



Instituto Católico  
de Administración y Dirección de Empresas (ICADE)  
- Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Trabajo Fin de Grado

# **Responsabilidad y Cuestión de Culpabilidad en el Desarrollo de Robots Artificialmente Inteligentes a Través del Ejemplo de la Conducción Automatizada**

Autora: Anna Eidel

Director: PhD José Luis Fernández Fernández

Coordinadora: Laura Fernández Triviño

*Für meine Familie*

## **Abstract**

Automated vehicles have already travelled millions of kilometres on public roads as part of testing. It is expected that the systems will be sold on the regular market by 2025. The hope is for increased safety and mobility, but a large part of the population is very suspicious of the new technology. Technical progress may be unstoppable, but often enough ethical considerations are ignored. One of the reasons for this is the omnipresence of dilemma situations. Due to the extreme interpretation and lack of realism, many developers prefer to evade the topic of dilemmas and thus machine ethics. Nonetheless, automated vehicle accidents will inevitably occur, and choosing not to consider ethical aspects implicitly builds these ethical attitudes into the vehicles. Manufacturers, but also society and legislative must well-informedly make decisions concerning the morale they want machines to act on. Sociological points of view differ between cultures and will have to be taken into account. Nevertheless, ethical reasoning should be preferred over sociological due to the volatility of society's opinion. The market is expected to keep growing, but less individuals will own their private vehicle. Instead, private transport service providers will claim a large share of the profits of the industry. To ascertain that machine ethics will be as sophisticated as the state of the art allows, progress should be made incrementally. In the beginning, clear ethical rules should be built into the systems. Machine learning should be taken advantage of only when research in that area has accomplished substantial achievements. Security of the systems remains to be the top priority. It can be expected that the programming of automated vehicles will tell humanity as much about artificial intelligence as about themselves.

## **Key Words**

Automated Vehicles, Machine Ethics, Artificial Intelligence, Trolley Problems, Overruling, Responsibility, Data Protection, Consumer Readiness, Ethical Approaches

## Resumen

Vehículos automatizados ya han recorrido millones de kilómetros en carreteras públicas como parte de pruebas extensas. Está previsto que los sistemas se vendan en el mercado regular antes de 2025. Se espera que aumente la seguridad y la movilidad, pero gran parte de la población desconfía de esta nueva tecnología. El progreso técnico puede ser imparable, pero a menudo se ignoran las consideraciones éticas. Una de las razones de ello es la omnipresencia de situaciones dilemáticas. Debido a la interpretación extrema y a la falta de realismo, muchos programadores prefieren evadir la discusión de los dilemas y, por lo tanto, la ética de las máquinas. No obstante, accidentes de vehículos automatizados ocurrirán inevitablemente, y la decisión de no considerar los aspectos éticos implícitamente incorpora estas actitudes éticas en los vehículos. Los fabricantes, al igual que la sociedad y los legisladores, deben informarse bien para tomar decisiones sobre la moral con la que quieren que actúen las máquinas. Los puntos de vista sociológicos varían entre las culturas y habrá que tenerlos en cuenta. No obstante, se debe preferir el razonamiento ético al sociológico debido a la volatilidad de la opinión de la sociedad. Se espera que el mercado siga creciendo, pero menos individuos serán propietarios de un vehículo. En cambio, los proveedores de servicios de transporte privados se llevarán una gran parte de los beneficios de la industria. Para asegurarse de que la ética de las máquinas será tan sofisticada como la tecnología de punta, el progreso debe hacerse de manera gradual. Al principio, se deben incorporar a los sistemas normas éticas claras. Sólo se debería aprovechar el aprendizaje automático cuando la investigación en esa área haya alcanzado logros sustanciales. La seguridad de los sistemas sigue siendo la máxima prioridad. Se puede esperar que la programación de los vehículos automatizados proporcione a la humanidad tanto sobre la inteligencia artificial como sobre sí mismos.

## Palabras clave

Vehículos Automatizados, Ética de las Máquinas, Inteligencia Artificial, *Trolley Problems*, *Overruling*, Responsabilidad, Protección de Datos, Disposición del Consumidor, Enfoques Éticos

<b>Índice de temas</b>	
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Resumen</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de Abreviaturas</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Ilustraciones</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>ix</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo del Trabajo	2
1.2. Metodología	2
1.3. Definición de términos de uso frecuente en este Trabajo de Fin de Grado	4
<b>2. La conducción automatizada como parte de la Cuarta Revolución Industrial</b>	<b>7</b>
2.1. Los nueve Pilares de la Cuarta Revolución Industrial	7
2.2. El Ser Humano y su Deseo de Robots Automatizados	12
<b>3. Cronología y Objetivos del Desarrollo</b>	<b>14</b>
3.1. Cronología y Niveles de Automatización	14
3.2. Objetivos Principales y Riesgos Correspondientes	16
<b>4. Aspectos Éticos de la Conducción Automatizada</b>	<b>21</b>
4.1. La Cuestión de la Culpabilidad	21
4.1.1. Incertidumbre en la Transferencia de Responsabilidades y el <i>Overruling</i>	21
4.1.2. Situaciones Dilemáticas	24
4.2. Responsabilidad	28
4.2.1. La Responsabilidad Jurídica	28
4.2.2. El Derecho Humano a la Autonomía y la Privacidad	32
4.3. Evaluación Ética	34

<b>5. Perspectivas Futuras y Propuestas de Acción</b>	<b>40</b>
5.1. Viabilidad económica	40
5.2. Accesibilidad Mundial	46
5.3. Enfoques Propuestos para un desarrollo Ético	47
<b>6. Conclusión</b>	<b>50</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>53</b>
<b>Anexos</b>	<b>63</b>
Anexo A	63
Anexo B	64
Anexo C	67

## Índice de Abreviaturas

AR/VR	<i>Augmented Reality/ Virtual Reality</i> Realidad Aumentada/ Virtual
DUDH	Declaración Universal de los Derechos Humanos
Ethik-Kommission	<i>Ethik-Kommission für Automatisiertes und Vernetztes Fahren</i> Comisión Ética para la Conducción Automatizada y Conectada
MaaS	<i>Mobility-as-a-Service</i> Movilidad como Servicio
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> Instituto de Tecnología de Massachusetts
MRV	Millas Recorridas por el Vehículo
NSTC	<i>National Science &amp; Technology Council</i> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> Identificación por Radiofrecuencia
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> Sociedad de Ingenieros Automotrices
USDOT	<i>United States Department of Transportation</i> Departamento de Transporte de los Estados Unidos

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Templo Griego de la Cuarta Revolución Industria .....	8
Ilustración 2 Los niveles de automatización .....	14
Ilustración 3 Descripción Funcional del Drive Pilot.....	22
Ilustración 4 Interfaz Moral Machine .....	24
Ilustración 5 Jerarquía de ethical agents y los dos dimensiones en el desarrollo de agentes morales .....	36
Ilustración 6 Ventas de Vehículos Automatizados .....	42
Ilustración 7 Distribución de Beneficios.....	43
Ilustración 8 Costo por MRV en USD.....	45
Ilustración 9 Componentes de los costos económicos totales de accidentes de tráfico.....	67
Ilustración 10 Fuente de financiación de los costos de los accidentes de tráfico .....	67



## Índice de Tablas

Tabla 1 Millaje requerido de los vehículos automatizados para demostrar ventajas de seguridad.....	19
Tabla 2 Objetivos principales y los riesgos correspondientes .....	20
Tabla 3 Tabla con declaraciones clave de los entrevistados.....	66

## 1. Introducción

*“On the one hand are all the usual futurist fears about technology on a trajectory beyond human control. On the other hand, we sense deeper, more personal worries about what this technology might reveal about human beings themselves (Wallach & Allen, 2009, pág. 37).”*

El deseo de conducir de forma automatizada es probablemente tan antiguo como el coche en sí. Después de años de investigación, pruebas y carreras automatizadas, ahora se ha llegado a un punto en el que se podría introducir la conducción automatizada en el mercado— Y de repente las partes involucradas paran. ¿Por qué?

No se puede negar que el coche es una parte importante de la vida cotidiana. Acompaña a los humanos en todas las fases de sus vidas y se ha convertido en algo indispensable. Las introducciones sucesivas de complementos parcialmente automatizados también parecen significativas, contemporáneas y rentables. Pero confiar enteramente en el vehículo forma una gran preocupación para el ser humano.

¿Puede un vehículo automatizado conducir de forma más fiable que un hombre? ¿Qué pasa si se mete en una situación de la que no puede escapar sin consecuencias? ¿Quién carga entonces con estas consecuencias? La mayoría de las personas todavía no se puede imaginar depender de un robot. Sin embargo, los seres humanos suben a ascensores todos los días, se sientan en un metro no tripulado y dejan la producción en manos de robots que pueden trabajar con más precisión. ¿Qué es lo que distingue al coche de todas esas otras máquinas?

## 1.1. Objetivo del Trabajo

En primer lugar, cabe señalar que este trabajo está escrito con el fin de obtener la titulación de *Bachelor of Science* en Administración y Dirección de Empresas con Mención Internacional de la Facultad de Empresariales del Instituto Católico de Administración y Dirección de Empresas de la Universidad Pontificia Comillas; tanto como la titulación de *Bachelor of Science* en *International Management* de la *ESB Business School* de la *Reutlingen University*.

El objetivo del trabajo mismo es, inspirado por las preguntas mencionadas al inicio, encontrar una solución éticamente justificable a la pregunta: ¿De qué manera y en qué medida se puede permitir que la humanidad se auto entregue a sus vehículos y qué límites y modalidades de control se requieren?

El título del trabajo, por lo tanto, es “Responsabilidad y Cuestión de Culpabilidad en el Desarrollo de Robots Artificialmente Inteligentes a Través del Ejemplo de la Conducción Automatizada.”

## 1.2. Metodología

El trabajo seguirá una estructura deductiva fundada en torno a la pregunta de investigación. Las fuentes, por lo tanto, son intencionadamente variadas. Por un lado, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica de trabajos científicos e informes. Dependiendo del capítulo, serán mayormente consultados estudios cuantitativos, informes institucionales, reportes gubernamentales e investigaciones realizadas por consultorías. Esto se explica con más detalle a continuación.

Por otro lado, para obtener una visión más profunda del tema, se realizó una recopilación de data primaria. A fin de poder realizar un examen profundo de la industria, lo cual suele negarse a muchos, se realizó una investigación cualitativa mediante entrevistas con expertos.

La primera entrevista se realizó con Bernhard Weidemann, portavoz de prensa del área Comunicación Global para la Conducción Autónoma y la Inteligencia Artificial para Mercedes-Benz AG. Por su posición representativa en la empresa, está en estrecho contacto con los ingenieros y, por lo tanto, perfectamente informado sobre el estado del desarrollo de una empresa líder de la industria automovilística.

La segunda entrevista se llevó a cabo con Prof. Dr. Christoph Hubig, Decano del Departamento de Ciencias Sociales e Históricas de la Universidad Técnica Darmstadt y miembro de la *Verein deutscher Ingenieure* (en español: Asociación de Ingenieros Alemanes) durante muchos años. Fue seleccionado para la entrevista por su extraordinaria especialización en la filosofía técnica a nivel internacional.

La tercera entrevista se realizó con Thorsten Stickel, responsable de la tecnología global de procesos y herramientas en la División de Powertrain & Driveline para uno de los principales proveedores de automóviles, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG. Por su conocimiento profundo de la industria, aportó un valor añadido a este trabajo.

Las entrevistas se llevaron a cabo por teléfono de manera semiestructurada con una guía orientativa. Las entrevistas se transcribieron para así facilitar un análisis de contenido cualitativo según Mayring (2010). Para ello se creó una guía de codificación, según la cual las entrevistas fueron reducidas a lo esencial. Las categorías de la guía de codificación se desarrollaron de manera deductiva sobre la base de la investigación bibliográfica anterior. Para revisar la guía orientativa y una tabla resumiendo lo esencial, véase Anexo A y B. Los resultados de las entrevistas formarán parte del texto del trabajo para contextualizarlos de la mejor manera.

El trabajo será estructurado de la siguiente manera. Términos fundamentales, que sean de comprensión esencial o que actualmente no tienen definiciones inequívocas, serán explicados a continuación. Para hacer justicia a la línea de investigación de la digitalización y la Cuarta Revolución Industrial, en el siguiente capítulo 2 se clasificará la conducción automatizada y se introducirán tecnologías similares (2.1.). Fuentes del Foro Económico Mundial y los artículos que informan sobre el estado de la técnica constituyen la parte principal de las fuentes de este subcapítulo. Luego, se presenta una breve justificación de la importancia del tema (2.2.), consultando fuentes históricamente relevantes.

Una vez comprobada la relevancia del tema, en el capítulo 3 se ofrece un resumen cronológico, así como los objetivos del desarrollo. En primer lugar (3.1.), se explican los seis niveles de automatización universalmente relevantes formulados por la *Society of Automotive Engineers* ((SAE) en español: Sociedad de Ingenieros Automotrices). Posteriormente, se mencionan los objetivos de la investigación y los riesgos asociados (3.2.).

Con el conocimiento adquirido del capítulo anterior, el capítulo 4 se enfocará en las problemáticas éticas y sociales de las cuestiones de la culpabilidad y la responsabilidad. Primero, serán evaluadas las problemáticas de transiciones entre ser humano y sistema, y dilemas (4.1.1. y 4.1.2.) como parte del intento de la solución de la cuestión de culpabilidad. En particular, la investigación de la *Ethik-Kommission Kommission für Automatisiertes und Vernetztes Fahren* ((Ethik-Kommission) en español: Comisión Ética para la Conducción Automatizada y Conectada) y del *Massachusetts Institute of Technology* ((MIT) en español: Instituto Tecnológico de Massachusetts) serán muy útil en este capítulo. En el siguiente subcapítulo sobre la responsabilidad (4.2.), se repartirán las responsabilidades jurídicas (4.2.1.) antes de criticar el riesgo de brecha de derechos humanos (4.2.2.). Luego, habrá una final evaluación ética (4.3.). La mayor parte de la bibliografía será compuesta por fuentes estatales e institucionales.

El capítulo 5 sirve para proponer perspectivas futuras y propuestas de acción. Primero, será calculada la viabilidad económica de la conducción automatizada (5.1.). Especialmente informes de consultorías serán utilizados para estas calculaciones. La accesibilidad mundial (5.2.) que forma la segunda parte del quinto capítulo se basa mayormente en el *Autonomous Vehicles Readiness Index* (en español: índice de disposición para vehículos autónomos) de una de las consultorías líder KPMG International. Finalmente, se presentarán diferentes enfoques (5.3.) con la intención de proponer una estructura éticamente correcta para el desarrollo de vehículos automatizados. Los enfoques de los investigadores más renombrados y citados con mayor frecuencia se elaboran en este último capítulo.

La conclusión en el capítulo 6 resume todas las experiencias que este trabajo ha reunido y forma una conclusión circular volviendo a la introducción.

### **1.3. Definición de términos de uso frecuente en este Trabajo de Fin de Grado**

Debido a la complejidad técnica de los temas en los que se basa este trabajo, se utilizarán algunos términos que no se dan por sentados en el lenguaje cotidiano. En el párrafo siguiente, estos términos esenciales se establecerán y definirán en sus respectivos conceptos. Estos son descritos y explicados con cierto detalle y en los siguientes capítulos no se volverá a incidir sobre el asunto.

Las definiciones de la inteligencia artificial tienden a diferenciarse mucho entre sí. En general, hay cuatro enfoques: Pensar humanamente o racionalmente, o actuar humanamente o racionalmente (Russell & Norvig, 2010, págs. 1-5). Para este trabajo, se use la definición del diccionario de la Real Academia Española (2019), que lo establece como la “*Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico*”.

Por enseñar a saber actuar o pensar así, se hace necesario tener en cuenta machine ethics. *Machine Ethics* (en español: Ética de la máquina) mayormente se ocupa de supervisar el desarrollo de máquinas que puedan exhibir un comportamiento moral al ser expuestas a nuevas situaciones (Goodall, 2014, pág. 61). Este comportamiento moral puede resultar como acción de un sistema de aprendizaje, que está capacitado por los programadores durante el desarrollo. Un sistema de auto aprendizaje adicionalmente se mejora durante el funcionamiento (Ethik-Kommission, 2017, pág. 30). Los riesgos que lleva el segundo serán discutidos más adelante.

Ambos de los sistemas son usados para el desarrollo de vehículos automatizados. Cabe señalar que la mayoría de los investigadores usa los términos vehículos automatizados y vehículos autónomos indistintamente. Sin embargo, tanto de un punto de vista ética como de un punto de vista tecnológica, hay diferencias finas entre los dos términos. En la ética, la autonomía se describe como la capacidad de ser la propia persona con razones y motivos que se toman como propios y que no sea el producto de fuerzas externas (Christman, 2018). Según esto, las máquinas no podrían ser autónomas porque siempre son creadas por el ser humano.

En el desarrollo tecnológico se hace la siguiente distinción. Un vehículo automatizado debe recopilar información de diversas fuentes internas y externas, como del vehículo mismo, de otros vehículos y de la infraestructura, y tomar decisiones basadas en esta información. Los vehículos autónomos, por otra parte, deberían depender sólo mínimamente de las fuentes de datos externas (International Transport Forum, 2015, págs. 11-15). No obstante, ya que ninguna de las definiciones técnicas prevé decisiones completamente independientes y, además, por ser un trabajo enfocado en aspectos éticos, en este documento se hablará exclusivamente de vehículos automatizados. Para poder ser más preciso, se hace una distinción según el grado de automatización. Esto se explicará más adelante.

Los términos vehículo automatizado, sistema de conducción automatizada, sistemas de automatización y sistemas automatizados, de todos modos, se usan indistintamente. Además, cabe señalar que el trabajo, en primer lugar, está enfocado a los vehículos de uso privado para el transporte de 2 a 9 personas. Camiones, taxis o vehículos de proveedores privados no desempeñarán un papel distinto y se mencionarán mayormente en la última parte del trabajo.

## **2. La conducción automatizada como parte de la Cuarta Revolución Industrial**

Como parte de la Cuarta Revolución Industrial, los vehículos automatizados forman parte de un desarrollo que cambiará el mundo en cualquier aspecto. A continuación, será categorizada el papel de la conducción automatizada en la evolución global. Además, será introducido nuevamente la razón de investigar en el ámbito de este trabajo.

### **2.1. Los nueve Pilares de la Cuarta Revolución Industrial**

Según Klaus Schwab, el fundador del Foro Económico Mundial, esta Cuarta Revolución Industrial provocará cambios tan profundos que, desde la perspectiva de la historia humana, nunca ha habido un momento más prometedor ni más potencial de fracaso. En el mundo hoy en día, las invenciones de hoy ya están superadas mañana. La digitalización de todas las áreas conduce a un intercambio de datos aún más rápido, lo que a su vez lleva a la globalización hacia un rendimiento máximo. Con cada una de las pasadas revoluciones industriales, la productividad, la eficiencia y el conocimiento se han elevado a un nuevo nivel. Esta Cuarta Revolución Industrial, sin embargo, parece superar a las demás en los cambios que ha traído consigo (Schwab, 2017, págs. 2-8).

La humanidad está en el umbral del desarrollo de robots automatizados, es capaz de imprimir armas y puede comunicarse con su refrigerador. No obstante, está todavía al principio de esa revolución, que se basa en sistemas ciberfísicos y se caracteriza por su velocidad, su anchura, su profundidad y su efecto sobre sistemas enteros (Schwab, 2017, pág. 3). La Cuarta Revolución Industrial se extenderá por todo el mundo e interrumpirá en casi todas las áreas. En este capítulo se va a tratar de clasificar los tipos de avances a los que se acabó de referir.

La representación en forma de templo griego se justifica en la medida en que la Cuarta Revolución Industrial no existiría sin los avances técnicos representados en los distintos pilares que las columnas representan. Cada uno de los inventos apoya el progreso de la revolución industrial. De la literatura se desprende que hay muchos factores que contribuyen a la revolución, pero los que se enumeran a continuación son los decisivos (Schwab, 2016; Boston Consulting Group, 2019).



