dinámicos

**Typ 4:** datos altamente dinámicos

## Programas informáticos potentes e inteligencia artificial

La agrupación y la evaluación de datos de sensores requieren usar ordenadores muy potentes y programas informáticos complejos. Para lo que se puede usar inteligencia artificial.

### ¿Qué significa inteligencia artificial?

La inteligencia artificial describe la capacidad de un programa informático de calcular interacciones lógicas de grandes cantidades de información (análisis de muestras y reconocimiento de muestras) y obtener conclusiones según determinadas reglas (es decir predecir patrones).

Ese método se emplea con frecuencia en el reconocimiento y el análisis de imágenes. Si, por ejemplo, un programa informático ya ha analizado diez mil imágenes de automóviles de diversos modelos podrá identificar a un automóvil como tal cuando no «vio» antes ese modelo concreto. Si el programa informático ha analizado suficientes maniobras de cambio de dirección de vehículos puede predecir, con cierta probabilidad el curso de un vehículo que maniobra. Esa habilidad es muy importante para las conducción autónoma, pues los sistemas pueden orientarse mejor en un entorno y situaciones desconocidos. Pero esos sistemas no pueden tomar decisiones autónomas y éticas, como las que toma una persona. Por eso el término «inteligencia artificial» puede despertar expectativas exageradas.



---

## Conducción interconectada: ¿De sistema de vehículo a sistema general?

**El sistema de conducción autónoma de un vehículo con conducción autónoma puede depender, en determinadas circunstancias, de sistemas de entorno digitales. Desde un punto de vista técnico el sistema del automóvil se puede considerar un sistema general junto al sistema de entorno. Ese sistema general tiene que cumplir determinadas exigencias para garantizar resultados óptimos para la seguridad vial y el tráfico. La conducción autónoma exige cambiar la perspectiva del enfoque en el vehículo a un sistema general, pues en muchas situaciones de tráfico solamente se puede obtener un resultado adecuado en estrecha cooperación con sistemas de entorno digitales.<sup>11</sup> Por ejemplo una circulación rápida por un cruce con semáforo solamente es posible si el vehículo recibe una señal digital del semáforo y la situación del tráfico en un cruce complicado y en calles de acceso también se registra con sensores en la calle.**

Estamos acostumbrados a ver un automóvil como una herramienta unitaria, separada, que se usa por un conductor. Esa separación permite que hasta ahora la legislación sea igual en cada país miembro de la UE. Según la legislación un vehículo solamente puede circular por vías públicas cuando es un vehículo seguro que cumple con las exigencias técnicas. Todas las reglas de tráfico se dirigen, por el contrario al conductor, que debe controlar su herramienta y es responsable de cada reacción del vehículo. Si el conductor se convierte en mero pasajero en el vehículo esa división ya no puede funcionar. Que un vehículo con conducción autónoma pueda cumplir el código de tráfico tiene que estar acreditado ya cuando se matricula y ser revisado en intervalos regulares.

También hay que recapacitar sobre la idea de un vehículo como herramienta separable. Si un vehículo con conducción autónoma puede ejecutar su trabajo de conducción con seguridad y fluidez, dependerá de la información que recibe (vehículo interconectado), de los sistemas de entorno digitales (señalización de tráfico digital, mapa regional digital, sensores en la calle, etc.). El vehículo circula basándose en su propio mapa digital que actualiza continuamente con ayuda de información exterior. Si esos datos son fiables no lo puede decidir el vehículo solo. Tiene que confiar, en parte, en el sistema de entorno. También el gobierno francés resalta «El desarrollo de la infraestructura digital y la conectividad de las redes de carreteras puede ser un factor para acelerar el desarrollo del vehículo autónomo» y «El intercambio de datos del vehículo autónomo y conectado es una palanca para crear valor a través del desarrollo de servicios relacionados con la movilidad.»<sup>12</sup> Siguiendo esa idea, el gobierno italiano ha incorporado el reglamento para los vehículos autónomos directamente en una regulación sobre carreteras inteligentes y regula la homologación de sistemas guía automáticos directamente después de los vehículos autónomos.<sup>13</sup> En los proyectos de investigación que pude acompañar me convencí de que el nivel SAE 5 seguirá siendo un sueño durante mucho tiempo, pero que la conducción autónoma cooperativa (nivel SAE 4 interconectada vía V2V y V2X) se empleará en aplicaciones ventajosas e importantes.



## Ejemplo semáforo

- Un vehículo no puede registrar bien un semáforo con una cámara tradicional.
- Por eso solo puede circular con celeridad en un cruce si recibe una señal digital complementaria del semáforo además de la señal óptica.
- Esa señal tiene un valor añadido solamente cuando el operador del semáforo garantiza su fiabilidad.
- Por eso el vehículo está cada vez más interconectado con los sistemas digitales de entorno.



## Ejemplo aparcamiento

- Para un aparcamiento diseñado para servicio de aparcacoches un vehículo compatible con el modo de conducción podría recibir muchos datos sobre la situación de tráfico, de las cámaras y otros sensores que implementan en un mapa dinámico aparcamientos libres, vehículos y peatones (sistema técnico de entorno).
- La navegación no resultará fácil para un vehículo en modo de conducción autónoma. Pero tiene que poder confiar en esa información. No solo tiene que estar seguro el vehículo, sino que el vehículo y el sistema de entorno juntos tienen que formar un sistema común seguro, para que no ocurra ningún accidente.
- En un punto concreto surge la pregunta de quién lleva las riendas – el vehículo o el aparcamiento.

El vehículo y el sistema de entorno conforman un sistema común técnico. Solo cuando ese sistema común es seguro y envía suficientes datos válidos para la navegación se podrá guiar el vehículo con seguridad y fluidez por el tráfico. Para garantizar la identificabilidad, debe continuar existiendo responsabilidades legales.

Por consiguiente, en el futuro habrá responsables del sistema para el vehículo que estarán frente a responsables de los diversos sistemas digitales de entorno. Técnicamente la observancia aislada de un único sistema conduciría a un callejón sin salida, pues solo se consigue la cantidad necesaria de seguridad y fluidez de tráfico con la interacción de todos los componentes. Algunos esperan que «lleve a un procesos de homologación de sistema con procesos de inspección y obligaciones de acreditación muy complejos».<sup>14</sup> Los requisitos legislativos incipientes están estrechamente enlazados con la regulación de la comunicación de vehículo a vehículo (V2V) y de vehículo a infraestructura (V2X). No hay casi ningún país con un proyecto de ley para esa tecnología. Italia con su cláusula de experimentación para calles inteligentes y la homologación de sistemas guía automáticos es pionera en ello.<sup>15</sup> El gobierno francés ha anunciado un reglamento de los campos temáticos más importantes para ese área:

- «Ciberseguridad: regulación técnica y análisis de amenazas»
- «Reglas de intercambio de datos, herramientas y métodos para evaluar y validar sistemas»
- «Marco para el intercambio de datos del vehículo.»<sup>16</sup>



