



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO FIN DE MÁSTER EN LOGÍSTICA

Estudio de los sistemas de transporte inteligentes: Implantación a escala mundial

Autor: Luis Lobo García

Tutor: Ángel Manuel Gento Muncio

Valladolid, Septiembre de 2015

A las personas que siempre me
apoyaron

Luis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN	1
1.2.	OBJETIVO	2
1.3.	ALCANCE	2
1.4.	ESTRUCTURA DEL TOMO	2
2.	SISTEMAS ELEMENTALES	5
2.1.	INTRODUCCIÓN	5
2.2.	SISTEMAS ELEMENTALES DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA	5
2.2.1.	<i>Sistemas autónomos de encendido de luces/limpiaparabrisas</i>	6
2.2.2.	<i>Neumáticos con auto-inflado</i>	8
2.2.3.	<i>Control electrónico de estabilidad (ESP)</i>	9
2.2.4.	<i>Detector de ángulos muertos</i>	10
2.2.5.	<i>Detector de fatiga del conductor</i>	12
2.2.6.	<i>Sistemas de detección automática de señales de tráfico</i>	13
2.2.7.	<i>Advertencia de circulación por carril contrario</i>	14
2.2.8.	<i>Alerta de cambio involuntario de carril</i>	15
2.2.9.	<i>Sistemas de frenado autónomo</i>	16
2.2.10.	<i>Sistemas de intercambio de información entre vehículos e infraestructuras</i>	19
2.2.11.	<i>Sistema de aparcamiento autónomo</i>	20
2.2.12.	<i>Control de velocidad de cruce adaptativo</i>	23
2.2.13.	<i>Conducción autónoma en atascos</i>	26
3.	SISTEMAS AUTÓNOMOS	29
3.1.	INTRODUCCIÓN	29
3.2.	EL VEHÍCULO AUTÓNOMO EN LA ACTUALIDAD	30
3.2.1.	<i>Modelos autónomos actuales</i>	31
3.2.1.1.	Vehículo autónomo de Google	32
3.2.1.2.	Proyecto Audi RS7 Piloted Driving Concept	35
3.2.1.3.	Camión autónomo Daimler Freightliner Inspiration	37
3.2.2.	<i>Fomento del vehículo autónomo</i>	40
3.2.2.1.	Proyecto CityMobil	40
3.2.2.2.	Proyecto MCity	45
4.	LEGISLACIÓN: DIFERENTES APLICACIONES A ESCALA MUNDIAL	47
4.1.	INTRODUCCIÓN	47
4.2.	ASPECTOS FUNDAMENTALES A LEGISLAR	48
4.3.	ESTADO ACTUAL DE LA LEGISLACIÓN	50
4.3.1.	<i>Estados Unidos</i>	50
4.3.1.1.	Estado de Nevada	53
4.3.1.2.	Estado de Florida	54
4.3.1.3.	Estado de California	54
4.3.1.4.	Estado de Michigan	55
4.3.1.5.	Ciudad de Washington D.C.	55
4.3.1.6.	Estado de Virginia	55
4.3.2.	<i>Europa</i>	56
4.3.2.1.	Reino Unido	57
4.3.2.2.	España	59
4.3.2.3.	Alemania	59
4.3.2.4.	Suecia	60
4.3.2.5.	Francia	60
4.3.2.6.	Países Bajos	61
4.3.2.7.	Finlandia	61

5.	ESTUDIO ECONÓMICO	63
5.1.	INTRODUCCIÓN	63
5.2.	PERSONAL IMPLICADO	63
5.3.	FASES DEL PROYECTO	64
5.4.	DEFINICIÓN DE LOS COSTES	66
5.5.	COSTES ASIGNADOS A CADA FASE DEL PROYECTO	68
5.6.	COSTE TOTAL DEL PROYECTO	71
6.	CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS	73
6.1.	CONCLUSIONES	73
6.2.	FUTUROS DESARROLLOS	75
7.	BIBLIOGRAFÍA	77

1. Introducción

En un mundo donde los avances tecnológicos que ahorran tiempo y esfuerzo a las personas son tan valorados, debido a las prisas imperantes en la actualidad, se antoja más que razonable el actual desarrollo de una nueva tecnología capaz de hacernos aprovechar uno de los momentos “muertos”, es decir, no productivos, que más sufrimos todos los días, los desplazamientos por carretera.

Además de esta razón ligada a la productividad de los vehículos, otra de las muchas ventajas por las cuales se están investigando y desarrollando estos novedosos vehículos autónomos o inteligentes, es la relativa a seguridad vial, puesto que actualmente, y cada vez más, este aspecto es muy valorado por los consumidores de todo el mundo, y este tipo de vehículos por estar dotados, de forma inherente a su funcionamiento, de los sistemas más avanzados en este campo, se presentan de nuevo como una gran alternativa de futuro.

Por todo esto, en este Trabajo Fin de Máster se realiza un estudio detallado de los avances y logros conseguidos en el campo de los vehículos inteligentes, también llamados autónomos, de forma que, abarcando el análisis de los sistemas que conforman este tipo de vehículos, los proyectos ya hechos realidad para este tipo de transportes y sus diferentes aceptaciones e implantaciones a nivel internacional, podamos obtener una visión totalmente actual y detallada de cómo se encuentra este sector, que como hemos mencionado anteriormente, tanto potencial presenta de cara al futuro.

1.1. Justificación

Si bien, la elección de un tema adecuado y factible a la hora de realizar un proyecto de cierta envergadura, no es tarea fácil, en este caso, el tema de investigación, los vehículos de conducción autónoma/inteligente, resulta ser totalmente acertado desde el punto de vista profesional. Como se ha mencionado con anterioridad, parece innegable que en un futuro a medio plazo este tipo de vehículos se convertirán en una realidad en las carreteras, y por tanto desde el punto de vista de la logística, será necesario conocer todos los detalles de estas tecnologías y sus funcionamientos, siendo este uno de los motivos principales a la hora de realizar este trabajo.

También se pretende con la realización de este estudio, obtener un documento útil para todos aquellos que busquen información acerca de este tema, puesto que a pesar de existir un gran volumen de información relacionada con el mismo, esta se encuentra dispersa en multitud de fuentes, siendo una de las motivaciones principales a la hora de realizar este trabajo, el poder crear un compendio en el que, de forma concentrada, se pueda obtener la visión actual de cómo se encuentra este tema en diversos aspectos.

Desde un punto de visto más personal, este trabajo de investigación también se ajusta a los gustos del autor, ya que desde siempre he estado interesado en todo tipo de vehículos y sus funcionamientos, y de forma más particular, en el mundo de los coches. De esta forma, la realización de este estudio acerca de los automóviles, que en un futuro no lejano, serán los que veamos desplazarse por las carreteras, sirve de motivación extra a nivel personal para la realización del mismo.

1.2. Objetivo

No podemos hablar de un objetivo único a la hora de realizar este trabajo, puesto que al abarcar un tema tan extenso y desconocido para la mayoría de las personas, aparece una gran diversidad de metas que lograr y temas por tratar.

Así pues, con la realización de este proyecto perseguimos diversos objetivos, como son:

- La puesta en conocimiento de la existencia del vehículo autónomo, así como todos los avances realizados en esta materia, y la situación actual de estos proyectos.
- Realizar una revisión actualizada de los sistemas y tecnologías, ya existentes y en funcionamiento, que constituirán la base de estos vehículos inteligentes.
- Analizar diferentes proyectos llevados a cabo en el campo de los vehículos inteligentes, para estudiar sus resultados e implicaciones.
- Estudiar los diferentes grados de aceptación e implantación de este tipo de sistemas de transporte, en la actualidad y en un posible futuro, en diferentes lugares del mundo.

1.3. Alcance

El tema que nos ocupa, el estudio de los sistemas de transporte inteligentes, presenta una gran variedad de campos de desarrollo, puesto que son diversos los sectores en los que se está investigando actualmente con esta tecnología. De esta forma, ante un tema tan extenso, y con tanto recorrido como este, la intención de este estudio es trazar una visión global de la situación actual que vive, en concreto, uno de estos campos de los que hablamos. En nuestro caso, nos referimos a la aplicación de estos sistemas en el transporte por carretera, puesto que se trata del campo con mayor interés personal.

De esta forma, y una vez centrados en el campo de los sistemas de transporte terrestre inteligentes, más que realizar, únicamente, un análisis pormenorizado de las tecnologías o el funcionamiento de estos vehículos, lo que se busca en este trabajo es una recopilación, con una visión más amplia, de los aspectos más determinantes en este tipo de sistemas, que sirva como informe de la situación actual vivida en este campo, en cuanto a avances, planes de desarrollo, funcionamiento general o postura adoptada, al respecto, por parte de la sociedad, la industria y las administraciones implicadas.

1.4. Estructura del tomo

La memoria de este TFM se estructura en seis grandes bloques, que a continuación pasamos a describir más detalladamente.

- Capítulo Uno: Introducción

En este primer capítulo del proyecto se presenta de forma breve el tema a tratar, haciendo mención a los campos de estudio que se van a abordar, así como presentando los conceptos más empleados en el desarrollo de este proyecto.

Además, encontramos las diferentes razones que han llevado a la realización del mismo, los objetivos perseguidos o el nivel de profundidad en el análisis que se desea alcanzar en este trabajo.

- Capítulo Dos: Sistemas elementales

Es en este segundo capítulo, uno de los que cuentan con un mayor grado de desarrollo dentro del proyecto, donde se lleva a cabo un estudio de los principales sistemas y tecnologías, ya existentes e implantados en la actualidad, que resultan más relevantes para el proceso de diseño e implementación del vehículo autónomo. Con ello, se pretende dar a conocer las bases sobre las que se configuran este tipo de vehículos inteligentes, consiguiendo con ello un mayor conocimiento del tema en sus niveles más iniciales.

- Capítulo Tres: Sistemas autónomos

Este capítulo, el tercero del proyecto, nos sirve para realizar un análisis en profundidad del tema central que es objeto de estudio, el vehículo autónomo. Por ello, en estas páginas podemos encontrar un estudio acerca de la situación actual de este tipo de transportes, pudiendo conocer con ello el estado real de este campo automovilístico. También evaluaremos en este capítulo los diversos proyectos hechos realidad en este sector, así como otros destinados a seguir desarrollando estos vehículos y a poner en marcha su progresiva implantación en diversos lugares del planeta.

- Capítulo Cuatro: Legislación: Diferentes aplicaciones a escala mundial

En esta parte del proyecto se busca exponer, de forma clara, las diferencias a nivel internacional en relación a la implantación y puesta en funcionamiento de estos vehículos inteligentes. Esta labor será llevada a cabo, en este capítulo, a través del estudio de diferentes legislaciones, y su grado de permisividad, que regulan el uso y la implantación de los vehículos sin conductor en diferentes partes del mundo. De esta manera, conseguiremos una visión global del panorama legal internacional en esta materia, pudiendo anticipar con ello los futuros lugares donde estos vehículos podrán ser implantados.

- Capítulo Cinco: Estudio económico

En el quinto capítulo de este proyecto, y una vez realizados todos los estudios y trabajos de investigación necesarios para el desarrollo del mismo, se lleva a cabo, de forma orientativa, un estudio económico de los costes en los que se ha incurrido por el hecho de realizar este trabajo, de

forma que se pueda valorar el trabajo empleado, en sus diferentes formas y etapas, en la elaboración de este.

- Capítulo Seis: *Conclusiones y futuros desarrollos*

Por último, y como cierre del proyecto, en el sexto capítulo se exponen las conclusiones más importantes que hemos podido extraer de la realización de este estudio, así como también señalamos las posibles líneas de investigación futuras que quedan abiertas para continuar desarrollando este proyecto.

2. Sistemas elementales

2.1. Introducción

De la misma forma que se han producido, con anterioridad, otros muchos grandes inventos de la humanidad, también podemos hablar, en el caso del futuro vehículo autónomo, de una evolución constante de sistemas ya existentes, y que gracias a una integración coordinada de todos ellos, da lugar a un nuevo elemento.

Estos sistemas actuales, y que presentan características claras de un manejo autónomo, nacen principalmente como respuesta a una necesidad de mayor seguridad por parte de los usuarios de vehículos, ya sea por peligros asociados a despistes del propio conductor, o por algún factor exógeno al mismo. Así pues, y una vez que actualmente existen este tipo de sistemas de los cuales estamos hablando, solo falta conocerlos para ver cuáles serán los “cimientos” sobre los que se desarrolle este vehículo autónomo.

Por tanto, el desarrollo de este punto tiene como fin el acercamiento a las diferentes tecnologías, que ya hoy existen en diversos coches de serie, y a través de las cuales, en el futuro, se constituirá la base de los vehículos autónomos, de manera que podamos empezar a tener una visión global del funcionamiento y características de los mismos.

2.2. Sistemas elementales de conducción autónoma

De esta forma, en este apartado profundizaremos en los sistemas, autónomos y semiautónomos, mas importantes que existen en la actualidad, y que ya forman parte de la realidad automovilística, ya sea de forma comercial, o en forma de prototipos, puesto que dichos sistemas se encuentran ampliamente extendidos en el sector de la automoción.

En primer lugar, y antes de profundizar de forma detallada y específica en cada uno de estos sistemas, vamos a enumerarlos, de forma que, siempre podamos tener un índice o guía de los diferentes sistemas y tecnologías que estamos analizando. Esto lo podemos ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Enumeración de los sistemas elementales de conducción autónoma

SISTEMAS ELEMENTALES DE CONDUCCION AUTONOMA
1. Sistemas autónomos de encendido de luces/limpiaparabrisas
2. Neumáticos con auto-inflado
3. Control electrónico de estabilidad (ESP)
4. Detector de ángulos muertos
5. Detector de fatiga del conductor
6. Sistemas de detección automática de señales de tráfico
7. Advertencia de circulación por carril contrario
8. Alerta de cambio involuntario de carril
9. Sistemas de frenado autónomo
10. Sistemas de intercambio de información entre vehículos e infraestructuras
11. Sistema de aparcamiento autónomo
12. Control de velocidad de cruceo adaptativo
13. Conducción autónoma en atascos

Ahora si, como hemos comentado anteriormente, una vez listados todos los sistemas que vamos a estudiar, pasamos a analizarlos de forma exhaustiva, para de esta forma, conocer importantes aspectos como, su funcionamiento, su uso actual, la función que realizarían en el caso de los vehículos autónomos, o el grado de implantación y utilización en la actualidad.

2.2.1. Sistemas autónomos de encendido de luces/limpiaparabrisas

En primer lugar nos encontramos con unos sistemas inteligentes en vehículos que, en este caso por su supuesta sencillez y, principalmente, amplia implantación en el parque automovilístico, no son valorados como deberían, puesto que se trata de avances muy útiles y significativos en la consecución del vehículo automatizado.

De esta forma, pasamos a ver detalladamente y de forma individual, cada uno de estos sistemas, para así descubrir su funcionamiento, las tecnologías que los hacen funcionar y sus aplicaciones. También cabe mencionar que se trata de dos sistemas fuertemente complementarios, ya que, como norma general, la

instalación en vehículos de uno de los dos sistemas, implica también el uso del otro sistema por temas de seguridad y comodidad.

- En primer lugar, nos vamos a referir a los sistemas empleados en el **arranque automático de los limpiaparabrisas** del vehículo. Esta tecnología tiene como funciones principales la de activar los limpiaparabrisas cuando sea necesario, y la de hacerlo a una velocidad adecuada al volumen de lluvia que en ese momento este cayendo.

En cuanto a su funcionamiento, este se debe al empleo de varios sensores para llevar a cabo sus funciones, principalmente el conocido como sensor de lluvia, basado en la reflexión y refracción de la luz, que estaría situado cercano al retrovisor interior, y compuesto por dos diodos, uno emisor de un haz de luz, y el otro receptor del mismo, de forma que dicha luz atravesaría el parabrisas y en caso de estar lloviendo, y por lo tanto, haber gotas, esta luz sufriría variaciones en su ángulo e intensidad, debido a los mencionados fenómenos de reflexión y refracción de la luz.

Además, también es habitual que el sistema tenga fotosensores, de modo que sea capaz de captar el nivel e intensidad existente de luz exterior, y con ello el sistema además de activar los limpiaparabrisas, también adecua su velocidad a la cantidad de agua que cae en cada momento, como antes mencionábamos. Este último detalle, de los sensores de luz ambiental, es el que hace que estos dos sistemas de los que hablamos, encendido automático de luces y limpiaparabrisas, estén estrechamente relacionados y normalmente sean tecnologías complementarias.

- Ahora pues, una vez vista la estrecha relación existente entre estos dos sistemas, pasamos a ver con más detenimiento el segundo de ellos, las **luces automáticas** de los vehículos.

El funcionamiento de este sistema, como ya hemos adelantado, está basado en el uso de los sensores de luz ambiental que los vehículos llevan montados próximos al retrovisor central, en caso de llevar también el sensor de lluvia, o en la base del parabrisas, de forma que dicho sensor, y de acuerdo a los parámetros establecidos de serie por cada marca, determina en que momento la luz exterior es insuficiente para la conducción, activando en ese caso las luces de cruce del vehículo.

En la Figura 1 podemos ver el funcionamiento de estos sensores explicados anteriormente, que son la base de los sistemas de encendido autónomo de luces y limpiaparabrisas.

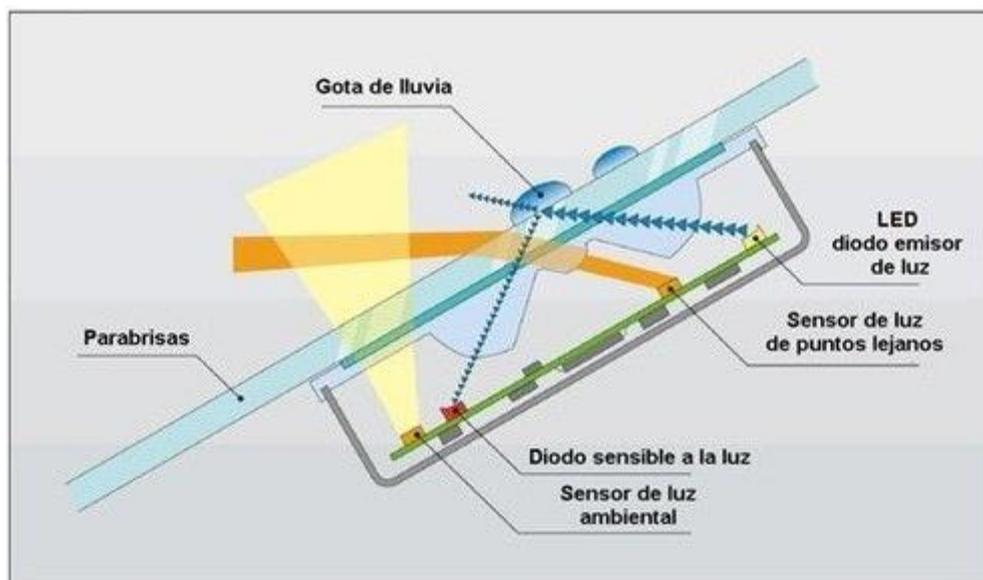


Figura 1. Funcionamiento del sensor de lluvia y del sensor de luz ambiental. (*Diariomotor.com*, 2010)

Por último, en cuanto a las marcas que comercializan y montan estos sistemas en sus coches, ya son prácticamente todas, puesto que como hemos mencionado con anterioridad, son dos sistemas ampliamente extendidos, si bien, podemos dar algún ejemplo actual, como el Renault Megane (*Renault.es*, 2015), o el Citroën C4 (*Citroen.es*, 2015). Como podemos observar, no se trata de modelos de alta gama, ni marcas Premium, puesto que, como ya hemos mencionado, son dos sistemas totalmente extendidos en la oferta automovilística actual.

2.2.2. Neumáticos con auto-inflado

En principio, este sistema, por ser considerado comúnmente el neumático como un elemento “externo” al vehículo, parece no tener mucha cabida en este estudio sobre sistemas de transporte autónomos. Sin embargo, esta tecnología podría otorgar a los vehículos un plus de autonomía, ya que libera totalmente al conductor de la tediosa labor de controlar la presión de los neumáticos, e hincharlos o deshincharlos en caso de ser necesario.

Por tanto, respecto a este novedoso sistema, invento exclusivo de la marca de neumáticos Goodyear, cabe mencionar que su desarrollo comenzó hace cerca de dos años. En la actualidad, este novedoso y revolucionario sistema, se encuentra inmerso en un periodo de pruebas en condiciones totalmente reales. Estas pruebas están teniendo lugar en carreteras de Estados y Canadá, con la monta de estos neumáticos en un camión con recorridos diarios, y con una duración de más de un año. Una vez concluyan estas pruebas, y en función de los resultados que arrojen las mismas, la intención de Goodyear es comenzar a comercializar este producto, principalmente a nivel de vehículos comerciales, puesto que estos son los que mayor uso dan a los neumáticos con sus largos recorridos diarios.

En relación al mecanismo que hace funcionar estos neumáticos, cabe mencionar que este es el que los hace totalmente novedosos, ya que se basa en un regulador de presión situado en el interior de la rueda y una bomba también interior, que en caso de que el neumático necesite aire, esta se activa para introducirlo. Como acabamos de mencionar, es esta autonomía del mecanismo lo que llama la atención y le diferencia,

puesto que anteriormente ya existían tecnologías capaces de auto-hinchar los neumáticos, pero siempre dependiendo de sistemas electrónicos asociados al propio vehículo, y no con un mecanismo totalmente integrado e independiente del propio neumático.

Por último, señalar también que este es un avance muy importante a nivel de seguridad vial, como ocurre con el resto de sistemas que estamos analizando, y a nivel de ahorro en el consumo de combustible, ya que permite circular de forma permanente con un nivel adecuado de presión en las ruedas, con los beneficios a nivel de estos dos aspectos mencionados que ello conlleva.

2.2.3. Control electrónico de estabilidad (ESP)

El sistema que ahora nos ocupa, el control electrónico de estabilidad, es, sin lugar a dudas, una de las tecnologías más conocidas, eficaces y con mayor implantación, de las desarrolladas en el campo de la seguridad vial. Este sistema de seguridad activa, comúnmente conocido en nuestro país por ESP, recibe estas siglas de la comercialización del sistema desarrollado por Bosch en los años 90, puesto que ha sido este el sistema más extendido en España. De una forma más genérica, la forma correcta de llamar a este tipo de sistemas encargados del control electrónico de estabilidad, sería mediante las siglas ESC.

Como ya hemos señalado anteriormente, estos sistemas inteligentes encargados de proporcionar estabilidad al vehículo, están ampliamente extendidos en el parque automovilístico desde hace tiempo, puesto que su eficacia a la hora de evitar accidentes está más que demostrada, con datos que señalan que esta tecnología ayuda a evitar el 80% de los accidentes causados por derrape del vehículo. Por esta importancia que tiene a la hora de salvar vidas, la Unión Europea ha hecho obligatoria su implantación, en todos los automóviles de nueva matriculación, desde el día 1 de noviembre de 2011.

Una vez puestos en situación, y teniendo una idea general de los aspectos genéricos de estos sistemas inteligentes, pasamos a ver más detalladamente las funciones desarrolladas por los mismos y a explicar su funcionamiento.

El ESP, en relación a su nombre genérico de “Control electrónico de estabilidad”, es el encargado de mantener controlada la trayectoria que el conductor del vehículo marca a través de su acción en el volante, evitando de esta forma, posibles derrapes que conllevan la salida de la calzada o el cruce del vehículo en la misma. A través de los mecanismos y el funcionamiento que veremos a continuación, este sistema se encarga de que el vehículo responda siempre, ante cualquier necesidad o imprevisto, a la voluntad del conductor, evitando cualquier pérdida de control del automóvil.

En cuanto al funcionamiento del ESP, cabe mencionar que, en la mayor parte de los casos, usa parte de los elementos de otro de los sistemas de seguridad más conocidos popularmente, como es el ABS (Sistema antibloqueo de frenos). Esto se debe a que el ESP, a la hora de realizar sus funciones en un caso de pérdida de control del vehículo, actúa sobre las ruedas del mismo, frenando selectivamente las que hagan falta, para corregir esta situación de peligro.

De una manera más exacta, el mecanismo empleado por el ESP ante una situación de emergencia se basa en el reconocimiento, mediante la unidad de control del sistema, de este descontrol en la dirección, a través de una comparación entre la trayectoria deseada que se marca con el volante del vehículo, y la que realmente está siguiendo el vehículo, medida gracias a varios sensores situados en el mismo. Una vez detectada la situación de peligro, mediante este análisis de trayectorias, el sistema usará el frenado selectivo

de ruedas para intervenir sobre aquella que haga falta (parte común al ABS), para evitar un posible accidente y recuperar la trayectoria deseada del vehículo.

Por otro lado, y relacionando este tipo de sistemas de control de estabilidad con nuestro objeto de estudio en este proyecto, los vehículos autónomos, podemos ver cómo, sin ninguna duda, el ESP forma parte del grupo de tecnologías pioneras en este ámbito, y es uno de los pasos necesarios que se han dado hacia la consecución de los vehículos inteligentes. No podemos entender un vehículo de conducción totalmente autónoma, sin sistemas de seguridad elementales como este, cuando, como ya hemos mencionado anteriormente, son de obligada implantación en todos los vehículos de nueva matriculación desde hace cuatro años.

Por último, y como habitual mención a diferentes marcas que montan este tipo de sistema, hemos comentado en diversas ocasiones la obligatoriedad existente, en el caso de los fabricantes, de instalarlo en sus vehículos debido a su eficacia y buenos resultados en la reducción de accidentes. Por tanto, es obvio, que en cualquier vehículo del mercado podemos encontrar el Control electrónico de estabilidad.

Sin embargo, si podemos resaltar al creador de este beneficioso sistema, la empresa alemana Bosch, que en los años 90, y en colaboración con el fabricante alemán Mercedes, desarrolló esta exitosa tecnología para uno de los modelos más lujosos y equipados del constructor alemán (*CaranddrivertheF1.com*, 2015).