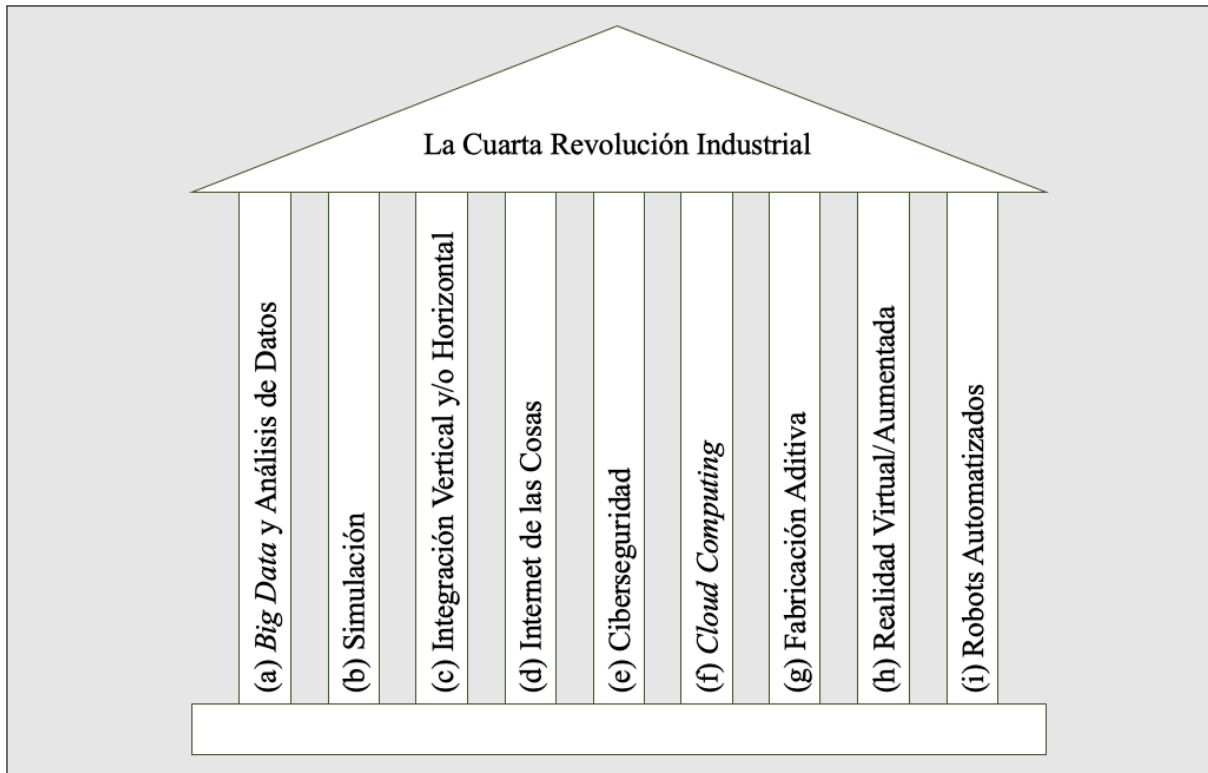


Ilustración 1 Templo Griego de la Cuarta Revolución Industria. Elaboración Propia

*(a) Big Data y Análisis de Datos*

*Big Data* (en español: Datos importantes) como término es ya una descripción muy precisa de lo que hay detrás del mismo. Es la colección completa de los datos para el análisis del comportamiento y las características humanas. En el ámbito empresarial, estos datos se utilizan, por ejemplo, para el análisis del comportamiento de los consumidores. La mensurabilidad de estas características apoya la toma de decisiones con argumentos estratégicos e impulsa el rendimiento (McAfee & Brynjolfsson, 2012, pág. 64).

Además, los datos que se introducen son numerosos. Se estima que el supermercado estadounidense Walmart recoge más de 2,5 petabytes de datos de transacciones de clientes cada hora (McAfee & Brynjolfsson, 2012, pág. 64). Cada segundo se publican 8,771 tweets en todo el mundo y se envían más de 2.8 millones de correos electrónicos (Internet Live Stats, 2019). Un estudio del McKinsey Global Institute (Manyika, y otros, 2011, pág. 6) muestra que los minoristas podrían utilizar todos estos datos para mejorar sus márgenes operativos hasta en un 60%, analizando el comportamiento del consumidor y adaptando sus estrategias.

### *(b) Simulación*

La simulación desempeña un papel esencial en la optimización de procesos de producción. El denominado *gemelo digital* puede trabajar junto al proceso real y así reaccionar rápidamente a los problemas, pero también puede prever y evaluar los resultados de las distintas acciones y, en última instancia, intervenir en ellos. De este modo, un ciclo de fabricación puede corregir los errores antes de que se produzcan. Como resultado, la línea tiene que detenerse con menos frecuencia y la productividad se incrementa. La simulación también se usa para hacer posible la integración vertical y horizontal (Gunal, 2019, págs. 8-10).

### *(c) Integración Vertical/Horizontal*

Un término clave en los últimos años es "Industria 4.0", que se mencionó por primera vez en 2011 (Schwab, 2017, pág. 7). Esta Industria 4.0 implica fábricas inteligentes, que requerirán dos tipos de integración: Tanto la horizontal como la vertical (Gunal, 2019, pág. 9).

La integración horizontal significa que los distintos participantes en la cadena de valor deben estar más interconectados entre sí. La coordinación con los proveedores y clientes es esencial para una futura producción con el menor tiempo de inactividad posible y con procesos tan fluidos como sea posible. Esto permite, por ejemplo, evitar los cuellos de botella en el suministro (Gunal, 2019, págs. 9-10).

La integración vertical significa que los sistemas dentro de una Fábrica Inteligente deben estar coordinados y ser compatibles entre sí. Todas las máquinas, sensores y programas deben interconectarse de manera que proporcionen el mayor control posible y, por lo tanto, la mejor optimización posible. El Internet de las cosas, que se explica a continuación, es esencial para conectar los distintos objetos (Gunal, 2019, págs. 9-10).

### *(d) Internet de las Cosas*

El "Internet de las Cosas", básicamente, es la interconexión de personas y objetos mediante tecnologías conectadas. Esto significa que, a pesar de una cierta distancia, las personas pueden utilizar el Internet para controlar cosas como la calefacción en casa o el envío de paquetes. Esto también será importante en la industria, ya que cambiará radicalmente la forma en que se

supervisa la cadena de valor. Todas las partes de esta cadena pueden ser rastreadas y analizadas utilizando, por ejemplo, rastreadores de identificación por radiofrecuencia (RFID). La información recopilada puede utilizarse para optimizar el proceso y ahorrar costes (Schwab, 2017, pág. 18).

Se estima que para el año 2025 habrá 75.44 miles de millones de dispositivos conectados (Statista, 2019). Los dispositivos conectados no sólo son un mercado nuevo y prometedor, sino que la información que proporcionan también se utiliza para generar el gemelo digital en la simulación y como parte del *Big Data* para el análisis de datos (Rodal Montero, 2020, pág. 167).

#### *(e) Ciberseguridad*

Uno de los mayores retos que traerá consigo la Cuarta Revolución Industrial será garantizar la ciberseguridad. Hay que proteger a redes, dispositivos y data para que no sea posible el acceso no autorizado o el uso criminal (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2019). Muchos de los desarrollos que están entrando en el mercado actualmente están simplificando enormemente la vida cotidiana de cada persona. Sin embargo, hay que tener cuidado de no perder la privacidad cada vez más por conveniencia. Se trata de asegurar que las nuevas tecnologías no controlen ni restrinjan las acciones de las personas (Schwab, 2017, págs. 103-105).

#### *(f) Cloud Computing*

La nube ya no es una novedad para el ser humano. No obstante, hay pocas personas que conocen más que el mero término. La computación en la nube, en términos económicos, constituye una forma de externalización de funciones informáticas, en la que la operación y el mantenimiento de los servicios son llevados a cabo por proveedores especializados (Reinheimer, 2018, pág. 5). En pocas palabras, se trata de un conjunto de recursos a los que pueden acceder determinadas personas, pero que se almacena de forma descentralizada (Reinheimer, 2018, págs. 4-5). La computación en la nube es la base para que se pueda manejar la enorme cantidad de datos por parte de las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.

### *(g) Fabricación Aditiva*

La fabricación aditiva significa que un objeto 3D se imprime capa por capa a partir de un modelo. Los procesos de impresión en 3D ya se están utilizando para una amplia gama de productos, desde turbinas eólicas de gran tamaño hasta pequeñas piezas médicas (Schwab, 2017, págs. 15-16). Todos estos productos se destacan por su alto nivel de individualización y, por lo tanto, prometen una gama de productos futuros menos estandarizados sino más adaptados a las necesidades de los consumidores.

Según un reporte del Foro Económico Mundial (Schwab, 2017, págs. 161-167), se asume que con una probabilidad del 84% el primer vehículo fabricado por impresión en 3D entrará en producción antes del año 2025. También se estima con una probabilidad del 76% que el primer trasplante de un hígado impreso en 3D se realizará antes de que finalice el mismo período.

### *(h) Realidad Aumentada/Virtual (AR/VR)*

La Realidad Aumentada/Realidad Virtual representa la vinculación en tiempo real de las percepciones del entorno real con distintos datos, gráficos, audio y otras mejoras sensoriales (Curtin, 2017). El primer éxito de realidad aumentada como producto se manifestó en el lanzamiento del juego *Pokémon Go*, lo cual popularizó la realidad aumentada dentro de pocos meses (Knowledge@Wharton, 2016). Se espera que el mercado siga creciendo y que la Realidad Virtual/Aumentada, durante un período de previsión de 2017-2022, alcanzará una tasa de crecimiento anual compuesta (TCCA) del 71,6% (International Data Corporation, 2018).

### *(i) Robots Automatizados*

El último pilar de la Cuarta Revolución Industrial es el desarrollo de robots, los cuales pueden variar mucho en su tamaño, funcionalidad, movilidad, inteligencia y coste (Deloitte, 2017, pág. 4). Las variaciones van desde robots automatizados en la línea de producción (Levanon, Crofoot, & Steemers, 2020) hasta aviones teledirigidos (Deloitte, 2017, pág. 4), robot profesores en las universidades (Ameen, 2019) y la RoboCup, un campeonato mundial de fútbol para robots. De hecho, se supone que hasta el 2050, un equipo de robots RoboCup será capaz de ganar a los campeones de la Copa Mundial de la FIFA (Prokopenko & Budden, 2015).

En la investigación, hay campos completamente nuevos como la robo filosofía, que se ocupa de estas interacciones hombre-máquina, especialmente en los robots sociales (Ishiguro, 2018, pág. 7). Y, al final, los vehículos automatizados, de los que se espera que representen el 10% de todos los vehículos en los EE.UU. para el año 2025 (Schwab, 2017, pág. 147). Los robots están infiltrando cada aspecto de la vida cotidiana. ¿Cómo se puede asegurar que lo hagan en una manera enriquecedora?

## **2.2. El Ser Humano y su Deseo de Robots Automatizados**

En 1945 fue llevado a cabo el probablemente primer intento de desarrollar reglas éticas para los robots por Isaac Asimov a través sus Tres Leyes de la Robótica (Wallach & Allen, 2009, pág. 3):

1. Un robot no hará daño a un ser humano o, por inacción, permitirá que un ser humano sufra daño (Asimov, 1950, pág. 45).
2. Un robot debe cumplir las órdenes dadas por los seres humanos, a excepción de aquellas que entrasen en conflicto con la primera ley (Asimov, 1950, pág. 45).
3. Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o con la segunda ley (Asimov, 1950, pág. 45).

Cabe señalar que Asimov los formuló no para proponer una estructura ética, sino para demostrar la dificultad de actuar en base a ellos. Si estas formulaciones se utilizaran en el desarrollo de sistemas de conducción automatizada, probablemente ni siquiera se permitiría que el vehículo saliera de la entrada del patio, ya que su entrada en el tráfico generalmente pone en peligro a las personas (Goodall, 2014, pág. 61).

En el mismo año como la publicación de “Yo, Robot” de Isaac Asimov, Alan Turing intentó investigar científicamente la pregunta: “¿*Can machines think* (en español: Puede pensar una máquina (1950, pág. 1))?” En ello visionó una *child machine* (en español: maquina infantil), que puede ser educada a ser una máquina que actúe éticamente.

Estos dos enfoques fueron probablemente los primeros intentos de programación de *Top-Down* y *Bottom-Up* que se están experimentando hoy en día (Wallach & Allen, 2009, págs. 83-100); y qué serán ponderados más tarde en este trabajo.

Los fundamentos técnicos de los vehículos automatizados se establecieron mucho antes. La viabilidad de los vehículos inicialmente sin conductor, pero con control remoto, se vio influida positivamente por el desarrollo del estabilizador de aeronaves desarrollado en 1914, y la tecnología de radio, gracias a la cual fue posible el control remoto. En 1921, el primer vehículo sin conductor fue introducido en Ohio. Las noticias lo publicaron extensamente, y pronto se abrió camino en la literatura y en el arte cineasta. Primero, como actor vial ejemplar en la película de educación vial *The Safest Place*, luego como amigo simpático en películas Disney como *Herbie* o máquina killer en el thriller *Duel* de Steven Spielberg (Kröger, 2015, págs. 42-45).

No se debe olvidar que las tres películas sólo transmiten imágenes estereotipos de vehículos automatizados (Kröger, 2015, págs. 42-45). Sin embargo, el vehículo automatizado fue percibido muy pronto como una fantasía y aún hoy en día es difícil de imaginárselo para muchas personas. El miedo a perder el control sobre el vehículo algún día sigue siendo muy dominante (Kröger, 2015, págs. 41-66). De hecho, nunca en la historia de la humanidad se ha permitido que una máquina decida independientemente quién debe vivir y quién debe morir. Ese puente será cruzado en cualquier momento, y no ocurrirá en un escenario lejano sin impactar a la mayoría de las personas, sino en un aspecto tan mundano de la vida: el transporte diario (Awad, y otros, 2019, pág. 10).

### 3. Cronología y Objetivos del Desarrollo

El 29 de enero de 1886, Carl Benz solicitó la patente de un vehículo motorizado. Esta fecha se considera el nacimiento del automóvil (Daimler AG, s.f.). Desde entonces, el coche se está transformando continuamente, de modo que hoy se está a punto de desarrollar un vehículo totalmente automatizado. En el siguiente apartado, se conecta el desarrollo del coche con la cronología de su automatización. Además, se explican los retos principales que se desea cumplir con un vehículo automatizado y las oportunidades y amenazas que pudiera traer.

#### 3.1. Cronología y Niveles de Automatización

La hora del nacimiento del coche fue el inicio de una historia de éxito imparable para el vehículo motorizado. En 1894, comenzó la primera producción en serie de un coche con la fabricación de 1200 unidades del Benz Velociped (Daimler AG, s.f.). Sin embargo, pasaron aproximadamente 60 años antes de que se comercializaran las primeras características de seguridad, representadas por el control de la velocidad de crucero, cinturones de seguridad y frenos antibloqueo (NHTSA, s.f.). A principios del milenio, se añadieron precauciones de seguridad como el Control Electrónico de Estabilidad, la Detección de Puntos Ciegos, la Advertencia de Colisión Frontal y la Advertencia de Cambio de Carril (NHTSA, s.f.), mezclando los dos primeros niveles de automatización.

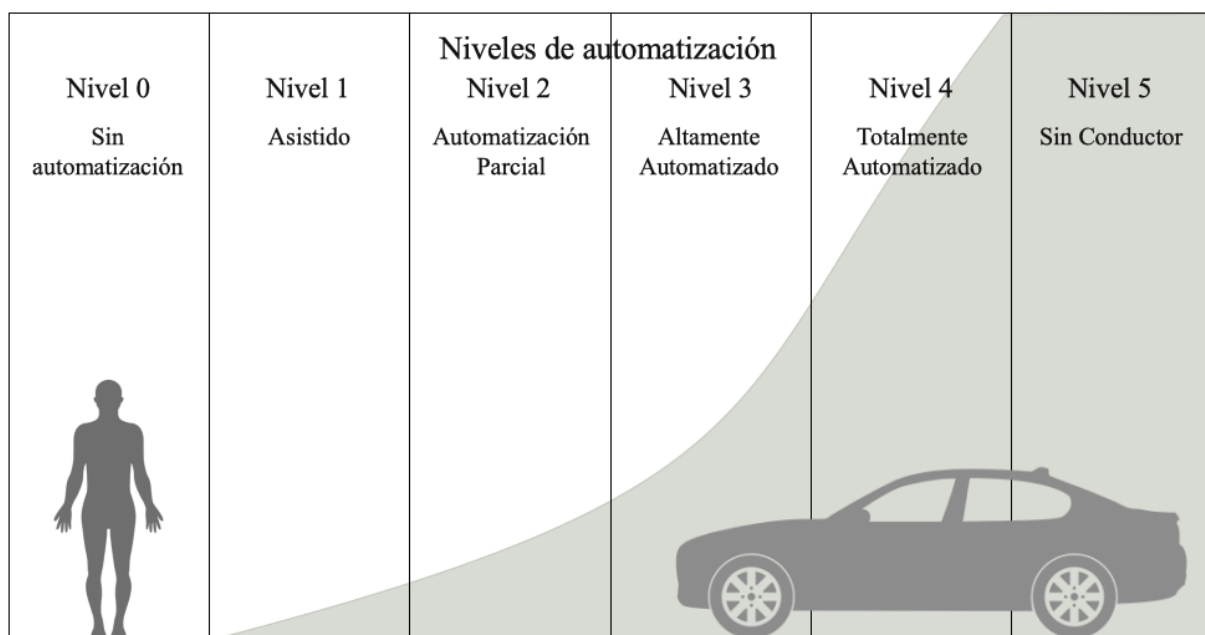


Ilustración 2 Los niveles de automatización. Adaptado de Verband der Automobilindustrie e.V., 2015, pág. 15

La ilustración precedente muestra los seis niveles de automatización de la conducción automatizada. El campo verde ligero corresponde a la proporción de control por sistemas automatizados.

Todos los vehículos sin soporte automático pertenecen al nivel 0 de automatización, es decir, son vehículos no automatizados con el ciento por ciento del control en manos del conductor. Es posible que los vehículos proporcionen algún tipo de sistema de apoyo y confort, como un sistema de alerta de peligro o un sistema de limpiaparabrisas automático, pero no disponen de control sobre la conducción, el frenado o la aceleración (NHTSA, 2012, pág. 4).

El nivel 1 de automatización incluye los sistemas de seguridad ya mencionados, como el control electrónico de estabilidad o el apoyo dinámico de frenado en emergencias, los sistemas de vídeo de retroceso y el asistente de centrado de carril, que se introdujeron alrededor de 2010 (NHTSA, s.f.). Este nivel se caracteriza por el hecho de que el conductor sigue siendo plenamente responsable de la seguridad de la operación, pero puede renunciar en forma limitada al control, por ejemplo, con la ayuda del control electrónico de estabilidad. También es posible recibir apoyo de un sistema en ciertas situaciones, como sucede por ejemplo con el apoyo de los frenos dinámicos en las emergencias (NHTSA, 2012, pág. 4). Un vehículo actualmente disponible en el mercado normalmente pertenece al nivel 1 de los niveles de automatización (Walch, 2019).

En este punto cabe señalar que, en 2012, sólo se definieron tres niveles adicionales (NHTSA, 2012, págs. 4-5), mientras que hoy en día, basándose universalmente en la categorización según SAE J3016, se suponen cuatro niveles adicionales (SAE, 2018). Así, el entonces Nivel 2 se dividió en Nivel 2 y Nivel 3.

La diferencia esencial que llevó a la diferenciación de los niveles se refleja en la necesidad de capacidad de reacción del conductor. En el nivel 2 del nivel de automatización, un vehículo puede adoptar el comportamiento habitual de conducción (Walch, 2019), es decir, una combinación de velocidad y dirección en condiciones convencionales (NHTSA, s.f.). No obstante, el conductor debe estar disponible en cualquier momento para tomar el control del vehículo en caso de emergencia. Los primeros sistemas de piloto automático de empresas como Tesla y Mercedes-Benz corresponden a este nivel de automatización (Walch, 2019).



En cambio, un vehículo automatizado de nivel 3 se caracteriza por la concesión de un período de transición. Esto significa que el vehículo es capaz de conducir de forma ampliamente automatizada y sólo tiene que recurrir al conductor en situaciones inciertas. Sin embargo, le da al conductor una cierta cantidad de tiempo para familiarizarse con la situación actual (Verband der Automobilindustrie e.V., 2015, pág. 15).

Un sistema de conducción automatizada de nivel 4 suele ser capaz de recorrer independientemente cualquier distancia sin requerir un conductor (Verband der Automobilindustrie e.V., 2015, pág. 15). De todos modos, existen restricciones como condiciones climáticas excepcionales o zonas geográficamente desconocidas, por lo que los vehículos de este tipo deben seguir disponiendo de todos los sistemas que un conductor humano necesita para controlar el vehículo. Aún no es conocida la comercialización de un vehículo que corresponda a este nivel de automatización (Walch, 2019), pero se considera probable un lanzamiento al mercado antes de 2025 (NHTSA, s.f.).

El último nivel de automatización, el nivel 5 de conducción automatizada, representa el control completo por el sistema de conducción automatizada (Verband der Automobilindustrie e.V., 2015, pág. 15). Todos los ocupantes son meramente pasajeros; los sistemas necesarios para un conductor convencional pueden omitirse, de modo que la intervención humana y las acciones inadecuadas asociadas ni siquiera son posibles. El nivel 5 es el non plus ultra de investigación y desarrollo (Walch, 2019).

### **3.2. Objetivos Principales y Riesgos Correspondientes**

El esfuerzo inmenso en el desarrollo de la conducción automatizada hace surgir preguntas sobre los objetivos fundamentales de la investigación. Estos serán expuestos en los párrafos siguientes y serán puestos en relación con sus riesgos correspondientes.