---

## Conducción manual, automatizada y autónoma. ¿Qué significa eso?

**Mientras en la discusión se emplea gran variedad de conceptos para describir los vehículos automatizados y sus funciones, aquí diferenciaremos, por similitud con la diferenciación jurídica necesaria entre vehículos con conducción manual, automatizada y autónoma. Se trata de tres modos de conducción diferentes con requisitos legislativos y técnicos diferentes. Un vehículo puede tener tanto una conducción manual, como automatizada o autónoma. Lamentablemente, desde el punto de vista jurídico esos conceptos ya son imprecisos. El Ministerio del Interior español en su Instrucción 15/V-113 ya regula el «modo autónomo»<sup>17</sup>, pero la responsabilidad sigue siendo del conductor, lo que permite la asignación como máxima al nivel SAE 2. Yo intento presentar una delimitación más clara.**

### Conducción manual

Hasta ahora el Código de circulación francés, italiano y español solamente regulan la situación jurídica relacionada con los vehículos con conducción manual. Se incluyen determinados asistentes de conducción, pues no cambian nada en la distribución de las tareas entre el ser humano y la técnica. El conductor es siempre el responsable de la conducción, en todas las situaciones. Tiene que observar en todo momento el tráfico y mantener la dirección del vehículo bajo su control. Para niveles de automatización más elevados en Francia, Italia y España hasta este momento solo se ha emitido una regulación para aplicaciones experimentales.

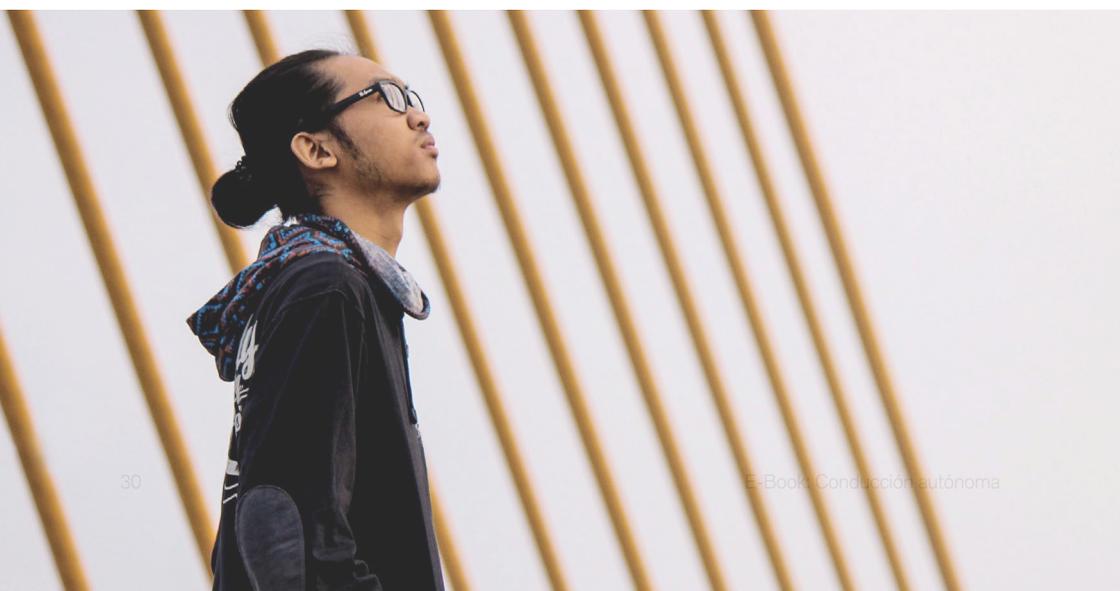
## Conducción automatizada

Como vehículos con conducción automatizada se denominan aquellos donde el conductor tras activar el modo de conducción automatizada puede desentenderse del tráfico y del control del vehículo, pero para el sistema sigue siendo el responsable tanto a nivel de respaldo como esencialmente como punto de referencia.

Aquí es muy difícil determinar niveles SAE. Como el conductor sigue siendo el punto de referencia del sistema, la conducción automatizada así descrita no está plenamente en el nivel SAE 3 y todavía debemos hablar del nivel 2. En Francia (Ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016) y en Italia (Decreto 28 febbraio 2018) solamente hay, hasta ahora, un reglamento que permite homologar con fines de ensayo los vehículos que asumen parcial o totalmente las tareas del conductor. Los vehículos con conducción automatizada precisan homologación, aunque no se debe olvidar que la autorización puede ser muy complicada desde el aspecto de la seguridad. La regulación española para los vehículos de ensayo (Instrucción 15/V-113) habla solamente de la conducción autónoma, pero compromete al conductor en una modalidad que debería estar clasificada como nivel SAE 2. También aquí solo es posible probar niveles SAE más altos mientras el conductor siga teniendo las tareas de supervisión y las opciones de intervención del nivel SAE 2. Por el contrario, la legislación alemana en el 2017 superó la cláusula de experimentación y en el Straßenverkehrsgesetz (código de circulación alemán) según el encabezado oficial una disposición general sobre «vehículos motorizados con conducción muy o plenamente automatizada».<sup>18</sup> La disposición promete más de lo que puede cumplir, pues al contrario que el encabezado oficial no abarca los niveles SAE 3 y 4. Más bien incluye un reglamento muy apropiado precisamente para los vehículos motorizados con conducción automatizada hasta el exigente nivel SAE 2. Ese reglamento es interesante para otros estados europeos, pues muestra claramente que el nivel SAE 2, donde el conductor ya cede algunas tareas al sistema, ya no está incluido en la legislación convencional. Esos vehículos motorizados con conducción automatizada necesitan un reglamento propio. Por eso la legislación alemana dispone que en esos vehículos deba seguir habiendo conductor. El conductor se puede desentender del tráfico y de la dirección del vehículo durante la conducción automática.<sup>19</sup> Pero el conductor debe permanecer siempre atento y dispuesto a asumir la dirección del vehículo.<sup>20</sup>

Sigue siendo responsable, al igual que un conductor convencional, y el destinatario de todas las disposiciones del Código de circulación, también durante la conducción automatizada.<sup>21</sup> Si el conductor detecta que su vehículo incumple la legislación durante la conducción automatizada está obligado a desactivar el sistema.<sup>22</sup> Las divergencias relevantes deben ser registradas por el propio sistema<sup>23</sup> y solicitarle al conductor que desactive la conducción automatizada y que asuma el control del vehículo.<sup>24</sup>

El mayor reto para los diseñadores de esos vehículos es, por eso, mantener y controlar continuamente la atención del conductor, pues sigue siendo indispensable para el sistema. Lo interesante de la disposición alemana es que el legislador exige que el vehículo tiene que cumplir en todo momento las normas de tráfico dirigidas a la conducción.<sup>25</sup> Como un sistema técnico no es capaz de simular completamente el comportamiento humano, no se puede eximir al conductor completamente de la responsabilidad. Con ello se muestra en la disposición la controversia de la regulación de los niveles SAE 3 y 4, pues la legislación sobre el tráfico debería ser completamente renovada. Y precisamente eso querían evitar los legisladores alemanes cuando no se atrevieron a eximir al conductor completamente de su responsabilidad. Se muestra que los vehículos motores con conducción automatizada presentan retos propios tanto para los diseñadores como para los legisladores. El desarrollo y la regulación de ese segmento deben estar claramente separadas de los requisitos a la conducción autónoma.