2.2.4. Detector de ángulos muertos

Cuando se conduce, puede darse el caso a la hora de realizar un cambio de carril, maniobra realizada infinidad de veces al cabo del día, que cuando estamos desplazando el vehículo lateralmente, “misteriosamente”, y a pesar de haber mirado varias veces, aparezca de la nada otro vehículo en el lugar que queríamos ocupar nosotros. Este tipo de situaciones es muy habitual en nuestras carreteras, y suelen acabar en accidentes por colisión entre ambos vehículos. Ese espacio, que a pesar de haber mirado por los espejos retrovisores, no se ve y es por donde ha aparecido el otro vehículo, es lo que conocemos como “Ángulo Muerto”.

Para evitar situaciones como esas, se ha desarrollado un sistema inteligente que detecta la presencia de otros vehículos en estos puntos sin visibilidad, de manera que nos ayudan a la hora de realizar estas maniobras, sirviéndonos de complemento perfecto a los habituales espejos. Además, según el fabricante, puede que no sea la única ayuda que nos preste este sistema, puesto que algunos de estos mecanismos, actualmente, también alertan de la presencia de vehículos en otros casos en los que no se tiene visión total, como puede ser por ejemplo, al desaparecer en batería.

Una vez introducido el contexto en el que van a actuar los sistemas de detección de ángulos muertos de los vehículos, pasamos, como es habitual, a estudiar de forma detallada las tecnologías en las que se basan estos sistemas para funcionar. Pueden ser 3 los diferentes mecanismos empleados.

- En primer lugar, una pequeña cámara situada en el retrovisor, o en la parte trasera del coche (habitualmente en el parachoques), que enfocando al ángulo muerto, capta imágenes de lo que está sucediendo, para que a través de programas de tratamiento de imágenes, estas sean analizadas en busca de cualquier vehículo que pueda suponer un potencial peligro.

- Otra opción, quizás la más usada, es la colocación de un radar en el parachoques trasero del vehículo, de forma que este radar emite ondas de radio, que en caso de haber algún elemento no visible en la parte trasera del vehículo, rebotan y vuelven, detectándose así su presencia. Esta tecnología está ampliamente extendida, como ya hemos mencionado, principalmente por el largo alcance que ofrece.
- En tercer, y último lugar, tenemos el uso de sensores de ultrasonido. Este mecanismo, habitualmente instalado también en los retrovisores exteriores, o en el parachoques trasero, funcionan de forma similar a la tecnología explicada anteriormente, el radar.

Estos sistemas de detección de vehículos en los ángulos muertos, pese a funcionar de una manera relativamente estándar, pueden tener diferentes configuraciones según las marcas. Estas diferencias se aprecian en el momento de su puesta en marcha.

- Pueden funcionar de manera continua, de forma que el sistema en todo momento te estaría avisando de la presencia de otros vehículos en las partes no visibles para el conductor.
- Por otro lado, solo se activa su funcionamiento en el momento en que el conductor acciona el intermitente, detectando posibles vehículos ocultos en dicho lateral.

Una vez que el sistema ha realizado la parte de su labor consistente en detectar obstáculos en partes no visibles, entonces llega el momento de alertar de este peligro al conductor. Este proceso, como siempre, va a depender de cada fabricante y su configuración del sistema, pero de forma general se pueden observar las siguientes alertas para el conductor.

- Alerta luminosa en diferentes partes del interior del vehículo. Como norma general, estas alertas se suelen situar cerca de los retrovisores exteriores, puesto que es la zona hacia la que se estará dirigiendo la mirada en un cambio de carril.
- Alerta sonora, ampliamente extendida, puesto que es una de las formas más eficaces de llamar la atención de un conductor.
- Algunas marcas implantan una alerta consistente en hacer vibrar diferentes partes del vehículo como son el asiento, el volante o el cinturón de seguridad. De los tres tipos de alertas vistos hasta ahora, esta es la menos extendida actualmente.

- Por último señalar que incluso, algunas marcas llegan a corregir la dirección del vehículo, para evitar el accidente en estos casos. Utilizan para llevar a cabo esto, los mecanismos vistos ya en otros sistemas mediante los cuales se corrige la dirección de forma totalmente autónoma.

En relación a la aplicación de este sistema en el desarrollo de los vehículos autónomos, de nuevo podemos ver como es algo elemental, ya que cualquier vehículo que circule sin conductor debería poder realizar cambios de carril y de dirección sin peligro alguno.

Para finalizar este punto aclararemos que, actualmente, casi todas las marcas llevan sistemas de este tipo, ya sean de serie, o como un extra aparte. Tenemos como ejemplos reales de modelos que llevan este sistema de detección de ángulos muertos, algunos como son los siguientes, la marca checa Škoda, que instala un sistema de este tipo en su modelo de alta gama Superb (*Motoraffinity.com*, Marzo de 2015), el caso del Citroën C4, que en varias versiones del modelo, se ha implantado esta vigilancia del ángulo muerto (*Citroen.es*, 2015) y, por último, como apunte del “nacimiento” de este sistema, tenemos el caso de la marca sueca Volvo, que de nuevo fue de los precursores en este ámbito de las tecnologías autónomas, puesto que en Otoño del año 2005 lo integró en uno de sus modelos, el XC90, y actualmente sigue usando este tipo de sistemas de seguridad (*Km77.com*, 2015).

2.2.5. Detector de fatiga del conductor

Este sistema inteligente del que vamos a hablar ahora, el detector de fatiga en el conductor, es una tecnología que, quizás, no esté muy extendida dentro del sector, e incluso no sea muy conocida y valorada por la mayoría de los usuarios habituales de vehículos, pero sin embargo se trata de un dispositivo de seguridad con muchas posibilidades dado el elevado número de accidentes que se dan por esta razón.

En cuanto al funcionamiento, la parte que más nos interesa desde el punto de vista de nuestro estudio de los sistemas autónomos ya existentes en vehículos, podemos comentar que existen dos principales mecanismos de detección del cansancio y fatiga en el conductor.

- En primer lugar, el sistema más comúnmente empleado en los vehículos, basa su funcionamiento en la realización de un análisis del patrón de conducción habitual, considerando los leves giros que cualquier conductor realiza para mantener el vehículo en una trayectoria recta (de forma que al aparecer el sueño, estos movimientos serán más bruscos debido a la pérdida de atención del conductor), el uso regular de los intermitentes o la velocidad que se suele llevar, para de esta forma, una vez almacenados todos estos datos, realizar una comparación con la conducción que en ese momento se está llevando a cabo, teniendo en cuenta, además, otros factores influyentes en el cansancio de una persona como puede ser la hora en la que se está conduciendo.
- Por otro lado, existe una segunda tecnología más novedosa, que se está desarrollando en mayor medida en la actualidad, la cual consiste en un reconocimiento facial del conductor mediante una cámara instalada en el automóvil, de forma que el sistema analiza los gestos que puedan denotar cansancio, como por ejemplo, cerrar excesivamente los ojos.

De forma general este sistema, en cualquiera de sus variantes, una vez detectada la fatiga en el conductor, realiza avisos en forma de alarmas sonoras y señales visuales en el panel de mando, para que el conductor se encamine hacia algún lugar apto para el descanso.

Estos sistemas de detección de fatiga, aunque como hemos mencionado anteriormente, todavía no están muy extendidos, ya se encuentran disponibles en algunos modelos como pueden ser, el SEAT León, que utiliza el primer tipo de sistema de detección de cansancio visto anteriormente, mediante el análisis de los movimientos del volante realizados por el conductor (*Seat.es*, 2015), o el caso del Volkswagen Golf, que en su caso basa este análisis en estos movimientos del volante y, además, también el uso del pedal acelerador (*Volkswagen.es*, 2015). También cabe mencionar, que la empresa más innovadora y pionera en esta tecnología, es la productora de componentes de automoción, Bosch, ya que la mayor parte de estos sistemas de reconocimiento de fatiga, instalados en vehículos de serie, llevan su firma.

2.2.6. Sistemas de detección automática de señales de tráfico

Es algo habitual cuando conducimos no ser conscientes de la última señal de tráfico que había en la carretera, debido principalmente a factores como pueden ser, los despistes del propio conductor, o la confusión que genera la existencia de una gran cantidad de señales, a veces mal situadas o, incluso, innecesarias. Este hecho es, sin duda alguna, un grave problema para los conductores, ya sea por temas de seguridad vial, puesto que podemos haber olvidado alguna información realmente importante para la conducción en ese momento, o incluso, por temas relativos a posibles infracciones que podamos cometer debido, por ejemplo, a no ser conscientes de la máxima velocidad permitida en esa carretera.

El sistema que ahora nos ocupa, encargado de reconocer de forma totalmente autónoma las señales verticales que se encuentran en las carreteras, principalmente las de velocidad y adelantamientos, soluciona estos problemas mencionados anteriormente, puesto que una vez reconocidas estas indicaciones, se las muestra al conductor de forma permanente, sirviéndole a este de recuerdo en todo momento.

Por otro lado, y ya entrando en el campo de nuestro estudio, este sistema no es solo útil en los casos mencionados, en los cuales este realiza un “recuerdo” de las señales de tráfico para el conductor del vehículo, sino que en el caso del vehículo autónomo, este tipo de sistemas es también muy aprovechable, e incluso necesario, puesto que este tipo de vehículos inteligentes deben ser capaces de reconocer la señalización existente en todo momento, para de esta forma, adecuar “su” conducción a las exigencias de cada momento y situación.

En cuanto al funcionamiento del sistema, cabe mencionar que la tecnología empleada, en este caso, para el reconocimiento de las señales de tráfico, es una cámara situada en el espejo retrovisor interior, como ya hemos visto en otros sistemas. Además, una vez realizada la detección de la señal mediante esta cámara, esta información se comparte y se utiliza conjuntamente con la que contiene el propio sistema de navegación del vehículo, de forma que la información resultante sea lo más exacta posible. Una vez realizado este proceso, y como ya hemos adelantado con anterioridad, el sistema muestra la información, generalmente en forma de imagen de la señal en cuestión, en el panel de control, para de que esta forma sirva de recuerdo al conductor.

Por último, y en relación a los fabricantes que ya montan estos sistemas en sus vehículos, mencionar que actualmente ya son mayoría los que lo hacen, y como ejemplo podemos nombrar a, Volkswagen, Opel o Mercedes, que en algunos de sus modelos implantan esta tecnología (*Circulaseguro.com*, Enero de 2013). Destacable en este aspecto es el caso de Ford, que va un paso más allá en el uso de este sistema, y como

ahora veremos en la consecución del vehículo inteligente, puesto que su sistema es capaz de relacionar las señales de velocidad que capta, con el regulador de velocidad que el vehículo lleva incorporado, de forma que adecua la conducción a las normas establecidas en cada momento (*Geektopia.es*, Marzo de 2015).

2.2.7. Advertencia de circulación por carril contrario

Cuando hablamos de causas comunes en los accidentes registrados en las carreteras, muchas veces podemos olvidar la circulación en sentido contrario al de la marcha, quizás porque pensamos que son pocos los casos que se dan en nuestras carreteras. Sin embargo, este pensamiento es un error, ya que los datos muestran que esta circunstancia se registra de forma habitual, a través de cifras como por ejemplo, que en España 30 personas mueren al año en estas circunstancias, o en otros países como Alemania o Japón, donde cada año cerca de 1500 personas son “cazadas” conduciendo en dirección contraria por autovías y autopistas.

Respecto a las causas que pueden desencadenar en este tipo de conductas, y que como veremos a continuación, gracias a los sistemas de advertencia de circulación por carril contrario, se podrían evitar, son variadas y van desde los despistes, mala visibilidad de indicaciones o desconocimiento de la carretera, hasta otras relacionadas con el mal estado del conductor (alcohol, drogas...). Sin embargo, está claro que ante situaciones intencionadas, de posibles conductores “kamikazes”, que de forma voluntaria circulan en contra de la marcha, poco o nada pueden hacer este tipo de sistemas.

En este contexto, podemos adentrarnos en la tecnología que ahora nos ocupa, los sistemas inteligentes capaces de advertir al conductor de que se está circulando en sentido contrario al de la marcha. Cabe mencionar al respecto que se tratan de la evolución natural de los sistemas que acabamos de ver anteriormente, de reconocimiento automático de señales de tráfico, como veremos a continuación al explicar los temas relativos a su funcionamiento.

Por tanto, en cuanto a las tecnologías que hacen funcionar a este reconocimiento de circulación en sentido contrario, son una mezcla de la cámara utilizada en el reconocimiento de señales verticales, que en este caso se emplea para “leer” la señal de dirección prohibida, y del propio GPS del coche, que informa de la situación y localización del coche. Comentar que este es el funcionamiento de los sistemas actuales, ya que anteriormente existían sistemas similares, pero con menor fiabilidad, ya que solo usaban la información obtenida a través del GPS del vehículo.

Estos sistemas, una vez detectado que el vehículo circula por la carretera de forma errónea, avisan al conductor mediante una alarma sonora, junto a otra visual en el panel de control o en la pantalla del navegador, de forma que el conductor se percate del error cometido y pueda solventarlo a tiempo, evitando así un accidente con otro vehículo.

En cuanto a la aplicación de estos sistemas en la implementación del vehículo autónomo, parece evidente su utilidad, puesto que cualquier vehículo inteligente, que realice la conducción por sí mismo, deberá saber diferenciar en todo momento por que caminos puede circular y por cuales no lo puede hacer.

Por último, como mención a los fabricantes que ya montan sistemas de este tipo en sus vehículos, siempre como extras, podemos destacar a Mercedes, el impulsor de los sistemas actuales ya vistos, que conjugan el uso de la cámara de reconocimiento de señales y el del GPS, y que, en sus modelos Clase E y S, instala un avanzado sistema de este tipo (*Autocasion.com*, Enero de 2013), o, los casos de Nissan (*Circulaseguro.com*, Abril de 2013), Opel y BMW (*Diariomotor.com*, Enero de 2013), que también, con la aplicación de esta tecnología en algunos de sus modelos, se encuentran avanzados en este campo.

2.2.8. Alerta de cambio involuntario de carril

Estos sistemas aluden a tecnologías desarrolladas desde hace ya unos años, mediante las cuales los vehículos que las llevan instaladas avisan al conductor en caso de salidas involuntarias del carril por el que se circula.

En el caso de estos sistemas de seguridad, el funcionamiento se basa en identificar cuando un cambio de carril se está haciendo de forma voluntaria, o por el contrario responde a un descuido del conductor. Así pues, este análisis se realiza a través de la detección de la activación del intermitente del lateral correspondiente.

En caso de que el cambio de trayectoria sea involuntario, debido a un despiste, el intermitente no se habrá dado, y entonces el vehículo avisará al conductor mediante una vibración del asiento o el volante. En el caso de los sistemas más avanzados, es el propio vehículo, a través de la corrección autónoma de la dirección, el que solventa el posible fallo humano. Con vista a los vehículos autónomos, estos serían los sistemas más interesantes por su aplicación en el desarrollo de este tipo de vehículos, ya que servirían para mantener al mismo siempre dentro del carril por el que circula.

Aquí podemos ver una imagen explicativa del funcionamiento de este sistema que estamos estudiando.



Figura 2. Alerta de cambio involuntario de carril. (*Nextautomotivesafety.com*, 2015)

En referencia a las tecnologías que usan estos sistemas de los que hablamos, podemos diferenciar claramente 3 tipos distintos.

- Una primera tecnología, más económica, pero de un uso más escaso, sería la técnica que emplea infrarrojos instalados en el parachoques delantero y orientados hacia el suelo. Para este caso, el funcionamiento del sistema consistiría en la detección, mediante estos sensores de infrarrojos, del rebasamiento de las líneas que delimitan los carriles en la carretera. Si bien este tipo de sistemas se usan en algunos coches, como ya hemos mencionado anteriormente, no es la tecnología dominante en estos sistemas.

- En segundo lugar, y siendo una de las dos tecnologías más utilizadas en este tipo de sistemas, tenemos la captación de imágenes a través de una cámara en miniatura situada a la altura del retrovisor interior del vehículo. Esta tecnología, encuadrada dentro de la segunda generación de estos sistemas de alerta de cambio involuntario de carril, basa su funcionamiento en la detección de las desviaciones involuntarias del vehículo mediante esta mini cámara, la cual capta imágenes de las líneas que delimitan el carril en el asfalto, y que más tarde son sometidas a un tratamiento digital, consiguiendo con ello unos resultados de calidad.
- Por último, tenemos la tercera tecnología empleada en estos sistemas, y que como ya hemos comentado anteriormente, también tiene una gran implantación en la actualidad, a pesar de resultar la más cara. Estamos hablando de la utilización de escáneres laser para la identificación del carril. En el caso de esta tecnología, cabe mencionar que se trata de la mejor de las tres empleadas en estos sistemas, y no solo por ser más eficaz o por ser capaz de cubrir distancias mucho mayores, sino porque además, es la más versátil y la que mayor facilidad presenta a la hora de acoplarse a otros dispositivos de seguridad como los que estamos viendo, como puedan ser, por ejemplo, la detección de peatones o el control de velocidad de cruce adaptativo.

Como habitualmente hacemos, y en alusión a la implantación de este tipo de tecnologías en el parque automovilístico actual, cabe mencionar que son muchos los constructores que, desde hace años, ya instalan estos sistemas en sus coches. Podemos nombrar algunos de ellos, a modo de referencia, como por ejemplo puede ser el caso de Honda, que en su modelo compacto, Civic, instala este sistema de seguridad capaz de avisar al conductor en caso de desvío involuntario del carril (*Actualidadmotor.com*, Abril de 2015), otro caso como es el Volkswagen Golf, que gracias a su sistema *Lane Assist* avisa al conductor en casos de este tipo e incluso corrige el error de forma totalmente autónoma (*Volkswagen.es*, 2015), el Citroën C4, que fue de los primeros modelos de gama media en llevar instalado un sistema de este tipo (*Citroen.es*, 2015), o por último, y ya mencionado en el caso de sistemas anteriores, el Ford Focus, que usa su tecnología de aviso de cambio involuntario de carril, para alertar y corregir el posible despiste del conductor en este caso (*Ford.es*, 2015).

2.2.9. Sistemas de frenado autónomo

En este caso vamos a hablar, de forma generalizada, de la amplia variedad de tecnologías existentes destinadas al frenado de vehículos de forma automatizada. Hablamos de que existe una gran variedad de estos sistemas, también llamados sistemas de frenado de emergencia autónoma, por las diferentes variantes que cada fabricante de automóviles introduce en el mercado, cada una de estas con sus pequeñas variaciones y las correspondientes nuevas siglas para denominar este recién creado sistema, pero sin embargo, como ya hemos dicho, vamos a tratar estos sistemas de una forma general, ya que, principalmente, se puede separar todos estos en dos grupos claramente diferenciados.

- El primero de estos grupos de sistemas de frenado autónomo de vehículos lo conforman los llamados sistemas de baja velocidad o ciudad. Este tipo de tecnologías de conducción autónoma, tiene como función principal evitar las colisiones entre vehículos en casos en los cuales el conductor ha perdido la concentración o, incluso, el tiempo de reacción para el ser humano es demasiado pequeño.

De esta forma, siempre para velocidades por debajo de los 30-50 km/h, este sistema detiene completamente el vehículo, evitando así la colisión.

- Por otro lado, tenemos los conocidos como sistemas de alta velocidad o carretera. Reciben este nombre debido a que, la característica que les diferencia de los anteriores, es la velocidad a la que pueden funcionar, puesto que si antes mencionábamos que los sistemas de ciudad solo funcionan para márgenes de velocidad bajos, estos otros los hacen a grandes velocidades, llegando incluso a funcionar, siempre dependiendo del fabricante, hasta los 200 km/h.

Sin embargo, no es esta la única diferencia con los modelos anteriores, puesto que en cuanto al propio funcionamiento que tiene el sistema también encontramos variaciones. En este caso, el mecanismo no frena el coche de forma inmediata y brusca, principalmente por seguridad, considerando que este circula a altas velocidades, sino que en primer lugar emite avisos sonoros y luminosos en el panel de control del vehículo, avisando de esta forma al conductor del posible peligro, para más tarde, si la reacción de la persona que está al volante no llega, empezar a frenar de forma automática, reduciendo la velocidad lo máximo posible, hasta el momento en que el alcance es inevitable, que será cuando el sistema frene el coche al máximo, reduciendo así la velocidad de impacto, y con ello la violencia y daños del mismo.

A continuación, en la Figura 3, podemos ver una representación de estos sistemas inteligentes de frenada autónoma.

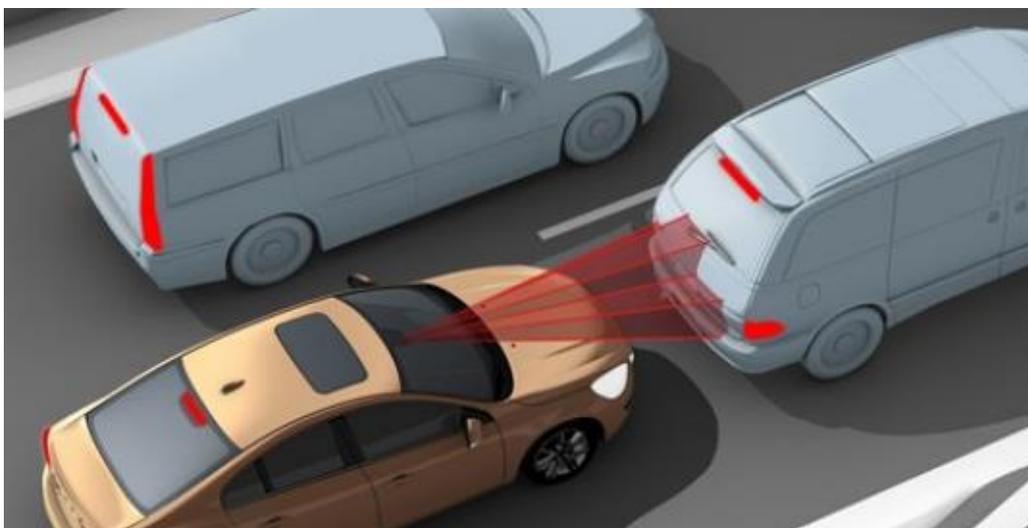


Figura 3. Sistema de frenado autónomo. (Feuvertenmarcha.org, 2014)

Una vez visto el funcionamiento de estos sistemas de frenado autónomo, ya existentes en coches de producción en serie actualmente, cabe distinguir las diferentes tecnologías empleadas en los mismos y que constituyen la base de este funcionamiento. Existe una variedad muy amplia de tecnologías, puesto que cada fabricante apuesta por una en particular, pero podemos señalar algunas de las más usadas, como pueden ser las siguientes:

- Sistemas de radar: En estos casos se consigue un gran alcance en la medición realizada para el frenado automático. Esta tecnología, también utilizada en otros sistemas elementales de conducción autónoma, se encuentra en alza en este campo en la actualidad.
- Sensores láser (lídars frontal): De nuevo, con el uso de esta tecnología también se consiguen unos buenos resultados, de forma que se logra gran exactitud a la hora de calcular las distancias existentes entre vehículos.
- Sistemas de cámara de video, siendo estos peores que los anteriores, ya que su alcance es menor, pese a contar con grandes avances, que le permiten, por ejemplo, capturar un mayor número de imágenes por segundo que una grabación de cine.

Una vez tratados los aspectos más “técnicos” de este sistema elemental de conducción autónoma, cabe mencionar que todavía queda camino por recorrer en esta tecnología, puesto que la mayoría de estos sistemas de frenado autónomo siguen presentando carencias y defectos, como pueden ser la dificultad a la hora de reconocer objetos distintos a otro vehículo, pero que fácilmente podemos encontrar en la carretera, como por ejemplo, motos, personas o bicicletas.

A pesar de esto, podemos ver la gran utilidad y eficacia de estos sistemas, en relación a la seguridad vial y eficacia a la hora de evitar alcances, en la Figura 4.

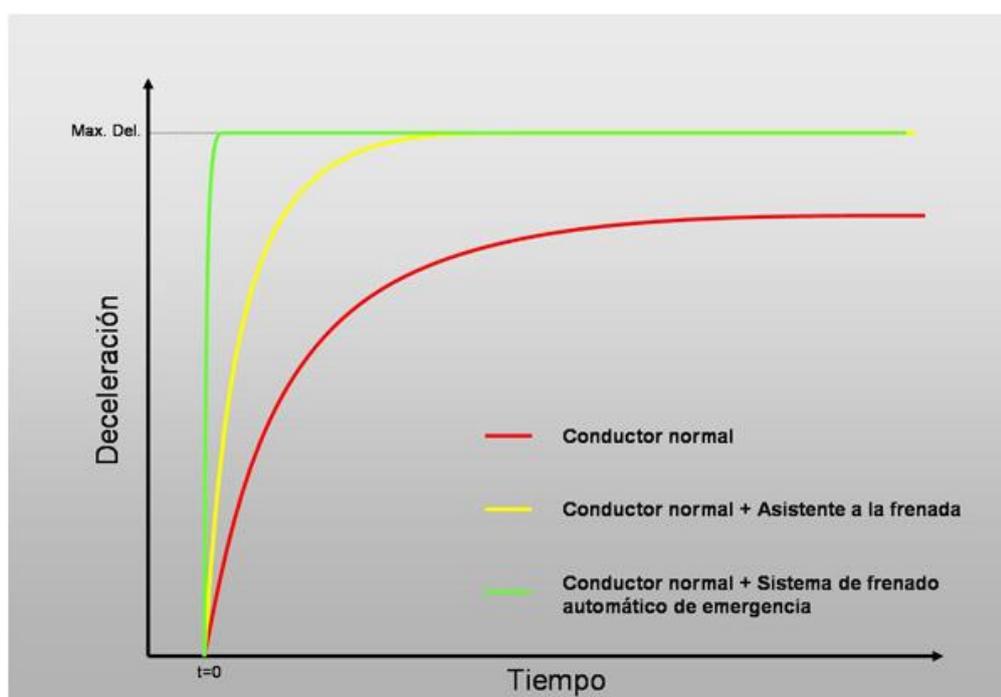


Figura 4. Comparativa eficacia del frenado con/sin sistemas autónomos. (Km77.com, 2013)

Por último, mencionar que en la actualidad son considerados sistemas de seguridad importantes, y por ello un gran número de fabricantes, cerca de 23 marcas según un estudio realizado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC), los instalan en sus vehículos. Algunos de estos fabricantes más destacados en este campo son, por ejemplo, de nuevo el caso del Ford Focus, gracias a su sistema de frenado autónomo de emergencia *Active City Stop* (*Kmph.es*, Septiembre de 2014), otro modelo como es el Nissan Qashqai, que gracias a su asistente de frenada de emergencia ha conseguido la máxima puntuación en las pruebas de seguridad realizadas por EuroNCAP (*Diariomotor.com*, Febrero de 2014), o también, y siendo un caso diferente y llamativo por su gran tamaño, el camión Volvo FH, que gracias a la implantación del sistema de frenado de emergencia, es capaz de frenar de forma autónoma (*Diariomotor.com*, Febrero de 2013).