Como objetivo principal, la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 10) de Alemania estableció la mejora de la seguridad de todas partes involucradas en el tráfico vial, aclarando que la evitación de accidentes es de primordial importancia; el incumplimiento de este objetivo, desde el punto de vista ético, no justificaría la introducción de vehículos automatizados.

Según La Organización Mundial de la Salud (2018, pág. 2), hubo 1,35 millones muertes de tráfico sólo en 2016. Se asume que un 93% de accidentes de tráfico (NHTSA, 2008) son, por

lo menos en un parte, causados por error humano (Smith, 2013). Por lo tanto, la gran mayoría de los accidentes de tráfico podrían ser evitados gracias a vehículos automatizados (Gao, Hensley, & Zielke, 2014, págs. 42-53). Una investigación bibliográfica profunda respecto de esa asunción apoya la suposición de que la prevención de accidentes es el fin supremo del desarrollo de los vehículos automatizados.

Para la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 10), el segundo objetivo es un incremento de oportunidades de movilidad. Está científicamente probado que, a partir de cierta edad, las capacidades del conductor y su correspondiente edad se correlacionan negativamente. Cuanto más viejo es el conductor, menos reactivo y competente es (Lee, Cameron, & Lee, 2003, pág. 802). La oportunidad de ofrecer a personas de mayor edad una movilidad más individual e independiente lleva el potencial de disminuir aún más el peligro de accidentes de tráfico. Cabe señalar, sin embargo, que las personas que ya no son capaces de maniobrar un vehículo lógicamente sólo pueden beneficiarse de vehículos del nivel 5 de la automatización (Litman, 2020, pág. 29). En cuanto a personas de menor edad, la movilidad incrementada también sea de uso, pero conlleva una disminución de capacidades y aptitudes de las siguientes generaciones, por lo que previamente haya que cumplir los requisitos técnicos e infraestructurales (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 69).

Asimismo, la introducción de vehículos automatizados también debería ser de gran importancia para el medio ambiente. Se investigó que el uso de vehículos semiautomáticos ya lleva tanto a una disminución del nivel de contaminación como a un tráfico más fluido en general (Bose & Ioannou, 1999, pág. 2176).

Por último, debido al ahorro de tiempo normalmente gastado en conducir, se presume una ganancia en confort y alivio físico y psíquico de la conducción con vehículos automatizados. Al final, se tiene que considerar que el traspaso del vehículo tradicional al vehículo automatizado, es decir, un cambio de acto originalmente manejado por el hombre a un acto automatizado, no es un fenómeno nuevo. Incluso antes, cambios como el paso a los ascensores electrónicos provocaron un escepticismo inicial. Al principio significó la eliminación de puestos laborales y se incrementó el miedo de errores técnico, mientras hoy en día ya casi no se puede imaginar un ascensor manejado por un ser humano. Este escepticismo inicial es esperado y normal, aun así, debería ser tomado en cuenta (Ethik-Kommission, 2017, págs. 15-

16), ya que la introducción amplia de la conducción automatizada de igual forma lleva riesgos inevitables.

Ahora bien, resultaría extremadamente arriesgado permitir que los vehículos sin conductor fueran puestos en la carretera como programas de auto aprendizaje. A través del auto aprendizaje, recogen y procesan datos, sacan conclusiones de ellos y cambian su comportamiento según lo que han aprendido. Sin embargo, no debe asumirse que las acciones humanas puedan servir como una base éticamente correcta para las acciones de las máquinas. El coche de Tesla, que llevó a su ocupante a la muerte, condujo nueve millas más rápido que el límite de velocidad permitido en ese momento (Etzioni & Etzioni, 2017, pág. 5). Asimismo, hay que tener en cuenta que los desarrollos independientes de los distintos programas adicionalmente crean el riesgo de una interoperabilidad insuficiente entre los sistemas (Centre for Connected & Autonomous Vehicles, 2017, pág. 4).

Hoy en día, los boletines de noticias como el del conductor fallecido de Tesla se transmiten más rápido que nunca. El componente emocional asegura que se difundan más fuerte que las noticias positivas y, por lo tanto, influyan desproporcionadamente en las decisiones individuales y públicas (Bonnefon, Shariff, & Rahwan, 2016, pág. 1573). Waymo informa que, desde 2009, ya ha recorrido más de 20 millones de millas con su sistema automatizado (Waymo, s.f.), pero esa noticia positiva se está extendiendo a un ritmo mucho más lento y mucho menos ruidoso.

Ese riesgo de fallo de funcionamiento, tanto como el miedo de ciberataques, la inseguridad en preguntas de responsabilidad y la falta de regulación de situaciones dilemáticas llevan a la pregunta: ¿De qué manera y en qué medida se puede permitir que la humanidad se auto entregue a sus vehículos y qué límites y modalidades de control se requieren (Ethik-Kommission, 2017, pág. 16)? Esos riesgos, aunque raros, son inmanentes en sistemas complejos. El mismo uso mezclado de coches normales y vehículos automatizados que podría reducir las emisiones y ahorrar combustible también puede causar accidentes por mala comunicación e interpretación de los datos (Ethik-Kommission, 2017, pág. 16).

A diferencia de las aeronaves, en las que cada colisión es catastrófica, o de los vehículos ferroviarios, que sólo pueden evitar colisiones en una dimensión, los vehículos automatizados tienen la posibilidad de comparar diferentes opciones de evasión entre sí y elegir la opción menos grave. Sin embargo, esta elección es a menudo ambigua (Goodall, 2014, pág. 58).

Para demostrar con un 99% de certeza que los vehículos totalmente automatizados suelen tener menos probabilidades de verse implicados en accidentes que los vehículos con conductor, un coche automatizado tendría que recorrer una distancia de 725.000 millas sin ninguna intervención humana. Si sólo se tienen en cuenta los accidentes mortales, esta cifra se eleva a 300 millones de millas (Smith, 2012, pág. 59). En cuanto a camiones automatizados, deberían recorrer por lo menos 2.610.000 millas para llegar a disponer de una certeza suficiente de ventaja comparativa.

Elemento calculado	Todos los vehículos		Camiones pesados	
	Todos los accidentes	Accidentes fatales	Todos los accidentes	Accidentes fatales
Millas recorridas por el vehículo (MRV)	2,951 x 10 <sup>9</sup>	2,951 x 10 <sup>9</sup>	168 x 10 <sup>9</sup>	168 x 10 <sup>9</sup>
Número de vehículos involucrados en accidentes	18.705.600	45.435	295.900	3.200
MRV por cada accidente	160.000	65.000.000	567.000	52.000.000
<b>MRV sin accidente para probar beneficio</b> (Distribución Poisson y valor $p < .01$ basada en datos de 2009)	<b>725.000</b>	<b>300.000.000</b>	<b>2.610.000</b>	<b>241.000.000</b>

Tabla 1 Millaje requerido de los vehículos automatizados para demostrar ventajas de seguridad. Adaptado de Goodall, 2014, pág. 59 (según Smith, 2012; United States Census Bureau, 2012; Office of Freight Management and Operations, 2011; National Highway Traffic Safety Administration, 2009)

Según la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 10), la técnica debería ser programada de tal manera para que ni siquiera surjan situaciones peligrosas, lo cual necesita una aprobación e inspección oficial. Sin embargo, al mismo tiempo es de la opinión de que los riesgos técnicamente inevitables no deberían parar el proceso de aprobación si en general reducen el riesgo.

Concluyendo, se puede suponer los siguientes objetivos principales y los riesgos correspondientes:

Objetivos	Riesgos
Incremento en la seguridad vial	Interoperabilidad de los sistemas
Evitación de accidentes viales	Riesgos de seguridad, ciberataques
Movilidad (especialmente para la gente discapacitada o de menor/mayor edad)	Autoaprendizaje erróneo
Confort y alivio físico y psíquico	Imposibilidad de evitar el ciento por ciento de los accidentes de tráfico
Reducción de la contaminación del medio ambiente por eficiencia mayor en la conducción	Incapacidad de generaciones futuras
Tráfico más eficiente	Confianza pública baja, escepticismo
	Evaluación del valor de un ser humano comparado con otro
	Pérdida de empleo

Tabla 2 *Objetivos principales y los riesgos correspondientes. Ilustración Propia*

En cualquier caso, se indica que, aunque sea casi perfeccionado al máximo el desarrollo de la conducción automatizada, incluso los eventos de baja probabilidad están destinados a ocurrir, debido a la cantidad de vehículos y millas recorridas por ellos (Bonneton, Shariff, & Rahwan, 2016, pág. 1573). No obstante, la aprobación de los individuales y de la sociedad es un prerequisite para la introducción de vehículos automatizados (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 64). Por lo tanto, es necesario un acercamiento ético al tema.

## 4. Aspectos Éticos de la Conducción Automatizada

En el capítulo anterior, se estableció que, si incluso los vehículos con conducción automatizada perfecta chocan ocasionalmente, resulta imprescindible estatuir algún tipo de sistema ético a la hora de la de toma de decisiones (Goodall, 2014, pág. 60). Este capítulo investiga en profundidad la responsabilidad y la cuestión de la culpabilidad en el desarrollo de la conducción automatizada. Al final se evalúa los sistemas de conducción automatizada desde el punto de vista de las éticas tradicionales.

### 4.1. La Cuestión de la Culpabilidad

La mayor parte de las discusiones acerca de la conducción automatizada está ocupada por los dos diferentes casos en los cuales el vehículo tiene que reaccionar de una manera poco predecible y muy dependiente de cada situación individual. Primero, el concepto de *Overruling* (en español: anulación de las acciones del sistema) representa una situación en la cual el vehículo detecta su propia incapacidad de mantener el control y, por lo tanto, devuelve el control al conductor. El segundo concepto trata de situaciones más futuristas, en las cuales el vehículo por sí mismo toma las decisiones necesarias en situaciones complejas. Debido a la imprevisibilidad de estas situaciones altamente complejas, la solución a la pregunta de la culpabilidad a menudo plantea un reto ético.

#### 4.1.1. Incertidumbre en la Transferencia de Responsabilidades y el *Overruling*

Según un estudio conjunto de diversos participantes en el mercado en el ámbito de la conducción automatizada (Wood, y otros, 2019, pág. 63) el estado actual de la técnica debe garantizar que un *fallback-ready user* (en español: usuario disponible en caso de fallo del sistema) pueda tomar el control del vehículo en cualquier momento. Del mismo modo, es obligatorio que un *fallback-ready user* esté disponible para recibir el control del sistema en caso de que una situación exceda las capacidades del mismo. En estos casos, se produce una situación de *Overruling*, en la que el reparto de la responsabilidad se mueve del sistema al conductor y viceversa.

Sin embargo, un traspaso abrupto en una situación peligrosa no ahorraría tiempo ni aumentaría la productividad por el Sistema de Asistencia a la Conducción, ya que el conductor aún tendría que mantener una visión exhaustiva del tráfico rodado (Goodall, 2014, pág. 60). Por lo tanto,

el desarrollo de un período de transición adecuado en el que este traspaso debe tener lugar y que dé al *fallback-ready user* la posibilidad de obtener una visión general de la situación es razonable (Ethik-Kommission, 2017, pág. 21). Este período de transición adecuado se menciona en varios informes, pero no está especificado en su marco temporal (Goodall, 2014, pág. 60).

En la práctica, un protocolo de *OVERRULING* podría parecer al siguiente modelo:

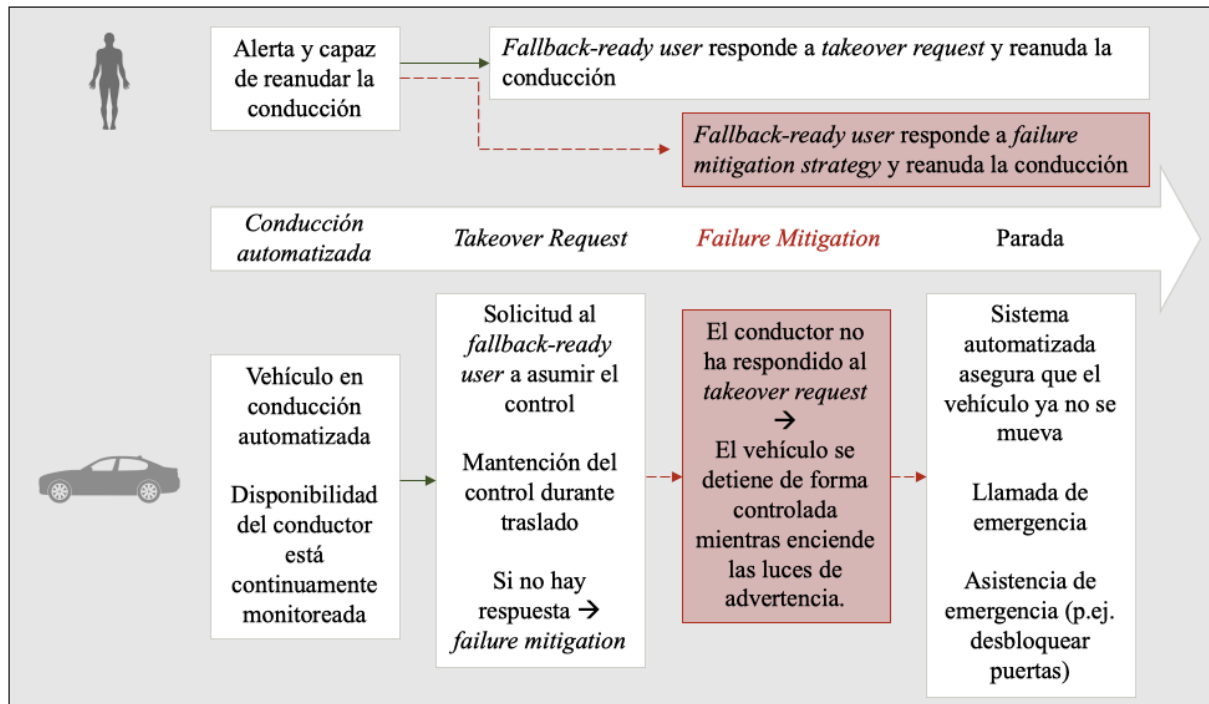


Ilustración 3 Descripción Funcional del Drive Pilot. Adaptado de Mercedes-Benz Research & Development North America, Inc., 2019, pág 15

En la situación inicial, el sistema de conducción automatizada está encendido y en funcionamiento, monitoreando la disponibilidad del *fallback-ready user*. Ante la detección de una situación compleja, el sistema de conducción automatizada alerta con un *takeover request* (en español: solicitud de toma de posesión) al *fallback-ready user* para que reanude la conducción. Durante el traslado hasta que sea preparado el *fallback-ready user*, el sistema mantiene el control. Si el conductor no reacciona, se inicia un sistema de *failure mitigation* (en español: mitigación de fallos), lo cual detiene al vehículo de una manera controlada, encendiendo las luces de advertencia. El *fallback-ready user* sigue teniendo la posibilidad de desactivar el sistema y reanudar la conducción. Si el asistente de conducción sigue esperando una respuesta del conductor, asume una situación de emergencia. Llama al centro de emergencias, asegura que el vehículo ya no se mueva y empieza preparando el vehículo para la llegada de los servicios de emergencia (Mercedes-Benz Research & Development North America, Inc., 2019, pág. 15).

En este ejemplo, los riesgos inherentes a una situación de *Overruling* son muy claros. Por una parte, sigue sin resolverse la cuestión de la duración de este período de transición, lo que es un factor decisivo para la seguridad del sistema. Los vehículos automatizados que están aprendiendo o auto aprendiendo pueden justificarse éticamente si representan un aumento significativo de la seguridad. Justamente en el caso de estas situaciones inciertas de *Overruling*, las funciones esenciales como sistemas de seguridad no deben estar acopladas al sistema de auto aprendizaje para evitar la modificación incorrecta y potencialmente peligrosa de las mismas (Ethik-Kommission, 2017, págs. 13-30).

Adicionalmente, la auto vigilancia de los vehículos, para detectar posibles fuentes de errores o malfuncionamientos en una etapa temprana y evitar así que se produzcan accidentes, proporciona una protección adicional (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 67). Sin embargo, en última instancia, la mejor protección posible es desarrollar el software y la tecnología de tal manera que se puedan descartar prácticamente las situaciones de *Overruling* abruptas o a corto plazo. Es de gran importancia intentar que los sistemas se adapten más al ser humano que al revés, y que los fabricantes y programadores sean siempre responsables de optimizar sus sistemas de manera continua (Ethik-Kommission, 2017, págs. 12-13).

Por otra parte, existe el peligro de que en la fase de transición no se defina con precisión dónde recaen las responsabilidades, de modo que en caso de accidente no sea posible asignar la culpa. Por lo tanto, el Departamento de Transporte del Reino Unido obliga a las empresas y organizaciones a tener una recopilación estructurada de los datos. Los datos deberían ser recopilados de tal manera que, en caso de accidente o incidente cibernético, se pueda realizar una investigación forense detallada y sin ambigüedades (Department for Transport, 2017, pág. 6). Asimismo, la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 13) propone un protocolo del reparto de la responsabilidad con enfoque a los procesos de traspaso entre hombre y tecnología. Se desea una estandarización internacional de estos protocolos.

Finalmente, con respecto al futuro, no se debe subestimar el siguiente debate. Si se asume un futuro en el que las capacidades de un sistema de conducción automatizada superan las de los humanos, una convicción fundamental está en peligro. ¿Se puede negar dar el control al conductor por razones de seguridad? Hay que tener en cuenta que los vehículos automatizados se comparan con los aviones o los barcos, en los que los humanos siempre pueden tomar el control a pesar de sistemas de automatización altamente desarrollados. También se espera que



así sea en los futuros vehículos automatizados (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 68). Tales condiciones de seguridad absolutamente establecidas pueden socavar la base de una sociedad humana y libre (Ethik-Kommission, 2017, pág. 20).

#### 4.1.2. Situaciones Dilemáticas

Otro componente del desarrollo de los vehículos automatizados, a través del cual los humanos perderán más libertad, es la cuestión de cómo resolver los dilemas.

La Real Academia Española (s.f.) define un dilema como una “*situación en la que es necesario elegir entre dos opciones igualmente buenas o malas*”. Debido a la complejidad ética y a la insolubilidad de estas situaciones, hay pocos documentos de instituciones oficiales que sirvan de marco para estas situaciones dilemáticas. Por consiguiente, las fuentes centrales de este subcapítulo serán el informe de la *Ethik-Kommission* de 2017 y los resultados del estudio global llamado *Moral Machine* del MIT de 2019.

En lo que respecta a la conducción automatizada, como dilemas se suelen utilizar variaciones del *Trolley Problem* (en español: dilema del tranvía) para ilustrar la complejidad de este problema. El *Trolley Problem* fue introducido por primera vez en 1967 por la filósofa Philippa Foot, la cual lo describe como una situación en la que el conductor de un tranvía descontrolado y sin frenos, sólo puede optar o bien por quedarse en una vía y matar a cinco trabajadores; o, en cambio, dirigirse a otra vía y matar sólo a un trabajador (Foot, 1967, pág. 3).

En el MIT (s.f.), los *Trolley Problems* suelen presentarse de la siguiente manera:

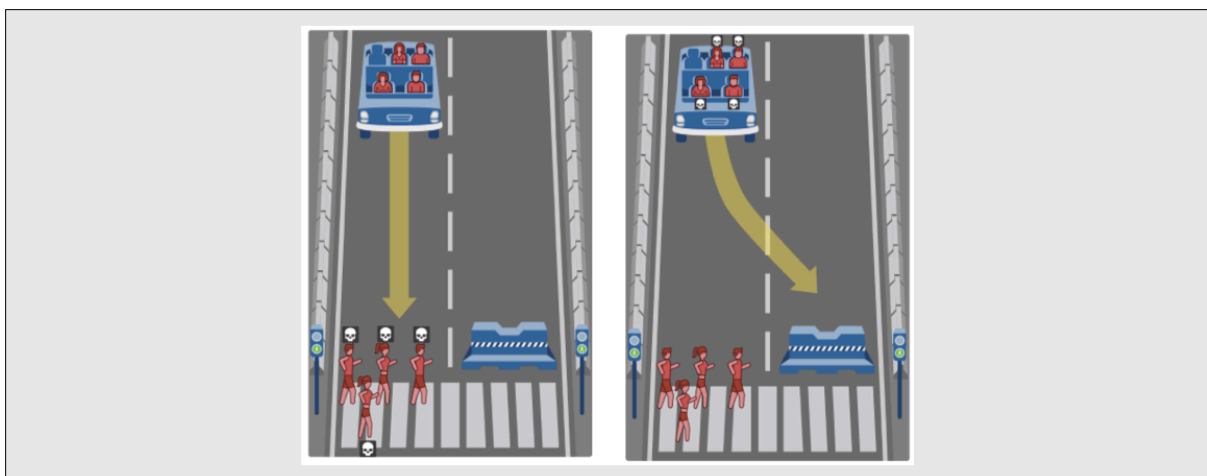


Ilustración 4 Interfaz Moral Machine. Adaptado de MIT, s. f.