En la aeronáutica la automatización está ligada a exigencias cada vez más estrictas a la formación de los dos pilotos, de presencia obligatoria en cada aeronave comercial. Ambos se supervisan mutuamente. Un desarrollo similar para el tráfico individual motorizado sobre carretera es imposible, pues las exigencias de adquisición de un permiso de conducir ya no se pueden restringir más por motivos sociales (movilidad para todos). Ya hoy en día no es fácil adquirir el permiso de conducir. Ese problema no se debe complicar con la automatización.

### **¿Qué significa tráfico individual?**

En el tráfico individual por lo general tan solo utiliza el vehículo una única persona. Al contrario que en el transporte público esa persona determina ella misma el momento, la ruta y el destino. El medio de transporte clásico del tráfico individual es el automóvil.

## **Conducción autónoma**

La conducción autónoma se caracteriza por que el conductor durante la circulación autónoma no está disponible como respaldo y punto de referencia esencial para la responsabilidad. Durante la circulación autónoma el sistema es responsable del control longitudinal y transversal, la supervisión y la reacción adecuada a las condiciones de la carretera y medio ambientales y tiene que actuar como respaldo sin poder confiar en la intervención del conductor humano.<sup>26</sup> En el desarrollo de esa conducción autónoma no se debe tener en cuenta al conductor. No está disponible para la vigilancia del sistema ni para asumir la responsabilidad de reincidencia. Esa circunstancia exige una arquitectura de sistema del vehículo completamente diferente. En el modo autónomo el vehículo tiene que poder solucionar por sí mismo todas las situaciones de tráfico estándar en las que se ve involucrado.



El vehículo tiene que, por lo menos, ser capaz de controlar un estado seguro (por ejemplo parar en el arcén) en caso de fallo de un sistema parcial y en situaciones excepcionales. La intervención humana puede seguir siendo necesaria en casos definidos, p. ej.:

- en el mantenimiento
- para la activación
- en situaciones de tráfico extraordinarias
- en situaciones excepcionales
- tras la desactivación consciente de la conducción autónoma por una persona

Pero el vehículo tiene que estar diseñado de forma que cuando el ayudante humano actúa activamente puede pasar cierto tiempo no que durante ese plazo de espera no se convierte en un obstáculo para el tráfico.

Con las limitaciones espaciales del lugar de uso y la selección y la concepción detalladas del recorrido se puede limitar esa complejidad. Por ejemplo, si una empresa de transporte público de cercanías diseña un transbordo para el transporte público en una zona residencial pequeña con limitación de velocidad a 30 km/h puede tener un mapa digital detallado para este donde se hayan incorporado toda la señalización vial y todas las reglas de tráfico.

# «Los diseñadores de los vehículos deben conocer y prever ya en el diseño todas las posibles situaciones de tráfico en las que podría verse involucrado el vehículo.»

**Matthias Hartwig**

Si p. ej. se descubre que el vehículo no puede adelantar a los camiones de la basura, entonces durante el horario de recogida de basura el vehículo no tiene que circular por esa zona residencial. Alternativamente también puede ponerse en contacto con una central de operaciones para que permita la maniobra extraordinaria. Esas situaciones se pueden prever y planificar bien para una zona de extensión reducida. En caso de que el vehículo estuviese implicado en una situación de tráfico no calculada puede irse al arcén y esperar a que llegue alguien de la central de operaciones. En Francia e Italia esos sistemas no están incluidos en la regulación general, pero en la Ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 o bien en el Decreto 28 febbraio 2018 se pueden autorizar. En España se tratan explícitamente en la Instrucción 15/V-113, pero, vista en detalle no incluye más que las posibles excepciones francesa e italiana. El trasfondo es que el Convenio de Viena sobre tráfico del 1968 prohibía los sistemas sin conductor, siempre que no estén incluidos en los reglamentos de la CEE-ONU. Los reglamentos de la CEE-ONU todavía no incluyen la conducción autónoma. Por eso se ha abierto el Convenio de Viena en tanto en cuanto le permita a los estados signatarios también la regulación para un conductor situado fuera del vehículo. Para la práctica debido a todas las disposiciones legales hay que tener un conductor de seguridad y su ubicación fuera del vehículo solo sería posible bajo las más estrictas exigencias a la ciberseguridad y la disponibilidad de señales.

## **Vehículos con varios modos de conducción**

En unos pocos años ya habrá vehículos que se puedan conducir tanto en modo manual, por un conductor, como en modo automatizado y autónomo.

### **Ejemplo: El BMW Serie 3 con diversos modos de conducción**

Un El BMW Serie 3 con asistente de aparcamiento, asistente de atascos y control de velocidad de cruce es la versión actual con los avances técnicos. En unos años habrá más funciones de asistencia en el vehículo, que serán altamente fiables también a velocidades más rápidas, de forma que se podrá hablar de asistentes de autopista. En esos vehículos la intervención del conductor solo sería necesaria en unos pocos casos. El conductor sigue en el sistema, pero es incorporado adecuadamente para su intervención necesaria (modo de conducción automatizada). Simultáneamente seguirá siendo posible que el conductor asuma el control de la conducción, así solo estarán activas las funciones de conductor y de asistencia de emergencia (modo de conducción manual).



Asimismo es realista que el asistente de aparcamiento de este El BMW Serie 3 esté capacitado para un servicio de aparcacoches en un aparcamiento, siempre que el aparcamiento sea compatible con esa función. Si tanto el vehículo como el aparcamiento ofrecen esa función adaptada el conductor abandona el vehículo al pasar la barrera. El vehículo asume la circulación de acuerdo con el sistema de entorno digital del aparcamiento hasta llegar al aparcamiento vacío en la 3ª planta. Se trata de una conducción autónoma que con los años se podría ir implantando en otros entornos siempre que estos dispongan del sistema de entorno digital correspondiente. Los requisitos para la habilitación de la conducción autónoma siempre serán que el sistema de entorno sea compatible, que se registre en el vehículo como activo y funcional y que el vehículo se registre en este.

El BMW del ejemplo no sería un vehículo manual, automatizado o autónomo, sino un vehículo con los tres modos de conducción. En cada uno de los tres modos de conducción los diseñadores del vehículo y el conductor tienen que tener en cuenta una legislación propia.