2.2.10. Sistemas de intercambio de información entre vehículos e infraestructuras

El siguiente sistema es una de las grandes apuestas de las instituciones públicas de todo el mundo, puesto que en términos de seguridad en la carretera, y desarrollo del vehículo totalmente inteligente, supone uno de los pasos más definitivos.

Este mecanismo llamado de forma genérica Car2X, cuyo objetivo principal es lograr la comunicación constante entre todos los vehículos e infraestructuras que se encuentren en un radio de acción próximo, es la ampliación del proyecto puesto en marcha por la Unión Europea, denominado Car2Car, mediante el cual se pretende que en el futuro todos los vehículos que circulen por carreteras europeas se comuniquen de forma autónoma cuando estos se encuentren próximos.

Mencionábamos anteriormente el empeño e importancia que las instituciones de todo el mundo estaban dando a este tipo de sistemas de comunicación entre vehículos, y como ejemplo de ello hemos visto el ejemplo del proyecto europeo. Además, podemos comentar el caso de Estados Unidos, que ha sido el primer organismo público en realizar inversiones en este campo, y además de cuantías importantes.

De esta forma, ahora pasamos a tratar los aspectos más técnicos de este tipo de sistemas, que de implantarse de una forma mayoritaria, indudablemente supondrían un paso importantísimo en el camino hacia el vehículo autónomo.

Este intercambio de datos entre los distintos vehículos e infraestructuras que se encuentran próximos se produce a través de la emisión y recepción de ondas, todo ello empleando tecnología WiFi. Mediante este mecanismo, el sistema permite a cada vehículo tener comunicación en todo momento con los elementos de su entorno y que le pueden afectar en su conducción, como pueden ser otros vehículos, señales de tráfico, semáforos, cruces de baja visibilidad o zonas de colegios.

Con todo esto, el conductor, a través de las alertas emitidas por el vehículo mediante sonidos y advertencias luminosas en el panel de control, podrá estar prevenido y será capaz de anticipar los posibles peligros, con la reducción de accidentes que ello conlleva.

Esto lo vemos en la siguiente imagen del sistema que está desarrollando Ford.



Figura 5. Sistema Ford CoCarX de intercambio de información entre vehículos. (Xataka.com, 2011)

Debemos aclarar que estos sistemas todavía no se encuentran en la calle, es decir, en coches de fabricación en serie, puesto que la implantación de un sistema de un alcance como este presenta serias dificultades, como por ejemplo, el grandísimo acuerdo necesario entre todos los fabricantes y las Administraciones Públicas, a la hora de establecer una única tecnología de comunicación entre vehículos e infraestructuras, por temas de conectividad.

Sin embargo, y a pesar de estas dificultades, estos sistemas de conexión no son algo utópico, ya que marcas como, Toyota y Volvo, han apostado seriamente por su desarrollo y se encuentran muy adelantadas en este campo. De hecho, este año Toyota ya está haciendo pruebas de un sistema muy desarrollado en las instalaciones de su ciudad tecnológica en Japón (Tecnocarreteras.es, 2015).

Otros fabricantes, viendo el futuro que presentan estos sistemas, principalmente por el desarrollo del vehículo totalmente autónomo, también han decidido apostar fuerte en este campo. Algunos de estos son BMW, Mercedes o Ford (Circulaseguro.com, 2015).

2.2.11. Sistema de aparcamiento autónomo

Este tipo de sistemas que vamos a estudiar, los sistemas de aparcamiento autónomo, presentan una amplia diversidad de variantes y modelos, ya que es uno de las tecnologías más desarrolladas por los fabricantes en la actualidad, principalmente, por la gran demanda de los conductores, que ven en estos sistemas una comodidad y una gran ayuda a la hora de realizar las “costosas” maniobras del aparcamiento, así como para evitar posibles daños en sus vehículos durante la realización de las mismas.

De esta forma, y de acuerdo al orden cronológico que ha seguido su aparición, así como su grado de innovación tecnológica, podemos distinguir 3 clases dentro de estos sistemas inteligentes de aparcamiento.

- Un primer grupo de estos sistemas, es el formado por las primeras tecnologías que aparecieron en el mercado y con un menor grado de desarrollo tecnológico, a los que conocemos como **ayudas al aparcamiento**. Dentro de este grupo encontramos una amplia diversidad de sistemas que basan su funcionamiento en mediciones realizadas por sensores, y que emiten avisos, tanto sonoros, como visuales, en caso de que nuestro vehículo se acerque “peligrosamente” al que se encuentra aparcado detrás.
 - Profundizando dentro de este primer grupo de sistemas, podemos encontrar uno de los primeros sistemas en aparecer en el mercado automovilístico, son los sensores acústicos de aparcamiento. Esta tecnología, la más “básica” de las que encontramos en este grupo, fue la primera en desarrollarse y extenderse en el parque automovilístico, ya que hace años, antes del desarrollo de técnicas más novedosas, se podía encontrar en cualquier vehículo de serie. Actualmente, este tipo de sistemas se pueden adquirir en internet, de multitud de fabricantes, e instalarlos uno mismo en su vehículo.

El funcionamiento es relativamente sencillo, puesto que solo utiliza unos sensores traseros de proximidad, y a medida que nuestro vehículo se acerca al que esta estacionado inmediatamente detrás, el sistema emite alertas sonoras, cada vez más frecuentes hasta hacerlas continuas, evitando así que golpeemos nuestro vehículo con el otro.

- Por otro lado, y en un escalón más avanzado tecnológicamente y temporalmente, encontramos el siguiente sistema que se desarrolló para ayudar en la maniobra de aparcamiento. En este caso se trata de las cámaras de video de visión trasera.

Este sistema permite al conductor, una vez introducida la marcha atrás, ver en tiempo real lo que sucede en la parte trasera del vehículo, pudiendo de esta forma calcular mejor para evitar un alcance trasero al estacionar. La tecnología empleada, si bien es un poco más avanzada que en el caso anterior, tampoco supuso un gran salto dentro del campo que estamos estudiando, puesto que el sistema basa su funcionamiento en una cámara de alta definición situada en el parachoques trasero, que las imágenes que capta, el sistema las proyecta en el ordenador de a bordo, de forma que el conductor pueda utilizarlas para realizar la maniobra.

El primer vehículo en el que se implantó este sistema de ayuda al aparcamiento con cámara de video fue el Nissan Primera (*Circulaseguro.com*, 2013). Más tarde, otros fabricantes instalaron este sistema en sus coches, y en la actualidad, como en el caso anterior, puedes comprarlo e instalarlo tú mismo en tu vehículo.

- Como último caso de estos sistemas de ayuda, y como un desarrollo de la tecnología de video vista anteriormente y el paso previo a los sistemas que veremos más adelante, vamos a hablar de los sistemas que implementan una ayuda visual en las imágenes que se reciben de la cámara trasera.

Mediante este sistema, el conductor no solo recibirá las imágenes de lo que sucede en la parte trasera del vehículo, sino que además, sobre estas imágenes proyectadas en el ordenador de a bordo, el sistema realiza indicaciones y ayudas acerca de la dirección y orientación del vehículo, para que esta sea la más adecuada posible a la hora de realizar el aparcamiento. De esta forma, este sistema va un paso más adelante, acercándose a los sistemas más actuales que veremos a continuación, ya que presta una ayuda significativa al conductor.

Como ejemplo de estos llamativos sistemas podemos ver el caso de un BMW X1, del año 2010, en el que a través de esta tecnología, el sistema presta una ayuda muy útil al conductor en el momento de realizar maniobras de aparcamiento u otro tipo, ya que sobre las imágenes obtenidas gracias a la cámara situada en la parte trasera del vehículo, se superponen indicaciones de la dirección que tomará este al continuar avanzando marcha atrás sin variar la dirección.

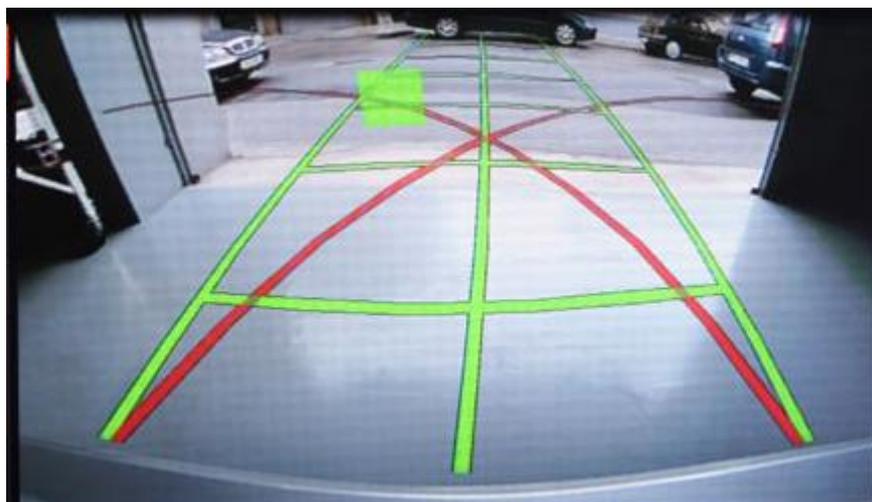


Figura 6. Sistema de ayuda aparcamiento BMW X1. (km77.com, 2015)

- A continuación, y después de haber profundizado en el primer grupo de sistemas inteligentes de aparcamiento formado por las primeras ayudas que salieron al mercado, vamos a desarrollar la segunda clase de estos sistemas inteligentes, que en este caso se trata de **asistentes de aparcamiento**. Estos sistemas, posteriores en el tiempo y que cuentan con un mayor grado de desarrollo tecnológico que los casos vistos anteriormente, los podemos encontrar ampliamente extendidos actualmente en vehículos de producción en serie, ya que son muchos los fabricantes que los instalan en sus modelos.

Con la aparición de este tipo de sistemas se ha dado un paso más en el campo de la conducción autónoma, puesto que, a pesar de no realizar todavía la maniobra completa de aparcamiento de una forma totalmente autónoma, ya que esto es característico de los siguientes sistemas que vamos a ver más adelante, sí que llevan a cabo una parte importante de la misma, como pasamos a ver a continuación.

En relación al funcionamiento de estos asistentes de aparcamiento semiautónomos, cabe mencionar que a pesar de las diferentes variantes que existen en función de cada fabricante, en términos generales, estos sistemas realizan las labores de, en primer lugar, detección de huecos libres y factibles de acuerdo a cada vehículo para estacionar, para luego, realizar los movimientos del volante necesarios para llevar a cabo dicho aparcamiento. A pesar del gran adelanto que han supuesto estos sistemas, como ya venimos mencionando con anterioridad, todavía no se trata de una tecnología totalmente autónoma, puesto que sigue siendo función exclusiva del conductor, la disposición de las marchas y el accionamiento de los pedales, según vaya correspondiendo en la maniobra en cuestión.

Una vez hemos visto cómo funcionan estos asistentes de aparcamiento semiautónomos, es interesante señalar que la primera aparición de esta tecnología en un vehículo de serie, fue en el año 2010, con el sistema IPA (Intelligent Parking Assist) del Toyota Prius (*Circulaseguro.com*, Febrero de 2013). A partir de entonces, son muchos los fabricantes que han instalado un sistema como este en sus vehículos. Podemos ver como ejemplos el sistema *Park Assist* que lleva el Volkswagen Golf, el asistente *Park Assist Pilot* del Volvo V40, o la tecnología *Active Park Assist* del Ford Focus. (*Motorpasionfuturo.com*, Agosto de 2012)

- En último lugar tenemos los sistemas más modernos y desarrollados de este campo, los **sistemas de aparcamiento totalmente autónomos**. Este tipo sistemas resultan la culminación de todo el proceso que, cronológicamente y según nivel de innovación, venimos desarrollando.

En este caso que ahora nos ocupa, estaríamos en una situación en la cual el vehículo, a través de esta tecnología y de una forma totalmente autónoma, realiza la búsqueda de un hueco de aparcamiento disponible y adecuado para su tamaño, para una vez que este localizado, ejecutar la maniobra completa de aparcamiento, incluyendo, a diferencia del sistema visto anteriormente, la realización de todos los movimientos necesarios para finalizar esta maniobra con éxito.

Una vez presentado este sistema inteligente de aparcamiento, pasamos a ver más en detalle su funcionamiento. Este mecanismo se basa en un primer momento, como hemos adelantado anteriormente, en la búsqueda automatizada de espacios libres y adecuados, en cuanto a espacio, para el estacionamiento del vehículo. Este proceso de reconocimiento se lleva a cabo mediante sensores de ultrasonidos, y una vez finalizado, da lugar a la siguiente fase del aparcamiento. Teniendo localizado y situado correctamente el hueco donde va estacionar el vehículo, el conductor puede abandonarlo, si así lo desea, por ejemplo en caso de tratarse de un espacio muy reducido y tener problemas para bajarse del vehículo una vez aparcado, y activar el sistema que se encargará de que el vehículo se aparque totalmente solo, a través de un dispositivo electrónico (Smartphone, Smartwatch, o similar). De esta forma, mediante la automatización que el sistema hace del acelerador, freno y volante del vehículo, este se aparca de forma totalmente autónoma.

Por último, cabe mencionar, que estos sistemas plenamente autónomos, se encuentran en pleno desarrollo en la actualidad, ya que, como hemos visto, son el paso definitivo en este campo. Sin embargo, importantes marcas del sector, ya se encuentran en un punto de desarrollo muy avanzado en estas tecnologías, pasando de ser sus sistemas, meros prototipos, a convertirse en una realidad en la actualidad. Algunos de estos fabricantes son, por ejemplo, Ford con la nueva generación de su sistema, anteriormente mencionado, *Active Park Assist* (*Diariomotor.com*, Octubre de 2013), que ha conseguido que sus coches se aparquen con solo pulsar un botón en un Smartphone, tenemos el caso de Audi, que con su aplicación *Audi Garage Parking Pilot* también podemos aparcar nuestro vehículo desde el móvil (*Autobild.es*, Enero de 2014), o el modelo *NSC-2015* de la marca japonesa Nissan, que cuando el conductor se baja del vehículo y acciona el sistema, este se aparca completamente solo en un hueco disponible (*Diariomotor.com*, Octubre de 2012).

2.2.12. Control de velocidad de crucero adaptativo

El caso que ahora nos ocupa, los sistemas existentes para el control adaptativo de la velocidad en vehículos, es, junto al siguiente tipo de sistemas que veremos más adelante para concluir este apartado, de conducción autónoma en caso de atasco, uno de los pasos más avanzados que se han dado hacia la

conducción autónoma total actualmente. Es por esta razón que son los últimos sistemas inteligentes que veremos en este apartado.

Cabe mencionar que estos sistemas adaptativos de velocidad de cruceo del vehículo, son la evolución de los sistemas convencionales de control de cruceo, ya existentes hace años y que en la actualidad se pueden encontrar en casi cualquier vehículo. Esta tradicional tecnología solo nos permitía mantener, de forma autónoma, una velocidad constante establecida con anterioridad por el conductor. Sin embargo, estos sistemas de control de cruceo adaptativo actuales, más desarrollados, son capaces no solo de mantener la velocidad del vehículo, sino que también hacen lo mismo con la distancia de separación con otros usuarios de la vía.

El funcionamiento de estos sistemas se basa en una “programación” previa, de la velocidad y distancia de separación deseada, por parte del conductor, de forma que será el propio vehículo el encargado de acelerar y frenar con el fin de mantener la distancia marcada, en primer lugar, y luego la velocidad.

Como ejemplo, en el caso de que nuestro vehículo encuentre otro circulando delante nuestro por el mismo carril, de forma autónoma, el sistema disminuiría la velocidad para mantener la distancia que hemos establecido, para una vez que vuelva a estar libre, acelerar de forma progresiva hasta alcanzar la velocidad fijada. De este ejemplo, podemos extraer como, para conseguir este comportamiento totalmente autónomo de nuestro vehículo, es necesario que este use una caja de cambios automática, ya que de otra manera el conductor estaría obligado a realizar los cambios de marcha necesarios para responder al cambio de velocidad experimentado.

CONTROL DE CRUCEO ADAPTABLE (ACC)

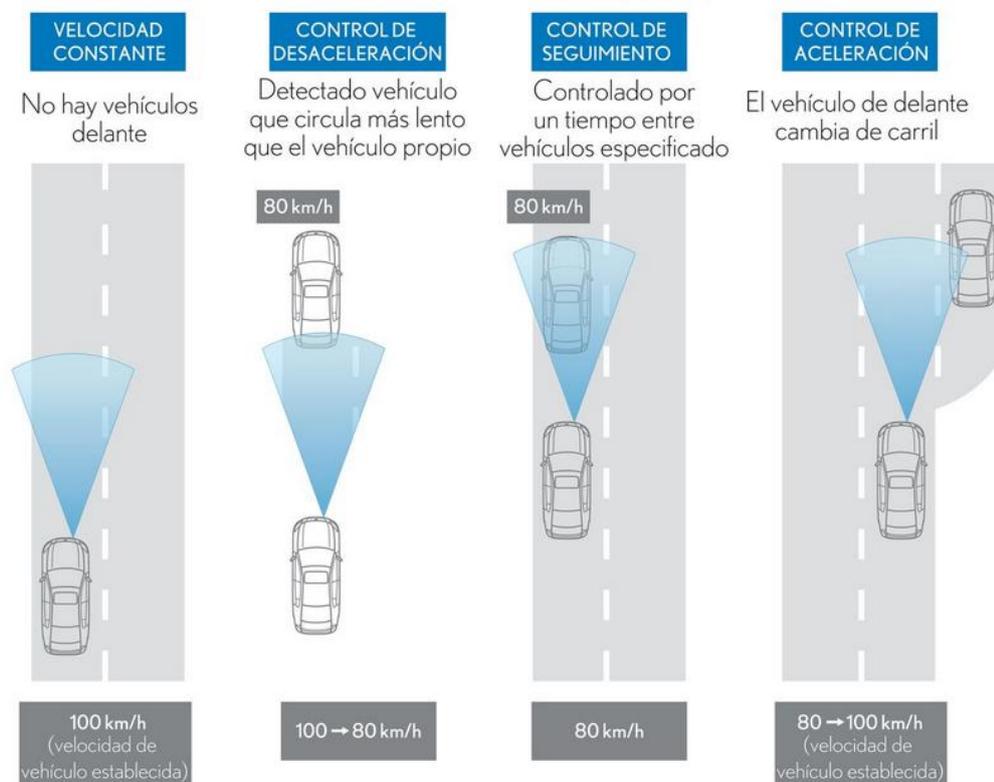


Figura 7. Funcionamiento del Control de Velocidad de Cruceo Adaptable. (Noticias.coches.com, 2009)

Hay que mencionar, que como en todos los sistemas anteriores vistos hasta ahora, no se ha alcanzado todavía la versión perfecta, puesto que siguen existiendo pequeños errores que corregir. De esta manera, cada cierto tiempo aparecen en el mercado versiones más completas que van solucionando estos problemas existentes.

En cuanto a la tecnología empleada para hacer funcionar estos sistemas de control de cruceo adaptativo, como es habitual, podemos encontrar diferentes variantes. Sin embargo, antes de pasarlas a ver en detalle, debemos señalar que estas tecnologías que mencionamos, son las que se han implementado para la nueva función encargada de mantener la distancia, puesto que, como hemos mencionado anteriormente, los sistemas de control de cruceo tradicionales ya cumplían con la función de mantenimiento de la velocidad constante, y por tanto esta tecnología ya es conocida.

Ahora sí, una vez señalado este punto, pasamos a ver los diversos mecanismos empleados:

- En primer lugar, y siendo la tecnología más empleada, tenemos el radar situado en el frontal del coche. Mediante este radar, el sistema es capaz calcular la distancia existente entre nuestro vehículo y el que nos precede, así como la velocidad relativa de ambos. De esta forma, el sistema puede mantener siempre la distancia que hemos marcado con otros vehículos, pues solo tendrá que acelerar o frenar en función de las necesidades de cada momento, como ya hemos visto anteriormente.
- La otra tecnología que suele ser empleada, de forma más minoritaria, en estos sistemas, es una cámara de video colocada, de nuevo, en el frontal del coche. A través de las imágenes captadas por este dispositivo, y una vez pasadas por un procesador de imágenes, el sistema realiza cálculos para obtener la misma información que en el caso anterior, y con ella actuar de forma consecuente. Este sistema es menos utilizado, principalmente, por su menor fiabilidad en los cálculos de distancia.

Por último, señalar que actualmente diversas marcas están desarrollando el siguiente avance en lo que a estos sistemas se refiere, puesto que pretenden añadir a este control de velocidad de cruceo adaptativo, los sistemas de mantenimiento de carril, ya vistos anteriormente en este capítulo. De esta manera, estaríamos hablando de vehículos prácticamente autónomos, capaces de mantener velocidad, distancia y dirección por si solos.

Para acabar, y volviendo a los sistemas que estamos tratando en este punto, podemos señalar que se encuentran ampliamente extendidos en el parque automovilístico español, ya que, según ANFAC, en torno a 22 marcas ofrecían estos sistemas inteligentes en alguno de sus modelos en el año 2013. Como ejemplo de esta gran variedad de vehículos que podemos encontrar con este Control de Cruceo Adaptativo, podemos mencionar alguna de estas marcas y sus modelos, como es el caso del SEAT León, el Volkswagen Golf, el Volvo S60, o el Audi A3, lo cual nos muestra el gran abanico de posibilidades y que es posible encontrarlo en vehículos de cualquier gama y tamaño (*Motorpasionfuturo.com*, 2013).

2.2.13. Conducción autónoma en atascos

Si existe algún momento en el que todo conductor se “arrepiente” de haber cogido su coche, camión o el vehículo que sea, ese momento es en el que te ves atrapado en un atasco. Durante largos periodos de tiempo, nos encontramos dentro de infinitas caravanas de coches, viendo como el nivel de enfado aumenta, puesto que, además de retrasar nuestra llegada al destino, también nos supone tiempo perdido, pues dedicamos cada momento que estamos atrapados en este atasco, a emprender y parar la marcha del vehículo continuamente.

Una vez puestos en situación, ampliamente conocida por todos, entendemos la utilidad de este último tipo de sistemas que vamos a tratar dentro del apartado. Se trata de los sistemas de conducción autónoma en atascos, y dentro de los sistemas “comerciales” que están siendo materia de estudio en esta parte del trabajo, posiblemente se traten de los más cercanos a la conducción autónoma que tratamos de descubrir.

Por tanto, como estamos viendo, estos sistemas nos permiten aprovechar el tiempo perdido en los atascos, ya que una vez activado, el sistema se encarga íntegramente de la tarea de conducir, dejando libre al conductor para que dedique ese tiempo a temas de trabajo, ocio, o lo que prefiera. Por otro lado, en el hipotético caso de que estos sistemas de conducción autónoma en atascos, estuvieran implantados en la totalidad de los vehículos que forman parte de la circulación, se conseguiría mayor fluidez en dichos atascos, puesto que se evitarían los desfases en el arranque de los vehículos, asociados a despistes de los conductores, que provocan la ralentización de la marcha. Además, el número de accidentes por alcance en atascos, disminuiría prácticamente hasta desaparecer, ya que, de nuevo, la causa principal de estos se encuentra en el despiste humano.

Una vez vistas las grandes ventajas que presentan este tipo de sistemas de conducción inteligente, pasamos a ver su funcionamiento.

El sistema, como hemos ido adelantando, es totalmente autónomo a la hora de manejar el vehículo en un atasco, ya que una vez activado, se encarga de arrancar, frenar, mantener la distancia con el coche que nos precede e, incluso, mantener y cambiar la dirección, en caso de que sea necesario, por ejemplo si encuentra un obstáculo en la calzada. Por tanto, la conducción es totalmente autónoma en estos casos. Sin embargo, estos sistemas suelen tener un límite de velocidad, en torno a 50-60 km/h, a partir del cual este se desactiva de forma automática, haciendo responsable del manejo total del vehículo al conductor.

En cuanto a la tecnología que permite funcionar a estos sistemas, podemos considerarlos una evolución de los vistos en el apartado anterior, el control de crucero adaptativo, puesto que, como ya vimos en su momento, los fabricantes tratan de unir dicho sistema con los que se encargan de controlar la dirección del vehículo, y por tanto, los sistemas que ahora vemos, de conducción autónoma en atascos, ya lo han logrado, a bajas velocidades.

De esta forma, los mecanismos empleados, de forma conjunta, para conseguir este manejo autónomo del vehículo son:

- Sistema de control de crucero adaptativo
- Cámara empleada en el mantenimiento de carril, que permite al sistema controlar la dirección
- Sistema de detección de obstáculos, también reconocidos mediante la cámara anterior, y que permite esquivar cualquier contratiempo existente en la calzada.

Por último, y como mención habitual a las marcas más punteras en este ámbito, y que pronto podremos ver circular sus sistemas por carreteras con tráfico convencional, cabe mencionar a Volvo, que ha sido el gran precursor de este tipo de sistemas (*Autobild.es*, 2012), y a Audi, que actualmente también se encuentra muy avanzado en la implementación de estas tecnologías en sus modelos (*Circulaseguro.com*, 2014). En un futuro cercano, será posible encontrarlo en otras marcas como, Nissan o Ford, puesto que también han apostado recientemente por el desarrollo de este campo.

3. Sistemas autónomos

3.1. Introducción

Una vez vistos, en el apartado anterior, los sistemas autónomos e inteligentes extendidos, de manera independiente, en el parque automovilístico actual, y que, como hemos mencionado con anterioridad, constituyen la base sobre la que se desarrolla el vehículo totalmente autónomo, pasamos a centrarnos en estos de forma exclusiva y detallada.