Como encuestado, se tiene la opción de decidir sobre la muerte de los pasajeros o un u otro grupo de peatones con diferentes marcos demográficos o legales (MIT, s.f.). La encuesta pretende cuantificar las expectativas de la sociedad sobre los principios éticos que deben guiar el comportamiento de las máquinas. En el estudio se recopilieron 40 millones de decisiones en 10 idiomas de millones de personas de 233 países y regiones. Para la evaluación de los resultados, los investigadores resumieron las preferencias morales mundiales, luego exploraron las posibles variaciones basadas en la demografía de los participantes, formaron tres grupos con esta información y luego la correlacionaron con instituciones contemporáneas y culturas (Awad, y otros, 2019, pág. 1).

Una de estas instituciones contemporáneas es la *Ethik-Kommission*, que ya se ha mencionado en este documento. Como tal, el informe de la comisión es única en el mundo, ya que es el primer informe oficial que trata de la dimensión ética de la conducción automatizada (Awad, y otros, 2019, pág. 4). En cinco grupos de trabajo formados por representantes de la política, de la industria automovilística, de las universidades y de la iglesia, se intentó desarrollar las regulaciones éticas necesarias para la conducción automatizada y conectada (Ethik-Kommission, 2017, págs. 7-9).

Como ya se ha indicado, la aprobación de los individuales y de la sociedad es un prerrequisito para la introducción de vehículos automatizados (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 64). Por lo tanto, cualquier intento de diseñar la ética de la Inteligencia Artificial debe ser al menos consciente de la moralidad pública (Awad, y otros, 2019, pág. 2).

En general, las preferencias más fuertes observadas fueron los de salvar a seres humanos en vez de mascotas, de salvar a jóvenes más que a personas de mayor edad, y de salvar al mayor número de vidas posible. (Awad, y otros, 2019, pág. 4). La *Ethik-Kommission* (2017, págs. 11-20) alemana está de acuerdo con la primera preferencia, estableciendo que la protección de la vida humana sea una prioridad máxima en el sistema de valores del país. Por eso, sea fundamental evitar en primer lugar daño a la persona, aceptando daño al animal o daño a la propiedad. La digna de protección de los animales debe ser respetada, pero no pueden ser tratados de la misma manera como los humanos. Sin embargo, es más importante una vida de un animal que un daño calculable a la propiedad.

No obstante, ya la segunda preferencia social está en incongruencia con las directrices de la *Ethik-Kommission*. En contrario a la convicción social de salvar preferiblemente a los involucrados jóvenes, la *Ethik-Kommission* (2017, págs. 11-18) constituye que esté estrictamente prohibida cualquier clasificación según características personales, sea lo que sea la edad, el género, o la constitución física o psíquica.

En cuanto a la tercera preferencia de salvar al mayor número de involucrados posible, la *Ethik-Kommission* está en un dilema sí mismo. En general, está convencida que el sacrificio de víctimas basado en sus características demográficas esté estrictamente prohibido. No se puede y no se debe evaluar el valor de unas vidas humanas comparado con otras, es decir, sería injusto sacrificar a una persona por salvar a otros (Ethik-Kommission, 2017, págs. 11-18). De acuerdo con el experto Prof. Dr. Christoph Hubig (2020), no se puede obligar a las personas a sacrificarse por los demás. No obstante, si más vidas ya están en peligro, se trata de minimizar la cantidad de víctimas inocentes. En situaciones así, parece sustituible obligar que sea elegida la situación con el menor número de víctimas posible. Por lo tanto, con las posibilidades técnicas actualmente realizables, una programación general para reducir el número de lesiones personales puede ser aceptable (Ethik-Kommission, 2017, págs. 11-18).

En definitiva, no es necesario que estas preferencias sociales se utilicen como base para las medidas, pero los encargados de la formulación de políticas deben ser conscientes de los retos que creará una decisión en contra de estas preferencias. Por un lado, tendrán que justificar profundamente su decisión. Además, tendrán que hacer frente a la reacción social causada por una incidencia probable en la que, por ejemplo, un niño muere a causa de un vehículo automatizado (Awad, y otros, 2019, pág. 4).

En este punto cabe señalar que, hablando de la preferencia a salvar a jóvenes y de muchas otras preferencias, esas significativamente dependen de factores culturales y del origen de los encuestados. Por lo tanto, se categorizó los países en tres cúmulos. Primero, se detectó el *Western Cluster* (en español: el cúmulo occidental) de países norteamericanos y europeos de grupos culturales cristianos. Segundo, existe el *Eastern Cluster* (en español: el cúmulo oriental) de países del lejano oriente y grupos culturales del confucianismo e islam. Tercero, se elaboró el *Southern Cluster* (en español: Cúmulo del sur) de países latinoamericanos y territorios franceses. Por una parte, una proximidad geográfica y cultural promete preferencias

compartidas en el desarrollo de éticas para las máquinas. Por otra parte, diferencias entre los cúmulos pueden causar problemas difícilmente superables (Awad, y otros, 2019, pág. 6).

Por ejemplo, la preferencia a salvar a jóvenes está especialmente profunda en el *Southern Cluster*, mientras en el *Eastern Cluster* está mucho menos obvia. Se asume que esta diferencia surge porque las culturas colectivistas de países mayormente perteneciendo al *Eastern Cluster* valoren mucho más el respeto hacia las personas de mayor edad. De la misma manera, las culturas más individualistas, que enfatizan más el valor distinto de cada individual, muestran una preferencia mayor a salvar al mayor número de personas posible. Tomando en cuenta que la motivación de salvar a los jóvenes o salvar al mayor número posible se cualifican como los retos más fundamentales de la conducción automatizada, esta diferencia entre las culturas individualista y colectivista puede resultar un obstáculo elemental (Awad, y otros, 2019, págs. 6-8).

Como los investigadores admiten, ni siquiera su estudio, aunque fue muy detallado, pudo considerar toda complejidad de los dilemas acerca a la conducción automatizada (Awad, y otros, 2019, pág. 11). Si un accidente es inevitable, no es seguro el número de muertes de antemano, ni hay sólo dos soluciones posibles. El sistema puede calcular la mejor solución basándose en una combinación de seguridad, probabilidad de resultado y exactitud de las medidas. Adicionalmente, esa calculación será de una manera mucho más precisa y rápida que un ser humano. El sistema puede determinar que una simple parada de emergencia no es suficiente, pero que se debe hacer una maniobra evasiva, o tal vez incluso una maniobra evasiva con aceleración es la solución. El dilema es que, mientras un ser humano puede tomar esa decisión en tiempo real, la reacción del vehículo automatizado ya fue definido por un programador mucho más antes de esa situación. El sistema, aunque interpretando los datos de la situación, la lógica detrás de ese proceso de toma de decisión fue desarrollado meses o años antes (Goodall, 2014, pág. 60).

La programación de cómo reaccionar en verdaderas situaciones dilemáticas no se puede estandarizar de antemano sin ninguna duda ética (Ethik-Kommission, 2017, pág. 11). Por lo tanto, según Weidemann (2020), con las posibilidades técnicas actuales, la mejor solución es frenar y quedarse en el carril. Otra solución, la cual propone Hubig (2020), podría ser la separación estricta del tráfico automatizado y del tráfico con conductores humanos. Según él, la mayoría de situaciones dilemáticas surge por el tráfico mixto que existe en la actualidad y

podría ser evitada gracias a la comunicación entre los vehículos automatizados, la cual, desafortunadamente, no existe así en coches con conductores naturales. Esa separación podría consistir en un carril separado en la autopista o en una zona específica del centro de la ciudad donde los vehículos automatizados puedan ser desarrollados en condiciones protegidas hasta que sean aptos para la producción en masa. Stickel (2020) comparte la opinión de Hubig (2020) de que solamente un tráfico homogéneo puede evitar la mayor cantidad de accidentes. Para todas estas ideas, la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 11) recomienda una institución pública independiente para procesar experiencias de una manera sistemática. Este concepto se examina a continuación.

## **4.2. Responsabilidad**

El requisito de una supervisión del desarrollo será discutido en este subcapítulo. En primer lugar, la responsabilidad jurídica será investigada. Luego se enfocará en el peligro de brecha de derechos humanos en cuanto a la autonomía y la libertad individual. Se concluirá que habrá que adaptar reglamentaciones a la nueva situación para garantizar la no supervisión total de los individuos.

### **4.2.1. La Responsabilidad Jurídica**

Inicialmente, cabe señalar que el desarrollo de vehículos automatizados tiene un carácter extremadamente descentralizado. En general, debería ser permitido por libertad individual y autonomía privada (*Ethik-Kommission*, 2017, pág. 10), no obstante, hay que atender a las diversas partes interesadas. Según Bonnefon, Shariff y Rahwan (2016, pág. 1575), tres grupos diferentes comparten el poder de decidir sobre cómo vehículos automatizados serán programados. Por una parte, los consumidores, ya que forman la demanda de los sistemas. Por otra parte, los fabricantes y programadores de productos de conducción automatizada, ya que forman la oferta; y finalmente, el estado participa en el desarrollo, debido a que puede imponer regulaciones acerca a las condiciones de demanda y oferta. A fin de unir a todas estas partes diferentes, se recomienda la creación de un organismo internacional que reúna los diversos enfoques y acontecimientos y les proporcione un marco global (*Ethik-Kommission*, 2017, pág. 11).

En el marco de su iniciativa "Audi", la empresa automovilística Audi realizó un estudio con 21.000 participantes de 3 continentes en el que constató que, aunque el 90% de los encuestados

ya había oído hablar de la conducción automatizada, sólo el 8% estaba convencido de que podía explicar bien el tema. Por lo tanto, no sorprende que el 65% de los encuestados se preocupa por la falta del marco jurídico (AUDI AG, 2019, págs. 11-12). Precisamente porque la situación jurídica de los sistemas de conducción automatizada es todavía incierta, surgen cuestiones de demarcación de la responsabilidad (Ethik-Kommission, 2017, pág. 21). No obstante, los consumidores se están olvidando que llevan un poder decisivo en la evolución de la conducción automatizada. Según Weidemann (2020), es la sociedad que tiene que preguntarse a sí mismo en qué mundo quiere vivir y qué principios éticos quiere validar. Los retos fundamentales que conlleva esta declaración se hace visible en un análisis de seis estudios de Bonnefon, Shariff y Rahwan (2016). En general, los encuestados opinaron que un vehículo automatizado debería salvar el mayor número posible de vidas y sacrificar a sus propios pasajeros si fuera necesario. Sin embargo, esta convicción se revirtió inmediatamente en cuanto se imaginaron que sus propios familiares estaban sentados en el vehículo. Además, seguían convencidos de que la programación utilitaria sería la opción más sensata, pero si tuvieran la opción, comprarían para sí mismos la opción del sistema que proteja a sus pasajeros. En otras palabras, lo que generalmente quieren no es lo que quieren para ellos mismos.

Ciertamente, no se puede obligar a nadie a ser solidario y a sacrificarse, pero tampoco se puede poner siempre en peligro la vida de personas inocentes (Ethik-Kommission, 2017, pág. 19). Los resultados dejan claro que cada uno lleva cierta responsabilidad en el desarrollo del marco legal para sistemas de conducción automatizada y conectada. Para eso, se debe invertir más tiempo en la educación de la sociedad acerca del tema para que se pueda formar una opinión basada en hechos. Para estos hechos, una cooperación interdisciplinaria entre las empresas, la ciencia, la política y cada individuo involucrado es necesaria (AUDI AG, 2019, pág. 6).

El deseo de las personas a ser protegidas contiene un dilema para las empresas automovilísticas, ya que es un incentivo para el fabricante a construir vehículos que protejan en primer lugar a sus propios pasajeros. Si existe la oportunidad, pocas personas comprarían un coche utilitarista a riesgo de su propia seguridad o la de su propia familia (Goodall, 2014, pág. 63). Por otro lado, si existieran diferentes programaciones y el consumidor decide a sabiendas sobre su compra, ¿eso no llevaría un cambio en la responsabilidad a manos del comprador (Bonnefon, Shariff, & Rahwan, 2016, pág. 1576)?

Según la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 28), los fabricantes son los principales responsables para la seguridad de sus sistemas. Deben cumplir con las normas y proponer invenciones para la mejora continua. Los tres expertos entrevistados (Hubig, 2020; Stickel, 2020; Weidemann, 2020) también coincidieron en que, en general, las empresas deben ser más responsables. El *Department for Transport* (en español: departamento para el transporte) británico (2017, pág. 9) consensu esa propuesta, añadiendo que todas las partes involucradas en la producción deben ser capaces de proporcionar garantías de cada uno de sus procesos y productos de seguridad física, personal y cibernética. Asimismo, el *National Science and Technology Council* ((NSTC) en español: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y el *United States Department of Transport* ((USDOT) en español: Departamento de Transporte de los Estados Unidos) (NSTC, USDOT, 2020, pág. 4) garantizan que el gobierno estadounidense asegurará que las empresas ni hagan afirmaciones falsas ni engañen a la sociedad sobre las capacidades de vehículos automatizados.

El control de calidad por terceros igualmente es un elemento clave en el informe de la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 28). Sin embargo, eso llama a la atención de partes interesadas, ya que se sospecha una influencia demasiado alta de las empresas a las decisiones políticas (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 67). Por eso, la *Ethik-Kommission* (2017, págs. 11-19) propone una institución independiente. Al final, la comisión está convencida que, si las empresas intentaron todo lo posible para asegurar la función de sus sistemas, no se puede hacerlos responsables para las consecuencias de situaciones dilemáticas.

Para cualquier otro incidente, Weidemann (2020) propone la ampliación y aplicación de la ley de Responsabilidad por Productos que ya existe en Alemania. En resumen, el ProdhaftG §1 establece que el fabricante del producto es obligado a compensar al perjudicado (Lüpertz, Reip, & Reip, 2013, pág. 180). La obligación del fabricante de pagar una indemnización queda excluida si el fabricante no ha puesto en circulación el producto, si hay que suponer que el producto aún no tenía el defecto en el momento de la distribución o si el defecto no podía preverse debido al estado de la técnica en el momento de la distribución. Con esta ley, para la judicatura o queda bastante clara la repartición de responsabilidades o debe haber un proceso jurídico.

No obstante, se debe tener en cuenta que la regulación o la percepción de la misma depende significativamente del país. De hecho, el marco legal parece a ser sumamente más importante

para alemanes que para estadounidenses. Además, mientras muchos alemanes ven la responsabilidad con el propietario del vehículo más que con el fabricante, los estadounidenses claramente esperan que la responsabilidad esté del lado del fabricante (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 69). En efecto, mientras queda claro la repartición de responsabilidades en casos definitivos, en cualquier otro caso, el sistema alemán asigna el riesgo de un accidente en última instancia al propietario o al conductor del vehículo. Por lo tanto, la *Ethik-Kommission* (2017, pág. 26) solicita que, debido a que vehículos automatizados dependen de muchos más factores por la comunicación y conducción conectada, se ajuste las leyes en este sentido.

Sin embargo, un papel activo del estado en la regulación de vehículos automatizados no es deseado por la mayoría de personas. En los estudios de Bonnefon, Shariff y Rahwan, los participantes indicaron que la probabilidad de que comprarían un vehículo automatizado no regulado fue de 59/100 mientras si fuera regulado, esa probabilidad baja a 21/100 (Bonnefon, Shariff, & Rahwan, 2016, pág. 1575). Para evitar una sobrerregulación por el gobierno, el *Department for Transport* (2017, pág. 9) británico obliga a sus compañías automovilísticas a la planificación conjunta para que los sistemas puedan interactuar de forma fiable y segura. Estas interacciones incluyen las conexiones en el ecosistema y con los servicios necesarios, las operaciones y los centros de control.

Asimismo, la *Ethik-Kommission* (2017, págs. 11-29) propone una institución pública independiente para elaborar la regulación de la conducción automatizada. Esa institución debe comprometerse a analizar, entre otros, situaciones peligrosas para los vehículos automatizados y coleccionarlos en algún tipo de catálogo de escenarios permanentemente expandible. Además, se desea un estándar internacional para algunos requisitos como el protocolo de los procesos de traspaso ya mencionado y un estado seguro en situaciones de emergencias. El reglamento 79 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), que prescribe los permisos y las prohibiciones en cuanto al mecanismo de dirección en vehículos, es un ejemplo estrella para la internacionalización del desarrollo de la conducción automatizada (CEPE, 2008).

Concluyendo, la educación de la sociedad es un paso importante en la aceptación de la conducción automatizada y debería comenzar lo antes posible, por ejemplo en las escuelas de conducción. Cada ser humano debe evaluar sus pensamientos en cuanto a los sistemas automatizados. El estado debe proporcionar un marco legal, e instituciones independientes



deberían supervisar el desarrollo y controlar el cumplimiento de las regulaciones (Ethik-Kommission, 2017, págs. 12-25). Sin embargo, no se debe olvidar que de momento prevalecen las convicciones humanistas en los que el individuo es el centro (Ethik-Kommission, 2017, pág. 10). Las creencias básicas que se cuestionan con la introducción de los vehículos automatizados se discutirán en el siguiente subcapítulo.

#### **4.2.2. El Derecho Humano a la Autonomía y la Privacidad**

La Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH), redactada por las Naciones Unidas (2015, pág. 4), establece como primer artículo el derecho de todo ser humano a la libertad e igualdad en dignidad y derechos. Por lo tanto, cada individuo debe tener el derecho de elegir cuáles son las posibilidades tecnológicas que quiere usar - y cuáles no. Una obligación de usar vehículos automatizados, por consiguiente, no pueda ser justificado solamente por un incremento de seguridad. No hay una regla ética que siempre pone la seguridad ante la libertad (Ethik-Kommission, 2017, págs. 20-21).

Asimismo, se teme que una consecuencia de la automatización sea una disminución hasta el punto de que desaparezcan las habilidades de conducción de los seres humanos (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 69). De hecho, una vez que los conductores empiecen a confiar en la nueva tecnología, se espera que la próxima generación, que crecerá con vehículos automatizados, preste aún menos atención a las carreteras (Goodall, 2014, pág. 60). Este declive en las habilidades cognitivas no sólo está relacionado con la conducción en general, sino que es particularmente peligroso en situaciones de *Overruling*. En cuanto los pasajeros de los vehículos ya no pueden obtener y mantener experiencia en la conducción, ya no pueden ser *fallback-ready users* en casos de emergencia (Ethik-Kommission, 2017, pág. 22).

Un desarrollo de circunstancias así, arriesga la libertad general del ser humano. Por la incapacitación de los individuos, se limitaría su libertad en movimiento, lo que a su vez limita la autonomía humana. En la DUDH (Naciones Unidas, 2015, pág. 8), se establece que todo individuo no sólo tiene la libertad en sus decisiones, sino también el derecho a la libertad personal. Obligar el uso de vehículos automatizados sería imponer una sumisión obligatoria a imperativos técnicos. Según la *Ethik-Kommission* (2017, págs. 10-11), eso sería una decisión éticamente muy dudosa, ya que la decisión autónoma del ser humano es una expresión de una sociedad en la que la persona individual con su derecho de auto realización y su necesidad de protección está en el centro.

Además, se cree que no se podrá evitar un cierto paternalismo social si está supervisada el flujo de tráfico detalladamente vía la conexión en red y la automatización, y si las decisiones regulativas sobre acciones éticamente correctas las toma el estado. Esa evolución sería en contra al humanismo. En última instancia, es importante que el Estado intente evitar medidas que no estén en consonancia con sus valores constitutivos (Ethik-Kommission, 2017, págs. 16-20).

La supervisión estatal plantea una amenaza no sólo en lo que respecta al desarrollo y la introducción de la tecnología, sino también en lo que respecta a la reducción de la privacidad que cabe esperar. De hecho, las investigaciones de Fraedrich y Lenz (2014, pág. 67), muestran que muchas personas temen que los datos personales recogidos por los vehículos automatizados sean transmitidos a los servicios secretos. Esto puede llevar a una vigilancia total de los usuarios viales. No se puede predecir si el futuro resultará así, pero es esencial contrarrestar tal desarrollo desde el principio. Los modelos de negocio deben ser diseñados para que el usuario final pueda decidir siempre sobre el uso de sus datos. La divulgación voluntaria de los datos debe estar garantizada por alternativas serias. Una obligación como la que se conoce hoy en día en las redes sociales o en las máquinas de búsqueda debe ser evitada (Ethik-Kommission, 2017, págs. 12-24). Además, los sistemas de conducción automatizada, como cualquier otro sistema informático, se ven amenazados por caídas del sistema y ciberataques con consecuencias potencialmente catastróficas (Fraedrich & Lenz, 2014, pág. 68). Según el DUDH (Naciones Unidas, 2015, pág. 35), “*nadie será objeto de una injerencia arbitraria en su vida privada*”, pero ¿cómo se puede garantizar este derecho?

En su informe, el NSTC y el USDOT (2020, pág. 35) informan que el gobierno estadounidense asegura que comprobará el cumplimiento de las políticas de datos y de las normas de privacidad durante el desarrollo, pero no lo especifica más. La *Ethik-Kommission* (2017, pág. 25) también está convencido de que la protección de los datos y el favorecimiento de la innovación no representan dos extremos del espectro, sino que puedan crear un valor añadido común. Es necesario establecer una protección de los datos y una codificación suficiente de los mismos, y esto debe ser vigilado. Sin embargo, no se explica nada más en detalle. El *Department of Transport* del Reino Unido ya está mucho más avanzado en esta área; en 2017 publicó el informe *The Key Principles of Cyber Security for Connected and Automated Vehicles* (en español: Principios clave de la seguridad cibernética de los vehículos conectados y automatizados), un catálogo de principios.