---

## La conducción autónoma necesita una legislación propia

**Las conducciones manual, automatizada y autónoma necesitan su propia legislación. Aunque la primera regulación de la conducción manual se realizó con la introducción del primer automóvil faltan reglamentos para las conducciones automatizada y autónoma en Francia, Italia y España. Mientras las cláusulas de experimentación de los tres estados permiten la circulación de pruebas de vehículos hasta el nivel SAE 3, las autoridades tienen problemas para eximir al conductor de su responsabilidad y formular los requisitos y las pruebas de seguridad necesarios sin un programa de regulación legal detallado. La Instrucción 15/V-113 española detallada es el inicio más aceptable en esa dirección, pues le ofrece a las autoridades una orientación relativamente detallada para los ensayos de seguridad. Pero tampoco ahí se prevé la desaparición del conductor del vehículo. Al contrario que con las conducciones manual y automatizada para la conducción autónoma el conductor no está disponible como el punto de referencia que era. Es importante darse cuenta de que la conducción autónoma no podría simular nunca un conductor humano. Por eso hacen falta reglas propias para ese modo de conducción que, preferentemente deben orientarse en la legislación de tráfico existente y en estándares éticos, pero tienen más en cuenta las circunstancias técnicas.**

Debido a las cláusulas de experimentación vigentes en Italia, España y Francia las autoridades en cuestión están obligadas a basarse lo máximo posible en la legislación de homologación y tráfico y las leyes para la obtención del permiso de conducir. Pues deben



aplicar todas las pautas de la legislación de tráfico convencional también a los vehículos motorizados con conducción automatizada y autónoma. Los vehículos también tienen que cumplir las disposiciones de la legislación de tráfico convencional tal como las cumpliría un conductor humano.

Las disposiciones legales son siempre instrucciones de comportamiento para personas, que aplican profesionales en el ámbito judicial (jueces, funcionarios de economía y administración) a personas. Exagerándolo un poco se exige que el sistema automatizado debe simular ser un conductor.

Para la conducción automatizada esa regulación es útil, pues sigue habiendo un conductor responsable del sistema en el trasfondo y en situaciones críticas debe poder asumir inmediatamente el control del vehículo. Ese conductor evaluará si el sistema reacciona en situaciones de tráfico como hubiese reaccionado él mismo.

## **¿Qué pueden las personas, qué pueden las máquinas?**

Para una conducción autónoma no se cumple el requisito antes mencionado. La simulación de un conductor humano no es siempre un beneficio para la seguridad vial y para la fluidez del tráfico. En ciertos casos podría darse todo lo contrario.

Las personas y las máquinas se diferencian mucho en su apreciación y análisis de situaciones de tráfico y en sus opciones de reacción como para que sea útil aplicar el mismo nivel de regulación a ambos en cualquier caso. Las personas disponen de una inteligencia en relación con el reconocimiento de imágenes y la capacidad de analizar situaciones que

una máquina no puede simular. Esa inteligencia se completa con intuición y la habilidad de una valoración ética independiente de situaciones que les falta a las máquinas. Las máquinas disponen de capacidades de procesamiento de información casi ilimitadas y de multitasking que solo están limitadas por la cantidad de información de la que disponen. También en la reacción están, por un lado, la flexibilidad humana y la responsabilidad personal frente a una confiabilidad superior (lealtad al programa) y la velocidad de reacción en fracciones de segundo por parte de las máquinas. Por eso la conducción autónoma necesita directivas propias para el desarrollo en la parte relacionada con el vehículo (vehículos a motor: regulación general e inspección técnica, homologaciones y reformas de vehículos) del Código de Tráfico y Seguridad Vial y la legislación complementaria.

Tienen que incorporar la parte relacionada con el vehículo del Código de Tráfico y Seguridad Vial y la legislación complementaria de forma que refleje las expectativas de otros usuarios de la vía pública en un tráfico mixto.<sup>27</sup> Todo el comportamiento del conductor tiene que ser transferido a la máquina con prudencia y conocimientos técnicos para que pueda participar en el tráfico mixto. Por ejemplo, los vehículos autónomos también deberán parar en un semáforo en rojo, aunque tengan información fiable de que ningún otro vehículo circula por el cruce. De otro modo sería un mal ejemplo. Por lo demás ese reglamento debe orientarse en las capacidades de una máquina, guiada por resultados óptimos para la seguridad vial y la fluidez del tráfico.

El gobierno francés se remite sobre todo a las disposiciones CEE para el desarrollo necesario para la regulación.<sup>28</sup> Italia y España muestran una reticencia similar en la regulación. Es algo correcto pues actuaciones nacionales no acordadas van en contra del espíritu de la armonización europea e internacional de la legislación. No obstante los gremios de la CEE-ONU son gremios de armonización jurídica y no de establecimiento de nuevas figuras jurídicas, de forma que les será difícil iniciar un cambio de paradigma legal. Hacen falta pioneros nacionales en la legislación, que sin embargo deberían mantenerse abierta la puerta de una armonización posterior. La posibilidad de dichos reglamentos pioneros para el tráfico público de trasbordos autónomos ya han sido iniciados por el gobierno francés.<sup>29</sup>

## Estándares éticos

Durante el año 2018 han fallecido 1.180 personas en accidentes de tráfico en España.<sup>30</sup> De ese número deriva entre otros que la participación en el tráfico confronta al conductor en parte con decisiones éticas básicas. Cuando se acelera el vehículo tiene que ser consciente de que cuando más alta es la velocidad mayor es el peligro para la salud y la integridad física de los pasajeros del vehículo y de los demás usuarios de la vía pública. Muchas de las preguntas éticas que se formulan durante la circulación serían respondidas de otra forma por una máquina. ¿Debe asumir los mismos riesgos para la salud y la integridad física de personas que asumiría un conductor? ¿Pueden las máquinas matar y lesionar a personas o escoger una velocidad que ponga en peligro a personas? Esas preguntas no las podemos responder aquí. Pero está claro que deben ser discutidas. Durante el año 2018 han fallecido 1.180 personas en accidentes de tráfico en España.<sup>30</sup> De ese número deriva entre otros que la participación en el tráfico confronta al conductor en parte con decisiones éticas básicas. Cuando se acelera el vehículo tiene que ser consciente de que cuando más alta es la velocidad mayor es el peligro para la salud y la integridad física de los pasajeros del vehículo y de los demás usuarios de la vía pública. Muchas de las preguntas éticas que se formulan durante la circulación serían respondidas de otra forma por una máquina. ¿Debe asumir los mismos riesgos para la salud y la integridad física de personas que asumiría un conductor? ¿Pueden las máquinas matar y lesionar a personas o escoger una velocidad que ponga en peligro a personas? Esas preguntas no las podemos responder aquí. Pero está claro que deben ser discutidas y valoradas antes de establecer disposiciones legales para vehículos con conducción autónoma o antes de que puedan participar en el tráfico rodado habitual. En Alemania una comisión ética encomendada por el Ministerio Federal de Transportes ha emitido 20 reglas éticas para un tráfico con conducción automatizada e interconectada, que también afectan a la conducción autónoma.<sup>31</sup> Son completamente independientes de la situación en Alemania y se pueden usar como orientación para la creación de una guía para el desarrollo de vehículos con conducción autónoma en otros países. «Parece ser útil entregar escenarios relevantes en un catálogo de escenarios central de una instancia neutra, para establecer los datos de vigencia general, incluyendo todos los test de aceptación.»<sup>32</sup> ➞ El informe de la comisión ética con sus 20 reglas solo tiene 20 páginas, está disponible en inglés<sup>33</sup> y ofrece un resumen sobre los estándares éticos sobre cuya base se puede desarrollar un marco jurídico para vehículos con conducción autónoma. El gobierno francés ha reconocido el significado de las preguntas éticas y ha establecido un seminario sobre cuestiones éticas y aceptabilidad relacionadas con el vehículo autónomo cuyos futuros resultados marcarán las pautas para la legislación.