Este deseo del ser humano, de conseguir un vehículo capaz de transportarle a cualquier lugar sin tener que realizar el “esfuerzo” de conducir o sin acarrear con las preocupaciones y la responsabilidad propias de esta conducción, no es algo novedoso de las generaciones actuales, puesto que ya en el pasado, más concretamente en la década de los años 20, nace esta ilusión en Estados Unidos.

Esta primera toma de contacto con un prototipo de vehículo autónomo tiene lugar en la ciudad estadounidense de Milwaukee, el 8 de diciembre de 1926, y en ella se probó un coche, desarrollado por una empresa dedicada a la automoción llamada Achen Motor, que sin ser realmente autónomo, puesto que funcionaba gracias a las señales que recibió por un sistema de radio de otro vehículo que circulaba detrás, fue la primera vez que se introducía la idea de un coche que funcionara y circulara sin conductor.

Años más tarde, en 1939, durante la exposición internacional Futurama, vuelve a aparecer la idea de un vehículo que se conduzca de forma totalmente autónoma, en este caso se debe al desarrollo de un proyecto para predecir la forma de vida que existiría 20 años más tarde. Esta vez era la multinacional del automóvil, General Motors, la que estaba promoviendo esta idea de un vehículo inteligente y de conducción autónoma basada en carreteras, que a través de transferir energía eléctrica al automóvil y controlarlo mediante un sistema de radio, conseguían estos vehículos sin conductor.

Dentro de estas menciones históricas de nuestro tema de estudio, cabe mencionar un último avance realizado por el profesor universitario alemán Ernst Dickmanns en torno a los años 80, cuya contribución a este campo, basada en la consecución de una autentico automatizado de vehículos utilizando inteligencia artificial, ha sentado las bases para todos los desarrollos posteriores llevados a cabo en este campo, como pueden ser los proyectos de la Comisión Europea o del mismo Dickmanns, basados en vehículos automatizados capaces de recorrer distancias muy grandes, a velocidades altas y sin percance alguno.

Por tanto, hemos podido ver como existe desde hace años la voluntad de hacer realidad, de una vez por todas, el vehículo autónomo, y considerando todas las tecnologías vistas en el apartado anterior, así como su alto grado de desarrollo, el momento actual se antoja el más adecuado para llevar a cabo este deseo. Es por ello, que grandes marcas del sector del automóvil, como pueden ser Ford, Nissan, Toyota o Audi, entre otras, coinciden en marcar el año 2020 como fecha clave para la comercialización de este tipo de vehículos.

3.2. El vehículo autónomo en la actualidad

Una vez hemos podido enmarcar, dentro de la historia, la aparición de la idea del vehículo autónomo, así como ver sus avances con el paso de tiempo, y las perspectivas que de este se tienen para el futuro más próximo, vamos a pasar a estudiar en detalle cómo se encuentra la situación de este tipo de vehículos automatizados en la actualidad, ya que como hemos visto antes, y según la mayoría de fabricantes, en un futuro muy cercano existe una probabilidad alta de que formen parte de nuestra vida cotidiana en las carreteras.

Sin embargo, y antes de adentrarnos en el desarrollo de este punto, es interesante mencionar las posibles ventajas y desventajas que conllevaría la irrupción en nuestras carreteras de este tipo de medio de transporte, ya que como venimos mencionando, es una posibilidad muy real en el futuro más cercano.

De esta forma, en la Tabla 2, podemos ver detalladas las ventajas y desventajas que implicaría la generalización del uso de vehículos autónomos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los vehículos autónomos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Con un desarrollo tecnológico adecuado, se reducirían notablemente los accidentes. • Existiría una mayor coordinación entre vehículos, aumentando la fluidez del tráfico y reduciendo los atascos. • Aumentaría nuestra productividad, ahorrando pérdidas de tiempo (aparcar, aprovechamiento de los desplazamientos). • Optimización de los espacios públicos (por ejemplo, menos espacio necesario para aparcar). • Aumenta la posibilidad de tener un vehículo a las personas que actualmente no pueden conducir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran existencia de vacíos en la legislación • Posibilidades altas de piraterías en los vehículos dado su alto nivel de tecnología • Desaparición de empleos asociados a la conducción (transportistas, taxistas...) • Graves consecuencias ante un fallo tecnológico

Además, aparte de mencionar las ventajas y desventajas asociadas a este tipo de tecnologías, es importante aclarar otro aspecto relativo a este campo, los diferentes niveles de automatización existentes en este tipo de vehículos. De acuerdo a la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA), la agencia gubernamental norteamericana encargada de velar por la seguridad vial en las carreteras de dicho país, son cinco los posibles niveles de automatización en estos vehículos, ordenados de menor a mayor según el grado de automatismo que presentan. Los vemos detalladamente a continuación.

- **Nivel 0:** En este caso el vehículo presenta una dependencia total y absoluta del conductor, puesto que es este el encargado de dirigir todas las funciones.
- **Niveles 1-2:** Es escasa la diferencia existente entre estos dos niveles de automatización de vehículos, ya que en ambos se da el caso de que alguna de las funciones del vehículo se encuentra automatizada, ya sea de forma independiente entre estas, Nivel 1, o se dé el caso de que estas funciones se realicen de una forma conjunta, Nivel 2. Este sería el caso de los *Sistemas Elementales* vistos en el apartado anterior de nuestro proyecto.
- **Nivel 3:** Estaríamos hablando, en este caso, de vehículos en los cuales se da alternativamente, tanto una conducción autónoma, como una habitual, dependiendo de la situación en cada caso. Es decir, en ciertos momentos el vehículo sería manejado por el conductor, y en otros sería el propio vehículo el que circulara de forma autónoma.
- **Nivel 4:** En este último nivel de automatización, el vehículo sería autónomo totalmente, e incluso no existiría la opción de conducción por parte del conductor.

Ahora sí, una vez tratados estos temas, vamos a profundizar en el análisis del estado actual de este campo, para de esta forma, obtener la visión global y totalmente actualizada del sector que comentamos anteriormente. Para ello hemos querido focalizar nuestro estudio en dos ámbitos distintos, pero igualmente importantes a la hora de explicar el estado actual del vehículo autónomo.

Por un lado veremos los diferentes modelos, que a día de hoy, son una realidad y sus diferentes pruebas así lo demuestran, y por otro lado profundizaremos en los diferentes proyectos que tienen como objetivo desarrollar y fomentar la implantación del vehículo autónomo en diferentes lugares del planeta.

3.2.1. Modelos autónomos actuales

En este apartado se realiza un estudio de algunos de los vehículos autónomos más desarrollados que podemos encontrar, actualmente, en sus diferentes fases de pruebas. Con ello, pretendemos conocer el grado de desarrollo del campo de los vehículos sin conductor, ya que, como hemos venido mencionando con anterioridad, su implantación definitiva será en un futuro muy cercano, así como obtener una visión real y conjunta del funcionamiento de este tipo de vehículos.

Para ello vamos a explicar detalladamente el funcionamiento y la situación en la que se encuentran diferentes proyectos de vehículos totalmente automatizados, algunos de los más conocidos popularmente y avanzados, ya que abordar la totalidad de ellos es una tarea imposible debido al gran número de proyectos existentes en la actualidad. Estos proyectos que serán objeto de estudio son los siguientes.

- Vehículo autónomo de Google, Google Self-Driving Car
- Proyecto Audi RS7 Piloted Driving Concept
- Camión autónomo Daimler Freightliner Inspiration

3.2.1.1. Vehículo autónomo de Google

También conocido popularmente como Google Car, este proyecto de vehículo autónomo es, probablemente, el más conocido a nivel mundial, así como también ha sido el proyecto que ha contribuido, en mayor medida, a poner en conocimiento de la población la existencia de este campo de investigación de los vehículos autónomos, puesto que se trata del proyecto con mayor repercusión mediática y que más noticias genera en los medios de comunicación. De hecho, este vehículo autónomo de Google ha sido el primero en contar con una licencia para poder realizar pruebas en carreteras convencionales, más exactamente, en el Estado de Nevada, que como veremos más adelante en este proyecto, es uno de los lugares que cuenta con la legislación más avanzada en materia de vehículos inteligentes.

Los orígenes de este proyecto emprendido por la tecnológica de California los podemos encontrar en el vehículo *Stanley*, ganador del premio DARPA en el año 2005, otorgado por el gobierno de EEUU a los mejores desarrollos de vehículos autónomos. Por tanto, podemos entender este Google Car como la secuela de aquel vehículo, ya que también el equipo de ingenieros que trabajan en ambos proyectos es el mismo.

El encargado de liderar el desarrollo de este proyecto ha sido, desde sus orígenes, el ingeniero alemán Sebastian Thrun, aunque actualmente, le ha relevado Chris Urmson, otro de los ingenieros que ha participado en el mismo desde su comienzo.

En relación a los objetivos marcados por Google, y en especial por el líder del proyecto, Sebastian Thrun, al comienzo del proyecto, podemos detallarlos a continuación:

- En primer lugar, y como objetivo principal, se debe garantizar la seguridad durante la realización de todas las pruebas que se lleven a cabo, ya que dada la naturaleza del proyecto, esta seguridad es totalmente necesaria.
- Los resultados de este proyecto deben servir para desarrollar la tecnología autónoma, consiguiendo con ello reducir en el futuro los elevados números de muertes en carretera que actualmente existen.
- También debe servir para conseguir un cambio de mentalidad respecto al uso que se da a los vehículos convencionales, consiguiendo con ello una reducción en la utilización masiva de estos, o el inicio de la tendencia a compartir coche de forma más habitual.
- De una forma más global, se deben conseguir avances tecnológicos que sirvan para mejorar la sociedad.

El comienzo oficial de este proyecto se sitúa, según una publicación de Google en su blog oficial, en septiembre del año 2010, aunque como también comunicó la empresa californiana, llevaban bastante tiempo trabajando en ello anteriormente, más concretamente desde el año 2005, y realizando pruebas desde 2009, en las cuales habían acumulado ya más de 200.000 km. Durante estos primeros años de vida del proyecto, se han usado 6 Toyota Prius preparados para funcionar como vehículos autónomos con las diferentes

tecnologías que veremos más adelante. Actualmente Google ha ampliado el parque automovilístico con el que realiza sus pruebas, introduciendo nuevos modelos preparados, como el Lexus RX450h, el modelo empleado con mayor frecuencia en la actualidad para dichas pruebas, e incluso desarrollando un modelo propio, conocido como *Koala* por su parecido con este animal, que han presentado en sociedad este verano, y con el que empezaran ahora los test.

Una vez vistos estos aspectos introductorios del vehículo autónomo de Google, pasamos a desarrollar el funcionamiento del mismo, viendo las diferentes tecnologías usadas para la automatización de estos vehículos. Cabe mencionar, que indistintamente y salvo pequeñas modificaciones, las siguientes tecnologías son las empleadas en los diversos modelos de Google Car vistos anteriormente.

- Cámaras de video: Se encuentran colocadas en el retrovisor interior del vehículo. Son las encargadas del reconocimiento de las señales, los semáforos, los carriles de circulación...
- Radares: Estos vehículos llevan un total de 4 radares situados en los paragolpes, tanto delantero, como trasero. Son utilizados para la detección de objetos y la medición de distancias respecto a ellos.
- LIDAR: Se trata de un tipo de laser de luz, que al igual que los radares, se emplea en la detección de objetos y el cálculo de distancias.
- Empleo conjunto de mapas detallados, obtenidos mediante las capturas realizadas por Google Street View, y ubicación GPS del vehículo.
- Sistemas automáticos de aceleración, freno, cambio de marchas y dirección.

Un resumen visual de estas tecnologías lo podemos ver en el siguiente gráfico encargado de esquematizar el funcionamiento de estos vehículos autónomos de Google.

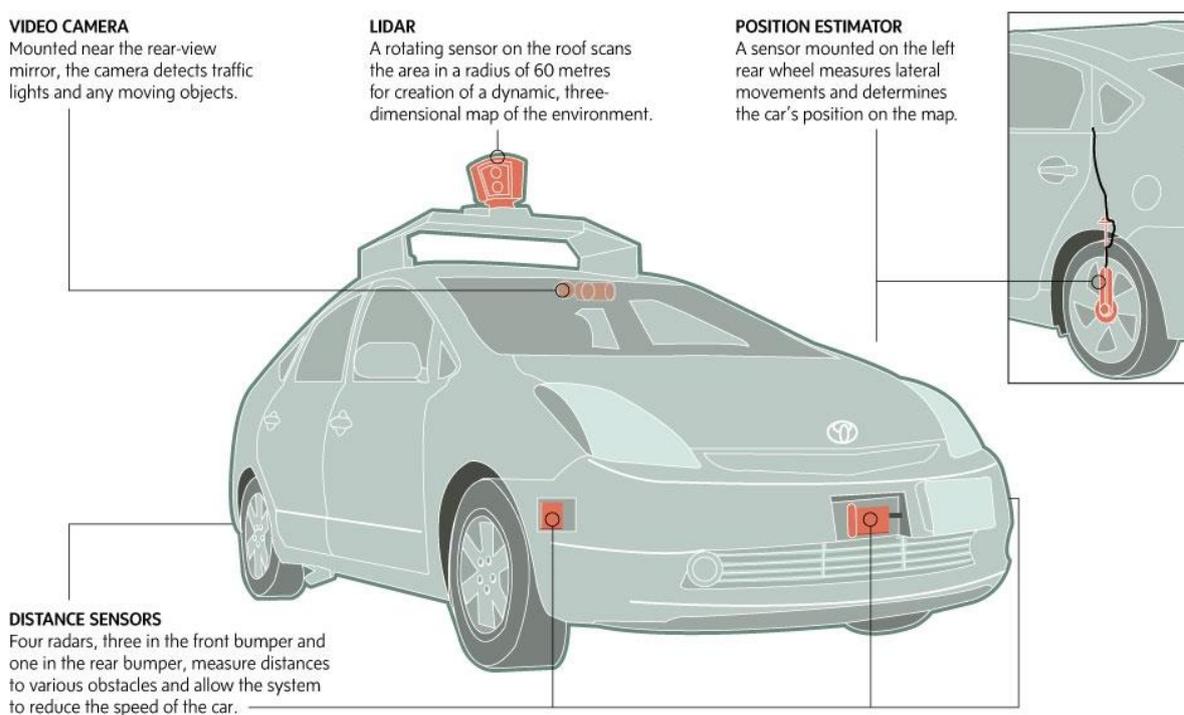


Figura 8. Tecnologías empleadas en el funcionamiento del vehículo autónomo de Google. (Google, 2010)

Como hemos mencionado anteriormente, los diferentes modelos empleados por Google para sus pruebas del vehículo autónomo, emplean unas tecnologías de automatización similares. Por tanto, el nuevo modelo propio, que ha visto la luz este verano, así lo hace también, como podemos ver a continuación en la Figura 9.

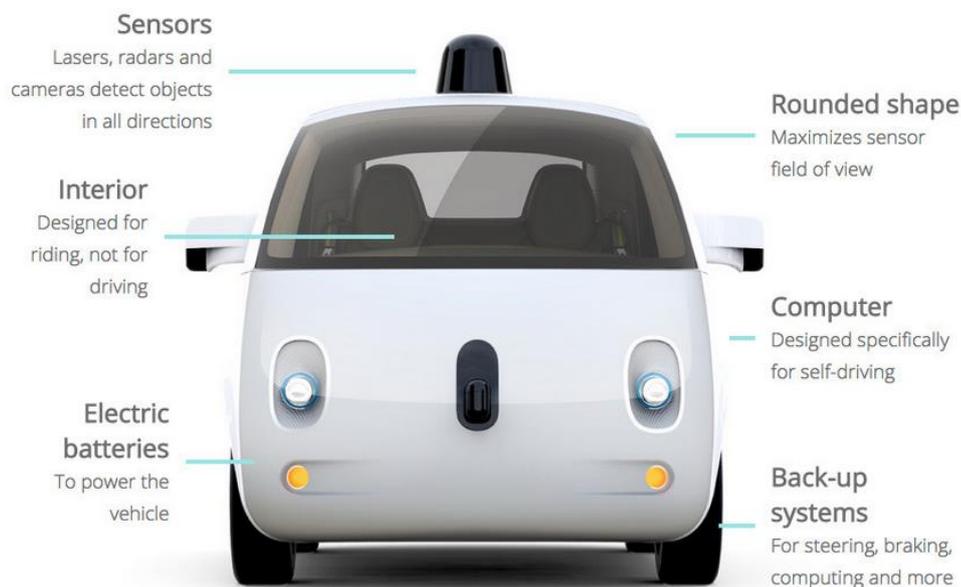


Figura 9. Nuevo modelo propio del Google Car. (*Diariomotor.com*, 2015)

Los cambios que aparecen con el lanzamiento, llevado a cabo este año, del modelo propio de vehículo autónomo de Google son visuales, dada la nueva estética del coche que recuerda a un koala, y estratégicos, puesto que Google pasa a ser “fabricante” del vehículo, y no solo se encarga de modificar uno de serie. Sin embargo, si aparece un cambio más significativo para el funcionamiento del vehículo, puesto que en el modelo original que vio la luz, se habían eliminado el volante y los pedales del interior del coche. Este aspecto tendría que ser cambiado a posteriori, y a petición del Departamento de Tráfico, con lo que el modelo final sí que tendría que disponer de estos accesorios para poder realizar pruebas este verano por las calles de California.

Una vez vistos los aspectos técnicos del funcionamiento de estos vehículos automatizados, vamos a pasar a desarrollar otro importante punto de este proyecto de Google, la realización de las pruebas en situaciones reales y los resultados obtenidos hasta el momento.

En primer lugar, hay que señalar que en las mencionadas pruebas, llevadas a cabo hasta ahora con los vehículos modificados (Toyota Prius y Lexus RX450h), siempre hay en el coche un ingeniero y un conductor, por si se diera el caso de un funcionamiento erróneo del sistema autónomo, así como también, en todas las ocasiones estas pruebas se realizan una vez que los ingenieros han hecho el mismo recorrido con anterioridad.

Como hemos señalado al inicio de este punto, Google lleva desde el año 2009 realizando este tipo de pruebas, y actualmente, usando los vehículos modificados de ambos modelos, lleva recorridos de forma autónoma 1,6 millones de km., lo que equivaldría a la experiencia de un americano medio de 75 años de edad. El resultado de todas estas pruebas parece alentador, ya que, según los datos ofrecidos por Google, estos vehículos se han visto involucrados en 12 accidentes, de pequeña consideración, siendo en todos los

casos culpable el ser humano, ya sea por parte del otro vehículo implicado, o en casos en los que el Google Car estaba siendo conducido manualmente.

Por último, cabe mencionar que durante este verano comienzan las pruebas del nuevo modelo de vehículo autónomo de Google, el modelo propio que han lanzado este año. Estas pruebas se llevaran a cabo en las calles de California con 25 unidades de este modelo, usando la metodología empleada hasta ahora (conductor “de seguridad”, recorrido previo de los ingenieros...), y con ciertas restricciones, como por ejemplo, limitar su velocidad a 40 km/h.

3.2.1.2. Proyecto Audi RS7 Piloted Driving Concept

El caso que ahora nos ocupa, seguramente el menos conocido de los tres que vemos en este apartado, es digno de ser desarrollado puesto que es bastante curioso y llamativo. Para este proyecto no estaríamos hablando de vehículos autónomos de la forma que suele hacerse, es decir, del desarrollo de vehículos con cierto carácter “futurista” y en los que prima la utilidad. En este caso, hablamos de un proyecto deportivo y de competición, ya que se trata del coche autónomo más rápido que actualmente existe, el cual nos sirve para mostrar de lo que es capaz la tecnología autónoma que tenemos a nuestro alcance a día de hoy.

Es verdad que existen antecedentes previos a este proyecto desarrollado por Audi y la Universidad de Stanford, como por ejemplo, otra prueba llevada a cabo en noviembre de 2010, en la que se preparó un Audi TTS para que ascendiera, sin conductor, el mítico circuito de Pikes Peak (Colorado, EEUU). Sin embargo, ni en este caso, puesto que los resultados quedaron lejos de los alcanzados por un piloto, ni en ninguno otro, se habían conseguido resultados tan positivos como este, puesto que los tiempos marcados por este vehículo autónomo han sido relativamente cercanos a los que puede conseguir un piloto profesional.

Como podemos ver, con este proyecto no se busca directamente la consecución de un vehículo autónomo disponible para los conductores, puesto que estamos hablando de un proyecto de preparación deportiva, sino que los objetivos que se marca el fabricante alemán Audi, y más específicamente, el responsable del proyecto, Ulrich Hackenberg, son los siguientes:

- Dar un paso más en el desarrollo de la tecnología autónoma, consiguiendo avances significativos en esta materia, y demostrando con ello de lo que es capaz la marca.
- Mostrar, de una forma más genérica, las bondades de los vehículos autónomos, para conseguir, a través de esta buena publicidad, un golpe de efecto positivo, que deje ver que este tipo de vehículos puede ser para cualquier tipo de cliente.

Una vez vistos los datos introductorios del proyecto llevado a cabo por la firma alemana, podemos pasar a explicar más detalladamente en que consiste dicho proyecto, como se ha llevado a cabo y que tecnología se ha empleado para ello.

Este proyecto, como en el caso de los vehículos de Google, consiste en conseguir un vehículo autónomo partiendo de un modelo de serie, siendo la parte singular del mismo, que en este caso el objetivo es lograr que dicho coche sea capaz de “competir” en un circuito, es decir, que de forma autónoma consiga tiempos parecidos a los que haría un conductor profesional en el mismo caso.

Para llevar a cabo este desarrollo que estamos comentando, Audi ha partido de la base de uno de sus coches más deportivos, su modelo *RS7 Sportback*. Partiendo de este coche, y sin necesidad de modificar el motor, la dirección, los frenos, ni el cambio de marchas automático, que monta este vehículo de serie, ha sido capaz de automatizar su conducción gracias a la implementación de diferentes tecnologías de las que venimos hablando anteriormente a lo largo de este estudio.

En este caso, las tecnologías autónomas más importantes aplicadas por Audi, son las siguientes.

- Sistema GPS, que dota al vehículo de una ubicación extremadamente exacta, con una precisión de 1 cm.
- Cámaras de video 3D, situadas tanto en la parte delantera, como trasera del coche, encargadas de captar imágenes que serán comparadas con otras anteriores, que se encuentran almacenadas en la base de datos del sistema, consiguiendo con ello un análisis y un reconocimiento más real de la trayectoria que siga el vehículo.
- Sistema de radar, delantero y trasero, encargado de identificar obstáculos y calcular la distancia existente.
- Sensores de ultrasonido, también delanteros y traseros, destinados a realizar mediciones de proximidad de los diferentes objetos que pueda haber alrededor.
- Conectividad inalámbrica, a través de tecnología WLAN y sistema de radio de alta frecuencia, para la transmisión de datos generados por el sistema.

Audi RS 7 piloted driving concept

Driver assistance systems
10/14

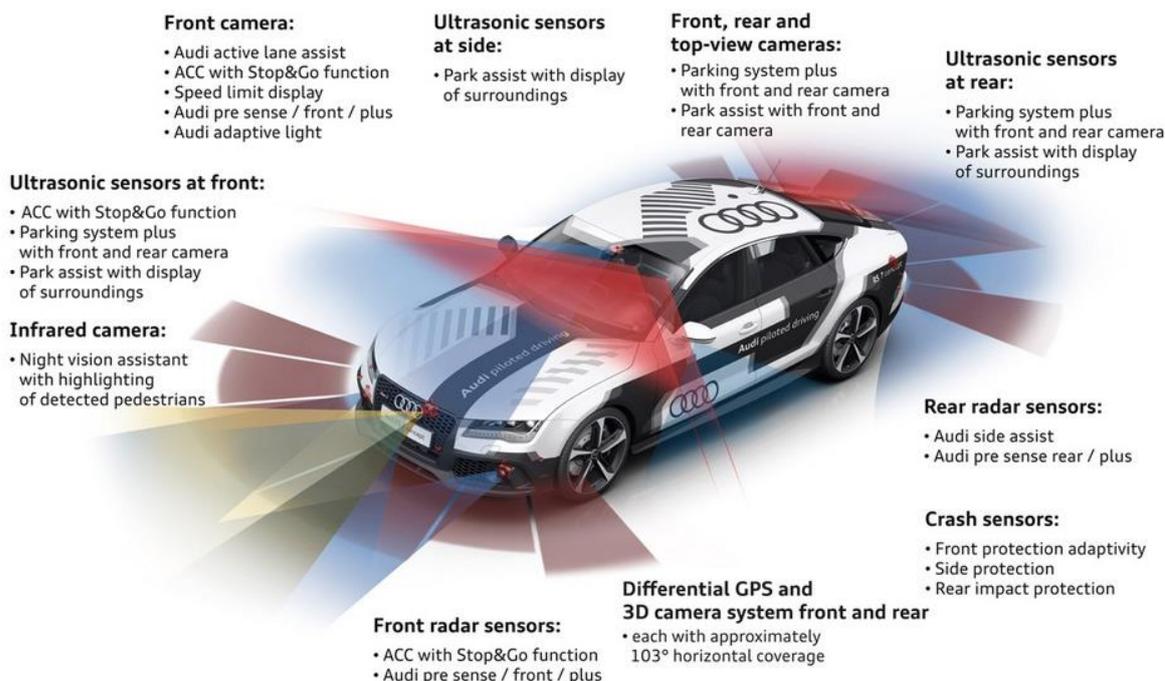


Figura 10. Tecnología proyecto Audi RS7 Piloted Driving Concept. (Redmotor.es, 2014)

Una vez hemos visto el desarrollo de este curioso proyecto de vehículo autónomo destinado a la competición, nos quedaría por tratar el tema de la prueba del mismo, pudiendo ver con ello, el buen resultado de este vehículo, como anticipábamos en el comienzo de este punto.

El momento elegido para llevar a cabo el citado test sería, de acuerdo al espíritu competitivo y deportivo de este proyecto, los instantes previos a la última prueba del Campeonato Alemán de Turismos (DTM), que tuvo lugar el día 19 de octubre de 2014, en el circuito de Hockenheim.

El resultado de esta prueba fue muy positivo, como adelantábamos antes, puesto que este coche autónomo fue capaz de dar una vuelta a este circuito en un tiempo de 2 minutos y 10 segundos, solo 30 segundos más lento en comparación del tiempo que hace un conductor profesional, y consiguiendo alcanzar una velocidad máxima de 240 km/h.