En ello se habla de un enfoque de *defence-in-depth* (en español: defensa a fondo) que consiste en varias medidas de precaución. En primer lugar, se establece que el sistema no debe depender de unos pocos puntos de fracaso. Además, los riesgos deben reducirse mediante mayores controles del sistema de vigilancia y la máxima reducción de los puntos de ataque. Las transacciones entre los protocolos de confianza deben ser estrictamente controladas y los sistemas integrales deben estar adecuadamente protegidos. En cuanto a los datos de los usuarios, se especifica que estos datos deben ser suficientemente seguros para que sólo el destinatario previsto pueda recibirlos y acceder a ellos. Además, las comunicaciones entrantes siempre deberían ser consideradas inseguras en primera instancia hasta que sean validadas (Department for Transport, 2017, págs. 10-14).

En última instancia, los errores son inherentes a los sistemas digitales y, por lo tanto, a los vehículos automatizados, y son esperables e inevitables. Lo que cuenta es minimizarlos lo más posible (Ethik-Kommission, 2017, pág. 23). Sin embargo, en lo que respecta al uso de los datos individuales, Hubig (2020) y Stickel (2020) también señalan que una gran parte de información personal como la localización ya está siendo registrada y utilizada por los móviles en la actualidad, por lo que las personas ya son extremadamente transparentes.

### **4.3. Evaluación Ética**

Este capítulo conclusivo está dedicado a la clasificación ética de los diversos estudios, así como a la tecnología en sí misma. En el transcurso de los últimos capítulos, surgieron algunos estudios y revistas centrales, especialmente el Experimento *Moral Machine* (Awad, y otros, 2019) y las evaluaciones que lo acompañan, diversas encuestas de los investigadores Bonnefon, Shariff y Rahwan (2016) y el informe de la *Ethik-Kommission* (2017). Se suele hablar de moral y ética, pero a menudo no se diferencia lo suficiente de la sociología.

Las máquinas éticamente capacitadas, como el vehículo automatizado, dan a la sociedad la oportunidad de decidir qué elecciones morales se consideran correctas y de garantizar, mediante la programación, que estas creencias se cumplan estrictamente (Awad, y otros, 2019, pág. 11). Sin embargo, los análisis de Bonnefon, Shariff y Rahwan (2016, págs. 1574-1576) muestran que las preferencias morales no corresponden necesariamente a acciones éticamente correctas. Sus investigaciones muestran que, globalmente hablando, las personas proponen acciones diferentes a las de su caso individual; por ejemplo, considerando correctas las interpretaciones

puramente utilitarias de los sistemas de conducción, pero deseando personalmente comprar un vehículo que les proteja más.

Adicionalmente, la mayoría de los encuestados no aprobaría una interpretación utilitaria obligatoria, lo cual aumenta el riesgo de una adaptación lenta de la nueva tecnología y podría, por lo tanto, reducir significativamente el aumento previsto de la seguridad (Awad, y otros, 2019, pág. 4). Éticamente, es incorrecto poner cualquier valor al individuo, cada ser humano es igual al otro (Ethik-Kommission, 2017, pág. 11). Por supuesto, los responsables de la adopción de decisiones en la introducción de los sistemas de conducción automatizada no tienen que utilizar las inclinaciones sociales como una máxima para el diseño ético de las máquinas, pero ignorar estas inclinaciones puede conducir a una falta de aceptación aún mayor por parte de la población (Awad, y otros, 2019, pág. 4).

A fin de diferenciar mejor el problema de la automatización, el presidente de la *International Society for Ethics and Information Technology* (en español: Sociedad Internacional de Ética y Tecnología de la Información), James H. Moor (2006, págs. 19-21), introdujo la distinción entre *implicit ethical agents* (en español: agentes éticos implícitos), *explicit ethical agents* (en español: agentes éticos explícitos) y *full ethical agents* (en español: agentes éticos plenos).

Actualmente, los vehículos automatizados pueden clasificarse mejor como *implicit ethical agents*. Están programados de tal manera que están diseñados para la seguridad en la medida de lo posible. Sin embargo, tan pronto como se meten en una situación de dilema, ya no pueden resolverla (Bonnenfon, Shariff, & Rahwan, 2019, pág. 502). Por consiguiente, los *implicit ethical agents* son implícitamente éticos porque sus funciones promueven un comportamiento ético, pero no toman explícitamente decisiones éticas. Un ejemplo sería un piloto automático en un avión, que asume un papel éticamente responsable por su tarea de llegar al destino y asiste a la persona mediante sistemas de alerta sin haber aprendido nunca algunas reglas éticas (Moor, 2006, pág. 19).

En contraste, los *explicit ethical agents* deben poder tomar y llevar a cabo decisiones y tareas éticas explícitas. Como nivel más alto, Moor considera que los *full ethical agents* son la máxima capacidad ética para actuar, que de momento corresponde a un ser humano plenamente desarrollado (Moor, 2006, págs. 19-20). Wallach y Allen describen esta diferenciación en el siguiente diagrama:

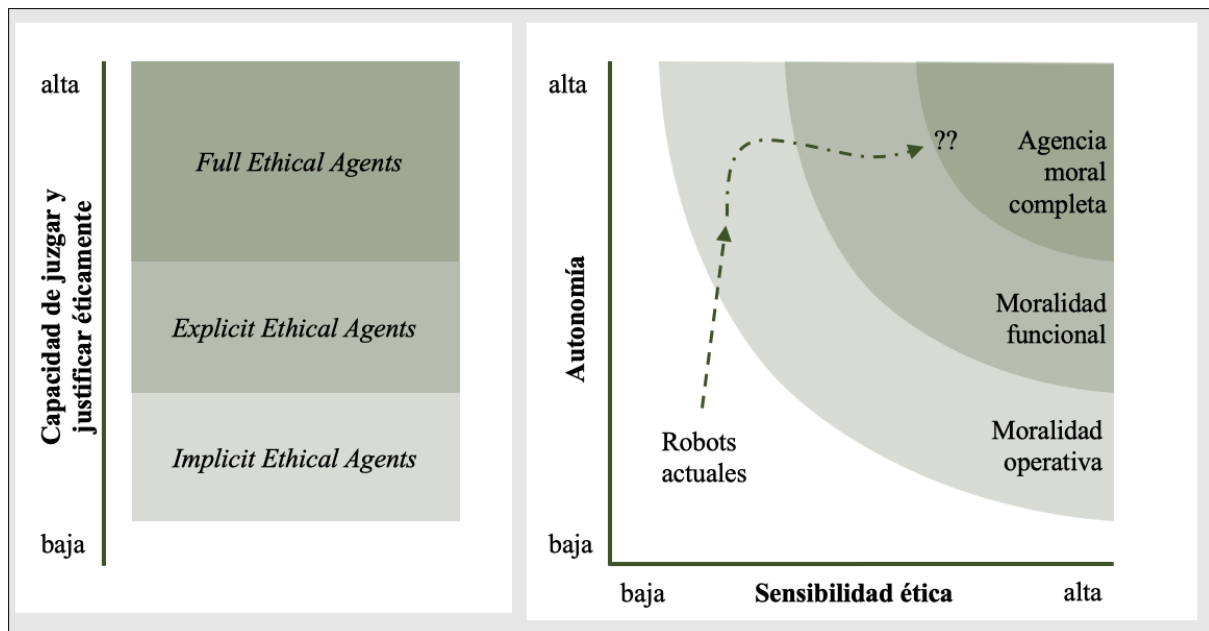


Ilustración 5 Jerarquía de ethical agents y los dos dimensiones en el desarrollo de agentes morales. Ilustración propia basada en Moor, 2006, págs. 19-21; Wallach & Allen, 2009, pág. 26

Comparándolo con las definiciones de Moor (2006, págs. 19-21), se puede categorizar la moralidad operativa con un *implicit ethical agent*, la moralidad funcional con un *explicit ethical agent* y la agencia moral completa con un *full ethical agent*. Para Wallach y Allen, el mencionado piloto automático en la comparación de Moor estaría alrededor del final de la primera flecha en el área de moralidad operacional (Wallach & Allen, 2009, pág. 26).

Tanto los signos de interrogación en el gráfico como el informe de Moor dejan claro que es poco probable que se alcance en un futuro próximo el objetivo de *explicit ethical agents*, y mucho menos de *full ethical agents* (Moor, 2006, pág. 21). Wallach & Allen también enfatizan que el desarrollo es extremadamente difícil de predecir. Sin embargo, suponen que el progreso de la autonomía aumentará constantemente, mientras que la investigación en el eje horizontal de la sensibilidad ética necesitará más atención (Wallach & Allen, 2009, pág. 32).

La falta de interés en *machine ethics* se debe en parte a la omnipresencia del *trolley problem*. Esto puede ser útil para acercar el marco ético de los vehículos automatizados al público en general, pero la naturaleza extrema de los posibles resultados y la distancia a escenarios realistas a menudo lo hace incomprensible por los ingenieros. Lógicamente, prefieren centrarse en evitar estos escenarios. Los ejemplos relativos a la transición a agentes éticos explícitos parecen demasiado exagerados para que valga la pena debatirlos. Los ingenieros prefieren tomar medidas sistemáticas contra la aparición de estos ejemplos en primer lugar (Bonnenfon, Shariff,

& Rahwan, 2019, pág. 503). Debido a la falta de hipótesis verificables, es evidente que los ingenieros no buscan participar en este debate (Moor, 2006, pág. 18). La reflexión con *machine ethics* conduce inevitablemente a un análisis sobre cómo funcionan los humanos y qué los distingue de los animales o de nuevas inteligencias diferentes (Wallach & Allen, 2009, pág. 8). Pero explícitamente por eso, no se debe subestimar la importancia del tema (Moor, 2006, pág. 18).

Ya que, contrariamente a las impresiones que transmite el *Trolley problem*, los vehículos automatizados no tienen necesariamente que tomar decisiones de vida o muerte a diario. No obstante, tienen que decidir sobre la distribución de los riesgos marginales. Si, por ejemplo, en una carretera de tres carriles aparece un ciclista a un lado de un vehículo automatizado y un camión muy ancho al otro lado, el vehículo automatizado tiene que decidir hacia qué lado moverse. Si se acerca más al ciclista, estadísticamente hablando, el riesgo marginal para el ciclista aumenta. Si se mantiene en su carril y por lo tanto se acerca mucho al camión, el riesgo marginal para los pasajeros del vehículo aumenta. Si estas decisiones marginales se extrapolan a los millones de kilómetros recorridos diariamente, se producirá un accidente en una u otra situación, lo que hace ver que esta visión estadística sea equivalente al problema del carro (Bonneton, Shariff, & Rahwan, 2019, pág. 503).

Un caso similar podría ser el uso incrementado de barras parachoques en el Reino Unido. B.J. Hardy (1996) investigó para el *Transport Research Laboratory* (en español: Laboratorio de Investigaciones sobre el Transporte) británico si las barras parachoques, que eran muy populares en ese momento, tenían efectos negativos en otros usuarios de la carretera, especialmente en los peatones. Se encontró que, en 1994, dos o tres personas más murieron explícitamente debido al uso de barras parachoques. Sin embargo, esto condujo a largas discusiones e incluso a una prohibición en toda la Unión Europea (Bonneton, Shariff, & Rahwan, 2019, pág. 503). Las características del automóvil, tanto los barras parachoques como sistemas de conducción automatizada, pueden modificar los riesgos relativos en que incurren los diferentes usuarios de la carretera. Ese cambio puede reconocerse como un inconveniente ético, y algunas ejemplificaciones de ese inconveniente pueden considerarse como inaceptables (Bonneton, Shariff, & Rahwan, 2019, pág. 503).

Los científicos que eligen ignorar las cuestiones éticas, por lo tanto, implícitamente incluyen estas actitudes éticas en sus vehículos (Wallach & Allen, 2009, pág. 31). Sin embargo, encontrar

una solución para evitarlo resulta extremadamente difícil. Por supuesto, se podría optar por mantener la situación actual entre los usuarios de la carretera y utilizarla como base. Sin embargo, no hay ninguna justificación ética para esta decisión, porque la situación actual es sólo el resultado de decisiones tomadas en una fracción de segundo. Por fin existe la oportunidad de moldear el tráfico de tal manera que todos los usuarios de la carretera, sin excepción, se comporten de manera ética. Sin embargo, no hay consenso al respecto (Bonnenfon, Shariff, & Rahwan, 2019, pág. 504).

La investigación científica de los *trolley problems* no produce un resultado éticamente correcto, pero al menos muestra la complejidad de encontrar una solución (Wallach & Allen, 2009, pág. 13). No obstante, también ha llevado a que *machine ethics* sean descartadas por parecer técnicamente irrelevantes. Por un lado, esto se justifica por la falta de realismo; por otro lado, estos problemas son sólo una representación simplificada de una realidad estadísticamente probable (Bonnenfon, Shariff, & Rahwan, 2019, pág. 504).

Según el enfoque deontológico, las situaciones de dilema van incluso precedidas de una pregunta. Si se discute la libertad kantiana del individuo para la autodeterminación, se plantea la cuestión de cuán éticamente correcto es transferir decisiones potencialmente vitales a otras instancias. No importa cuán éticamente correcta sea la decisión, no será la decisión personal del ocupante del vehículo, sino que ha sido tomada por un programador mucho antes (Ethik-Kommission, 2017, pág. 16). Goodall (2014, págs. 61-62) va un paso más allá y cuestiona la deontología como solución en su conjunto, ya que es demasiado compleja para introducirla en un sistema de conducción automatizada como un catálogo de normas. Un enfoque utilitario parece ser más lógico al principio. El objetivo de aprovechar al máximo las ventajas del uso de los sistemas de conducción automatizada puede lograrse reduciendo al mínimo los daños. Sin embargo, este enfoque deja abierta la cuestión de cómo se puede cuantificar daño. Ambos enfoques tradicionales presentan deficiencias en su viabilidad y, por lo tanto, limitados en su utilización para la programación de sistemas de conducción automatizada.

Moor (2006, pág. 21) resume tres razones por las que a los humanos les resulta tan difícil programar máquinas para que sean agentes éticos explícitos. En primer lugar, las contradicciones entre las diversas teorías muestran que los humanos sólo tienen una comprensión limitada de la ética per se. En segundo lugar, los conocimientos técnicos aún no están lo suficientemente maduros y las máquinas aún están muy lejos de las que Turing previó

en 1950. En tercer lugar, los dos primeros puntos serán probablemente más fáciles de resolver que el siguiente reto. Si se toman como ejemplo las tres reglas de Asimov y se ordena al sistema que no haga ningún daño, la siguiente pregunta queda abierta para el sistema: ¿Qué es un daño?

Lo que de momento parece insuperablemente compleja es precisamente la razón por seguir investigando profundamente las *machine ethics* – antes de que estos sistemas ocupen las carreteras.



## 5. Perspectivas Futuras y Propuestas de Acción

Suponiendo un incremento de seguridad vial y que la automatización de los vehículos es éticamente justificada, se debe realizar un análisis de rentabilidad. Luego se investiga la disposición de países para la nueva tecnología y se evalúa diferentes enfoques acerca de la solución de la pregunta de la culpabilidad.

### 5.1. Viabilidad económica

En el siguiente subcapítulo se examinan los cambios proyectados en el gasto público mediante el uso de sistemas de conducción automatizada. Además, se explican los ingresos y pérdidas estimadas para las empresas y, finalmente, las consecuencias para cada individuo. Dado que el objetivo de este trabajo no es la evaluación exacta de todas estas cifras, a continuación, se recogen y vinculan las estadísticas centrales al desarrollo y uso de vehículos automatizados.

#### *(a) Impacto presupuestario estatal*

En EE.UU., los costos económicos totales por accidentes de tráfico en 2010 ascendieron a 242.000 millones de dólares estadounidenses<sup>1</sup>, lo que equivale al 1,6% del producto interno bruto. Al menos el 7% de estos costos fueron pagados con ingresos públicos. Estos 242.000 millones de dólares estadounidenses son compuestos, entre otros, por la productividad perdida en el mercado, la congestión subsecuente a un accidente vial y los gastos para reparaciones (Blincoe, Miller, Zaloshnja, & Lawrence, 2015, págs. 1-17). Teniendo en cuenta que el 93% de los accidentes puede atribuirse a un error humano en un grado relevante (Smith, 2013), se pueden hacer ahorros significativos en el presupuesto nacional, suponiendo un sistema de conducción fiable (Fournier, 2016, pág. 41).

Además, encuestas del Instituto de Texas muestran que el promedio de los conductores estadounidenses pasa 42 horas al año en atascos de tráfico. La conectividad prevista entre los vehículos automatizados y la infraestructura podría reducir considerablemente la frecuencia y extensión de atascos (Herrmann, Brenner, & Stadler, 2018, pág. 68). Adicionalmente, como ya mencionado, los sistemas de la conducción automatizada también disponen de una manera mucho más eficiente de conducir por la que bajan la contaminación medioambiental (Bose &

---

<sup>1</sup> Véase Anexo C

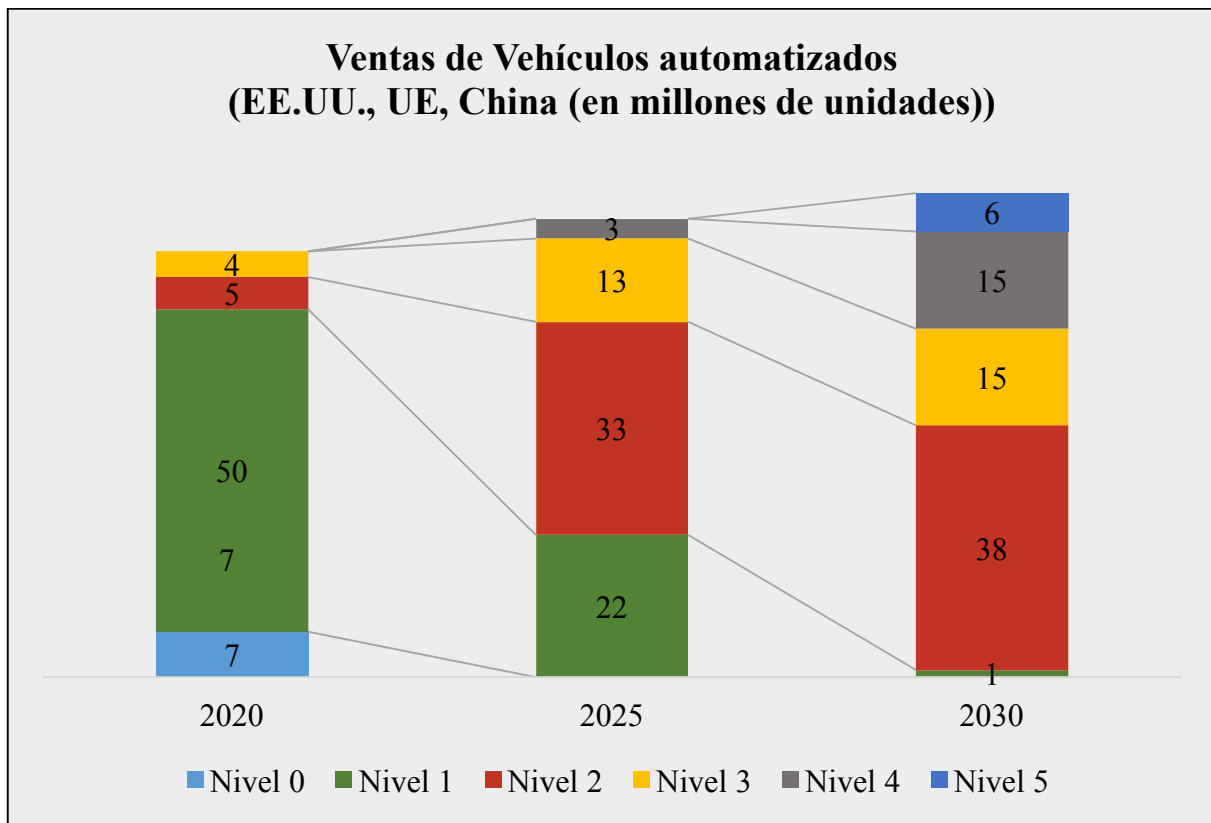
Ioannou, 1999, pág. 2176), lo que a su vez permitiría ahorrar en las medidas contra las emisiones vehiculares (Alton, 2018). En total, el Instituto de Investigación Morgan Stanley (2015) estima que los vehículos automatizados podrían ahorrar a la economía de los Estados Unidos un total de 1,3 billones de dólares al año y hasta 5,6 billones de dólares en todo el mundo.