# Objetivo: Movilidad más sostenible, segura y eficiente para todos



**Los vehículos con conducción autónoma prometen una movilidad sostenible, segura y eficiente para todos. Si y cuándo se cumplirá esa cuestión depende de diversos factores.**

Con el apoyo del gobierno español y de la Unión Europea invierten no solo las grandes empresas automovilísticas, sino también muchas empresas hasta ahora desconocidas en el sector automovilístico miles de millones en la investigación de vehículos con conducción automatizada y autónoma y en el desarrollo de un entorno digital para esos vehículos.

---

## Las oportunidades para el tráfico y el mercado laboral

Todos los participantes creen que los vehículos con conducción autónoma pueden contribuir a alcanzar los siguientes objetivos:

### **Aumento de la seguridad del tráfico<sup>34</sup>**

Más del 90 por ciento de todos los accidentes de tráfico letales son causados por errores de los usuarios de la vía pública.<sup>35</sup> Solamente un uno por ciento de los accidentes se debe a errores técnicos.<sup>36</sup> Las personas cometen errores. Las máquinas tienen el potencial de mejorar la seguridad vial. Los vehículos interconectados con conducción automatizada o autónoma pueden recopilar y procesar en un mínimo tiempo mucha más información que un conductor humano, no se cansan y no están nunca bajo los efectos del alcohol. No ignorarán los semáforos (digitales) y con los sensores de la carretera pueden incluso ver más allá de la esquina y registrar situaciones de tráfico complejas en cruces.



Así se puede excluir una gran parte de las fuentes de error que conforman las causas actuales de accidentes de tráfico. Los sistemas automáticos pueden y deben estar diseñados ellos mismos de forma que los errores potenciales no conlleven lesiones o enfermedades graves y que se eviten nuevas fuentes de error. Los vehículos con conducción autónoma serán matriculados en España solo si evitan daños personales en el marco de las posibilidades técnicas y los reducen notablemente comparados con la conducción humana. La regla básica es: «Preeminencia de los problemas de seguridad vial y ciberseguridad»<sup>37</sup>: «se trata de garantizar que los sistemas desarrollados cumplan con las expectativas de seguridad individual y social, tanto en seguridad vial como en seguridad cibernética o la protección de datos individuales. Construir sistemas de validación robustos es una prioridad».<sup>38</sup> O dicho con otras palabras: «Los sistemas de tráfico parcial y plenamente automatizados sirven en primer lugar para mejorar la seguridad de todos los usuarios de las vías públicas. [...] La protección de las personas es prioritaria frente a todos los demás usos posibles. El objetivo es reducir los daños hasta evitarlos completamente.»<sup>39</sup>

## **Aumento del flujo de tráfico y de la eficiencia de tráfico**

Los errores humanos y la falta de información constituyen una gran parte de los obstáculos del flujo del tráfico. Los sistemas automatizados e interconectados pueden disponer de una cantidad casi ilimitada de información para una conducción y una ruta optimizadas, tan pronto como estén disponibles.

Si los vehículos con conducción automatizada mejoran o empeoran el flujo del tráfico, depende esencialmente de la cantidad de información espacial y de tráfico de la que disponen, así como del desarrollo de sensores propios del vehículo y de la carretera y de los sistemas de entorno digitales. Gran parte de la información ya está disponible en internet. Por ejemplo, los servicios meteorológicos ya pueden usar datos climáticos para la conducción interconectada. Esa validación es un reto muy exigente para mapas y datos de tráfico o para semáforos digitales. También los sensores de la carretera para registrar lo que ocurre en el tráfico y los aparcamientos (con pocos datos por ejemplo con radar y LIDAR) no son gratuitos, pero prometen un notable aumento de la eficiencia vial ya solo en la circulación que busca un aparcamiento.

En proyectos de investigación las ciudades y los ayuntamientos reconocen nuevas tareas y nuevas opciones. En mapas dinámicos y plataformas digitales complementarias para su territorio puede subir en el futuro por ejemplo datos de mapas con información sobre el reglamento de tráfico, obras y datos viales dinámicos y ponerlos a disposición para conducción automatizada, autónoma e interconectada. Simultáneamente puede volver a obtener la soberanía sobre la dirección y el control del vehículo que acaba de perder en los Big Data. Es una visión de futuro optimista pero realizable, con voluntad política.



## **Crear nuevas oportunidades económicas y puestos de trabajo por la modernización y la innovación técnicas<sup>40</sup>**

El mercado global para vehículos autónomos se estima en el 2019 en unos 54 230 millones de dólares estadounidenses y hasta el 2026 debe llegar a los 556 670 millones de dólares estadounidenses, lo que correspondería a una tasa de crecimiento del 39,47 por ciento.<sup>41</sup>

Las expectativas económicas del gobierno francés, por ejemplo a los impulsos económicos de la conducción automatizada e interconectada son altas.<sup>42</sup> El gobierno alemán («seguir siendo el proveedor líder» y «convertirse en líder del mercado»)<sup>43</sup> y el gobierno estadounidense («con el desarrollo de vehículos automatizados, la creatividad y la innovación estadounidenses tienen el potencial para volver a transformar la movilidad»)<sup>44</sup> tienen también expectativas muy altas para el potencial macroeconómico. Esperamos que se cumplan las expectativas y la conducción automatizada e interconectada tenga expectativas económicas positivas para todos los estados de la Unión Europea.

No se teme la pérdida de puestos de trabajo (p. ej. conductor de autobús de transporte público) para los próximos años. También las «transferencias de cualificaciones y empleo»<sup>45</sup> esperadas por el gobierno francés se harán esperar un rato. La conducción autónoma podrá dominar las situaciones de tráfico paulatinamente. En el denso tráfico sobre la carreteras nacionales y comarcales y para autobuses grandes en las vías principales seguirán siendo necesarios conductores. No obstante el uso de vehículos autónomos podría conseguir un mayor número de pasajeros en el transporte público. Autobuses pequeños autónomos pueden llevar más pasajeros a paradas centrales y crear un transporte de personas más atractivo que el actual. En las vías principales haría falta más conductores y no menos.

# «La conducción autónoma ofrece un potencial para más puestos de trabajo en los sectores de investigación, desarrollo y mantenimiento.»

**Matthias Hartwig**

Los centros de control/operación van a necesitar personal que supervise los vehículos y en situaciones excepcionales puedan enviar rápidamente a un técnico al lugar del incidente, comparados con las centralitas de los proveedores de servicios de movilidad o de ascensores.