Según Audi, haber podido alcanzar este buen resultado con un vehículo autónomo en una prueba limite como esta, aportará mucho de cara al desarrollo de todos estos sistemas inteligentes y su aplicación e implementación en coches de serie.

3.2.1.3. Camión autónomo Daimler Freightliner Inspiration

Este tercer vehículo que vamos a estudiar, es de nuevo, otro caso llamativo y singular, y es por esta razón que vamos a desarrollar los puntos clave más importante del proyecto.

Decimos que este proyecto es curioso debido a que, en este caso, el vehículo del que vamos a hablar es un camión. Además, también es interesante profundizar en este proyecto puesto que ha estado de actualidad recientemente, ya que en mayo de este año, este citado camión resultaba ser noticia debido a que se convertía en el primer camión autónomo con permiso para circular por carretera convencional, aunque eso sí, de forma exclusiva en el estado de Nevada, que como veremos más adelante en este proyecto, es uno de los estados punteros en legislación sobre este tema de vehículos autónomos.

Cabe señalar, que a pesar de hablar en este caso, de un camión autónomo, de una forma rigurosa, no sería tal, puesto que no se trata de un vehículo totalmente automatizado (nivel 4), sino que es un vehículo autónomo de nivel 3, debido a que no se conduce por sí solo en todas las circunstancias posibles, siendo obligatoria la intervención del conductor en alguna de ellas.

A pesar de esto, este proyecto constituye una fuente de estudio relevante en este campo, ya que ha supuesto llevar a cabo un paso necesario, e importante, en la consecución futura de un camión autónomo total, así como por las implicaciones que este vehículo podría tener en el mundo de la logística y el transporte.

Según ha comunicado Daimler, la marca fabricante de este camión automatizado, son 3 los objetivos generales que se marcaban a la hora de llevar a cabo este proyecto:

- Crear un transporte capaz de combatir y reducir la fatiga, propia de los trayectos largos, en los conductores.
- Conseguir reducir el número de accidentes en carretera, aumentando así la seguridad.
- Ser más respetuosos con el medio ambiente, puesto que este camión sería más eficiente, con el ahorro en consumo de combustible que ello conlleva.

Como hemos mencionado ya anteriormente, y seguiremos viendo más adelante en este punto, Daimler, con el sistema implantado para hacer funcionar este camión autónomo, el llamado Highway Pilot, ha conseguido situarse en la posición más adelantada en la carrera por la consecución del camión totalmente autónomo.

Por tanto, una vez hemos introducido los aspectos más genéricos de este proyecto, consiguiendo con ello tener una visión global del funcionamiento del mismo, pasamos a desarrollar los puntos clave, es decir, los aspectos técnicos, el propio funcionamiento del vehículo, y las pruebas, y resultados, llevados a cabo durante su ejecución.

Como mencionábamos anteriormente, Daimler ha desarrollado el sistema *Highway Pilot*, que es el encargado de hacer funcionar este camión de forma automatizada. Este sistema, según ha declarado Wolfgang Bernhard, Presidente de la División de Camiones y Autobuses de Daimler, se inspira a su vez, fundamentalmente, en dos tecnologías genéricas de conducción autónoma ampliamente citadas a lo largo de este estudio:

- Aviso de salida involuntaria de carril
- Sistema de frenado autónomo

Una vez vistos todos estos datos, pasamos a centrarnos en el propio funcionamiento del sistema, que ya ha sido comparado acertadamente con el piloto automático de los aviones.

Esto se explica porque el conductor activa este sistema de conducción autónoma en los momentos de conducción más tediosos y monótonos, como pueden ser autovías, autopistas y largas carreteras. En ese momento, el asiento del conductor se gira 45°, de forma automática, permitiéndole atender otras tareas de trabajo, disfrutar de ocio, o simplemente, descansar, puesto que el camión, de forma totalmente autónoma, se encarga de mantener la velocidad adecuada, la distancia con el resto de vehículos, el carril, e incluso, de esquivar posibles obstáculos que puedan aparecer en la carretera. Sin embargo, y de igual forma que ocurre con el piloto automático de los aviones en el caso de las maniobras más comprometidas, el conductor debe recuperar el control del vehículo y llevarlas a cabo de forma manual.

De esta forma, podemos ver como este camión cumple con uno de sus objetivos iniciales, puesto que su principal uso está orientado a reducir la fatiga asociada a los trayectos largos, y además, también hemos podido comprobar lo que mencionábamos al inicio de este punto, y es que este camión no se trata de un vehículo totalmente automatizado, aunque queda demostrado que es un gran avance para su consecución.

A continuación, y una vez hemos explicado el funcionamiento del sistema inteligente de este camión, vamos a desarrollar más profundamente los aspectos técnicos del mismo, viendo que tecnologías han empleado en Daimler para conseguir que este sistema funcione. Como en el resto de casos anteriores, se necesita un conjunto de varias tecnologías para conseguir este resultado, que en este caso son las siguientes:

- Sensores radar, de corto y largo alcance, encargados de controlar la presencia y distancia del resto de usuarios de la vía.
- Sistema de cámaras de video, que a través del reconocimiento de las marcas del suelo, mantienen el camión en su carril.

- Centralita electrónica, encargada de gestionar todos los datos necesarios para el funcionamiento del sistema.

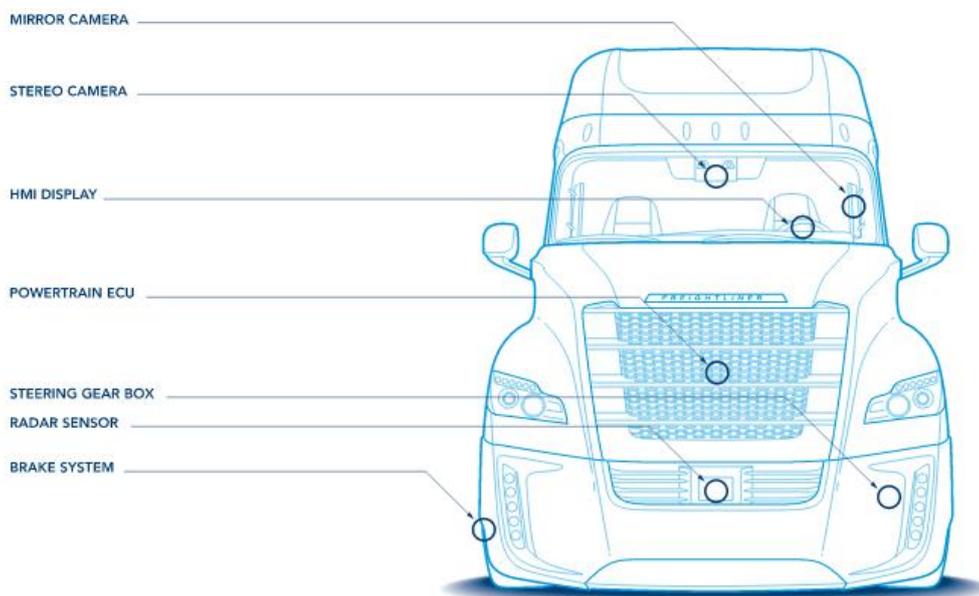


Figura 11. Sistema Highway Pilot del camión Daimler Freightliner Inspiration. (*Freightlinerinspiration.com*, 2015)

Cabe comentar que, a pesar de haber hablado al inicio del desarrollo de este proyecto, que había sido recientemente noticia el hecho de convertirse en el primer camión con conducción autónoma al que se le otorgaba licencia para circular por carreteras convencionales, exclusivamente en el estado de Nevada, solo existen dos camiones de estos circulando en la actualidad, puesto que, incluso, la empresa fabricante de este camión, Daimler, todavía no lo ha puesto a la venta.

Sin embargo, según indica la propia marca, el buen resultado de este vehículo está probado, puesto que los resultados obtenidos, a través de 16.000 km. de pruebas en circuitos cerrados en Alemania, así lo demuestran. Estas pruebas han arrojado datos muy positivos y en línea con los objetivos marcados al inicio de proyecto, como por ejemplo, que el uso de este sistema implica que los camioneros sufran un 25% menos de cansancio en largos viajes, lo que se ha estudiado midiendo la actividad del sistema cerebral de los conductores durante las pruebas.

Por el momento, y a la espera de confirmación en las carreteras reales, el sistema parece aportar buenos resultados, lo cual es lógico, puesto que el contexto para el que está diseñado es el ideal para la tecnología autónoma actual, con largos viajes por carreteras amplias, rectas y de carácter repetitivo, como puede ser una autovía.

En el futuro, de confirmarse este buen funcionamiento del sistema desarrollado por la compañía alemana, significaría un espaldarazo para la misma, ya que les permitiría poder implementar todo lo aprendido en esta experiencia, y con ello, seguir adelante con el proyecto de conseguir el primer camión autónomo total. Hay que mencionar que, actualmente, ya han comenzado el desarrollo de este campo a

través del proyecto Mercedes-Benz Future Truck 2025, con el que pretenden lograr el objetivo de conseguir un camión totalmente autónomo.

3.2.2. Fomento del vehículo autónomo

Hasta ahora hemos venido explicando el desarrollo de las diferentes tecnologías autónomas ya existentes hoy en día, así como su funcionamiento y la aplicación práctica que se las da, pero lo hemos hecho desde el punto de vista de las propias marcas, sus productos y sus aplicaciones. En este punto, sin embargo, vamos a tratar un aspecto más colectivo del desarrollo de este campo, que también nos servirá para enlazar con el siguiente gran tema de estudio de este proyecto, la legislación de los vehículos autónomos, ya que ahora nos vamos a centrar en los proyectos existentes, de muy diversa índole, para el fomento del desarrollo e implantación de los vehículos autónomos.

Estos proyectos, cuyo objetivo principal es fomentar el uso y ayudar al desarrollo de la tecnología autónoma, son realmente importantes para poder convertir en realidad el vehículo autónomo, puesto que otorgan una oportunidad muy valiosa de llevar a cabo pruebas reales, que sirvan para seguir mejorando.

Por otro lado, son importantes para concienciar a la gente de las bondades de este tipo de vehículos, consiguiendo que, de alguna manera, la población pierda el “miedo” a los vehículos inteligentes.

También, y de igual manera que en el punto anterior con la ciudadanía, en muchos casos, estos proyectos pueden ayudar a publicitar la tecnología autónoma entre los gobiernos, puesto que como ya hemos podido ir adelantando, y veremos más adelante, se trata de un tema pendiente de abordar.

Cabe mencionar, la diferente variedad, en cuanto al ámbito, de este tipo de programas, puesto que los podemos encontrar de titularidad pública, privada, o mixta. En relación a esto, y dado el número de proyectos existentes en este ámbito, vamos a seleccionar y desarrollar, al igual que hicimos en el punto anterior, alguno de los más curiosos y llamativos, a fin de poder ver cómo funcionan estos programas de fomento del vehículo autónomo, puesto que abarcar el estudio de todos ellos en este proyecto sería una labor muy extensa.

En este caso, vamos a centrarnos en dos proyectos diferentes, ambos de participación pública y privada, pero de enfoques muy distintos, ya que cada uno tiene una orientación distinta, unos objetivos diferentes y unos agentes implicados que difieren del otro en cada caso.

Estos proyectos, de fomento del vehículo autónomo, que vamos a desarrollar son los siguientes:

- Proyecto europeo CityMobil
- Proyecto MCity

3.2.2.1. Proyecto CityMobil

El hecho de decantarnos por este proyecto, para ser objeto de estudio y desarrollo, se debe a que se trata de uno de los más importantes, y con mayor éxito y seguimiento en nuestro entorno, ya que está

impulsado y financiado por la Unión Europea, y además, cuenta con la participación y el apoyo de multitud de agentes, tanto públicos, como privados.

Así pues, este proyecto europeo de fomento del uso de vehículos autónomos, ya se encuentra en su segunda edición, puesto que, como mencionábamos anteriormente, cuenta con gran apoyo por parte de todos los agentes implicados.

Puesto que actualmente se encuentra en su segunda fase, antes de pasar a detallar el funcionamiento y las acciones llevadas a cabo en cada una de ellas, podemos ver los rasgos comunes que tiene en su conjunto este plan europeo de CityMobil:

- Como hemos mencionado ya, se trata de un proyecto europeo, financiado mayoritariamente por la Unión Europea a través del VI y VII Programas Marco, destinados al fomento de la investigación e innovación tecnológica en diversos campos, entre ellos el del transporte.
- Como se ha señalado anteriormente, también intervienen y aportan dinero multitud de participantes de todos los ámbitos, tanto público, como privado. Algunos de estos pueden ser AAPP nacionales o municipales, en el caso de los ayuntamientos de las ciudades donde se realizan pruebas, universidades, centros de estudios de todo tipo, o empresas privadas muy variadas del sector automóvil, como son fabricantes, o proveedores de productos tecnológicos.

Podemos ver reflejado el éxito de este proyecto, como mencionábamos antes, en el hecho de que se ha producido un aumento del 60% en el número de colaboradores del proyecto, en el paso de la primera edición a la segunda (de 28 a 45 participantes).

- El objetivo principal marcado para este proyecto es lograr una organización del transporte urbano más eficaz, a través de la aplicación de sistemas avanzados e inteligentes de transporte, es decir, vehículos autónomos.

La consecución de este objetivo, implica a su vez una importante ayuda para el logro de otros más a largo plazo, como son:

- Reducir la congestión de tráfico en las ciudades, y con ello también la contaminación.
 - Reducir el número de accidentes y conseguir una conducción más segura.
 - Aumentar la calidad de vida de la población.
 - Mejorar y aumentar el grado de desarrollo territorial en todas las regiones.
- En relación al funcionamiento que sigue este proyecto, tiene como acción principal el establecimiento de diferentes medios de transporte autónomos, a modo de prueba y con una duración de varios meses, en diversas ciudades europeas, de forma que estos sistemas de transporte público inteligente puedan llevar a los ciudadanos a su destino como haría cualquier otro medio de transporte, pero en este caso, sin conductor.

Otras acciones, también llevadas a cabo dentro de este programa, son la realización de exhibiciones y muestras, en otras ciudades europeas, de diferentes vehículos autónomos, o la realización de estudios e informes conjuntos para la implantación y el fomento de este tipo de medio de transporte.

Ahora sí, una vez vistos los aspectos generales del proyecto CityMobil, comunes para las dos ediciones llevadas a cabo hasta ahora, pasamos a detallar el proceso y las características propias de cada una de ellas a continuación.

CityMobil 1

Esta primera edición del proyecto comunitario, destinado a fomentar y aplicar el uso de medios de transporte autónomos en distintas ciudades europeas, supuso el comienzo de este programa público, que posteriormente seguiría, y sigue en la actualidad, con su segunda fase.

Las fechas, durante las cuales, se llevó a cabo esta primera fase del proyecto CityMobil fueron entre Mayo de 2006 y Diciembre de 2011.

En relación al presupuesto del que dispuso el programa, fueron 40 millones de euros, que como ya comentábamos anteriormente, provenían de la Unión Europea en su mayor parte, pero también de aportaciones del resto de socios, tanto del resto de AAPP implicadas, como empresas privadas.

Durante esta primera edición, y de acuerdo a lo comentado anteriormente como rasgos comunes del proyecto, las actividades llevadas a cabo durante su transcurso fueron, en primer lugar y de manera principal, la realización de demostraciones en 3 ciudades europeas diferentes, por una duración de varios meses, mediante las cuales se trataba cumplir el objetivo marcado de hacer más eficaz el tráfico urbano mediante la integración de sistemas de transporte automatizados. Nos detendremos a detallar más ampliamente las actividades desarrolladas en este contexto.

También, de manera complementaria, durante esta primera edición se realizaron otras actividades relacionadas con el proyecto, como pueden ser la elaboración de grupos de trabajo para estudiar la posibilidad de implantar estas tecnologías en otras ciudades, o la realización de pequeñas demostraciones y muestras de varios días en distintos puntos geográficos del entorno europeo.

Por tanto, siendo lo más importante, los 3 casos de aplicación en diversas ciudades, pasamos a continuación a verlos en detalle.

- En primer lugar tenemos el proyecto implantado en el aeropuerto de Heathrow (Londres), donde se instalaron 21 vehículos-capsulas, totalmente autónomos y con un diseño muy futurista, que se encargaban de conectar la terminal 5 del aeropuerto con uno de los parkings de coches.

De esta forma, a través de un circuito de 4 km de recorrido, y con estos vehículos inteligentes con capacidad para 4 personas, llamados Heathrow Personal Rapid Transit, los usuarios podían realizar este trayecto siempre que lo necesitaran.

- Otro de los proyectos de larga implantación, dentro del marco de la primera edición de CityMobil, se localizó en Roma, y se basaba en implantar sistemas de transporte inteligentes que conectarán el nuevo Palacio de Congresos de la ciudad con la estación de trenes y uno de los aparcamientos.

Debido a los graves problemas de congestión de tráfico que se daban en Roma, se decidió crear el nuevo Palacio de Congresos fuera del centro de la ciudad, colaborando así a reducir este problema. De esta manera, y de igual forma que en el caso anterior, estos sistemas de transporte colectivo autónomos, llamados Cybernetic Transport System, eran los encargados de transportar a los asistentes de los diversos eventos, desde el centro de la ciudad hasta el Palacio de Congresos.

En este caso, los visitantes podían ir desde el coche, o el tren, hasta el Palacio de Congresos, usando uno de estos vehículos sin conductor que contaba con 20 plazas, y que realizaba el trayecto de 2,2 km existente entre ambos puntos de la ciudad.

- Por último, tenemos el proyecto desarrollado en nuestro país, más concretamente en la ciudad de Castellón. El plan implementado, llamado Hybrid Transport System, estaba basado en la instalación de un trolebús, híbrido de bus y tranvía, automatizado, que contara con un carril especial por el que circular, alimentado con electricidad mediante una catenaria, pero con ruedas neumáticas, no railes, de forma que contara con las ventajas del bus y el tranvía. Esto se debe a que podía contar con la flexibilidad del bus, pero siendo más eficiente, en términos energéticos y de espacio, gracias a las características propias de un tranvía.

En relación a la tecnología de conducción autónoma incorporada con este medio de transporte, cabe mencionar que aportaba un mayor aprovechamiento del espacio gracias a la exactitud y precisión de estos sistemas. Por otro lado, a pesar de estar diseñado para funcionar de manera autónoma total, era necesario contar con un “conductor” dentro de la cabina, para la realización de funciones de supervisión, lo cual se explica por tratarse de una prueba experimental. Sin embargo, como veremos más adelante en la exposición de los resultados, este hecho se ha ido perpetuando con el tiempo, y el funcionamiento autónomo de este vehículo ha quedado totalmente olvidado.

Este transporte urbano inteligente cubría un recorrido de 40 km, conectando la ciudad de Castellón con otras poblaciones cercanas como Benicassim, Burriana o Vila-Real, y otras zonas de la ciudad, como el campus universitario Jaume I.

Una vez detallados los diferentes proyectos puestos en marcha gracias al programa europeo CityMobil, pasamos a evaluar los impactos generados, así como sus resultados, y el grado de cumplimiento de los objetivos marcados al inicio del mismo.

Podemos decir, que en general, los resultados conseguidos en esta primera fase fueron realmente buenos, según el informe final realizado por la organización y los expertos participantes.

Según este informe, se consiguió cumplir con, prácticamente, la totalidad de los objetivos marcados inicialmente. De esta forma, ha quedado demostrada la viabilidad de los sistemas de transporte autónomos en entornos urbanos. Además, la realización de este proyecto y sus demostraciones varias, han servido de buena publicidad para ayudar al fomento y la aceptación de este tipo de medios de transporte.

Sin embargo, como punto negativo, cabe resaltar que todavía queda un largo camino por recorrer, puesto que proyectos como este solo son el inicio, y además, sacan a la luz fallos existentes en estas tecnologías.

Por último, en referencia a estos fallos que mencionamos, debemos señalar el caso de Castellón, puesto que, como ya mencionábamos durante el desarrollo de su proceso, y a pesar de poderlo tomar como un caso aislado, sus resultados han sido realmente negativos. Esto se debe al hecho de que las obras en infraestructura están, a día de hoy, realizadas y acabadas, y sin embargo, el servicio de transporte no funciona, o si lo hace, es de forma convencional, es decir, con un conductor que maneja el vehículo. Estos hechos pueden deberse, como es habitual en nuestro país, a la tendencia existente al derroche y la escasa planificación del proyecto.

CityMobil 2

Esta segunda edición del proyecto CityMobil, surgida como continuación de la primera fase dado su éxito, está en desarrollo actualmente, puesto que desde su fecha de inicio, en Septiembre de 2012, tiene una duración programada de 4 años, es decir, hasta el año que viene.

En cuanto al presupuesto que le ha sido asignado a esta edición, se sitúa en torno a los 9,5 millones de euros. Este presupuesto, al igual que pasaba en el caso anterior, lo otorga mayoritariamente la Unión Europea, contando también con las aportaciones del resto de entidades participantes.

El funcionamiento de este segundo proyecto CityMobil, es igual que el llevado a cabo en su primera edición, ya que también se realizan programas de implementación de tecnología autónoma, pruebas en distintas ciudades y diferentes actos y grupos de trabajo que implican gran variedad de actores, públicos y privados, todo ello con el objetivo de fomentar el uso de los medios de transporte inteligentes en las ciudades.

Respecto a los participantes implicados en esta secuela, como ya avanzábamos al inicio, han aumentado su número en comparación con la edición anterior, ya que han pasado de 28 a 45, debido al éxito que esta tuvo, así como la gran acogida por parte de todos. De nuevo, también hay participantes de todos los ámbitos, tanto públicos, como privados.

Una vez introducida esta segunda parte del proyecto CityMobil, pasamos ya a ver, más detalladamente, como se ha llevado a cabo y que actividades que se han realizado para su desarrollo. En este caso, a diferencia de la primera parte, vamos a comentar más resumidamente todos los tipos de actividades que se están desarrollando, para así poder tener una idea más amplia de este proyecto.

En primer lugar, tenemos las demostraciones de larga de duración, todas en torno a los 6 meses, que se llevan a cabo en distintas ciudades europeas, con el objetivo de mostrar la utilidad y los beneficios de los medios de transporte automatizados. A continuación, apuntamos las 3 ciudades, que en esta edición, están siendo objeto de estas demostraciones de tecnología autónoma.

- La región de Lausana, en Suiza, donde se han implantado sistemas de transporte inteligente para cubrir los trayectos dentro del campus universitario de la ciudad de St-Sulpice.
- En La Rochelle, Francia, donde se han establecido conexiones entre varias zonas de la ciudad a través de la instalación de 6 vehículos totalmente automatizados.
- En la ciudad griega de Trikala, próximamente se van a implantar varios autobuses autónomos que recorran la ciudad, con el objetivo de probar estos sistemas inteligentes en un escenario complicado, puesto que esta ciudad tiene un ambiente “caótico” para la conducción, por su complicado tráfico, la dificultad de sus calles y su peculiar orografía.

En segundo lugar, vamos a hablar de las demostraciones de media duración, las cuales tienen lugar durante un periodo comprendido entre 1 y 3 meses. El objetivo de estas, es exactamente el mismo que en el caso anterior, solo tienen la diferencia de la duración más reducida del proyecto. Para este caso, durante el desarrollo de CityMobil2, se han llevado a cabo dos de estas actividades de demostración, que vemos a continuación.

- En la ciudad italiana de Oristano, se instalaron 2 vehículos autónomos que recorrían el paseo marítimo de la ciudad llevando a todo el mundo quisiera montar. La duración de esta demostración fue de 2 meses, durante el año pasado.
- En una ciudad de Finlandia, llamada Vantaa, actualmente hay instalados unos pequeños autobuses autónomos que unen la estación de tren con el Palacio de Congresos, de forma que, durante los 2 meses que dura este proyecto, los asistentes a cualquier feria que se celebre en ese recinto, pueden utilizar estos vehículos para llegar hasta allí.

Por último, y persiguiendo el mismo objetivo que los dos casos anteriores, también se están llevando a cabo pequeñas demostraciones, consistentes en realizar exhibiciones de estos sistemas de transporte en diferentes ciudades, durante varios días. Vemos algunas de estas a continuación.

- En nuestro país, en la ciudad de León, en Septiembre del año pasado, se exhibieron 2 vehículos autónomos eléctricos. Estos transportes recorrieron con quien quisiera montar en ellos, el centro de la ciudad, durante 10 días. Como apunte futuro, cabe comentar que está organizando otra demostración como esta para otra ciudad española, en este caso San Sebastián.
- En la ciudad italiana de Milán, aprovechando que este año se celebra la EXPO, y por ello habrá un gran movimiento de público, se van a probar varios de estos sistemas de transporte automatizados durante unos días.

De esta forma, hemos podido ver cómo funciona, y que actividades se llevan a cabo, durante el desarrollo de la segunda edición de este proyecto europeo CityMobil, que está teniendo lugar actualmente.

Puesto que, como acabamos de indicar, este proyecto sigue siendo desarrollado, todavía no contamos con los resultados finales del mismo, que serán los que mayor validez tengan. Sin embargo, los resultados provisionales, existentes hasta el momento, indican que esta segunda fase del proyecto, de igual forma que la primera, está teniendo buenos resultados, ya que se ha recibido buena acogida por parte de la gente, y además, el funcionamiento de todas las actividades y demostraciones está siendo el adecuado.

3.2.2.2. Proyecto MCity

El proyecto que ahora nos ocupa, poco tiene que ver con el que acabamos de ver, ni en su forma, ni tampoco en el contenido. Lo que sí que comparten ambos proyectos, es la parte más importante en este ámbito, y es que se tratan de plataformas muy útiles para fomentar y desarrollar la tecnología autónoma en la actualidad.

Ese es el motivo más importante por el que también hemos elegido este proyecto para ser objeto de estudio, puesto que se trata de una oportunidad realmente buena, y sobre todo práctica, para poder desarrollar tecnologías de conducción autónoma, así como también ha sido una razón de peso para esta elección, el hecho de tratarse de un caso muy curioso y llamativo.

Este Proyecto MCity está destinado a crear una ciudad ficticia que cuente con todos los elementos característicos de una real. El objetivo de esto es poder realizar pruebas en circunstancias prácticamente

reales con vehículos autónomos, pero sin la necesidad de sufrir los problemas de hacerlo en la circulación normal.