Sin embargo, los estados también tienen que contar con pérdidas, mayormente durante la fase inicial de la conducción automatizada. Una gran parte de gastos está compuesta por la subvención de diversas empresas automovilísticas. De hecho, el Centro para Vehículos Conectados y Autónomos (s.f.) del Reino Unido está dispuesto a invertir más que 250 millones de libras esterlinas en el desarrollo de diversos proyectos acerca de la conducción automatizada. La Dirección General de Tráfico de España apoya al Proyecto “Plataforma de Vehículo Conectado 3.0” con unos 3,4 millones de euros (ABC, 2018). Los EE.UU. aprobaron una ley de gasto de 100 millones de dólares en 2018 para las empresas e institutos de investigación para la conducción automatizada (Shepardson, 2018).

Otros gastos relacionados a la introducción de la conducción automatizada serán las inversiones necesarias en infraestructura. McKinsey recomienda invertir ya en la preparación de las vías para el uso de vehículos automatizados (Duvall, Hannon, Katseff, Safran, & Wallace, 2019). Para seguir siendo competitivos a nivel internacional, muchas empresas también dependen de la expansión del 5G (Richter, 2019). Al final, también se tiene que tener en cuenta que, por la conducción automatizada más adaptada a las regulaciones estatales, se puede esperar una baja en ingresos por multas de tráfico. En España, los ingresos por multas de tráfico aumentaron a 340 millones de euros en 2016 (RACE, 2019).

#### *(b) Impacto presupuestario industrial*

La introducción de los vehículos automatizados afectará a una amplia gama de industrias diferentes. En este subcapítulo, se discutirá primero la industria automovilística, antes de considerar el impacto en otras industrias.



*Ilustración 6 Ventas de Vehículos Automatizados (EE.UU., UE, China (en millones de unidades). Adaptado de PwC, 2019, pág. 3*

El gráfico anterior muestra una previsión de las ventas de vehículos en los Estados Unidos, la Unión Europea y China para los años 2020, 2025 y 2030. Se espera un incremento constante de ventas con 66 millones de unidades para el año 2020, 71 millones de unidades para el 2025 y hasta 75 millones de unidades para el 2030. Las cuotas de los diferentes niveles de automatización muestran los avances significativos en la investigación y el desarrollo. Los nuevos vehículos no automatizados, es decir, del nivel 0, desaparecerán completamente para el 2025. Incluso los vehículos de nivel 1, que siguen siendo típicos del mercado actual y representan el 75% de los coches nuevos, se espera que representen sólo el 1,3% de los coches nuevos vendidos ya en 2030. Se espera que los vehículos de nivel 2 representen la mayoría de todos los vehículos vendidos en 2030, con 38 millones de unidades. Aunque no se vendan vehículos de nivel 4 en 2020, se espera que serán comercializados 15 millones de vehículos en 2030. Además, se espera que, en los próximos 10 años, el progreso de la investigación sea tan avanzado que habrá 6 millones de vehículos de nivel 5 ya en 2030 (PwC, 2019, pág. 3).

Estos inmensos cambios en el producto van acompañados de inmensos cambios en la distribución de los beneficios entre las diversas partes involucradas, como se ilustra en el gráfico siguiente.

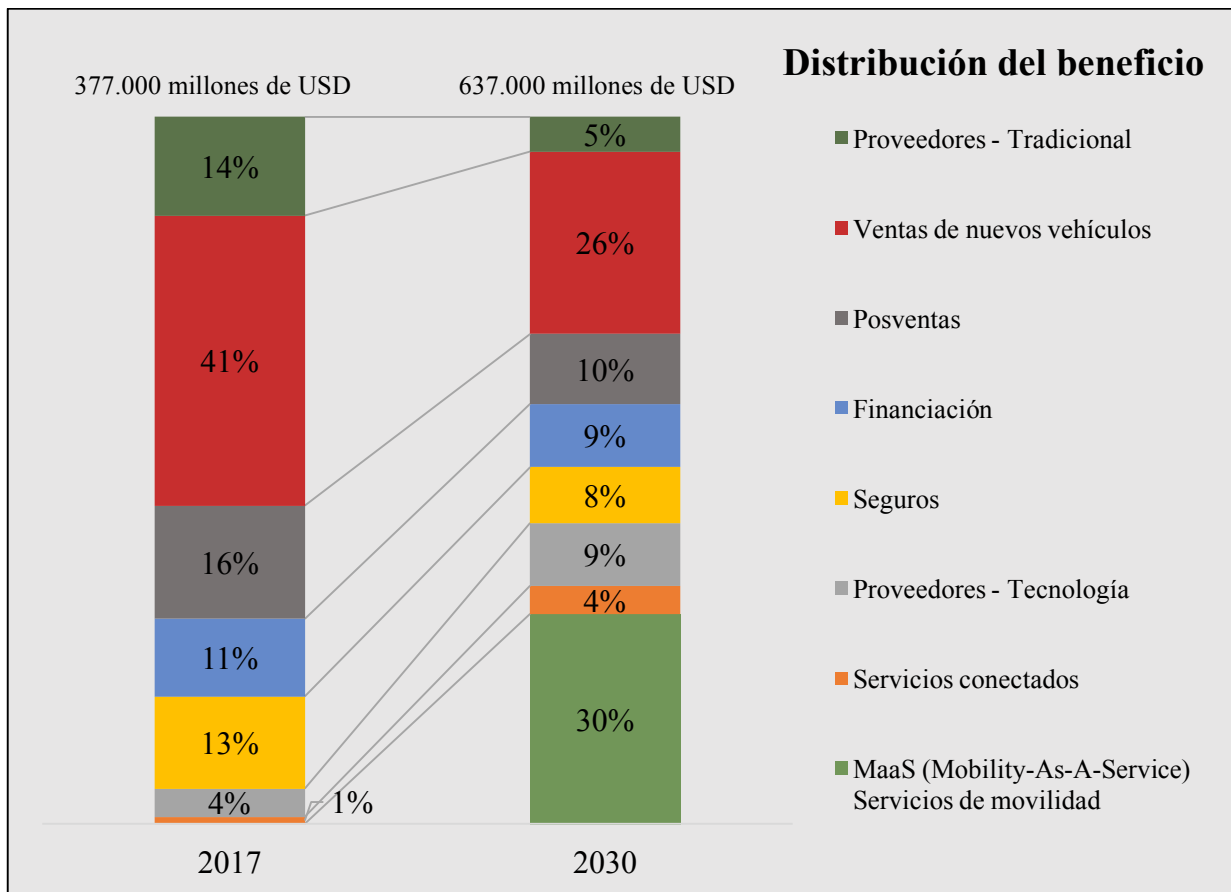


Ilustración 7 Distribución de Beneficios. Adaptado de Viereckl, y otros, 2019, pág. 19

Este gráfico muestra la participación porcentual de las distintas partes en el beneficio total previsto del mercado automovilístico. En 2017, el beneficio total fue de 377.000 millones de dólares, mientras que en 2030 se espera que el beneficio total del mercado sea de 637.000 millones de dólares. Se puede ver claramente que, aunque el gráfico anterior muestra que se espera que el mercado crezca, el porcentaje de beneficios de las nuevas ventas está disminuyendo considerablemente. La atención también se centra en la categoría de la *Mobility-as-a-Service* ((MaaS) en español: movilidad como servicio), que se espera que represente el 30% de los beneficios en el futuro (Viereckl, y otros, 2019, pág. 19).

Se hace evidente cómo los vehículos automatizados cambiarán el mercado tan pronto como se superen las cuestiones éticas y legales. MaaS es el término que se utiliza para describir a los proveedores de servicios que ofrecen diversas opciones de transporte y que, por lo tanto, proporcionan alternativas prácticas y baratas a los medios de transporte privados. Uber es un proveedor de MaaS que ya opera globalmente (MaaS Alliance, s.f.). Debido a la introducción de MaaS, se espera una disminución de la base de vehículos en todo el mundo. Además, los proveedores de servicios tendrán un mayor poder de negociación debido a los altos volúmenes comprados, y por lo tanto podrán apretar los precios no sólo en las ventas sino también en lo

que respecta a los seguros, las piezas de repuesto y la financiación (Viereckl, y otros, 2019, pág. 19); este cambio en el equilibrio de poder también se refleja claramente en el gráfico. Stickel (2020) también señala que el fabricante o el proveedor MaaS puede utilizar el tiempo recién ganado de los pasajeros, por ejemplo, instalando un asistente digital que puede comunicar sugerencias de compras y de ocio. Esto da lugar a un enorme número de nuevos modelos de negocio y a posibles cooperaciones con otras industrias.

De hecho, se cree que la industria de los medios de comunicación y la publicidad se beneficiarán en gran medida de la introducción de vehículos automatizados. El tiempo recién ganado hace que las personas busquen entretenimiento. Los proveedores de MaaS podrían reducir aún más los costos a través de la publicidad de sitios específicos de la cooperación con otras empresas. La industria energética también podrá prepararse para una mayor demanda, ya que se espera un aumento de la aparición de vehículos eléctricos con sistemas de conducción automatizada integrados. Otra ventaja será la reducción de las emergencias gracias al aumento de la seguridad, con lo que se reducirá la carga de los hospitales. Los pacientes de mayor edad, generalmente más demandantes desde el punto de vista médico, también podrán acudir a sus citas con el médico de forma más independiente. La programación para el comportamiento legal también conducirá a una reducción de la necesidad de la policía. Sin embargo, en última instancia, también se puede esperar que la demanda de transporte público disminuya tan pronto como las personas ya no dependan de este (KPMG International, 2019, pág. 7).

### *(c) Impacto presupuestario individual*

Como ya se ha indicado en el capítulo anterior, los individuos también presenciarán un impacto significativo en sus vidas cotidianas. Muchos temen que la conducción automatizada haga que muchos puestos laborales sean redundantes. De hecho, 5,1 millones de personas trabajan como conductores sólo en los 28 países de la Unión Europea (European Automobile Manufacturers' Association, 2019, pág. 11). Cabe señalar que el cambio previsto se producirá paso a paso y se necesitarán conductores para maniobras especiales durante mucho tiempo (KPMG International, 2019, pág. 6).

Para la mayoría de personas no afectadas por este desarrollo, el vehículo automatizado no trae consecuencias tan existenciales. La gráfica abajo muestra el costo previsto de diferentes tipos de movilidad en el futuro cercano.

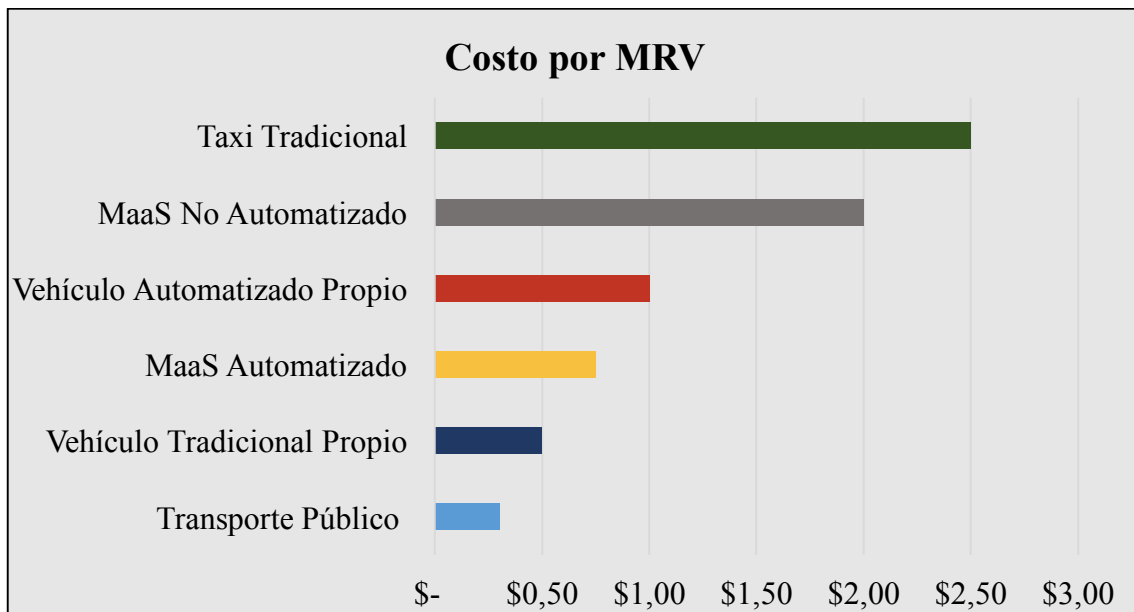


Ilustración 8 Costo por MRV en USD. Adaptado de Litman, 2020, pág. 9

La manera más barata de moverse seguirá siendo el transporte público. Si el costo de un automóvil privado se mantiene constante, el costo por MRV, que consiste en los costos fijos de financiación, depreciación, seguro, gastos de matriculación, costos de estacionamiento privado y mantenimiento, así como los costos variables de gasolina, aceite, desgaste de los neumáticos y costos de estacionamiento público, es de aproximadamente 0,50USD (AAA, 2017; Litman 2009 según Litman, 2020, pág. 9). Desplazarse usando vehículos automatizados de proveedores MaaS será más barato que comprarse un vehículo automatizado propio. Este cálculo apoya la previsión de que en el futuro menos personas tendrán un coche privado. MaaS no automatizados como Uber hoy en día y taxis tradicionales serán la forma más costosa de llegar a otro lugar (Litman, 2020, págs. 9-10).

Además, se supone que un 24% de los costos económicos causados por vehículos no automatizados está compuesto por pérdida en la productividad del mercado. Con sistemas automatizados, las personas pueden empezar a usar su tiempo en el vehículo de una manera más productiva y gastar menos tiempo. Habrá menos lesiones y muertes que repercutan negativamente no sólo en la vida laboral cotidiana sino también en la vida privada (Blincoe, Miller, Zaloshnja, & Lawrence, 2015, págs. 5-13). Se supone que sobretodo, la población tienda a tener menos vehículos propios, pero estos serán más costosos (Seider & Radis, 2018, pág. 44).

## 5.2. Accesibilidad Mundial

En su *Autonomous Vehicle Readiness Index*, KPMG International (2019, pág. 13) examinó 25 países en las áreas de política y legislación, tecnología e innovación, infraestructura, y aceptación del consumidor. Los principales descubrimientos se presentan a continuación.

Los primeros lugares están ocupados por los Países Bajos, Singapur, y Noruega. En Holanda, la combinación de la mejor infraestructura, muy alta aceptación por los consumidores y marcos legales bien definidos llevó al país a recibir los mejores resultados. Tanto en Holanda y Singapur, falta poco para perfeccionar el entorno para la introducción de la conducción automatizada. Sin embargo, en cuanto a tecnología e innovación, los dos países sólo se encuentran en el promedio. Noruega consigue su posición gracias a la expansión de pruebas del sistema de conducción en varias ciudades y a la gran anticipación de la población en general (2019, págs. 14-16).

Tanto Stickel (2020) como Weidemann (2020) consideran a los EE.UU. como uno de los primeros adoptadores de la nueva tecnología. En efecto, el país norteamericano ocupa el cuarto lugar en la clasificación general. De hecho, recibió resultados favorables en cuanto a la tecnología e innovación. Sin embargo, por su investigación descentralizada y marco legal dependiendo del estado en particular, es difícil atraer a nuevas empresas dedicadas a la conducción automatizada. El mismo problema afecta a Alemania, que ocupa el octavo lugar en la clasificación general. El país está muy avanzado técnicamente, pero el exceso de reglamentación y la desconfianza en la nueva tecnología está frenando el progreso (KPMG International, 2018, págs. 17-22). En general, cabe señalar que, si se compara el *Autonomous Vehicle Readiness Index* con el *Network Readiness Index* (en español: índice de preparación de redes) del Foro Económico Mundial (2018), destaca que todos los países en posiciones líderes disponen de una cobertura de red muy favorable para la innovación.

España se ve muy cautelosa hacia la conducción automatizada, con algunos proyectos descentrales en las ciudades ocupa el decimoctavo lugar. Los países con los resultados más bajos son México, la India y Brasil. Curiosamente, es la población de México y la India la que está más entusiasmada con la conducción automatizada. Por lo tanto, la consultoría apela a los gobiernos a que utilicen este interés de la población para despejar el camino para la investigación y el desarrollo. Asimismo, los expertos están convencidos de que los países

líderes en tecnología e infraestructura podrían alcanzar objetivos aún mayores con mayor rapidez si revisaran la política y la legislación. En conclusión, se afirma que ya en comparación con el año pasado, se pueden observar enormes progresos y se prevé un futuro prometedor para la conducción automatizada (KPMG International, 2019, págs. 5-50).

### 5.3. Enfoques Propuestos para un desarrollo Ético

El prometedor futuro de los vehículos automatizados sigue ensombrecido por la aparente insolubilidad de las cuestiones éticas. A continuación, se presentan algunas posibles soluciones.

Los dos enfoques más conocidos *Top-Down* (en español: Arriba-Abajo) y *Bottom-Up* (en español: Abajo-Arriba) fueron formulados en 2008 por los científicos Wallach y Allen. Ellos describen los dos extremos del espectro de los acercamientos. *Top-Down* sencillamente trata de programar un algoritmo basado en reglas exactas, que podría formarse a partir de diferentes sistemas éticos como el imperativo moral de Kant o las Tres Leyes de la Robótica de Asimov y según el cual el *explicit ethical agent* podría actuar. Sin embargo, muchos investigadores en el campo de la ética dudan de este enfoque porque, como se ha explicado anteriormente, parece imposible escribir la ética humana como simples reglas (Wallach & Allen, 2009, págs. 83-84).

Enfoques *Bottom-Up*, también conocido como enfoques de desarrollo, describen el desarrollo de agentes éticos mediante una curva de aprendizaje. Este enfoque está inspirado en la idea de Turing de, en lugar de tratar de crear una máquina igual a una mente adulta, tratar de crear una máquina con una mente infantil y educarla luego (Turing, 1950, pág. 19). En un enfoque de *Bottom-Up*, el sistema no se guía explícitamente por teorías éticas, sino que debe aprenderlas implícitamente (Wallach & Allen, 2009, pág. 101).

Similar al enfoque *Bottom-Up* es el enfoque de Powers (2011, págs. 52-58) de *Incremental Machine Ethics* (en español: Ética Incremental de la Máquina). También está convencido de que *machine ethics* es todavía un campo de investigación tan reciente que estas cuestiones fundamentales relativas a la capacidad moral de las máquinas para actuar y a la capacidad de responsabilidad de dichas máquinas seguirán sin resolverse durante los próximos años, si es que se resuelven algún día. Powers también describe su enfoque incrementalista con una comparación entre unos padres y su hijo. Los científicos como padres tienen la tarea de educar moralmente a sus hijos. Sin embargo, saben que no pueden hacerlo en un día, pero que este desarrollo llevará años. Su objetivo por el momento será asegurarse de que el niño se comporte.



El enfoque de la Ética de la Máquina Incremental de Powers propone mejorar la ética de la máquina a medida que se avanza. No obstante, tanto Powers (2011, pág. 55) como Wallach y Allen (2009, pág. 10) señalan el riesgo de que la seguridad y la ética correcta no reciban la atención suficiente desde el inicio. Los dos extremos de los espectros son, por lo tanto, demasiado simples para dar dirección *machine ethics*.

Goodall (2014, págs. 63-64) propone con su *Three-Phase Approach* (en español: Enfoque Trifásico) una combinación de todos los anteriores enfoques. Así pues, la primera fase, llamada Éticas Racionales, se diseñará a través de un modo de programación de *Top-Down*, para minimizar el daño global a través de reglas claras. En todas las situaciones no reguladas, el vehículo automatizado debe frenar y desviarse de forma estándar.

La segunda fase requiere software sofisticado que aún no existe. El enfoque híbrido de inteligencia racional y artificial debería permitir crear una curva de aprendizaje. Hay que tener cuidado de limitar las posibilidades de modificación de los programas de seguridad crítica para evitar que el vehículo de auto aprendizaje aprenda un comportamiento éticamente incorrecto. Por consiguiente, las posibles medidas de modificación deberían estar dentro del rango que se reguló en la fase 1 mediante el frenado y la acción evasiva.

La fase 3 sólo puede comenzar una vez que la investigación en el campo de la *rule extraction* (en español: extracción de reglas) haya hecho progresos significativos. La forma en que los algoritmos funcionan y filtran sigue siendo el secreto de la máquina aún hoy en día. Por medio de la *rule extraction*, científicos están tratando de facilitar la comprensión de las redes neuronales como las de los vehículos automatizados. Para ello, están desarrollando tecnologías que posibilitan extraer del sistema *rule-based explanations* (en español: explicaciones basadas en reglas) que son comprensibles para los humanos. Según Goodall, sólo la *rule extraction* permitirá a los investigadores encontrar la lógica detrás de las habilidades auto-aprendidas y usarla para reproducir o modificar el comportamiento aprendido de las máquinas.

Con su enfoque, Goodall (2014, págs. 62-64) trató hacer el mejor uso posible del estado de la técnica en los respectivos momentos de desarrollo por una ética utilizable en la informática. No obstante, termina su reporte indicando que no será posible evitar todas las colisiones ni eliminar responsabilidades éticas en las decisiones de vehículos automatizados.