## **Nuevo uso potencial para el propio vehículo**

Un vehículo con conducción autónoma dispone de potencial de que el usuario puede usar el tiempo de conducción para otras tareas privadas o profesionales. Precisamente las personas que han de desplazarse todos los días de casa al trabajo ganan tiempo que estaba ocupado con la conducción. De camino a la oficina los usuarios pueden ver los primeros correos y en el camino de vuelta pueden ver una película.

---

# Las posibilidades para la sostenibilidad

Muchos esperan además que los vehículos con conducción autónoma cumplan las tres siguientes premisas: Pero si se pueden llevar a cabo dependerá en gran parte de la fijación de las pautas correctas por parte de los encargados de tomar decisiones en política y economía y de una regulación temprana por los legisladores.

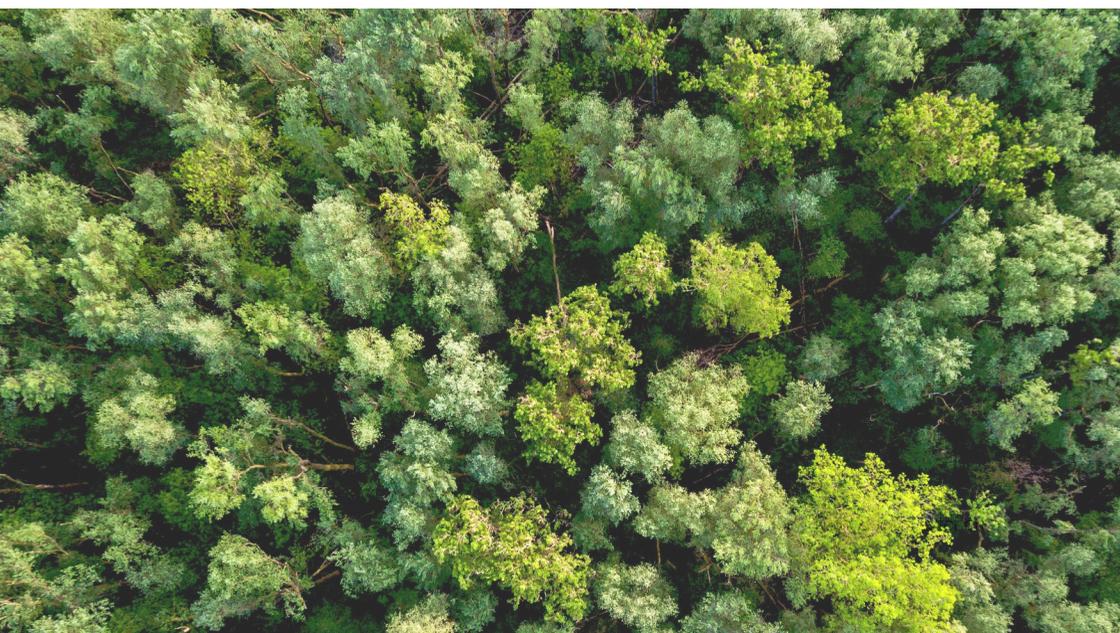
## **Tráfico con cero emisiones**

Tras el acuerdo climático de París (2015) debe reducirse el ascenso de la temperatura a menos de 2 °C por encima del nivel preindustrial. Esfuerzos concretos deben limitar el ascenso de la temperatura a 1,5 °C por encima del nivel preindustrial. Para ello debe reducirse especialmente la emisión de los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y otros).<sup>46</sup> Con la integración de medidas de protección climática en políticas, estrategias y planificaciones<sup>47</sup> deben reducirse notablemente los riesgos y efectos del cambio climático.

En muchos sectores (producción de calor, agricultura) es más difícil reducir la emisión de gases invernadero que en el sector del tráfico. Por eso la mayoría de los expertos están de acuerdo en que las emisiones directas del tráfico tienen que llegar a largo plazo al valor 0 para alcanzar las metas del acuerdo climático (den. tráfico de cero emisiones).

Asimismo, el tráfico es corresponsable de muchos problemas medioambientales y de salud por las partículas, los compuestos de nitrógeno y otras emisiones. Por ese motivo el tráfico de cero emisiones es un objetivo político importante.

La mejora de la fluidez del tráfico y la eficiencia del tráfico por el uso de vehículos autónomos puede contribuir a reducir las emisiones, pero en sí mismo no puede garantizar el tráfico de emisiones cero. Eso presupone que todos los vehículos autónomos operan únicamente con electricidad de fuentes renovables (vehículos eléctricos con batería o pila de combustible). La conducción autónoma y la propulsión eléctrica por batería combinan por eso tan bien pues el propio vehículo sabe cuándo debe cargar corriente y puede entablar la conexión con un punto de carga de forma autónoma. Por eso casi todos los proyectos nacionales y europeos en curso sobre la conducción autónoma están trabajando con vehículos eléctricos. Expertos recapacitan sobre la automatización, la digitalización y la electrificación del tráfico.



## **Acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos<sup>48</sup> y tráfico sin discriminaciones<sup>49</sup>**

Cuando la política y la economía preparan el camino, los trasbordos autónomos y vehículos similares con una conducción específica limitada y un campo de uso especialmente limitado permitirán ya en un futuro próximo el transporte de cercanías para personas que lleve cómodamente a todos de puerta a puerta. Con un diseño correcto ese sistema de transporte necesitaría incluso menos vehículos y casi ningún aparcamiento (solo paradas). Una promesa de gran potencial para la planificación urbanística y el uso del espacio.

Superficies que están siendo ahora usadas para el tráfico podrían tener otra finalidad (parques, espacios de juego, cafeterías, etc.). Un transbordador autónomo puede ser programado de forma que trate a todas las personas igual, sin importar su género, su edad, su etnia, la orientación sexual y otras características o limitaciones corporales. Teniendo en cuenta los conocimientos de la investigación social se puede mejorar mucho la sensación de seguridad de los pasajeros. Por ejemplo con un diseño adecuado del vehículo, del sistema, de las paradas y de la ruta. El transporte para todos sin discriminaciones es muy importante.

El sistema vial actual se centra en el tráfico individual motorizado. Sobre todo en las zonas rurales las personas que son muy jóvenes, muy mayores o están muy enfermas para conducir un vehículo propio o que tienen muy poco dinero para ello están a menudo excluidas de la movilidad o dependen de un conductor con carnet. Los vehículos con conducción autónoma pueden romper esa dependencia con nuevos formatos de transporte público a gran escala para todos los ayuntamientos financiables y realizables.

## **Más espacio para la gente, menos espacio para el tráfico, menos consumo de recursos**

La movilidad es, en principio, algo bueno para todos y promete mayor calidad de vida. Pero las ciudades y los pueblos cuyas calles y plazas solo se usan para circular y aparcar ofrecen una calidad de vida baja. Las superficies selladas con asfalto dañan el suelo y dificultan la penetración del agua fomentando riadas.<sup>50</sup>

Los vehículos con conducción autónoma –en interacción con el transporte público existente– pueden ofrecer una movilidad puerta a puerta cómoda, fiable y eficiente para todos y desempeñar un papel más importante en la logística de cercanías.