De esta forma, ahorrándose posibles problemas que pudieran surgir en las calles, como por ejemplo, dificultades legales, posibles accidentes, o falta de acciones para alguna prueba, no es necesario privarse de los aspectos positivos que esta ofrece. Además, este aspecto de la conducción, es el que más falta hace desarrollar en esta tecnología, ya que los vehículos autónomos actuales no tienen problemas para circular por largas, y poco transitadas, carreteras, sino que deben mejorar en los aspectos que la circulación de una ciudad ofrece, es decir, donde se mezclan muchas variables distintas como pueden ser peatones, cruces, semáforos, o demás imprevistos propios de la circulación habitual.

Esta idea, de crear un gran escenario real para pruebas de vehículos automatizados, ya contaba con varios antecedentes, entre ellos la ciudad Toyota, en Japón, o la ciudad de Volvo, en Suecia. Sin embargo, hasta ahora no se había conseguido recrear con tanta precisión una ciudad de verdad. De hecho, esta MCity, es casi idéntica a una ciudad, en lo que a conducción se refiere.

Este proyecto ha sido llevado a cabo por la Universidad de Michigan, junto a la colaboración del Departamento de Trafico de Detroit. También han participado en el proyecto, algunos fabricantes como, Ford, Nissan, Honda, Toyota y General Motors. Estos últimos consideran el proyecto como una oportunidad importantísima de cara al futuro, puesto que les va a permitir probar sus sistemas de una forma sencilla, pero real, y ya se encuentran “haciendo cola” para poder llevar a cabo dichas pruebas en la ciudad ficticia.

Esta ciudad, situada en Michigan, ya se encuentra totalmente “construida”, y se ha estrenado el pasado mes de Julio. El tamaño de esta ciudad ronda las 13 hectáreas, y su coste ha sido 10 millones de dólares.

Se trata de una ciudad figurada, con edificios de atrezzo, que simula perfectamente las características de una real. En ella se pueden ver elementos tan habituales como, peatones, señales de tráfico, semáforos, túneles, curvas de distintos tipos, o incluso, diferentes asfaltos. Tanta es la realidad que se quiere representar, que incluso se han simulado defectos de los que podemos encontrar en la calle, como por ejemplo, señales con poca visibilidad, o carriles prácticamente sin pintar.

Con todo esto, se va a poder probar, y con ello mejorar, los diferentes sistemas y tecnologías autónomos que existen en la actualidad, consiguiendo con ello avances importantes en este campo. Además, también se ha instalado un sistema de intercambio de datos, como los estudiados anteriormente en este trabajo, con el que poder seguir investigando en esta materia de la comunicación entre vehículos e infraestructuras, puesto que de otra forma sería más difícil hacerlo.

Así pues, como ya adelantábamos antes, y en solo un mes de funcionamiento, este proyecto MCity ha demostrado ser un éxito total, ya que las marcas implicadas en este asunto de la tecnología autónoma están deseosas de usar las instalaciones para sus pruebas. Tal es así, que en el futuro ya se baraja la opción de adaptar también una ciudad vecina más grande, pudiendo con ello disponer de más lugares para estas pruebas.

Habiendo visto todo esto, queda claro que iniciativas como esta sirven de gran ayuda para fomentar el avance del vehículo autónomo, ya que, como veremos en el punto siguiente, la legislación todavía no está adaptada a estas tecnologías, con lo que alternativas como la ciudad MCity se convierten en opciones muy útiles para seguir desarrollando los sistemas, hasta que la ley permita probarlos en cualquier lugar.

4. Legislación: Diferentes aplicaciones a escala mundial

4.1. Introducción

Llegados a este punto, y una vez tratados los aspectos funcionales de los vehículos autónomos, donde hemos podido ver su funcionamiento, las tecnologías empleadas, o los diferentes modelos ya existentes en la actualidad, se hace necesario, para realizar un estudio completo del tema, el análisis de un aspecto más formal, como es la legislación que regula este campo.

Además, como venimos viendo con anterioridad a lo largo del proyecto, y según indican los agentes del sector implicados, actualmente el tema legislativo emerge como el gran escollo a superar en el campo de los vehículos sin conductor, por encima incluso del aspecto tecnológico, y debido principalmente, a la falta de acuerdo entre todas las partes implicadas en el proceso.

Así pues, se habla continuamente del ámbito legal como el tema pendiente en la actualidad, puesto que, como podremos ver a continuación, son escasos los marcos regulatorios que podemos encontrar en el sector. Esta indefinición legal en la mayoría del derecho internacional redundará en que, como señalábamos anteriormente, sea un tema preocupante para los agentes implicados en esta materia, puesto que a pesar de los avances conseguidos en el aspecto técnico, no pueden seguir adelante, como ya reflejábamos en el punto anterior, con el desarrollo de los proyectos al no estar permitidas las pruebas necesarias en carreteras y circunstancias convencionales, de una forma regulada y generalizada.

Por tanto, resulta clave y fundamental actualizar todas las normas legales que regulan este ámbito, y hacerlo de una manera ágil, puesto que, como también veremos más adelante, son muchos los aspectos sobre los que legislar. Además, dada la premura con la que avanzan los aspectos técnicos de la conducción autónoma, parece lógico que estas leyes encargadas de su control, también se adapten a la misma velocidad, pensando incluso en que, de cara al futuro, deberían quedar preparadas para la posible llegada de estos vehículos a nuestras carreteras.

De esta forma, para el desarrollo de este apartado del proyecto, nos marcamos el objetivo de dar a conocer el marco legal implicado en la regulación de los vehículos autónomos. Con ello, podremos obtener una visión actualizada de la situación real del tema, y juzgar así los posibles déficits legales existentes, tan señalados por todos los agentes implicados en el negocio, que hemos comentado anteriormente. Para llevarlo a cabo, vamos a desarrollar el estudio de los siguientes puntos.

- Aspectos clave a desarrollar en la legislación sobre vehículos autónomos
- Situación legislativa actual de esta materia en el mundo

4.2. Aspectos fundamentales a legislar

Como acabamos de adelantar, en este apartado buscamos responder a las dudas que surgen ante la pregunta sobre qué aspectos son necesarios regular en este nuevo campo de la conducción automatizada, ya que debido a la novedad del tema y la dificultad de los aspectos a tratar, no existe todavía una pauta que dicte con exactitud los temas a regular, surgiendo así un abanico inmenso de posibilidades.

Por tanto, dada la importancia del tema ante posibles problemas legales que pudieran surgir en el futuro con la generalización de la tecnología autónoma, es interesante hacer una recopilación de estos aspectos relevantes que deben ser tratados y regulados legalmente.

A continuación detallamos algunas de estas importantes materias que, según fuentes como RAND Corporation, en su guía para orientar a los decisores políticos en materia de tecnología autónoma (*Autonomous Vehicle Technology, A Guide for Policymakers*, 2014), deben ser objeto de desarrollo legislativo.

- En primer lugar, debe decidirse que actividad será objeto de regulación. Parece lógico en la actualidad, que se legisle acerca de las pruebas de vehículos sin conductor, puesto que es la actividad más necesaria hoy en día, llegando a regular su comercialización, y uso generalizado, más adelante, una vez que los proyectos vayan siendo exitosos y exista una demanda real de este tipo de vehículos.
- Será necesario tratar en el ámbito legal bajo qué tipo de regulación se debe legislar en este campo, puesto que cada rango de ley implica unas consecuencias distintas. Así pues, también es necesario discernir qué nivel del estado, es decir, que gobierno o administración, será el encargado del desarrollo legislativo.
- También se hace necesario decidir qué tipo de tecnologías y vehículos autónomos van a estar autorizados en las carreteras.
- Respecto al tema de las carreteras, hay que ver en cuales se va a permitir el uso de estos vehículos, y por otro lado, en cuales estaría prohibida su circulación.
- Otro punto importante y conflictivo es la determinación del tipo de “conductor” que va a poder viajar en el vehículo, así como la posible necesidad de tener un carnet que acredite su buen uso, ya que estos coches están pensados para, en un futuro, poder llevar a jóvenes sin la edad de conducir, personas con discapacidad sensorial, o gente de edad avanzada.
- Un tema muy comentado actualmente, como es la programación que deben tener estos sistemas de conducción autónoma, también llamada “ética del coche”, puesto que según este programado un vehículo, en un posible caso de accidente inminente, debe decidir entre salvar unas vidas, u otras.
- El tema que, quizás, más polémica despierta en este campo, las responsabilidades en caso de cualquier accidente o percance. La legislación debe desarrollar perfectamente este tema, tratando aspectos como quien es el responsable, como debe responder, las cuantías de las sanciones, o si deberá ser obligatorio la contratación de un seguro.

En la actualidad este tema está claro, el principal responsable siempre es el conductor del vehículo, pero en el caso de los vehículos autónomos parece que esta responsabilidad tenderá a ir hacia el fabricante o el diseñador del software. Todo esto, como ya hemos dicho, será uno de los aspectos más conflictivos, pero deberá ser regulado y acordado por todas las partes.

- Los controles que deben pasar estos vehículos automatizados. La ley tiene que establecer qué tipo de controles son necesarios para este tipo de vehículos, así como el grado de rigurosidad de los mismos. Se podrían decantar por controles como los que se realizan ahora mismo, tipo ITV en España, o elegir controles más complejos y detallados, dada la complejidad de los sistemas autónomos y la dependencia absoluta de su buen funcionamiento.
- La posible existencia de programas gubernamentales destinados a incentivar el uso de estos vehículos, dadas las hipotéticas ventajas, vistas anteriormente en este proyecto, que aportarían de cara a mejorar el tráfico, la seguridad en las carreteras, el medio ambiente, o incluso, la productividad.
- Gestionar la privacidad de la enorme cantidad de datos e información personal generada inevitablemente por estos vehículos, puesto que dicha información es totalmente necesaria para su funcionamiento, y dado que estos funcionan gracias a sistemas de conexión e intercambio de datos, surge el riesgo de que se vulnere la intimidad de las personas.
- Otro importante foco de conflicto a la hora de legislar este campo, pero que debe ser llevado a cabo, es la elección de sectores en los que se permitirá la aplicación y uso de estos vehículos sin conductor. En este caso, ante una generalización de esta tecnología en el futuro, habría que haber definido en que sectores de actividad se van a poder usar estos transportes.

Esta decisión, considerando factores tan delicados como pueden ser el empleo, la rentabilidad y productividad de las empresas, o la seguridad, se antoja muy complicada de tomar, pero debe ser uno de los aspectos legales que se desarrollen en el marco de la ley, para contar así con la seguridad que esta aporta.

- Por último, será importante determinar, en cada caso, el grado de automatización permitida para estos vehículos, puesto que en casos como el actual, donde esta tecnología está inmersa en pleno desarrollo y periodos de pruebas, ya adelantamos, que siempre es obligatorio que exista la posibilidad de pasar la conducción a modo manual. Sin embargo, en el futuro, probablemente sea posible el uso de vehículos con un funcionamiento, total y únicamente, automatizado.

Es necesario resaltar que la ley, además de regular estos aspectos que hemos mencionado, debe ser muy flexible, dados los grandes y rápidos cambios que se experimentan en este campo de la conducción autónoma y sus sistemas, puesto que se encuentra inmerso en un periodo de constantes cambios tecnológicos, y por tanto, el marco legal no puede suponer una barrera a este desarrollo.

Para acabar, hay que volver a señalar la necesidad de llevar a cabo esta adaptación de las leyes, ya que, como hemos podido ver, los aspectos a tratar son muchos y complicados, y el tiempo disponible no tanto, puesto que el desarrollo en este campo avanza rápidamente. Así, una vez que se haya conseguido establecer una base legal que regule este área de la conducción autónoma, sería suficiente con seguir adaptándose a los posibles cambios a través de modificaciones, pero hasta entonces, es necesario dar este primer paso de formalizar una legislación marco.

4.3. Estado actual de la legislación

Una vez vista la importancia y la dificultad de desarrollar el tema legal en el ámbito de nuestro estudio, los vehículos autónomos, y puesto que ya lo hemos venido anticipando a lo largo del proyecto, pasamos ahora a tratar la parte más importante y desarrollada de este punto, el estudio de la situación legislativa actual en el campo de la conducción autónoma.

Este apartado tiene gran importancia, ya que en él podremos ver, de forma detallada, la idea que venimos adelantando en los últimos puntos del proyecto, en la que hemos hablado del escaso desarrollo legislativo, existente hasta la fecha, para regular los vehículos autónomos.

De esta manera, hemos centrado el estudio en la legislación de EEUU y Europa, ya que son los lugares que están llevando el peso del desarrollo de estas tecnologías, y los únicos donde, aunque poco, se ha legislado acerca de la materia, y siempre en relación a las posibles pruebas de vehículos autónomos que se puedan realizar en sus carreteras.

Cabe mencionar que, en Asia, a pesar de haberse realizado, o estar prevista la realización, de pruebas de circulación de vehículos autónomos en carreteras convencionales, principalmente en Japón, con el desarrollo de tecnología automatizada por parte de Toyota y Nissan, pero también en China y Singapur, no consta la existencia de ningún tipo de ley que regule estas actividades, sino que dichas pruebas responden a licencias excepcionales otorgadas por los gobiernos, de forma particular, a cada proyecto.

Por tanto, pasamos ya a ver, detalladamente, el estado de la legislación que regula este tipo de vehículos en EEUU y Europa.

4.3.1. Estados Unidos

Dentro del, ya mencionado, escaso desarrollo legislativo imperante en el sector de la conducción autónoma, el caso de EEUU lo podemos definir como el más avanzado, puesto que es el lugar del mundo donde encontramos más leyes que regulen dicha actividad.

En primer lugar, debemos señalar que, la agencia gubernamental National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), que en España sería la DGT, publicó un informe sobre la tecnología de conducción autónoma en 2013, donde señalaba que no era urgente la elaboración de leyes para regular este campo, puesto que todavía no había llegado la conducción autónoma total a las carreteras, momento el cual, habría que plantearse actuar en este sentido. De este hecho, se puede explicar porque todo el desarrollo legislativo, que regula este campo en EEUU, se ha hecho a nivel estatal.

También debemos mencionar que, salvo contadas excepciones, las leyes estatales americanas de circulación no prohíben, directamente, los vehículos automatizados. A pesar de esto, y como indica la lógica, estas actividades deben ser reguladas por ley, dadas las circunstancias y posibles consecuencias de las mismas.

Con todo esto, ya podemos pasar a profundizar en estas leyes que regulan el sector en EEUU, teniendo en mente que, según cada caso, algunos estados han aprobado regulación del tema, otros la han rechazado, y otros territorios, están a la espera.

Tabla 3. Regulación sobre conducción autónoma pendiente de decisión en EEUU, año 2015.

ESTADO	LEY
Washington	HB 2106
Oregón	SB 620
Idaho	SB 1108
Dakota del Norte	HB 1065
Texas	HB 933
Hawaii	HB 1458/HB 632
Illinois	HB 3136
Missouri	HB 924
Tennessee	HB 616/SB 598
Georgia	SB 113
Carolina del Norte	SB 600/HB 782
Maryland	HB 172/SB 778
Nueva Jersey	S 734/A 1326
Nueva York	A 31
Connecticut	HB 6344
Massachusetts	S 1841/H 2977

Y por último, también tenemos los casos que más nos interesan para nuestro estudio, los diferentes lugares de EEUU donde está permitido realizar pruebas de circulación autónoma por sus carreteras. A continuación, nos detenemos a analizar en detalle estos lugares, 5 estados y 1 ciudad, para poder conocer más profundamente en qué consisten estos permisos otorgados al sector. Estos lugares son los siguientes.

- Estado de Nevada
- Estado de Florida
- Estado de California
- Estado de Michigan
- Ciudad de Washington D.C.
- Estado de Virginia

4.3.1.1. Estado de Nevada

El caso de Nevada es el más pionero y adelantado en este aspecto que estamos hablando, ya que se trata del primer caso de legislación dirigida a regular la circulación de vehículos autónomos.

Como todos los casos que iremos viendo de aquí en adelante, esta ley, aprobada por el Estado de Nevada a finales del año 2011, va dirigida a regular las pruebas de vehículos automatizados en sus carreteras.

Con esta ley, y según el propio Estado de Nevada, se buscaba cumplir los objetivos siguientes.

- Adelantarse a un hecho que parece claramente irremediable, como es el desarrollo y la llegada de la tecnología autónoma a la conducción.
- Aprovechar este status, de única ciudad que permite probar en sus carreteras vehículos sin conductor, para sacar un beneficio, ya que hay mucho dinero en juego en este sector, como se viene señalando desde hace tiempo.

Cabe señalar que, en la aprobación de esta trascendental ley, colaboró conjuntamente una amplia representación de los agentes implicados en el desarrollo de esta tecnología, como son, el gobierno de Nevada, Google, diferentes universidades, o un conglomerado de entidades de seguros.

En cuanto a los requisitos que esta ley exige a las empresas que desean usar las carreteras de Nevada para llevar a cabo sus pruebas de conducción autónoma, los vemos detallados a continuación.

- La empresa deberá contar con una licencia otorgada por la administración. Para obtener dicha licencia hay que cumplir una serie de requisitos.
 - Contratar un seguro que cubra cualquier posible percance o accidente.
 - Pagar una cuota anual, de importante cuantía, a la administración correspondiente.
 - El proyecto debe haber sido aprobado con anterioridad por la autoridad competente.
- La matrícula del coche usado en las pruebas tiene que ser roja.
- Durante dichas pruebas, en el vehículo autónomo siempre deben ir 2 personas, y al menos uno de ellos, tiene que tener carnet de conducir.
- Solo se podrá probar esta conducción sin conductor en las carreteras del estado que han sido seleccionadas para ello, no en todas es posible llevar a cabo pruebas.
- El vehículo debe llevar una “caja negra”, similar a la de los aviones, la cual se encargará de almacenar los datos recogidos durante las pruebas, de forma que puedan ser usados en caso de accidente para explicar lo sucedido.
- En todo momento, debe ser posible el cambio de conducción autónoma a manual. Este requisito, fundamental en las pruebas de vehículos sin conductor, hace indispensable la instalación de volante y pedales, razón por la cual, como vimos en su momento, Google tuvo que cambiar el diseño inicial de su nuevo vehículo autónomo.

Como iremos viendo a continuación, estos requisitos que marca el Estado de Nevada, para las empresas interesadas en probar sus tecnologías de conducción automatizada, en sus carreteras, parece que sentaron base para los siguientes marcos legales que se establecieron, ya que son muy parecidos en el resto de leyes que seguimos viendo.

4.3.1.2. Estado de Florida

La ley aprobada en este estado, en la primavera del año 2012, convirtió Florida en el segundo lugar que desarrollo legislativamente las pruebas de vehículos sin conductor en sus carreteras.

Los requisitos que impone esta ley, como acabamos de adelantar, guardan un gran paralelismo con los vistos en el caso anterior. Algunos de ellos son los siguientes.

- De nuevo, es obligatorio haber obtenido la licencia otorgada por la administración.
- También debe ser posible volver al modo manual de conducción en todo momento.
- Siempre debe haber un “conductor” en el vehículo, que tenga carnet de conducir, y se pueda hacer cargo de la situación si hay algún percance.
- Esta ley marca un límite de velocidad para el desarrollo de estas pruebas, de 65 km/h, que el vehículo no puede superar durante la realización de las mismas.

Con este marco legal desarrollado en Florida, se buscaba poder participar en el desarrollo de estas tecnologías, que como veíamos antes, se ha convertido en un negocio que mueve gran cantidad de dinero.

4.3.1.3. Estado de California

En este caso, la ley fue aprobada a finales de 2012, sin embargo, no se hizo efectiva hasta el 2014.

Como en casos anteriores, este estado buscaba regular las pruebas de vehículos autónomos en su territorio, participando así, en el ya mencionado, negocio del desarrollo de estas tecnologías.

El desarrollo de esta ley, como en la mayoría de los casos, se llevó a cabo en colaboración con los agentes, públicos y privados, implicados en la causa. En el caso de California, fue la empresa vecina Google, la que más participó en este desarrollo, puesto que tenía grandes intereses en probar todos sus avances en su mismo estado.

Algunos de los requisitos que esta ley impone a las empresas, que prueban sus vehículos en las carreteras de California, son los siguientes.

- Necesidad de obtener un permiso anual, cumpliendo, entre otros requisitos, con el pago de una tasa.
- Contratar una póliza de seguro por valor de 5 millones de dólares.

- Siempre debe ir alguien en el asiento del piloto, y en este caso, debe tener un permiso de conducir especial expedido por el Departamento de Tráfico de California. De esta forma, ante cualquier posible imprevisto, esta persona se podrá hacer cargo de la conducción.
- En el caso de producirse cualquier tipo de percance, por pequeño que sea, debe ser comunicado al Departamento de Tráfico.

Por tanto, seguimos viendo el paralelismo existente, entre las leyes que desarrollan el marco regulatorio de estas pruebas de conducción automatizada, en los diferentes estados de EEUU.

4.3.1.4. Estado de Michigan

En este estado se aprobaba, a finales de 2013, otra ley similar para regular las actividades de prueba de conducción autónoma en su territorio.

En este caso, además del hecho de poder participar en el desarrollo de estas tecnologías, sacando un beneficio económico, también entraba en juego, según apuntaba el propio gobernador del estado en el acto de firma de la ley, el hecho de que Michigan sea considerada la capital mundial del automóvil.

Por tanto, se aprueba la cuarta ley que regula estas pruebas de circulación sin conductor, en otro estado americano. Esta ley exige unas condiciones muy similares al resto, con la obligación de contratar un seguro, la obtención obligatoria de una licencia para poder operar, o la necesidad de que siempre haya alguien al volante durante la realización de las pruebas.

4.3.1.5. Ciudad de Washington D.C.

A pesar de no tratarse de un estado, como el resto de casos que estamos viendo, esta ciudad, la capital de EEUU, dependiente directamente del gobierno del país, también aprobó una ley que regulaba estas pruebas de conducción automatizada en sus carreteras, en este caso, se hizo a principios del año 2013.

De la misma forma que los estados vistos anteriormente, en la ciudad de Washington D.C. también se establecieron una serie de condiciones necesarias para poder probar la tecnología de conducción autónoma en sus carreteras, entre las cuales encontramos, la obligatoriedad de conseguir una licencia estatal, el “conductor” obligatorio durante las pruebas, o la posibilidad de usar únicamente ciertas carreteras para llevar a cabo dichas pruebas.

Mediante esta ley, la ciudad de Washington se une, a los estados anteriores, al grupo de lugares que cuentan con desarrollo legislativo destinado a favorecer y amparar el desarrollo de este campo de investigación, participando, y obteniendo beneficios, del mismo.

4.3.1.6. Estado de Virginia

Finalmente, tenemos el último territorio de EEUU que ha desarrollado la legislación pertinente para regular las pruebas de vehículos autónomos en sus carreteras. Este hecho ha tenido lugar de manera muy reciente, durante el mes de Junio de este año.

En relación a los temas legales, los requisitos que impone Virginia a las empresas que deseen usar sus carreteras para llevar a cabo sus pruebas, son muy parecidos a los cinco casos anteriores. También aquí se exigen condiciones como, una licencia obligatoria, la contratación de un seguro, o que siempre vaya alguien a los mandos del vehículo, por si es necesario tomar el control en cualquier momento.

Como en los casos anteriores, no se han abierto a estas pruebas todas las carreteras del estado, sino que solo pueden ser usadas ciertas carreteras y autopistas, incluidas dentro un proyecto denominado *Virginia Automated Corridors*.

Para acabar con este estudio detallado de los diferentes territorios de EEUU donde se ha desarrollado un marco legal que regule la realización de pruebas de vehículos de conducción autónoma, cabe destacar que, de forma común en los 6 casos vistos, las empresas implicadas en el desarrollo de la industria de este tipo de vehículos, principalmente empresas tecnológicas y fabricantes de automóviles, han sabido ejercer la presión necesaria para conseguir que estos lugares se conviertan en las pistas de pruebas que necesitaban.

A pesar de esto, también hay que recordar el hecho de que los diferentes gobiernos han sabido aprovechar esta circunstancia, como es normal, para sacar beneficio de dichas pruebas, a través de los diferentes requisitos impuestos, a estas empresas, en las leyes que acabamos de ver.

Por tanto, damos por terminado nuestro análisis de la legislación actual, existente en EEUU, destinada a regular el campo de los vehículos autónomos. A continuación, pasamos a desarrollar un análisis similar de la situación que vive Europa en este mismo sector.

4.3.2. Europa

En primer lugar, debemos destacar el hecho de que el marco legislativo destinado a regular este tipo de vehículos, en los diferentes países europeos, se encuentra menos desarrollado que en Estados Unidos.

También es importante resaltar que, en el caso de Europa, al contrario que sucedía en EEUU, existe legislación concreta que prohíbe expresamente la circulación de los vehículos autónomos por carretera. Se trata, en este caso, de un acuerdo sobre circulación firmado por todos los países europeos, excepto España y Reino Unido, en 1968, durante la Convención de Viena, en el que, según lo dispuesto en varios artículos, se acordaba lo siguiente.

- Todo vehículo en circulación debe llevar un conductor
- Todo conductor debe tener el control del vehículo en todo momento

Por tanto, antes de llevar a cabo la elaboración cualquier legislación sobre este tema de la tecnología de conducción autónoma, en el derecho nacional de cualquier país participante en este acuerdo, esta legislación europea debe ser modificada, proceso que actualmente ya ha comenzado. Esto se debe a que cualquier norma europea es de rango superior a la del derecho nacional y por tanto siempre prevalece sobre

ella. En los casos de España y Reino Unido no haría falta, puesto que, como veíamos anteriormente, ninguno de los países ratificó dicho acuerdo europeo.

También cabe destacar que a pesar de esta ley, y como veíamos en el punto anterior para el caso estadounidense antes de la creación de su marco legal, se han desarrollado diferentes pruebas de circulación de este tipo de vehículos en carreteras europeas, siempre de forma excepcional y bajo permiso de las correspondientes AAPP en cada caso. Algunos de estos proyectos, ya mencionados con anterioridad, que han sido probados en carreteras europeas son los llevados a cabo por Mercedes, Audi, Volvo, o la iniciativa CityMobil.