El hecho es que la ética enseña cómo las personas deben o quieren comportarse. A diferencia de la sociología, no enseña cómo se comportan en realidad. Si el hombre se enfrenta ahora al desarrollo de máquinas que actúan éticamente, debe asegurarse de que estas inteligencias artificiales representen el comportamiento ideal.

## 6. Conclusión

El desarrollo tecnológico de los vehículos automatizados avanza rápidamente. No se puede detener la introducción en el mercado de vehículos automatizados, pero tampoco debería ser el objetivo.

La Cuarta Revolución Industrial ocurre más veloz, ancha, profunda y con un mayor efecto sobre sistemas enteros que las revoluciones anteriores. La interacción entre *Big Data* y el análisis de datos, la simulación, la integración vertical y horizontal, el Internet de las Cosas, la ciberseguridad, el *Cloud Computing*, la fabricación aditiva, la realidad aumentada o virtual, y los robots automatizados tendrá implicaciones globales que son hoy en día inimaginables. Robots automatizados, a los cuales pertenecen los vehículos sin conductor, harán la vida cotidiana más fácil y más compleja al mismo tiempo. En el pasado, ha habido muchos intentos para dar un marco ético para minimizar los riesgos que conllevan, pero aún sin éxito.

No obstante, el desarrollo tecnológico está avanzando. La mayoría de los vehículos están asistiendo a los conductores en sus viajes, vehículos sin sistemas de soporte ya casi no se vende. Dentro de los próximos cinco años, se estima que serán comercializados vehículos enteramente automatizados, mientras vehículos del nivel 1 desaparecerán. El incremento significativo de la seguridad vial facilitado por esa automatización de los vehículos es el principal objetivo del desarrollo. Además, se espera que más personas podrán llegar de un lugar a otro de una manera más autónoma, proveyendo así también un alivio físico y psíquico para todos los viajeros. No obstante, muchas personas se muestran escépticas ante la nueva tecnología, temerosas de renunciar al control y a las situaciones que el sistema de conducción automatizada no puede manejar. Es importante prestar la máxima atención a los aspectos relevantes para la seguridad durante la programación; no obstante, no se puede eliminar completamente un riesgo residual. Debido al elevado número de MRV, incluso escenas altamente improbables se producirán en algún momento. Por lo tanto, es esencial un enfoque ético del desarrollo.

En la parte central de este trabajo, se discutieron estos aspectos éticos. Primero, se estableció que para las situaciones de *Overruling*, se espera que los fabricantes concedan un período de transición suficientemente largo. Sería conveniente que se llegue a un acuerdo internacional sobre la duración de este período de transición y que se aplique lo antes posible. Estas transiciones deben ser protocoladas de manera que quede claro en todo momento si la

responsabilidad recae en el sistema o en las personas. Aquí también es deseable la estandarización internacional. En caso de situaciones de dilema, es esencial desde el punto de vista ético que ninguna vida humana sea más valiosa que otra. Sin embargo, si los sacrificios son inevitables, se debe tratar de reducir al mínimo el número de víctimas, sin tener en cuenta los orígenes demográficos.

Tres grupos de interés son responsables para el cumplimiento de estas regulaciones. La sociedad debe evaluar la base ética sobre la que deben actuar los robots. Sin aceptación social, el vehículo automatizado no formará parte del futuro. Para una base éticamente correcta, el estado y la industria deben proporcionar información y transparencia. Desde el punto de vista jurídico, también es necesario que las empresas se comprometan más, la mejora continua de los sistemas es indispensable. Cuando los sistemas podrán incrementar la seguridad vial en un futuro próximo, el uso obligatorio, de todos modos, sería éticamente muy cuestionable. La libertad y la autonomía humanas son un bien fundamental en la sociedad, y el aumento de la seguridad no siempre es razón suficiente para restringir la libertad y la autonomía personales. También se debe evitar interferir demasiado en la privacidad de las personas, la formulación de leyes apropiadas sobre la protección y la recopilación de datos son de alta prioridad.

En la formulación de las leyes es esencial distinguir entre la sociología y la ética. Las dos opiniones son, de hecho, a menudo contradictorias. Para convertir las máquinas en agentes que actúen éticamente, los desarrolladores también deben empezar a tratar el tema. Evitar el componente ético implícitamente constituye una actitud ética en la máquina. Aunque situaciones dilemáticas suelen ser exagerados, cuentan con un verdadero núcleo. Los diversos enfoques éticos deben ser sopesados científicamente y acordados colectivamente. Aunque las opiniones éticas y los conocimientos técnicos de la humanidad no estén aún suficientemente maduros, la investigación debe comenzar antes de que sea demasiado tarde.

Si esta investigación resulta exitosa a tiempo, los vehículos automatizados tendrán un gran impacto económico. Los costos, que son causados por el error humano, se reducirán significativamente. No obstante, también aumentarán las inversiones para la preparación de las carreteras. Se prevé un mayor crecimiento de la industria, pero las proporciones de las ganancias cambiarán significativamente. Los proveedores tradicionales, así como los propios fabricantes de coches podrán reservar menos beneficios. Los nuevos modelos de negocio como los MaaS cambiarán fundamentalmente el uso y la propiedad de los vehículos y captarán una

gran parte de los beneficios. Para el presupuesto financiero de cada individuo, los principales cambios serán en las ponderaciones. La gente probablemente tendrá menos vehículos privados, pero éstos tenderán a ser más caros.

Debido a las inversiones necesarias en infraestructura, legislación y tecnología, los vehículos automatizados estarán distribuidos de manera desigual en el planeta. Los países que prosperan en cuanto a infraestructura y tecnología suelen fracasar debido a una reglamentación demasiado estricta y a la desconfianza del público. Los países con poblaciones optimistas y apertura legal suelen carecer de los recursos financieros necesarios para la infraestructura y la investigación. No obstante, sólo en los últimos años se han hecho rápidos progresos en todo el mundo.

No obstante, el enfoque correcto sigue siendo objeto de debate. Está claro que ni un método exclusivo de top-down ni un método exclusivo de bottom-up es adecuado. Una mezcla de los dos enfoques parece sensata. Con el estado actual de la técnica, por el momento deben seguirse reglas claras. Tan pronto como se obtienen las primeras experiencias, los sistemas pueden ser mejorados mediante sistemas de auto aprendizaje. Sin embargo, es importante separar las partes relevantes para la seguridad del programa del sistema de auto aprendizaje. Sólo cuando la investigación ha adquirido un profundo conocimiento sobre los algoritmos, los humanos pueden llegar a saber cómo se produjeron estos efectos de aprendizaje de las máquinas.

Depende de nosotros asegurarnos de que las máquinas actúen dentro del marco que nosotros como sociedad consideramos éticamente correcto, y que nosotros mismos a menudo no lo cumplimos. Estos descubrimientos, al final, probablemente nos dirán a los humanos tanto sobre la inteligencia artificial como sobre nosotros mismos (Wallach & Allen, 2009, pág. 37).

## Bibliografía

- ABC. (16 de Noviembre de 2018). *Arranca la «Plataforma de Vehículo Conectado 3.0»*. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de ABC Reportajes: [https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-arranca-plataforma-vehiculo-conectado-30-201811121517\\_noticia.html](https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-arranca-plataforma-vehiculo-conectado-30-201811121517_noticia.html)
- Alton, L. (25 de Mayo de 2018). *How Self-Driving Cars Could Impact the Environment*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de blue&green tomorrow: <https://blueandgreentomorrow.com/environment/self-driving-cars-could-impact-environment/>
- Ameen, N. (15 de Abril de 2019). *What robots and AI may mean for university lecturers and students*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de The Conversation: <https://theconversation.com/what-robots-and-ai-may-mean-for-university-lecturers-and-students-114383>
- Asimov, I. (1950). *I, Robot* (E-Book Edition (C) Marzo 2018 ed.). London, Reino Unido: HarperCollins.
- AUDI AG. (2019). *The Pulse of Autonomous Driving: An international user typology and an emotional landscape of autonomous driving (Summary of the Study)*. Ingolstadt: VORN Strategy Consulting. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de <https://www.audi.com/en/company/research/and-audi-initiative/study-autonomous-driving.html>
- Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., Bonnefon, J.-F., Rahwan, I. (14 de Octubre de 2019). The Moral Machine Experiment. *Nature*, 92. Recuperado el 20 de Marzo de 2020, de [http://scholar.google.de/scholar\\_url?url=https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/39187/Moral%2520Machine.pdf%3Fsequence%3D4&hl=de&sa=X&scisig=AAGBfm0DptWK0D\\_Tv6VQC4t8I-v\\_Habs4A&nossl=1&oi=scholar](http://scholar.google.de/scholar_url?url=https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/39187/Moral%2520Machine.pdf%3Fsequence%3D4&hl=de&sa=X&scisig=AAGBfm0DptWK0D_Tv6VQC4t8I-v_Habs4A&nossl=1&oi=scholar)
- Blincoe, L. J., Miller, T. R., Zaloshnja, E., & Lawrence, B. A. (Mayo de 2015). *The economic and societal impact of motor vehicle crashes, 2010. (Revised)*. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812013>
- Bonnefon, J.-F., Shariff, A., & Rahwan, I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352(6293), págs. 1573-1576. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de

- [https://www.researchgate.net/publication/301293464\\_The\\_Social\\_Dilemma\\_of\\_Autonomous\\_Vehicles](https://www.researchgate.net/publication/301293464_The_Social_Dilemma_of_Autonomous_Vehicles)
- Bonnefon, J.-F., Shariff, A., & Rahwan, I. (7 de Marzo de 2019). The Trolley, The Bull Bar and Why Engineers Should Care About the Ethics of Autonomous Cars. *Proceedings of the IEEE*, 107(3), págs. 502-504. Recuperado el 11 de Marzo de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8662742?arnumber=8662742&SID=EBSCO:edsee>
- Bose, A., & Ioannou, P. (1999). *Analysis of traffic flow with mixed manual and semi-automated vehicles*. Center for Advanced Transportation Technologies, Dept. of Electrical Engineering-Systems. Recuperado el 11 de Febrero de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=786335>
- Boston Consulting Group. (2019). *Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de BCG: <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>
- Centre for Connected & Autonomous Vehicles. (Junio de 2017). *Autonomous Vehicles: Challenges and Opportunities A regulatory framework supporting innovation*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/wp1/ECE-TRANS-WP1-Automated-Vehicles-Presentation-7e.pdf>
- Centre for Connected and Autonomous Vehicles. (s.f.). *About us*. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de GOV.UK: <https://www.gov.uk/government/organisations/centre-for-connected-and-autonomous-vehicles/about>
- CEPE. (27 de Mayo de 2008). *Actos adoptados por órganos creados por acuerdos internacionales: Reglamento no 79 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE): Prescripciones uniformes relativas a la homologación de vehículos por lo que respecta al mecanismo de dirección*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de EUR-Lex: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:42008X0527\(01\)&from=DE](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:42008X0527(01)&from=DE)
- Christman, J. (2018). *Autonomy in Moral and Political Philosophy*. Recuperado el 7 de Abril de 2020, de The Stanford Encyclopedia of Philosophy: <https://plato.stanford.edu/entries/autonomy-moral/>

- Curtin, G. (13 de Febrero de 2017). *6 ways augmented reality can help governments see more clearly*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de World Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2017/02/augmented-reality-smart-government/>
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (14 de Noviembre de 2019). *Security Tip (ST04-001): What is Cybersecurity?* Recuperado el 20 de Abril de 2020, de U.S. Department of Homeland Security: <https://www.us-cert.gov/ncas/tips/ST04-001>
- Daimler AG. (s.f.). *Benz Patent-Motorwagen. Das erste Automobil (1885-1886)*. Recuperado el 9 de Febrero de 2020, de Geschichte der Daimler AG: <https://www.daimler.com/konzern/tradition/geschichte/1885-1886.html>
- Deloitte. (2017). *Using autonomous robots to drive supply chain innovation*. Deloitte. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de Deloitte: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/autonomous-robots-supply-chain-innovation.html>
- Department for Transport. (6 de Agosto de 2017). *The Key Principles of Cyber Security for Connected and Automated Vehicles*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de GOV.UK: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/661135/cyber-security-connected-automated-vehicles-key-principles.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/661135/cyber-security-connected-automated-vehicles-key-principles.pdf)
- Duvall, T., Hannon, E., Katseff, J., Safran, B., & Wallace, T. (Mayo de 2019). *A new look at autonomous-vehicle infrastructure*. Recuperado el 2 de Abril de 2020, de McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/a-new-look-at-autonomous-vehicle-infrastructure>
- Ethik-Kommission. (Junio de 2017). *Automatisiertes und Vernetztes Fahren*. Berlín: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Recuperado el 27 de Enero de 2020, de [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/bericht-der-ethik-kommission.pdf?__blob=publicationFile)
- Etzioni, A., & Etzioni, O. (7 de Marzo de 2017). Incorporating Ethics into Artificial Intelligence. *The Journal of Ethics*. doi:10.1007/s10892-017-9252-2
- European Automobile Manufacturers' Association. (2019). *The Automobile Industry Pocket Guide*. Recuperado el 5 de Abril de 2020, de <https://www.acea.be/publications/article/acea-pocket-guide>
- Foot, P. (1967). The Problem of Abortion and the Doctrine of the Double Effect. *Oxford Review*(5). Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de <http://www2.econ.iastate.edu/classes/econ362/hallam/Readings/FootDoubleEffect.pdf>



- Foro Económico Mundial. (2018). *Network Readiness Index*. Recuperado el 4 de Abril de 2020, de Foro Económico Mundial: <http://reports.weforum.org/network-readiness-index/>
- Fournier, T. (2016). Will My Next Car Be a Libertarian or a Utilitarian?: Who Will Decide? *IEEE Technology & Society Magazine*, 35(2), 40-45. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=9c702625-5ef9-4ac7-b46d-f0b3d347046f%40sdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=116115872&db=bth>
- Fraedrich, E., & Lenz, B. (Enero de 2014). Automated Driving: Individual and Societal Aspects. *Transportation Research Record*, 2416(1), 64-72. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=4ac62e1e-0774-43a7-9869-3df20d2ac6e9%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=ejs45674525&db=edo>
- Gao, P., Hensley, R., & Zielke, A. (Octubre de 2014). A road map to the future for the auto industry. *McKinsey Quarterly*(4), págs. 42-53. Recuperado el 12 de Febrero de 2020, de <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-road-map-to-the-future-for-the-auto-industry#>
- Goodall, N. J. (Enero de 2014). Ethical Decision Making During Automated Vehicle Crashing. *Transportation Research Record*, 2424(1), 58-65. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3141/2424-07>
- Gunal, M. M. (2019). *Simulation for Industry 4.0: Past, Present, and Future*. Cham, Suiza: Springer Nature Switzerland AG. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-04137-3>
- Hardy, B. (1996). *A study of accidents involving bull bar equipped vehicles*. Estudio, Transport Research Laboratory. Recuperado el 1 de Abril de 2020, de <https://trl.co.uk/sites/default/files/TRL243.pdf>
- Herrmann, A., Brenner, W., & Stadler, R. (2018). *Autonomous Driving: How the Driverless Revolution will Change the World* (1a edición ed.). Bingley, UK: Emerald Publishing Limited. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de [https://books.google.de/books?id=K\\_xQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.de/books?id=K_xQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false)
- Hubig, C. (21 de Marzo de 2020). Entrevista telefónica sobre los aspectos éticos de la conducción automatizada. (A. Eidel, Entrevistador, & A. Eidel, Traductor)

- International Data Corporation. (31 de Mayo de 2018). *Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality to Achieve a Five-Year CAGR of 71.6% by 2022, According to IDC*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de IDC:  
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43860118>
- International Transport Forum. (2015). *Automated and Autonomous Driving: Regulation under uncertainty*. OECD, Paris. Recuperado el 19 de Abril de 2020, de  
[https://cyberlaw.stanford.edu/files/publication/files/15CPB\\_AutonomousDriving.pdf](https://cyberlaw.stanford.edu/files/publication/files/15CPB_AutonomousDriving.pdf)
- Internet Live Stats. (18 de Diciembre de 2019). *In 1 Second, each and every Second, there are...* Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de Internet Live Stats:  
<https://www.internetlivestats.com/one-second/>
- Ishiguro, H. (2018). Studies on Interactive Robots. En M. Coeckelbergh, J. Loh, M. Funk, J. Seibt, & M. Nørskov, *Envisioning Robots in Society – Power, Politics, and Public Space : Proceedings of Robophilosophy 2018 / TRANSOR 2018* (pág. 7). Amsterdam: IOS Press. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de  
<http://eds.a.ebscohost.com/eds/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzE5NjYwNTlfX0FOO?sid=08a0285a-2825-47b2-8d66-7d04e66555eb@sdc-v-sessmgr03&vid=4&format=EB&rid=1>
- Knowledge@Wharton. (21 de Julio de 2016). *How “Pokemon Go” Took Augmented Reality Mainstream*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de Wharton University of Pennsylvania: <https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/how-pokemon-go-took-augmented-reality-mainstream/>
- KPMG International. (2018). *Autonomous Vehicles Readiness Index*. KPMG International Cooperative. Recuperado el 4 de Abril de 2020, de  
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2018/01/avri.pdf>
- KPMG International. (2019). *2019 Autonomous Vehicles Readiness Index*. KPMG International Cooperative. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de  
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/02/2019-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>
- Kröger, F. (2015). Automated Driving in Its Social, Historical and Cultural Contexts. En M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner, *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects* (págs. 51-66). Ladenburg, Alemania: Springer Nature.
- Lüpertz, V., Reip, H., & Reip, S. (2013). *Wirtschaftsgesetze: Textsammlung* (21a edición ed.). Haan-Gruiten, Alemania: Verlag Europa-Lehrmittel.

- Lee, H. C., Cameron, D., & Lee, A. H. (Septiembre de 2003). Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), págs. 797-803. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457502000830>
- Levanon, G., Crofoot, E., & Steemers, F. (14 de Febrero de 2020). *Where Are the Robots?* Recuperado el 31 de Marzo de 2020, de MIT Sloan Management Review: <https://sloanreview.mit.edu/article/where-are-the-robots/>
- Litman, T. (2020). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute. Recuperado el 6 de Febrero de 2020, de <https://www.vtpi.org/avip.pdf>
- MaaS Alliance. (s.f.). *MaaS Alliance Partners with Uber to Support Shared Mobility*. Recuperado el 3 de Abril de 2020, de MaaS Alliance: <https://maas-alliance.eu/maas-alliance-partners-uber-support-shared-mobility/>
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition & Productivity*. McKinsey Global Institute. Recuperado el 31 de Diciembre de 2019, de [https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI\\_big\\_data\\_full\\_report.ashx](https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_full_report.ashx)
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11a edición ed.). Weinheim; Basel: Beltz.
- McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (Octubre de 2012). Big Data: The Management Revolution. (cover story). *Harvard Business Review*, 90(10), 60-68. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=13&sid=399533f1-3685-4bf8-b8d6-1eadada98caf%40pdc-v-sessmgr02>
- Mercedes-Benz Research & Development North America, Inc. (Febrero de 2019). *Introducing DRIVE PILOT: An Automated Driving System for the Highway*. Recuperado el 8 de Marzo de 2020, de daimler.com: <https://www.daimler.com/dokumente/innovation/sonstiges/2019-02-20-vssa-mercedes-benz-drive-pilot-a.pdf>
- MIT. (s.f.). *What should the self-driving car do?* Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de Moral Machine: <http://moralmachine.mit.edu>

- Moor, J. H. (Julio de 2006). The Nature, Importance, and Difficulty of Machine Ethics. *IEEE Intelligent Systems*, 21(4), págs. 18-21. Recuperado el 1 de Abril de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1667948>
- Morgan Stanley. (23 de Enero de 2015). *Autonomous Cars: The Future Is Now*. Recuperado el 18 de Marzo de 2020, de Morgan Stanley: <https://www.morganstanley.com/articles/autonomous-cars-the-future-is-now>
- Naciones Unidas. (2015). *Declaración Universal de los Derechos Humanos*. Recuperado el 27 de Marzo de 2020, de [https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR\\_booklet\\_SP\\_web.pdf](https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf)
- NHTSA. (2008). *National Motor Vehicle Crash Causation Survey: Report to Congress*. U.S. Department of Transportation. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811059>
- NHTSA. (2009). *Traffic Safety Facts 2009: A Compilation of Motor Vehicle Crash Data from the Fatality Analysis Reporting System and the General Estimates System*. Informe Anual, U.S. Department of Transportation , National Center for Statistics and Analysis, Washington, DC. Recuperado el 3 de Febrero de 2020, de <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811402>
- NHTSA. (2012). *Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles*. Recuperado el 26 de Enero de 2020, de National Highway Traffic Safety Administration: [https://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated\\_Vehicles\\_Policy.pdf](https://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf)
- NHTSA. (s.f.). *Five Eras of Safety*. Recuperado el 9 de Febrero de 2020, de NHTSA: Automated Vehicles for Safety: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>
- NSTC, USDOT. (2020). *Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0*. Las Vegas. Recuperado el 25 de Marzo de 2020, de <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2020-02/EnsuringAmericanLeadershipAVTech4.pdf>
- Office of Freight Management and Operations. (Noviembre de 2011). *Freight Facts and Figures 2011*. Recuperado el 3 de Febrero de 2020, de Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation: [https://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight\\_analysis/nat\\_freight\\_stats/docs/11factsfigures/](https://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/nat_freight_stats/docs/11factsfigures/)
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Global status report on road safety 2018: Summary*. Reporte Anual, Organización Mundial de la Salud, Ginebra. Recuperado el