## **«Así a mucha gente le resultará más fácil renunciar al coche privado.»**

**Matthias Hartwig**

También habrá menos vehículos repartiendo paquetes. Además menos tráfico y una evaluación automática de la situación del tráfico generan una gestión mejor del tiempo y menos atascos. En un sistema de tráfico digital los vehículos pueden adaptar con antelación su velocidad al tráfico y encontrar aparcamiento o estacionamiento sin dar vueltas. La conducción autónoma transformará el paisaje urbano mano a mano con la digitalización. Asimismo menos vehículos también significan un menor consumo de recursos.



---

## Los riesgos de un uso incorrecto de los datos y oportunidades de acceso

La automatización y la interconexión del tráfico también implica riesgos. Si se emplean incorrectamente vehículos con conducción autónoma en el peor de los casos el resultado sería más tráfico, más emisiones y oportunidades de movilidad desiguales. Además, los fabricantes tienen que intentarlo todo para que no haya posibles ataques de hackers a los vehículos y para garantizar la seguridad de los datos. Los vehículos con conducción autónoma se pueden usar incorrectamente para recopilar datos y son un objetivo muy atractivo para los hackers. Una mirada a China muestra otros riesgos: China está probando un sistema de evaluación con puntos sociales para todos los ciudadanos chinos, que podrá decidir también sobre sus oportunidades de acceder a ofertas de movilidad pública. Ese tipo de abuso debe ser evitado efectiva y ampliamente en Europa con reglas consecuentes para la protección de los datos y la seguridad de los datos. En la investigación sobre vehículos con conducción autónoma también se discute en gran manera sobre esos potenciales abusos y sobre posibles soluciones.

# Conclusión: ¿Una nueva era para la movilidad?

**¿Para qué se pueden usar los vehículos con conducción autónoma? Servicio de aparcacoches autónomo, trasbordos de cercanías autónomos, estaciones de paquetería autónomas y barrenderos mecánicos autónomos – ya existen muchas posibilidades.**

La consecuencia de las altas exigencias mostradas es que los vehículos con conducción autónoma actualmente no puede superar cualquier situación del tráfico sin la intervención humana. Determinadas circunstancias situacionales siguen exigiendo el control humano. Por lo menos en carreteras nacionales y comarcales con alta velocidad o en el denso tráfico urbano siguen siendo necesarios los conductores.



En unos años, no obstante, habrá conducción autónoma que podrá superar cada vez más situaciones de tráfico sin intervención. En una estrecha cooperación con un sistema digital de entorno serán capaces, por ejemplo, de entrar y salir de un aparcamiento y estacionar en un lugar libre (servicio de aparcacoches autónomo). También en el transporte de personas se podrían realizar diversos escenarios con limitaciones espaciales y funcionales. Con el paso de los años los campos y áreas de uso crecerán. Con servicios de taxi a demanda autónomos (robo-taxis) con un campo de aplicación los proveedores de servicios de sharing con un BMW Vision iNEXT quizás puedan cubrir en 20 años ya todas sus unidades de negocio y completa su oferta de carsharing.

Podría ser posible incluso una combinación: Quien desee conducir el robo-taxi escanea su carnet de conducir y puede asumir el volante. Con multimodalidad y la digitalización de la comunicación (apps y centrales de movilidad) los vehículos con conducción autónoma pueden ser una parte influyente en la movilidad puerta a puerta del transporte público de personas. El tráfico en los ejes principales en carreteras nacionales y comarcales y el denso tráfico urbano lo seguirán asumiendo autobuses con conductor. Los tranvías e interurbanos también son idóneos para circular (en parte) en modo de conducción autónoma.

---

## Previsión para el tráfico individual

Pasará aún mucho tiempo hasta que se pueda comprar un automóvil que supere cualquier situación del tráfico posible, por ejemplo también en una carretera nacional sin la intervención humana. Pero los automóviles en tráfico individual pronto se podrán comprar con funciones situacionales limitadas tales como el servicio de aparcacoches autónomo o circulación altamente automatizada en la autopista. Quizás las ciudades y los ayuntamientos también doten determinadas zonas (individuales limitadas) con sistemas digitales de entorno, que permitan la conducción autónoma para un transporte público amplio. Los automóviles privados equipados correspondientemente podrían usar posiblemente esos sistemas pagando tasas. En situaciones de tráfico complejas, potencialmente peligrosas – tales como por ejemplo en carreteras nacionales y comarcales con alta velocidad o en el denso tráfico urbano – seguirá habiendo momentos en los que los automóviles privados con conducción autónoma seguirán estando controlados por el conductor.

---

## Previsión para vehículos industriales y medios de transporte corporativos

El uso de vehículos con conducción autónoma en el ámbito de los vehículos industriales y los medios de transporte corporativos ofrecen muchas oportunidades. Por ejemplo podría haber estaciones de paquetería móviles autónomas o barrenderos mecánicos autónomos que circulen de noche por las calles vacías. Dichas aplicaciones podrían ser posibles en unos años, pues no precisan alta velocidad y se podrían realizar con facilidad.

Además también hay muchos posibles usos industriales para vehículos con conducción autónoma. En algunos puertos ya se realizará la estiba dentro de poco con ayuda de grúas, carretillas y vehículos de transporte autónomos, y en los almacenes habrá vehículos con conducción autónoma en la rutina diaria.

Los aeropuertos ya han comenzado hace unos años a usar vehículos autónomos no solo en el transporte de personas autónomo, sino también en la manipulación del equipaje. Los potenciales de seguridad, sostenibilidad y eficiencia mediante funciones de conducción autónoma son inmensos para ese ámbito.



## «La relevancia de la conducción autónoma para la seguridad vial y sus oportunidades económicas son muy grandes.»

**Matthias Hartwig**

Además ofrecen una gran promesa de mayor confort y más tiempo libre. Si los vehículos con conducción autónoma también aprovechan todo su potencial de protección medioambiental y climática, si mantienen su promesa de la misma movilidad con menos tráfico y si con ellos es posible una movilidad asequible y sin discriminación para todo todavía queda por demostrar. Con voluntad política se puede. Los vehículos con conducción autónoma pueden contribuir notablemente a una movilidad mejor para todos.