De este forma, y volviendo a la situación actual del marco legislativo que regula los vehículos automatizados en Europa, hay que señalar el hecho de que, no ha sido hasta este año cuando, realmente, se han comenzado a dar los verdaderos pasos para avanzar en este campo legal, puesto que hasta ahora solo existía la intención, por parte de algunos países como Reino Unido, Francia, Alemania, España, Suecia, Finlandia, o Países Bajos, de adaptar las normas legales para permitir las pruebas de estos vehículos sin conductor, pero sin llegar a llevarlo a cabo.

Sin embargo, ha sido Reino Unido este año el que ha materializado estas intenciones de legislar sobre este tema, convirtiéndose así, como lo hizo el Estado de Nevada en el caso de EEUU, en el primer país europeo que redacta un marco legal que establezca las normas a seguir en estas pruebas de vehículos autónomos en sus carreteras.

Así pues, pasamos a continuación a ver, de forma detallada, en que consiste este primer caso de desarrollo de legislación de pruebas de conducción autónoma en Europa, llevado a cabo, como acabamos de mencionar, en Reino Unido.

4.3.2.1. Reino Unido

En primer lugar, como indicábamos con anterioridad, estas intenciones de adaptar las leyes para permitir este tipo de pruebas, ya habían sido planteadas años atrás, sin embargo, no ha sido hasta el verano del año pasado, más concretamente en el mes de Julio, cuando el Secretario de Estado del Departamento de Negocios del Reino Unido, Vince Cable, anunciaba que, a partir de Enero de este año, sería legal llevar a cabo pruebas de vehículos sin conductor en las carreteras del país.

Por el momento, y según lo estipulado por el gobierno de Reino Unido, las ciudades donde se llevarán a cabo diversas pruebas son las siguientes.

- Milton Keynes
- Bristol
- Greenwich
- Coventry

Son varios los objetivos que el gobierno inglés persigue tomando esta decisión. En primer lugar, esta medida tiene un claro componente económico, ya que busca obtener un beneficio a través de estas pruebas y lo que ellas conllevan, puesto que como ya vimos en el caso de EEUU, la cantidad de dinero que se mueve en

el desarrollo de este sector es importante, principalmente gracias a las licencias, los seguros, o los permisos especiales. Por otro lado, también existe la intención, por parte del gobierno, de potenciar y ayudar al desarrollo de estas tecnologías, ya que son una realidad a día de hoy, y conviene no quedarse atrás, puesto que en el futuro serán importantes.

Es importante resaltar, que en el caso de Reino Unido, no ha sido necesario elaborar una ley completamente nueva para regular estas pruebas de conducción autónoma, sino que a través de una revisión de leyes ya existentes, junto a la publicación de un código de buenas prácticas, se ha establecido el marco regulatorio bajo el que realizar dichas pruebas.

De esta forma, mediante la legislación que acabamos de mencionar, el gobierno de Reino Unido establece una serie de requisitos, parecidos a los vistos en el caso de EEUU, que deben cumplirse para la realización de pruebas de vehículos autónomos en sus carreteras. Algunos de los requisitos más importantes son los siguientes.

- Estas pruebas deben ser siempre seguras para el resto de conductores, y por tanto, la tecnología usada debe haber sido probada, con éxito, anteriormente.
- Es obligatorio la contratación de un seguro que cubra posibles percances.
- Siempre debe haber alguien en el asiento del conductor durante la realización de la prueba. Además, esta persona debe ser capaz de tomar el mando ante cualquier imprevisto.
- En todos los vehículos que realicen estas pruebas debe haber una “caja negra” que guarde los datos generados durante las mismas, de forma que, si se produce un accidente, esta información pueda ser usada para determinar las causas.
- Para poder realizar estas pruebas, es necesario que la empresa interesada obtenga una licencia otorgada por la autoridad competente. La obtención de esta licencia, conlleva el pago de una cuota establecida por el organismo correspondiente.

Con esto podemos dar por acabado el estudio detallado de la única legislación existente en Europa, hasta el momento, que regule el desarrollo de pruebas de vehículos sin conductor en carreteras convencionales.

Como señalábamos al comienzo de este punto, otros países europeos también tenían intenciones, junto a Reino Unido, de adaptar sus normas legales a la llegada de estas tecnologías de automatización de la conducción. Sin embargo, este grupo de países no ha sido capaz de conseguir avanzar tanto en esta materia, como sí que lo ha hecho el gobierno inglés.

A continuación, pasamos a ver, caso por caso, la situación de algunos de estos países que, pese a no haber llegado al nivel de Reino Unido, han conseguido ciertos avances en la materia y, además, parecen decididos a cumplir con estas intenciones iniciales. También veremos el caso de España, ya que es interesante ver la situación legal de este tema en nuestro país, a pesar de que, como podemos adelantar, no hemos avanzado tanto como el resto de países europeos.

4.3.2.2. España

En el caso de nuestro país, igual que Reino Unido, existe la, ya mencionada, ventaja de no haber ratificado el acuerdo sobre circulación que firmaron otros países europeos durante la Convención de Viena, en el cual, como ya vimos anteriormente, aparecen varios artículos que impiden el desarrollo legal los vehículos sin conductor.

Sin embargo, como veremos más adelante, nada tiene que ver la situación de nuestro país con la de Reino Unido, a pesar de contar con este hecho favorable para España, y también, con las siguientes ventajas que hacen de nuestro territorio, un lugar muy adecuado para desarrollar pruebas de vehículos autónomos.

- Es un país pequeño donde, en poca extensión, se pueden encontrar diferentes tipo de orografía, así como, climas y temperaturas, lo cual resulta atractivo para desarrollar estas pruebas, dada la variedad de situaciones que proporciona este aspecto.
- En nuestro país contamos con una industria del automóvil muy desarrollada, principalmente porque es una parte muy importante de nuestra economía, lo cual permitiría a los fabricantes tener situadas muy cercanas sus fábricas durante el desarrollo de estas pruebas.

Por tanto, como adelantábamos antes, a pesar de estas ventajas con las que cuenta España, actualmente nuestras leyes no se han adaptado para crear un marco legal que regule estas pruebas de conducción automatizada. Además, cabe mencionar que llevar a cabo esta adaptación es sencillo, puesto que solo sería necesario modificar el artículo 47 del Real Decreto 2822/1998, del 23 de Diciembre, en el que se tratan los temas relacionados con la realización de pruebas y ensayos de vehículos.

Por el momento, y a pesar de todas estas ventajas que estamos viendo en favor de España, nuestra legislación no se ha adaptado para tratar este tema, lo cual supone quedarnos rezagados en comparación con otros países europeos que, como veremos a continuación, ya han comenzado a dar los primeros pasos para cambiar sus leyes en relación a este aspecto.

Para acabar con el caso español, podemos recordar que, aunque no se haya elaborado legislación para regular este campo, sí que se han llevado a cabo varias pruebas de este tipo de vehículos en nuestras carreteras, como pueden ser los proyectos desarrollados por Volvo, o CityMobil, pero siempre, como veíamos en casos anteriores, gracias a permisos excepcionales concedidos por las autoridades correspondientes.

4.3.2.3. Alemania

El caso alemán es, seguramente, uno de los próximos en seguir los pasos de Reino Unido, ya que, pese a no tener actualmente regulación sobre este sector de los vehículos autónomos, es uno de los países europeos que más está trabajando en conseguirlo.

Como ya hemos visto en el caso de otros países sin legislación específica del tema, también en Alemania se han llevado a cabo varias pruebas de vehículos sin conductor por sus carreteras, las cuales han sido permitidas, gracias a licencias especiales concedidas por el gobierno correspondiente. Estas pruebas formaban parte del desarrollo de proyectos de conducción autónoma, como pueden ser los llevados a cabo en carreteras alemanas por Mercedes, o BMW.

Como señalábamos antes, Alemania es uno de los países más activos en este campo, y probablemente sea de los primeros en seguir los pasos del caso inglés, puesto que tiene pendiente aprobar una ley que permitiría la realización de pruebas de vehículos autónomos en la autopista A9, más concretamente entre las ciudades de Múnich y Berlín. Además, este proyecto incluye la implantación de un sistema Car2X, como los vistos al comienzo de este trabajo, que serviría para probar este tipo de sistemas de intercambio de datos entre vehículos e infraestructuras en condiciones reales, lo cual refuerza la idea de que Alemania apuesta claramente por este tipo de tecnologías autónomas de conducción.

4.3.2.4. Suecia

En el caso de Suecia, también están pendientes de que se realicen los cambios legales pertinentes, en relación al acuerdo firmado en la Convención de Viena, para llevar a cabo una adaptación del marco legal que regula estos vehículos automatizados, de forma que, puedan aprobar una ley nueva que permita la realización de pruebas con este tipo de vehículos, ya que la existente en la actualidad lo impide.

A pesar de no poder contar, por el momento, con la ley que regule estas actividades de prueba en sus carreteras, Suecia, como otros casos que estamos viendo, desarrolla sus proyectos de conducción autónoma bajo el amparo de licencias especiales otorgadas por los organismos correspondientes, como por ejemplo, ha hecho para autorizar una prueba de Volvo, para el año 2017, en la que 100 coches autónomos van a ser usados, por ciudadanos que estén interesados, en las carreteras del país.

4.3.2.5. Francia

Este país es otro de los que está apostando fuerte por el desarrollo, tanto técnico, como legal, de estas tecnologías, como muestra el hecho de que, en Julio del año pasado, presentó la Hoja de Ruta que marca las pautas a seguir en este campo. Algunas de las acciones más importantes que allí aparecen, son las siguientes.

- Llevar a cabo la intención existente de cambiar los aspectos, de la Convención de Viena, que suponen una barrera para el desarrollo legal del campo de la conducción autónoma.

Esto ya se ha materializado el año pasado, cuando Francia, junto a otros países europeos como por ejemplo, Alemania, realizaron una propuesta conjunta con este objetivo.

Como ya hemos venido comentando, es de vital importancia cambiar estos aspectos legales, puesto que la configuración del derecho europeo otorga superioridad a las normas comunitarias, y por lo tanto, ninguna ley nacional puede ir en contra de lo que dicten estas.

- Una vez conseguido lo anterior, se desarrollará la legislación oportuna que establezca el marco legal que regule las pruebas de vehículos sin conductor en las carreteras francesas.

Las autoridades francesas, dando importancia a este plan de desarrollo de la conducción autónoma, han colocado al frente del mismo a una persona de gran prestigio, y reputación, dentro del sector de la automoción, como es Carlos Ghosn, CEO de Renault-Nissan, empresa que también está muy implicada en proyectos de este tipo.

4.3.2.6. Países Bajos

En este caso, también podemos hablar de un país implicado en este asunto, y que, probablemente, junto a alguno de los que acabamos de ver, sea de los siguientes en seguir la estela de Reino Unido.

Tal es así, que el gobierno holandés, ya había anunciado que para este verano tenía intención de publicar una ley que regulara estas pruebas de vehículos automatizados en sus carreteras. Sin embargo, como está ocurriendo en el caso de todos los países europeos que ratificaron el acuerdo de la Convención de Viena, y a su vez, tienen intención de aprobar una ley de este tipo, debe esperar a que se produzcan los cambios legales oportunos en este ámbito.

4.3.2.7. Finlandia

Por último, también podemos señalar el caso de Finlandia, puesto que se trata de uno de los países, junto a los que acabamos de abordar en los apartados anteriores, que como vimos en la introducción de este tema, cuenta con la intención, desde hace unos años, de modificar sus leyes actuales para adaptarlas al desarrollo de las tecnologías de conducción autónoma.

Como en los casos anteriores, Finlandia cuenta, además de, con esta intención que comentábamos, con el proyecto de sacar adelante legislación en esta materia, que regule las pruebas de vehículos autónomos en sus carreteras. Sin embargo, como ocurre en el resto de casos vistos, este proyecto de legislar el campo de la conducción automatizada, queda supeditado a los posibles cambios que se consigan con la modificación de la, ya conocida, Convención de Viena.

Con este último caso, damos por acabado nuestro análisis destinado a conocer el estado actual de la legislación, a nivel internacional, encargada de regular el campo de los vehículos sin conductor. De esta forma, habiendo tratado los desarrollos legales más importantes llevados a cabo en esta materia, los cuales han sido elaborados en Estados Unidos y Europa, hemos podido conocer en qué situación nos encontramos, y el camino que queda por recorrer.

5. Estudio económico

5.1. Introducción

Este proyecto se ha llevado a cabo con la finalidad de conocer la situación actual de un campo de investigación en pleno desarrollo, y que en el futuro podría provocar grandes cambios en el ámbito logístico, como es la tecnología de conducción autónoma.

Como cualquier proyecto de investigación, su desarrollo ha consistido en la elaboración de un estudio detallado de los aspectos más importantes que puedan caracterizar la situación en la que se encuentran estas tecnologías en la actualidad. Además del propio desarrollo tecnológico, también resultaba imprescindible obtener una idea de la situación en la que se encuentran los diferentes marcos legales internacionales que debe regular este campo.

De esta forma, en el presente apartado trataremos de valorar económicamente el esfuerzo dedicado a la elaboración de este estudio de la situación actual de los vehículos autónomos, teniendo en cuenta todos los recursos empleados en las diferentes fases.

5.2. Personal implicado

En el caso que nos encontramos, de desarrollo de un proyecto de investigación, habitualmente son necesarias, para conseguir un informe final adecuado capaz de reflejar la situación real de cualquier sector, las siguientes figuras detalladas a continuación.

- Investigador
- Asesor técnico
- Encargado de documentación

Definimos seguidamente las tareas propias de cada uno de los puestos requeridos para la elaboración de este estudio.

En primer lugar, debe quedar claro que el Investigador es el máximo responsable del proyecto. Este es el encargado de velar por el buen funcionamiento, y la correcta organización, del equipo humano y técnico, siempre buscando alcanzar el objetivo marcado. El Investigador es la persona que lleva el peso de este estudio, así como el encargado de tomar todas las decisiones necesarias para concluir con éxito el proyecto. Son labores exclusivamente suyas, la búsqueda de información necesaria para la realización del informe final, la organización de las ideas extraídas del proceso investigador, y la redacción del informe final.

El Asesor Técnico, como buen conocedor del campo que es objeto de estudio, es el encargado de prestar este conocimiento al desarrollo de la investigación, solventando las posibles dudas que puedan surgir

durante este proceso de recopilación de datos e información. En el caso que nos ocupa, debe ser un profesional cualificado del campo de los sistemas de transporte autónomos, capaz de prestar asesoramiento, tanto de los aspectos técnicos, como del ámbito legal.

Por último, tenemos la figura del Encargado de Documentación, el cual lleva a cabo la elaboración de todos los documentos asociados al desarrollo del proyecto. Además de confeccionar esta documentación generada durante el transcurso del estudio, también presta, de forma secundaria, ayuda al Investigador en aspectos administrativos del mismo, como puede ser la recopilación de recursos bibliográficos procedentes de diversos centros, como bibliotecas, o la organización de citas de trabajo con diversas instituciones del sector, y expertos en la materia.

5.3. Fases del proyecto

Este proyecto, como cualquier otro de cierta envergadura, ha sido realizado siguiendo diversas fases, las cuales se especifican a continuación, con el objetivo de poder determinar los medios empleados en cada una de ellas.

Este hecho tiene gran importancia en el desarrollo del estudio económico de un proyecto, ya que es importante conocer, con exactitud, los recursos utilizados en cada una de estas fases, de forma que se puedan imputar los costes asociados. De esta manera, se podrá valorar, una vez obtenido el resultado del proyecto, si este se ha realizado de la manera más eficiente posible.

En cuanto al proceso de determinación de las distintas fases seguidas durante el desarrollo de un proyecto de este tipo, cabe señalar que puede convertirse en una labor complicada, ya que hablamos de fases que no se encuentran perfectamente delimitadas, ni estancas, puesto que siempre existen solapamientos entre ellas. A pesar de esto, consideramos la siguiente división, la mejor posible para diferenciar las fases de este proyecto.

- Determinación del tema a tratar
- Preparación y organización previa del proyecto
- Búsqueda de información
- Redacción y publicación del informe final

A continuación, procedemos a describir brevemente cada una de estas fases, obteniendo con ello una idea general de las acciones llevadas a cabo en cada una de estas, y de los posibles recursos empleados.

Determinación del tema a tratar. En esta etapa se realiza la decisión del tema que será objeto de estudio. Ante el imparable auge, de las tecnologías de conducción inteligente, observado en la actualidad, y su, más que probable, implantación en un futuro cercano, surge la necesidad de actualizar, y poner al día, los conocimientos relativos a este campo.

Por tanto, debido al posible impacto que podría tener la llegada de este tipo de vehículos en el futuro, es necesario disponer de la toda información disponible, y totalmente actualizada, tanto de los aspectos técnicos, como legales, pudiendo con ello, anticiparse a los hechos futuros.

En esta etapa inicial del proyecto, se valoran los posibles costes y beneficios de realizar dicho estudio, concluyéndose que se trata de un proyecto viable, capaz de ofrecer información útil a la organización.

Preparación y organización previa del proyecto. Una vez decidido el tema, y el tipo de proyecto a realizar, se deben planificar los medios y recursos necesarios para llevarlo a cabo. Será necesario, por tanto, realizar una planificación, por etapas, del proyecto, asignando a cada una de ellas los recursos necesarios. De esta forma, contaremos con un plan de trabajo, cuyo seguimiento nos facilitará la organización del mismo, durante todo el proceso de elaboración del estudio.

Búsqueda de información. Esta fase es la más importante, y desarrollada en el tiempo, de todo el proyecto. En ella será donde se empleen más recursos, ya que se debe recopilar toda la información existente, a fecha de realización del proyecto, acerca del tema que es objeto de estudio. El buen desarrollo de esta etapa es crucial para el devenir del proyecto, ya que es aquí, donde se sientan las bases de la elaboración de un informe final útil, veraz y actual. También es muy importante, la organización y colaboración entre el personal del proyecto, evitando así posibles duplicidades, con el despilfarro de recursos que estas suponen.

Redacción y publicación del informe final. Por último, una vez recopilada, y organizada, toda la información sobre el tema, se procede a redactar el informe final, siguiendo una estructura lógica. Después de haber redactado este informe, debe ser presentado públicamente, destacando, y poniendo en valor, su utilidad para conocer perfectamente la situación actual del sector de la conducción autónoma.

Durante el desarrollo de esta fase, es clave la cooperación entre el Investigador y el Encargado de Documentación, puesto que una excelente labor de investigación, donde se han analizado exhaustivamente todos los aspectos importantes de la materia en cuestión, se puede ver truncada por la redacción de un informe redundante, o en el que falten detalles clave del estudio.

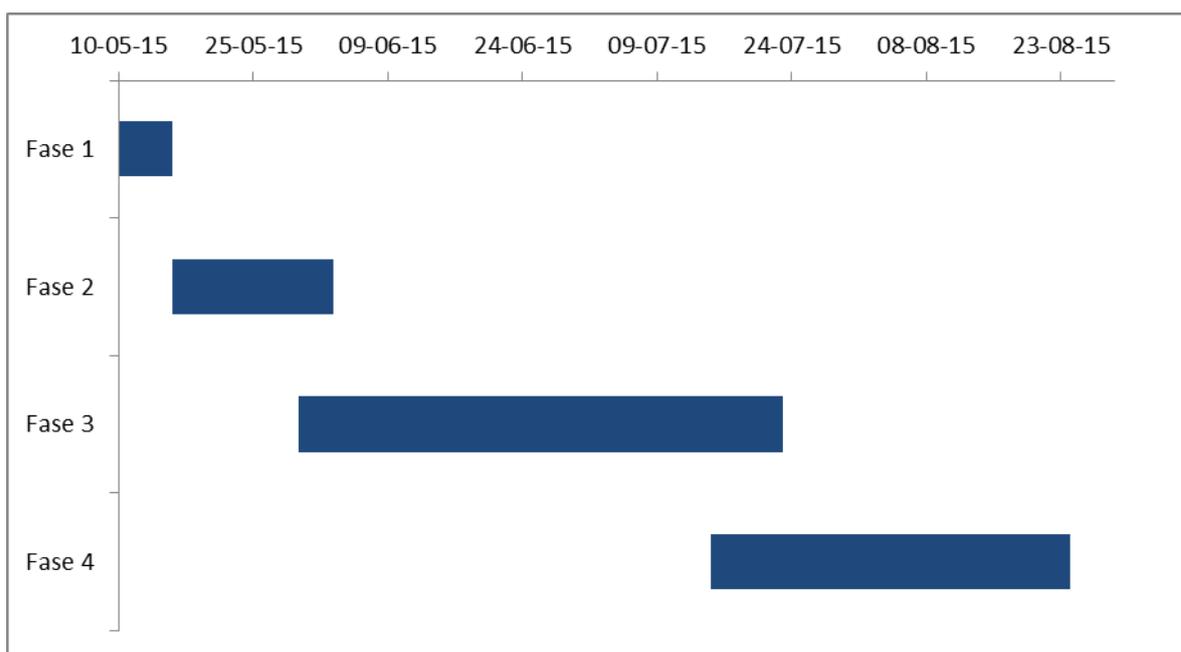


Figura 13. Diagrama de Gantt con el desarrollo de las fases del proyecto

5.4. Definición de los costes

En este apartado vamos a desarrollar el estudio económico como tal, puesto que vamos a definir cada uno de los costes en los que incurrimos durante la realización de nuestro proyecto. Una vez realizado este cálculo económico de los costes asociados a nuestro estudio, podremos imputarlos a cada una de las fases del mismo, según corresponda.

Para llevar a cabo este cálculo, hemos querido diferenciar entre los 3 grandes costes incurridos durante la realización de un proyecto como este. Podemos verlos detalladamente a continuación.

- Coste asociado al personal del proyecto
- Coste asociado al equipo informático
- Costes indirectos

COSTE DE PERSONAL

En primer lugar, llevamos a cabo un cálculo para estimar las horas de trabajo efectivas a lo largo de un año.

Tabla 4. Horas de trabajo efectivas anuales

CONCEPTO	DIAS/HORAS
Días Año Natural	365
Días No Laborables por diversos motivos (Sábados, Domingos, Festivos y Vacaciones)	140
Media de días perdidos por enfermedad	7
Total días efectivos	218
Horas efectivas al año	1.744

Una vez obtenida esta aproximación de las horas efectivas que se trabajan a lo largo de un año, podemos desarrollar el cálculo del coste asociado a personal durante el transcurso del proyecto.

Consideramos que para el desarrollo de este proyecto contaremos con el personal establecido inicialmente, es decir, un Investigador, un Asesor Técnico y un Encargado de Documentación. Para el desempeño de las funciones, fijadas anteriormente, de cada uno de estos puestos, se contratan personas de distinto perfil profesional. En primer lugar, un Economista encargado de realizar las labores de Investigador. Se cuenta también, para desempeñar la función de Asesor Técnico, con un profesional del sector de la conducción autónoma, reputado trabajador de una empresa puntera en este campo. Por último, como Encargado de Documentación, tendremos a un Auxiliar Administrativo.

Teniendo esto en cuenta, junto a la consideración del sueldo medio anual de cada uno de ellos, así como los correspondientes impuestos, podemos calcular el coste de cada uno de estos trabajadores implicados en el proyecto.

Tabla 5. Tasas de coste salarial del personal del proyecto

CONCEPTO	INVESTIGADOR	ASESOR TÉCNICO	ENCARGADO DOCUMENTACIÓN
Sueldo Base (en €)	28.000	25.000	15.000
Cot. Empresa Seg. Social (23,60%) (en €)	6608	5900	3540
Total Coste Empresa (en €)	34.608	30.900	18.540
Coste salarial por hora (en €)	19,84	17,72	10,63

Con esto, ya tenemos los datos necesarios para proceder al cálculo de los costes de personal correspondientes a este proyecto.

COSTES DEL EQUIPO INFORMÁTICO

Una vez determinados los costes de personal, pasamos a ver los costes que suponen, en la realización de nuestro proyecto, el uso de medios informáticos.

En nuestro caso, hemos usado equipos informáticos que amortizaremos linealmente en 7 años, y los cuales han sido utilizados en todas las fases de elaboración del proyecto.

A continuación, detallamos tanto el coste de estos medios, como la cuota de amortización horaria a imputar en cada fase de nuestro estudio.

Tabla 6. Amortización de medios informáticos

EQUIPO INFORMÁTICO		COSTE (en €)	CANTIDAD	COSTE TOTAL (en €)
Portátil ACER Aspire E5-551G, 8 GB RAM		480	1	480
Software instalado	Microsoft Windows 10	135	1	135
	Microsoft Word 2013	135	1	135
Total a amortizar (en €)				750

	CANTIDAD (en €)
CUOTA AMORTIZACION HORARIA	0,06

COSTES INDIRECTOS

Por último vamos a calcular la parte de los costes indirectos que podemos imputar a nuestro proyecto. Estos costes no se pueden atribuir íntegramente a nuestro estudio, puesto que se incurre en ellos por el propio funcionamiento de la organización.

Consideraremos gastos varios, como pueden ser la luz, el alquiler, o la conexión a internet. De esta forma, a partir del coste anual medio por persona de cada uno de estos gastos, calcularemos el coste por hora que podemos imputar a nuestro proyecto.

Tabla 7. Cálculo de los costes indirectos

CONCEPTO	COSTE (en €)
Teléfono/Internet	120
Alquiler	560
Electricidad	200
Varios	520
Total Coste anual (Por persona)	1400
Coste por hora	0,48

5.5. Costes asignados a cada fase del proyecto

El objetivo perseguido, en este apartado de nuestro estudio económico, es poder asignar los costes en los que se ha incurrido durante la realización de cada fase de nuestro proyecto, que como mencionábamos al inicio del mismo, es, junto al cálculo del coste total del proyecto, una de las razones más importantes por las que se realiza un estudio de este tipo.

Dicha tarea la llevaremos a cabo usando los datos de los diferentes costes recopilados hasta ahora. Sin embargo, todavía nos falta conocer un dato sobre la organización del trabajo de nuestro personal, en este caso, tener en cuenta las horas que cada persona ha dedicado en cada una de las fases del proyecto. Esta información, recogida durante la realización del estudio, la podemos encontrar a continuación.