- 4 de Abril de 2020, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf?ua=1>
- Powers, T. M. (Marzo de 2011). Incremental Machine Ethics. *IEEE Robotics Automation Magazine*, 18(1), 51-58. Recuperado el 3 de Febrero de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5751975>
- Prokopenko, M., & Budden, D. M. (8 de Septiembre de 2015). *Is humanity just a phase in a robotic evolution?* Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de World Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2015/09/is-humanity-just-a-phase-in-a-robotic-evolution/>
- PwC. (Febrero de 2019). *The great potential of 5G ecosystems: Capturing the full potential of 5G by embracing industry convergence*. PricewaterhouseCoopers B.V. Recuperado el 2 de Abril de 2020, de [pwc.nl: https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/the-great-potential-of-5G-ecosystems.pdf](https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/the-great-potential-of-5G-ecosystems.pdf)
- RACE. (13 de Febrero de 2019). *Multas de tráfico en España: ¿hay más denuncias? ¿se recauda más?* Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de RACE: <https://www.race.es/multas-de-traffic-espana#>
- Real Academia Española. (2019). *Inteligencia*. Recuperado el 19 de Abril de 2020, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/inteligencia?m=form>
- Real Academia Española. (s.f.). *Dilema*. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/dilema>
- Richter, N. (9 de Mayo de 2019). *Braucht Autonomes Fahren die Datenautobahn 5G?* Recuperado el 2 de Abril de 2020, de Verein Deutscher Ingenieure e.V.: <https://www.vdi.de/news/detail/braucht-autonomes-fahren-die-datenautobahn-5g>
- Rodal Montero, E. (2020). *Industria 4.0: Conceptos, Tecnologías Habilitadoras y Retos (eBook)* (Vol. 1). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Education, Inc.
- SAE. (2018). *SAE J3016. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. SAE International, SAE On-Road Automated Vehicle Standards Committee. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de [www.sae.org/standards/content/j3016\\_201806/](http://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/)
- Schwab, K. (14 de Enero de 2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de World Economic Forum:

- <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution* (Primera ed.). New York: Crown Business.
- Seider, C., & Radis, C. (2018). *When the car takes over: a glimpse into the future of autonomous driving*. NTT Data Deutschland GmbH, Múnich. Recuperado el 6 de Abril de 2020, de [https://uk.nttdata.com/-/media/NTTDataUK/Files/Case\\_Studies/Case-Studies/When-the-car-takes-over---NTT-DATA-Whitepaper.pdf](https://uk.nttdata.com/-/media/NTTDataUK/Files/Case_Studies/Case-Studies/When-the-car-takes-over---NTT-DATA-Whitepaper.pdf)
- Shepardson, D. (22 de Marzo de 2018). *U.S. spending plan include \$100 million for autonomous cars research, testing*. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de Reuters: <https://www.reuters.com/article/us-autos-selfdriving-congress/u-s-spending-plan-include-100-million-for-autonomous-cars-research-testing-idUSKBN1GY074>
- Smith, B. W. (11 de Marzo de 2012). *Driving at Perfection*. Recuperado el 3 de Febrero de 2020, de The Center for Internet and Society at Stanford Law School: <http://cyberlaw.stanford.edu/blog/2012/03/driving-perfection>
- Smith, B. W. (18 de Diciembre de 2013). *Human error as a cause of vehicle crashes*. Recuperado el 12 de Febrero de 2020, de Center for Internet and Society at Stanford Law School: <http://cyberlaw.stanford.edu/blog/2013/12/human-error-cause-vehicle-crashes>
- Statista. (Septiembre de 2019). *Internet of Things (IoT)*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019, de Statista: <https://www.statista.com/study/27915/internet-of-things-iot-statista-dossier/>
- Stickel, T. (30 de Marzo de 2020). Entrevista telefónica sobre los aspectos éticos de la conducción automatizada. (A. Eidel, Entrevistador, & A. Eidel, Traductor)
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, LIX(236), págs. 433-460.
- United States Census Bureau. (2012). *Vehicles Involved in Crashes by Vehicle Type, Rollover Occurrence, and Crash Severity: 2009*. Recuperado el 3 de Febrero de 2020, de Section 23. Transportation: <http://www2.census.gov/library/publications/2011/compendia/statab/131ed/tables/12s1107.xls?#>
- Verband der Automobilindustrie e.V. (Septiembre de 2015). Automatisierung: Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. *VDA Magazin*, págs. 1-28.

- Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de  
<https://www.vda.de/dam/vda/publications/2015/automatisierung.pdf>
- Viereckl, R., Krings, J., Weber, H., Seyfferth, J., Deppner, C., Bühnen, T., Ahlemann, D., Hild, J., Stürmer, C., GÜthner, H., Neuhausen, J., Edlinger, S., & Andre, F. (2019). *The 2018 Strategy& Digital Auto Report: The future is here: winning carmakers balance metal and mobility*. PwC, strategy&. Recuperado el 2 de Abril de 2020, de <https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/2018/the-future-is-here/digital-auto-report-2018.pdf>
- Walch, K. (8 de Diciembre de 2019). *Are All Levels Of Autonomous Vehicles Equally Safe?* Recuperado el 10 de Febrero de 2020, de Forbes:  
<https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/12/08/how-autonomous-vehicles-fit-into-our-ai-enabled-future/>
- Wallach, W., & Allen, C. (2009). *Moral Machines: Teaching Robots Right from Wrong* (1a edición, E-Book ed.). New York: Oxford University Press.
- Waymo. (s.f.). *Safety Report*. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de Waymo:  
<https://waymo.com/safety/>
- Weidemann, B. (6 de Marzo de 2020). Entrevista telefónica sobre los aspectos éticos de la conducción automatizada. (A. Eidel, Entrevistador, & A. Eidel, Traductor)
- Wood, M., Robbel, P., Maass, M., Duintjer Tebbens, R., Meijs, M., Harb, M., . . . Schlicht, P. (2019). *Safety First for Automated Driving*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de <https://www.daimler.com/dokumente/innovation/sonstiges/safety-first-for-automated-driving.pdf>

## Anexos

### Anexo A

Abajo se puede encontrar la guía orientativa de las entrevistas en profundidad.

- 1 El desarrollo de sistemas de conducción automatizada  
**¿En qué plazo se desarrollarán los cinco niveles de automatización?**
  1. ¿Cree que es realista que los vehículos del Nivel 3 estén en el mercado antes de 2025?
  2. ¿En qué países la entrada al mercado se realizará más fácilmente? ¿De qué depende eso?
- 2 Objetivos del desarrollo  
**¿Cuáles son los principales objetivos del desarrollo de los vehículos automatizados?**
  1. ¿En qué medida los sistemas de conducción automatizada hacen más seguro el tráfico vial ya hoy en día?
  2. ¿Hay una reducción de las emisiones al conducir en vehículos automatizados?
  3. ¿Es realista el aumento de la movilidad en un futuro próximo?
- 3 La cuestión de culpabilidad  
**¿Cómo se puede culpar a las posibles situaciones excepcionales?**
  1. ¿Cómo se resuelve la cuestión de la culpabilidad en los accidentes resultantes de situaciones de *Overruling*?
  2. ¿Qué papel juegan las situaciones de dilema en la programación de los sistemas de conducción automatizada?
  3. ¿Prevalecerá la programación utilitaria o kantiana?
- 4 La responsabilidad en el desarrollo y el uso  
**¿Con quién están las responsabilidades en el desarrollo y posteriormente en el funcionamiento de los vehículos automatizados?**
  1. ¿Qué papel juega la protección de datos en el desarrollo?
  2. ¿Dónde ve las responsabilidades legales en el futuro? ¿Con el fabricante o el usuario?
- 5 Viabilidad económica de la conducción automatizada  
**¿Qué rentabilidad se espera de la introducción de los vehículos automatizados?**
  1. ¿Dentro de qué plazo será rentable el desarrollo de los vehículos automatizados?
  2. ¿Cuánto tiempo tardarán los vehículos automatizados en igualar el nivel de costos de los vehículos convencionales?



## Anexo B

Abajo se puede encontrar una tabla resumiendo las declaraciones clave de los entrevistados

<b>Bernhard Weidemann</b> <b>Portavoz de Prensa</b> <b>Comunicación Global</b> <b>Inteligencia Artificial y</b> <b>Conducción</b> <b>Autónoma Mercedes-Benz</b> <b>AG</b>	<b>Prof. Dr. Christoph Hubig</b> <b>Decano Ciencias Sociales e</b> <b>Históricas</b> <b>Universidad Técnica</b> <b>Darmstadt</b> <b>Miembro del <i>Verein</i></b> <b><i>deutscher Ingenieure</i></b>	<b>Thorsten Stichel</b> <b>Freudenberg Sealing</b> <b>Technologies</b> <b>Division Powertrain &amp;</b> <b>Driveline</b> <b>Global Process and Tooling</b> <b>Technology</b>
<b><i>Plazo del desarrollo</i></b>		
Daimler quiere lanzar al mercado casos de uso de nivel 4 antes de 2025.	x	Qué sucederá la introducción cuanto antes mejor. Ya tenemos la tecnología.
<b><i>Países líderes</i></b>		
Probablemente Europa y los EE.UU. serán los primeros mercados. En mi opinión, el mercado australiano está predestinado para los vehículos automatizados debido al clima constante, la buena infraestructura y las largas distancias. Sin embargo, el mercado allí no es tan grande.	x	Creo que liderarán los EE.UU. por su enfoque más en la realización que en el marco legal.
<b><i>Seguridad</i></b>		
En cuanto a la seguridad: Después de la introducción del sistema de freno de emergencia en uno de nuestros modelos, encontramos que se vendieron significativamente menos parachoques como repuestos.	Se puede decir con certeza que los sistemas reducen los riesgos porque reaccionan de manera más inteligente que los conductores naturales en diversas situaciones.  Una solución sería una zona específica del centro de la ciudad exclusivamente para vehículos automatizados. Si los sistemas ahí conducen a baja velocidad, el automóvil que va delante advierte al vehículo que va detrás.	En cuanto a la seguridad: Ningún software razonablemente desarrollado y ninguna computadora son tan propensos a errores como los humanos.  En cuanto a movilidad: O bien desarrollamos sistemas que garanticen la seguridad necesaria, o no podemos usarla para estos grupos.

<b><i>Culpabilidad</i></b>		
Si se descubre que un accidente ha sido causado por el mal funcionamiento de un componente o por información errónea para el conductor, se trata de un caso de responsabilidad de producto y es la culpa de la empresa. Si se descubre un caso de mal uso, el usuario es el culpable.	No se puede obligar a nadie a sacrificarse. No obstante, en general, desde el punto de vista ético, es perfectamente legítimo elegir soluciones que, desde el punto de vista puramente estadístico, den lugar a menos daños personales.	Hay que introducir regulaciones estrictas, comprometer a las empresas, separar programas de seguridad de la parte de auto aprendizaje. Las empresas deben ser responsabilizadas más en cuanto a fallas sistemáticas.
<b><i>OVERRULING</i></b>		
x	Estas situaciones se pueden evitar separando los sistemas. Si los sistemas automatizados se advierten mutuamente de los posibles peligros, ya no es necesario el <i>OVERRULING</i> . En virtud de la obligación moral absoluta de evitar en la medida de lo posible estas situaciones, los sistemas deben mantenerse separados hasta que la conducción automatizada sea tan perfecta que se puedan reconocer los pequeños riesgos que quedan.	Mi visión es que logremos la automatización total y así eliminamos completamente el factor humano como fuente de peligro.
<b><i>Dilemas</i></b>		
En muchas situaciones se tiene que hacerse la pregunta: “¿Por qué no podemos evitarlos a tiempo?” Esto se debe generalmente a que se conduce demasiado rápido. Un vehículo automatizado nunca conduciría de tal manera que una situación fuera del alcance de los sensores pudiera poner en peligro el viaje.	Esencialmente, los dilemas morales surgen porque, por el momento, el tráfico sigue siendo mixto. El problema podría ponerse en perspectiva considerablemente si, hasta que el tráfico esté totalmente automatizado, los sistemas estuvieran radicalmente separados, por ejemplo, por un carril para vehículos automatizados en la carretera.	No debemos dar demasiado peso a los dilemas. Si podemos reducir los millones de muertes en las carreteras a unos pocos miles mediante el uso de sistemas de conducción automatizada, mejor hacerlo.

<b>Programación ética</b>		
<p>El objetivo del desarrollo no es decidir sobre el valor de la vida humana. Esto ni siquiera está permitido bajo la jurisdicción alemana. Nuestra estrategia es provocar lo más rápido posible una situación no crítica para la seguridad. En la mayoría de los casos esto significa frenar en el mismo carril. Esto haría un coche automatizado de una manera más rápido, mejor y más eficiente que el hombre.</p>	<p>Reglas utilitarias para sopesar las oportunidades y los riesgos, pero sólo en un área específica, y no en principio. En situaciones tan problemáticas sólo podemos ser culpables de diferentes maneras. Se trata de problemas de reconocimiento. Un conductor puede decidir de qué manera quiere ser culpable.</p>	<p>Si logramos la automatización de cada uno de los vehículos en el tráfico, no será necesario tener que decidir entre el utilitarismo o la deontología.</p>
<b>Protección de datos</b>		
<p>x</p>	<p>Gran problema de cómo equilibrar la privacidad con la seguridad. En esta situación, considero que los acuerdos de reconocimiento son una solución plausible. Si alguien quiere usar el sistema, acepta el uso de sus datos. Si alguien no quiere hacerlo, puede que tenga que utilizar opciones de transporte más engorrosas. Una vez que todo esté automatizado, los mecanismos de uso deben estar diseñados de tal manera que el menor número posible de rastros de datos individuales entre en los sistemas.</p>	<p>La protección de datos es generalmente importante. No obstante, el uso de los datos puede limitarse a los puntos neurálgicos. No se desea una vigilancia total por parte del gobierno. Sin embargo, deberíamos tener en cuenta que, si usamos nuestro móvil para investigar algo en Internet, nuestros datos se recogen de la misma manera.</p>
<b>Rentabilidad</b>		
<p>La rentabilidad depende del caso de uso. Si se trata de viajes completamente automatizados, es difícil hacer un pronóstico. En otros casos especiales tenemos previsto ponerlo en marcha antes de 2025. Estos se podrían ofrecerlos como un complemento por el que se pagaría un cierto cargo adicional, lo que esto sea rentable desde el principio.</p>	<p>El desarrollo es muy dinámico. Es esencial promover y acelerar el desarrollo, pero diseñando las condiciones marco de manera que se limite en lo posible la aparición de situaciones problemáticas y se excluyan los riesgos típicos, por ejemplo, mediante incentivos falsos para las personas físicas en el tráfico mixto.</p>	<p>La introducción de vehículos automatizados promete una amplia gama de nuevas áreas de negocio, como la cooperación con otras empresas y servicios como supermercados, actividades recreativas, oficinas de viaje etc.</p>

Tabla 3 Tabla con declaraciones clave de los entrevistados

## Anexo C

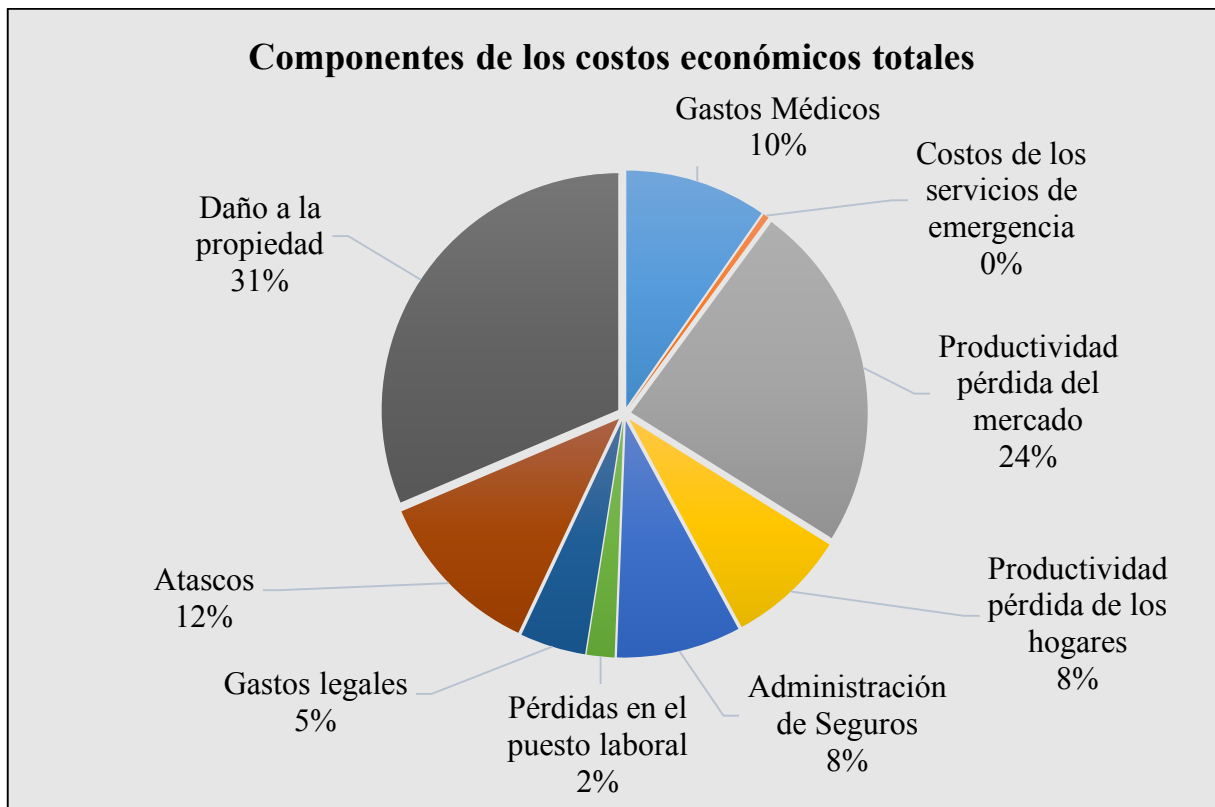


Ilustración 9 Componentes de los costos económicos totales de accidentes de tráfico. Adaptado de Blincoc, Miller, Zaloshnja, & Lawrence, 2015, pág. 12

En EE.UU., los costos económicos totales por accidentes de tráfico en 2010 ascendieron a 242.000 millones de dólares estadounidenses (Blincoc, Miller, Zaloshnja, & Lawrence, 2015). El gráfico de arriba muestra el porcentaje de los componentes de esta suma. La repartición de costos entre los diferentes actores participantes está señalada abajo.

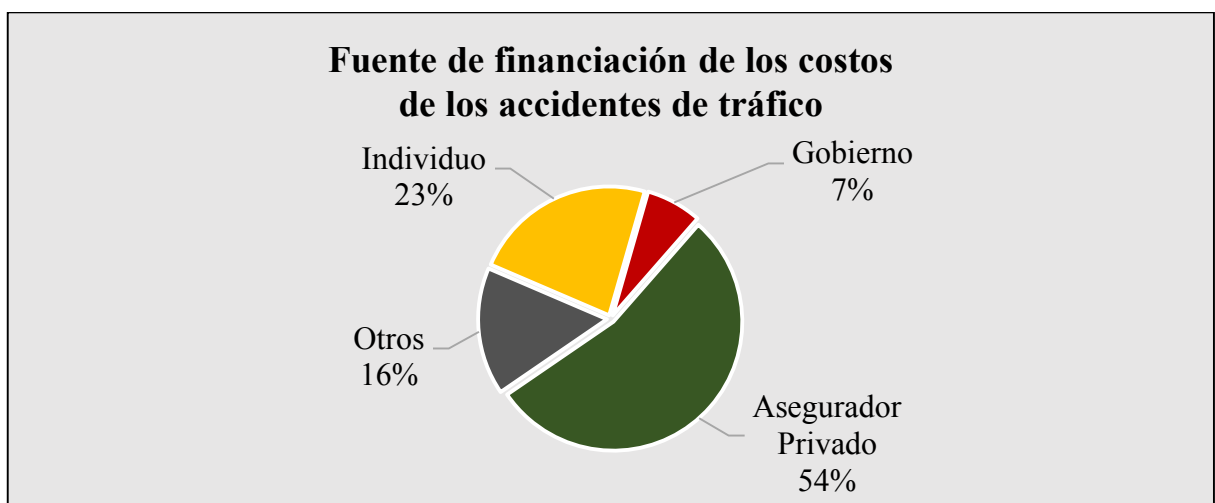


Ilustración 10 Fuente de financiación de los costos de los accidentes de tráfico. Adaptado de Blincoc, Miller, Zaloshnja, & Lawrence, 2015, pág. 13