---

# Proyectos nacionales e internacionales para vehículos con conducción autónoma

**Actualmente existen diversos proyectos para desarrollar y probar vehículos con conducción autónoma. A continuación podrá ver unos ejemplos de proyectos tanto nacionales como internacionales. El futuro mostrará qué conceptos son aptos para el tráfico y el uso diario.**

La siguiente selección ofrece proyectos en los que, entre otros, participa el IKEM. Se centra también en un transporte público de personas con conducción autónoma:

**HEAT** („Hamburg Electric Autonomous Transportation“) de HOCHBAHN

➤ Autobuses pequeños autónomos

**HUB CHAIN**

➤ Tráfico según demanda

**Interregional Automated Transport (I-AT)**

➤ Sector de transporte y logística

**Sohjoa Baltic**

➤ Minibuses eléctricos de conducción autónoma

Ejemplos de Francia: Puede consultarse una sinopsis de pilotos franceses sobre la conducción automatizada e interconectada en ➤ [www.ecologique-solidaire.gouv.fr](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr)

- 1 Ejemplo: Puede obtener una imagen de los problemas que es están teniendo en el modo de prueba de los vehículos autónomos en Francia desde el punto de vista del gobierno francés en: République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 48, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Solicitado: 25.11.2019).
- 2 INRIA: Véhicules autonomes et connectés, p. 8, <https://www.inria.fr/institut/strategie/vehicules-autonomes-et-connectes> (Consultado el: 25.11.2019).
- 3 Norm SAE J3016: <http://articles.sae.org/15021/> (Consultado el: 15.10.2019).
- 4 Con explicación francesa: République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 16 et 17, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).
- 5 Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 6, <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).
- 6 République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 18, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).
- 7 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, septiembre 2015.
- 8 Por ejemplo en Italia: art. 10 Decreto 28 febbraio 2018, MIT, <http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/774> (Consultado el: 25.11.2019).
- 9 Por ejemplo en España: Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 3, <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).
- 10 Así lo propone por ejemplo en Alemania el Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur: Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr, abril 2017, p. 15.
- 11 Algo que resalta, por ejemplo, el gobierno francés: République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 69-71, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).

- <sup>12</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes – Orientations stratégiques pour l'action publique, Mai 2018, p. 4, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>13</sup> Art. 12 Decreto 28 febbraio 2018, MIT, <http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/774> (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>14</sup> Por ejemplo en Alemania: Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur: Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr, abril 2017, p. 16.
- <sup>15</sup> Art. 12 Decreto 28 febbraio 2018, MIT, <http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/774> (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>16</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 8, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>17</sup> Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 1.
- <sup>18</sup> §§ 1a, 1b, 1c, 63a y 63b Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>19</sup> § 1b apdo. 1 Hs. 1 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>20</sup> § 1b apdo. 1 Hs. 2 y apdo. 2 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>21</sup> § 1a apdo. 4 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>22</sup> § 1b apdo. 2 N.º 2 y § 1a apdo. 2 frase 1 N.º 2 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>23</sup> § 1a apdo. 2 frase 1 N.º 4 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>24</sup> § 1a apdo. 2 frase 1 N.º 5 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>25</sup> § 1a apdo. 2 frase 1 N.º 2 Straßenverkehrsgesetz.
- <sup>26</sup> También va en esa dirección la definición del «Modo Autónomo» del Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 1, <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).

- <sup>27</sup> Algo que también piensa, por ejemplo, el gobierno francés: République Française: Développement des véhicules autonomes – Orientations stratégiques pour l’action publique, Mai 2018, p. 41-45, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>28</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l’action publique, mayo 2018, p. 44, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>29</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l’action publique, mayo 2018, p. 45 et 46, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>30</sup> <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2019/01ENERO/0103-Presentacion-balance-accidentes-2018.shtml#.XdmTWdUxmUk> (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>31</sup> Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren, informe de junio del 2017, páginas 10-13.
- <sup>32</sup> Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren, informe de junio del 2017, regla n.º 18 frase 3.
- <sup>33</sup> <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission.html> (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>34</sup> Objetivo de sostenibilidad de la ONU 3.6: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg3> (Consultado el: 23.05.2019), explícitamente como objetivo para la conducción automatizada e interconectada: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, septiembre 2015, p. 9 ss.
- <sup>35</sup> Ejemplo: INRIA: Véhicules autonomes et connectés, p. 8, <https://www.inria.fr/institut/strategie/vehicules-autonomes-et-connectes> (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>36</sup> Statistisches Bundesamt (2015): Verkehrsunfälle 2014. En: Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden.

- <sup>37</sup> République Française : Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 8, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>38</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 7, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>39</sup> Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren, informe de junio del 2017, regla n.º 1 y 2.
- <sup>40</sup> Objetivo de sostenibilidad de la ONU 8.2: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg8> (Consultado el: 23.05.2019).
- <sup>41</sup> Allied Market Research (2018): <https://www.alliedmarketresearch.com/autonomous-vehicle-market> (Consultado el: 15.10.2019).
- <sup>42</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 41-45, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>43</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, septiembre 2015, p. 10-12.
- <sup>44</sup> U.S. Department of Transportation: Preparing for the future of transportation – Automated Vehicles 3.0, p. ii; <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/320711/preparing-future-transportation-automated-vehicle-30.pdf> (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>45</sup> République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, mayo 2018, p. 41-45, [https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029\\_D%C3%A9veloppement-VA\\_8p\\_DEF\\_Web.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf) (Consultado el: 25.11.2019).

- <sup>46</sup> Convenio de París, art. 2 apdo. 1 letra a: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&ved=2ahUKEwi5mf\\_5oIHmAhhVQL1AKHdvbAasQFjANegQICxAC&url=https%3A%2F%2Ffunfccc.int%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fspanish\\_paris\\_agreement.pdf&usg=AOvVaw0qG6lpndbfW2tWluKWIXfq](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=14&ved=2ahUKEwi5mf_5oIHmAhhVQL1AKHdvbAasQFjANegQICxAC&url=https%3A%2F%2Ffunfccc.int%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fspanish_paris_agreement.pdf&usg=AOvVaw0qG6lpndbfW2tWluKWIXfq) (Consultado el: 25.11.2019).
- <sup>47</sup> Objetivos de sostenibilidad de la ONU 13.2: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg13> (Consultado el: 23.05.2019).
- <sup>48</sup> Objetivos de sostenibilidad de la ONU 11.2 y 11.3: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11> (Consultado el: 23.05.2019).
- <sup>49</sup> Objetivos de sostenibilidad de la ONU 5.1 y 10.2.
- <sup>50</sup> Menos sellado del suelo es uno de los indicadores de sostenibilidad de la ONU 11.3.1.

# Listado de imágenes

Comienzo ↻

Tapa	© Steven Han / Gettyimages
Página 5	© J2R / Gettyimages
Página 7	© BMW Group
Página 9	© 7077' / Eyeem
Página 11	© Liao Xie / Gettyimages
Página 16	© BMW Group
Página 24	© Danny Hu / Gettyimages
Página 26	© Fabian Plock / Gettyimages
Página 26	© Bim / Gettyimages
Página 27	© Yevgeniy Babichenmo / Gettyimages
Página 30	© Adinda Fika / Unsplash
Página 32	© Tomasz Zajda / Gettyimages
Página 35	© Bill Bonfield / Gettyimages
Página 37	© Mareen Fischinger / Gettyimages
Página 40	© Bim / Gettyimages
Página 42	© Shi Jing / Gettyimages
Página 43	© Michele Palazzo / Gettyimages
Página 47	© Yulia-Images / EyeEm
Página 50	© Clu / Gettyimages
Página 51	© Ferrantraite / Gettyimages
Página 55	© Prasit photo / Gettyimages



---

## Aviso legal

Bayrische Motoren Werke AG  
Petuelring 130  
80788 Múnich

Teléfono: 0049 089 382 0

Contacto: [➔ bmw.com/contact](https://www.bmw.com/contact)