Tabla 8. Horas del personal dedicadas a cada fase del proyecto

PERSONAL	FASE DEL PROYECTO			
	1	2	3	4
Investigador	20	40	80	50
Asesor Técnico	0	10	40	10
Encargado de Documentación	0	10	30	70
TOTAL	20	60	150	130

Ahora sí, una vez recopilados todos los datos necesarios, podemos proceder a calcular los costes en los que se ha incurrido en cada fase de realización de este proyecto. Esto lo calculamos, a continuación, para cada etapa del estudio, usando los costes de personal, junto a las horas de trabajo en cada fase, los costes de amortización de los equipos empleados, y los costes indirectos imputables.

FASE 1: DETERMINACION DEL TEMA A TRATAR

Durante el desarrollo de esta fase, el encargado del futuro proyecto, nuestro Investigador, determina el tema a investigar en dicho proyecto, cuestionando la necesidad real de llevar a cabo un proyecto como este.

Para ello debe analizar, conjuntamente, la viabilidad y futura utilidad de este estudio, concluyendo, en este caso, que se trata de un proyecto interesante para la organización, dada la situación actual del sector, y las perspectivas de futuro existentes sobre el tema en cuestión.

De esta forma, podemos calcular los costes de esta etapa, desglosados según su tipo, de la siguiente manera.

Tabla 9. Costes asignados a la Fase 1 del proyecto

TIPO DE COSTE		HORAS	COSTE POR HORA (en €)	COSTE TOTAL (en €)
Personal	Investigador	20	19,84	396,88
	Asesor Técnico			
	Enc. de Doc.			
Informático		10	0,06	0,60
Indirecto		20	0,48	9,60
COSTE TOTAL				407,08

FASE 2: PREPARACION Y ORGANIZACIÓN PREVIA DEL PROYECTO

En esta segunda fase del proyecto, se encuentra implicado todo el personal, aunque principalmente, puesto que se trata de una etapa organizativa, el encargado de este estudio.

La función principal que se realiza, durante el desarrollo de este periodo de trabajo, es la organización del equipo, tanto humano, como técnico, empleado para llevar a cabo dicho proyecto. Durante esta fase, se elabora el plan de trabajo, a seguir, durante el transcurso de este estudio.

A continuación se muestran los costes de esta fase.

Tabla 10. Costes asignados a la Fase 2 del proyecto

TIPO DE COSTE		HORAS	COSTE POR HORA (en €)	COSTE TOTAL (en €)
Personal	Investigador	40	19,84	793,76
	Asesor Técnico	10	17,72	177,18
	Enc. de Doc.	10	10,63	106,31
Informático		40	0,06	2,40
Indirecto		60	0,48	28,80
COSTE TOTAL				1108,45

FASE 3: BUSQUEDA DE INFORMACION

Este es el periodo más importante del proyecto, puesto que en su buen desarrollo, esta gran parte del éxito del mismo. En esta fase volvemos a tener implicado a todo el personal del estudio, en este caso, trabajando a pleno rendimiento.

Por tanto, esta búsqueda de información, tan crucial, para la elaboración del informe final del proyecto, concentra gran cantidad de recursos. El desglose de los costes incurridos, durante el transcurso de esta fase, lo podemos encontrar detallado a continuación.

Tabla 11. Costes asignados a la Fase 3 del proyecto

TIPO DE COSTE		HORAS	COSTE POR HORA (en €)	COSTE TOTAL (en €)
Personal	Investigador	80	19,84	1587,52
	Asesor Técnico	40	17,72	708,72
	Enc. de Doc.	30	10,63	318,92
Informático		130	0,06	7,80
Indirecto		150	0,48	72,00
COSTE TOTAL				2694,96

FASE 4: REDACCION Y PUBLICACION DEL INFORME FINAL

En la última fase de desarrollo de este proyecto, también se lleva a cabo una labor muy importante, de cara a conseguir un resultado satisfactorio en dicho proyecto. Durante esta etapa, se plasma el resultado de todo el trabajo realizado hasta ahora en las etapas anteriores. De esta forma, se debe conseguir un informe final adecuado, y útil, que muestre todo este trabajo llevado a cabo por el equipo del proyecto.

En dicha tarea esta todo el personal implicado, sin embargo, el papel más importante lo tiene el Encargado de Documentación, junto al encargado del proyecto.

Podemos detallar los costes de esta fase de la siguiente manera.

Tabla 12. Costes asignados a la Fase 4 del proyecto

TIPO DE COSTE		HORAS	COSTE POR HORA (en €)	COSTE TOTAL (en €)
Personal	Investigador	50	19,84	992,20
	Asesor Técnico	10	17,72	177,18
	Enc. de Doc.	70	10,63	744,15
Informático		130	0,06	7,80
Indirecto		130	0,48	62,40
COSTE TOTAL				1983,73

5.6. Coste total del proyecto

Por último, vamos a calcular el coste total de este proyecto, el cual se obtiene sumando los costes individuales, calculados anteriormente, de cada una de las fases. De esta manera, a continuación podemos ver el coste total del proyecto.

Tabla 13. Coste total del proyecto

FASE	HORAS	COSTE (en €)
Determinación del tema a tratar	20	407,08
Preparación y organización previa del proyecto	60	1108,45
Búsqueda de información	150	2694,96
Redacción y publicación del informe final	130	1983,73
TOTAL	360	6194,22

6. Conclusiones y Futuros desarrollos

6.1. Conclusiones

Durante la realización de este estudio, han sido muchos los temas tratados, y con ello también, los resultados que hemos podido alcanzar en este campo de los vehículos autónomos. Puesto que este tema, es un gran desconocido para la mayoría, es importante resaltar los aspectos más concluyentes, de forma que, a través del conjunto de estos, se pueda conocer fácilmente la situación actual en la que nos encontramos en este campo, y el devenir que presenta el mismo en el futuro.

En primer lugar, el desarrollo de este proyecto nos deja la confirmación de que el vehículo automatizado, tal y como aspira el ser humano desde hace años, va a llegar a las carreteras en un futuro, más o menos, cercano. Por tanto, parece claro, como hemos podido ver a través de las diferentes informaciones tratadas, que en el futuro tendremos a nuestro alcance este tipo de vehículos sin conductor.

También parece claro que, una posible generalización de estos vehículos autónomos supondría una serie de ventajas para el conjunto de la población, como podría ser, por ejemplo, una de las más importantes, el aumento de la seguridad en las carreteras, con la reducción del número de accidentes que ello conlleva, como ya demuestran los sistemas inteligentes, que constituyen la base de estos vehículos sin conductor, y que ya se instalan en algunos vehículos actuales de producción en serie.

Como decíamos, son muchas las posibles ventajas que se derivarían del uso de estas tecnologías de conducción autónoma. Algunas de ellas podrían ser, entre otras, el ahorro de tiempo que supone el servicio prestado por estos vehículos, ya que supondrían evitar realizar acciones improductivas, también el hecho de conseguir un mayor aprovechamiento de los espacios, dada la precisión de estas tecnologías, o la posibilidad que, este tipo de transportes automatizados, pueden dar a personas que hasta ahora no podían valerse por ellas mismas en este aspecto, como pueden ser personas con déficits sensoriales, o de avanzada edad.

A pesar de todas estas ventajas que implicaría la llegada del vehículo autónomo, también deben ser considerados los posibles aspectos negativos asociados a esta tecnología, puesto que, pese a ser mayores los puntos fuertes de la misma, si estos sistemas no se preparan de una forma adecuada, en el futuro podríamos empezar a sufrir problemas graves, una vez estén estos implantados, como los asociados al mal uso de la gran cantidad de datos que usan para funcionar, o problemas de seguridad en la carretera dada una mala configuración de los mismos, que les impida funcionar como deberían.

Si antes señalábamos que, en un futuro relativamente cercano, la llegada de los vehículos sin conductor a las carreteras sería un hecho, debemos mencionar que se debe, principalmente, a que la tecnología que hace funcionar este tipo de sistemas estará perfeccionada en estos años. A pesar de que todavía presentan algunos pequeños fallos, en general, estos sistemas de conducción inteligente, que se instalan actualmente en algunos vehículos de serie, han mostrado su buen funcionamiento durante este tiempo. Además, como hemos podido ver, la tendencia de estos sistemas, que hemos llamado “elementales”, ha sido continuamente de desarrollo, puesto que en pocos años se ha pasado de los más simples, a unos más avanzados, los actuales, que ya realizan, por ejemplo, una conducción autónoma en atascos.

Por lo tanto, viendo que la tecnología necesaria para el funcionamiento de estos vehículos autónomos no va a ser una barrera para su llegada, puesto que su desarrollo se está llevando a cabo de una manera ágil, es fácil comprender que la industria de este sector se encuentra muy implicada en su desarrollo. De hecho, tal es así que, casi todos los fabricantes de automóviles desarrollan actualmente diferentes

proyectos de tecnologías de conducción automatizada, en lo que parece una competición por ver quién es el primero, en conseguir producir, el vehículo autónomo. Tan importante es lo que hay en juego en este sector, que no solo los fabricantes, como veíamos, se han lanzado a desarrollar proyectos en este campo, sino que también se han sumado a estos desarrollos diferentes empresas tecnológicas como Google, o Apple.

Además de la existencia de este interés privado en llevar a cabo el desarrollo de estos vehículos, por motivos obviamente económicos, también hemos podido ver su extensión a otros ámbitos, ya sean de marcado carácter público, o mixto. Nos referimos a esto por la existencia de diferentes programas destinados a fomentar el desarrollo de estas tecnologías, mejorando con ello su grado de aceptación en todos los ámbitos, permitiendo, también, la oportunidad de llevar a cabo pruebas reales donde verificar su buen funcionamiento, y ayudando a fomentar su implantación en diversos lugares. Dichos proyectos, son llevados a cabo para corroborar las múltiples ventajas que este tipo de vehículos pueden ofrecer, como ya hemos citado anteriormente.

A pesar de haber visto el buen desarrollo que lleva el campo de la conducción autónoma, existe una gran barrera a superar en la actualidad, el tema legislativo. Si el aspecto tecnológico de estos sistemas, como decíamos anteriormente, parece estar preparado para la llegada del vehículo autónomo, no ocurre lo mismo con el marco legal que debe regular este campo, puesto que es escasa la legislación sobre estos temas en la actualidad.

Este retraso en el desarrollo legal del campo de la conducción autónoma podría llegar a suponer un problema real para el mismo, en el sentido de frenar sus avances, por la existencias de trabas legales, por ejemplo, para llevar a cabo las pruebas necesarias para su puesta a punto, o por la incertidumbre que provoca un marco regulatorio indefinido. Además, a este retraso hay que sumarle la dificultad de los temas a legislar, ya que nos encontramos en un campo totalmente nuevo, y son muchos los aspectos por definir legalmente, lo que complica, aún más, esta situación.

En cuanto a la legislación existente, que actualmente ya regula las pruebas de vehículos sin conductor en diferentes lugares del mundo, tenemos, en primer lugar, el caso de EEUU, como el más desarrollado, y a pesar de ello, no se ha conseguido hacer de una forma común, sino que únicamente lo han llevado a cabo los estados interesados. Por otro lado, tenemos el caso de Europa, donde el único país que ha regulado estas pruebas de vehículos autónomos en sus carreteras ha sido Reino Unido. Cabe resaltar que un nutrido grupo de países europeos, también ha manifestado su intención de legislar en esta materia, sin embargo, existe un impedimento legal, en forma de norma europea contraria a este aspecto, que lo evita por el momento. No es este el caso de España, ya que, a pesar de que contamos con la ventaja de no haber participado en la firma de esta norma europea restrictiva, por el momento no existe intención alguna de adaptar nuestro marco legal a las tecnologías de conducción autónoma.

Estas leyes existentes actualmente, en varios estados de EEUU, y en Reino Unido, elaboradas para regular las pruebas de vehículos automatizados, son similares en su contenido, ya que en todas ellas se exigen varios requisitos para poder llevar a cabo estas citadas pruebas, como son la obligación de que siempre haya alguien al volante de estos vehículos durante el desarrollo de la misma, de forma que pueda reaccionar ante cualquier imprevisto, la necesidad de conseguir una licencia otorgada por la autoridad competente, o la obligación de contratar un seguro que cubra posibles percances.

Por último, debemos destacar la necesidad existente de que la legislación se adapte al ritmo de desarrollo de estas tecnologías, estableciendo, lo antes posible, un marco legal adecuado para este campo. El problema, hasta ahora, ha sido que los gobiernos no han sentido esta necesidad de legislar el campo de la conducción autónoma, puesto que se han estado realizando pruebas con estos vehículos, sin existir normas legales específicas que las regulasen de forma alguna. Estas pruebas se han realizado gracias a permisos

especiales concedidos por los diferentes gobiernos, y autoridades, que han permitido a cada proyecto, llevar a cabo este tipo de pruebas en sus carreteras. Sin embargo, queda claro que si se quiere ver avanzar a estas tecnologías de conducción autónoma, no vale con “poner parches” ante la aparición de nuevos proyectos en este campo, sino que es indispensable avanzar al mismo ritmo tanto en el aspecto técnico, como en el legislativo, puesto que ahora hablamos de pruebas con vehículos sin conductor, pero en un futuro, parece claro que podría ser el uso generalizado de estos vehículos autónomos, una vez lleguen a las carreteras.

6.2. Futuros desarrollos

Una vez analizada ampliamente la situación actual de los sistemas de transporte autónomos por carretera, queda abierta la ampliación de esta investigación, a otros campos de igual interés, en la aplicación de estas tecnologías de automatización.

Sería interesante el desarrollo de un estudio similar para conocer todos los aspectos relacionados con la automatización de la logística interna en el sector industrial, ya que se trata de un tema de candente actualidad, con la amplia implantación, de los llamados AGV (*Automatic Guided Vehicle*), que actualmente se está dando en dicho sector.

Por tanto, queda abierta la continuación del estudio de estos sistemas de transporte inteligentes, con la dedicación de un análisis similar a este, para los medios automatizados empleados en las operaciones de almacenaje y manutención en el ambiente industrial, puesto que su uso se ha convertido en tendencia en la actualidad.

Por otro lado, y con una visión más a largo plazo, puesto que su desarrollo no está siendo tan rápido como en estos otros campos, también sería interesante ampliar el estudio llevado a cabo en este TFM, con el desarrollo de un análisis similar centrado en otros medios de transporte, como pueden ser el aéreo, y el marítimo. De esta forma se podría conocer la situación actual, y futura, de la implantación de tecnologías de conducción autónoma en sistemas de transporte tan utilizados, en todos los ámbitos, como son el avión y el barco.

Así pues, queda pendiente para el futuro ampliar este estudio, de los sistemas inteligentes de conducción autónoma, con el desarrollo de otros proyectos centrados en analizar la aplicación de estas tecnologías en los medios de transporte restantes, ya que también pueden ofrecernos resultados útiles de cara a la expansión futura de estos sistemas.

7. Bibliografía

Anderson, J.M., Kalra, N., Stanley K.D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O.A. (2014). *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*. RAND Corporation

Anfac y Bosch (2013) "Sistema de Control de Crucero Adaptativo (ACC)". Recuperado el día 5 de junio de 2015 de <http://www.anfac.com/openPublicPdf.action?idDoc=7883>

AUDI.ES (2015) "Audi RS7 piloted driving concept." Recuperado el día 1 de julio de 2015 de http://www.audi.es/es/brand/es/Experiencia_Audi/motorsport/dtm/piloted-driving.html

AUTOBILD.COM (26/10/12) "El Volvo que conduce solo en los atascos llegará en 2014." Recuperado el día 13 de junio de 2015 de <http://www.autobild.es/noticias/volvo-sigue-otros-coches-atascos-189204>

AUTOCACION.COM (05/06/13) "Cómo funciona el sistema de alerta de cambio involuntario de carril." Recuperado el día 10 de mayo de 2015 de <http://www.autocasion.com/actualidad/videos-coches/videos-practicos/como-funciona-el-sistema-de-alerta-de-cambio-involuntario-de-carril/>

AUTOFÁCIL.ES (23/10/14) "Cómo funcionan los sensores de luz y de lluvia de los coches." Recuperado el día 17 de mayo de 2015 de <http://www.autofacil.es/tecnica/2014/10/23/funcionan-sensores-luces-lluvia-coches/21047.html>

AUTOFACIL.ES (29/7/15) "Mcity, la ciudad de los coches autónomos." Recuperado el día 30 de julio de 2015 de <http://www.autofacil.es/tecnologia/2015/07/29/mcity-ciudad-coches-autonomos/26664.html>

AUTOPISTA.ES (20/11/14) "El sistema de frenada automática, en uno de cada tres vehículos" Recuperado el día 18 de mayo de 2015 de <http://www.autopista.es/noticias-motor/articulo/sistema-frenada-automatica-en-uno-de-cada-tres-vehiculos-102291>

Baeza, M. (21/11/14) "Los sistemas de frenado automático, en ascenso" [Versión electrónica] Recuperado el día 18 de mayo de 2015 de http://elpais.com/elpais/2014/11/21/motor/1416584308_834549.html

Ballestín, A. (10/10/10) "Google recorre más de 200.000 km con varios Prius sin conductor." Recuperado el día 22 de junio de 2015 de <http://es.autoblog.com/2010/10/10/google-recorre-mas-de-225-000-km-con-varios-prius-sin-conductor/>

Baños, D. (25/03/15) "El nuevo coche de Ford ajustará su velocidad a las señales de tráfico." Recuperado el día 3 de junio de 2015 de <https://www.geektopia.es/es/technology/2015/03/25/noticias/el-nuevo-coche-de-ford-ajustara-tu-velocidad-a-las-senales-de-trafico.html>

Becker, S. (19/01/15) "Self-Driving Cars Are Gearing Up For European Roads." Recuperado el día 14 de agosto de 2015 de <http://www.cheatsheet.com/business/are-self-driving-cars-ready-for-european-roads.html/?a=viewall>

Bergson, Z. (13/04/15) "Technology and Money: What to Know About Driverless Cars." Recuperado el día 5 de Agosto de 2015 de <https://businessjournalism.org/2015/04/technology-and-money-3-things-to-know-about-driverless-cars/>

Bleckmanan (15/09/14) "El nuevo Focus frena y aparca de manera autónoma" Recuperado el día 24 de mayo de 2015 de <http://www.kmph.es/el-nuevo-focus-frena-y-aparca-de-manera-autonoma/>

Bruce, C. (04/06/15) "Virginia opens highways for autonomous car testing." Recuperado el día 10 de agosto de 2015 de <http://www.autoblog.com/2015/06/04/virginia-highways-autonomous-car-testing/>

Camós, J. (16/08/12) "¿Qué es el ESP o control electrónico de estabilidad?" Recuperado el día 13 de junio de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-esp-o-control-electronico-de-estabilidad/>

Capreolus (04/04/13) "¿Qué es el detector de circulación en sentido contrario?" Recuperado el día 4 de junio de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-detector-de-circulacion-en-sentido-contrario/>

Capreolus (21/02/13) "¿Qué es el dispositivo de estacionamiento automático?" Recuperado el día 9 de mayo de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-dispositivo-de-estacionamiento-automatico/>

CARANDDRIVERTHEF1.COM (22/04/15) "20 años de ESP: Así llegó la estabilidad al automóvil." Recuperado el día 17 de junio de 2015 de <http://www.caranddriverthef1.com/coches/planeta-motor/109439-20-anos-esp-asi-llego-la-estabilidad-al-automovil>

CBS DETROIT (28/12/13) "New Law Allows Driverless Cars On Michigan Roads." Recuperado el día 10 de agosto de 2015 de <http://detroit.cbslocal.com/2013/12/28/new-law-allows-driverless-cars-on-michigan-roads/>

CITYMOBIL.EU (2015) "Towards advanced road transport for the urban environment." Recuperado el día 10 de julio de 2015 de <http://www.citymobil-project.eu/index.php>

CITYMOBIL2.EU (2015) "Cities demonstrating automated road passenger transports." Recuperado el día 10 de julio de 2015 de <http://www.citymobil2.eu/en/>

Clavero, D. (08/10/13) "Aparcar tu coche sin estar dentro de él, la nueva propuesta de Ford [Laboratorio Tecmovia]" Recuperado el día 16 de mayo de 2015 de <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2013/10/08/aparcar-tu-coche-sin-estar-dentro-de-el-la-nueva-propuesta-de-ford-laboratorio-tecmovia/>

Clavero, D. (17/10/14) "Así es cómo Audi quiere llevar la conducción autónoma a los circuitos." Recuperado el día 1 de julio de 2015 de <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2014/10/17/asi-es-como-audi-quiere-llevar-la-conduccion-autonoma-a-los-circuitos/>

Clavero, D. (26/02/14) "5 estrellas EuroNCAP para el nuevo Nissan Qashqai, incluyendo de debut de la prueba AEB." Recuperado el día 24 de mayo de 2015 de <http://www.diariomotor.com/2014/02/26/5-estrellas-euroncap-para-el-nuevo-nissan-qashqai-incluyendo-debut-de-la-prueba-aeb/>

Connolly, K. (01/02/15) "Germany creates laws for driverless cars." [Versión electrónica] Recuperado el día 15 de agosto de 2015 de <http://www.theguardian.com/technology/2015/feb/01/germany-laws-driverless-cars-autobahns-google-industry>

CTVNEWS.CA (24/01/15) "Dutch approve driverless cars for public, large-scale testing." [Versión electrónica] Recuperado el día 17 de agosto de 2015 de <http://www.ctvnews.ca/sci-tech/dutch-approve-driverless-cars-for-public-large-scale-testing-1.2203969>

De Haro, I. (20/10/14) "Audi RS7 Piloted Driving Concept: a fondo sin conductor." Recuperado el día 28 de junio de 2015 de <http://www.autobild.es/noticias/audi-rs7-piloted-driving-concept-235907>

Department for Business, Innovation & Skills, Department for Transport, Technology Strategy Board, The Rt Hon Dr Vince Cable, The Rt Hon Greg Clark MP and Claire Perry MP (30/07/14) "UK Government fast tracks driverless cars." Recuperado el día 11 de agosto de 2015 de <https://www.gov.uk/government/news/uk-government-fast-tracks-driverless-cars>

Department for Transport (Febrero de 2015). *The pathway to driverless cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies*. Government of UK

Department for Transport (Julio de 2015). *The pathway to driverless cars: A Code of Practice for testing*. Government of UK

ELMUNDO.ES (08/05/15) "Estados Unidos da vía libre al primer camión autónomo." [Versión electrónica] Recuperado el día 1 de julio de 2015 de <http://www.elmundo.es/motor/2015/05/08/554d020822601d99668b456d.html>

ELMUNDO.ES (20/10/14) "El Audi autónomo pasa el examen en el circuito de Hockenheim." [Versión electrónica] Recuperado el día 1 de julio de 2015 de <http://www.elmundo.es/motor/2014/10/17/543eb952268e3ef5198b458e.html>

Estévez, R. (10/02/11) "Transporte público sin conductor." Recuperado el día 12 de julio de 2015 de <http://www.ecointeligencia.com/2011/02/transporte-publico-citymobil/>

Fidalgo, R. (22/01/13) "Mercedes Benz desarrolla un sistema anti kamikazes." Recuperado el día 4 de junio de 2015 de <http://www.autocasion.com/actualidad/novedades/122795/mercedes-benz-desarrolla-un-sistema-anti-kamikazes/>

Fidalgo, R. (31/07/15) "Mcity, la ciudad para coches autónomos." Recuperado el día 31 de julio de 2015 de <http://www.autocasion.com/actualidad/noticias/193179/mcity-la-ciudad-para-coches-autonomos/>

G. Artés, D. (04/10/12) "Nissan NSC-2015: el Leaf con conducción autónoma que aparca solo." Recuperado el día 10 de mayo de 2015 de <http://www.diariomotor.com/tecnovivia/2012/10/04/nissan-nsc-2015-el-leaf-con-conduccion-autonoma-que-se-aparca-solo/>

G. Artés, D. (12/02/13) "Frenada de emergencia asistida, deteniendo in extremis 40 toneladas de Volvo FH." Recuperado el día 27 de mayo de 2015 de <http://www.diariomotor.com/tecnovivia/2013/02/12/frenada-de-emergencia-asistida-deteniendo-in-extremis-40-toneladas-de-volvo-fh-video/>

G. Bejerano, P. (06/10/14) "Mercedes muestra su sistema de conducción autónoma para camiones." Recuperado el día 5 de julio de 2015 de <http://blogthinkbig.com/camiones-autonomos/>

G. Bejerano, P. (12/08/13) "La desconocida historia de los coches autónomos." Recuperado el día 17 de junio de 2015 de <http://blogthinkbig.com/historia-de-los-coches-autonomos/>

G. Bejerano, P. (24/05/14) "California permitirá probar coches autónomos en vías públicas." Recuperado el día 7 de agosto de 2015 de <http://blogthinkbig.com/pruebas-con-coches-autonomos/>

García, A. (03/04/14) "Dentro de tu coche (VIII): sensor de lluvia y luces automáticas." Recuperado el día 17 de mayo de 2015 de <http://frenomotor.com/tecnologia/dentro-de-tu-coche-viii>

Ibáñez, P. (01/11/14) “Estos son los cinco sistemas de asistencia a la conducción con los que tienes un coche casi autónomo.” Recuperado el día 9 de mayo de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/estos-son-los-cinco-sistemas-de-asistencia-la-conduccion-con-los-que-tienes-un-coche-casi-autonomo/>

Ibáñez, P. (04/02/14) “Sistemas de frenado automático, ¿ante qué frenan y ante qué no?” Recuperado el día 17 de mayo de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/sistemas-de-frenado-automatico-ante-que-frenan-y-ante-que/>

Ibáñez, P. (11/10/13) “Los coches que se aparcen completamente solos.” Recuperado el día 9 de mayo de 2015 de <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/los-coches-que-se-aparcan-completamente-solos>

Ibáñez, P. (12/05/12) “Cómo funciona el coche autónomo de Google.” Recuperado el día 22 de junio de 2015 de <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-del-futuro/como-funciona-el-coche-autonomo-de-google>

Ibáñez, P. (14/12/13) “Sistemas para evitar el ángulo muerto de los espejos.” Recuperado el día 4 de junio de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/sistemas-para-evitar-el-angulo-muerto/>

Ibáñez, P. (15/02/2014) “Sistemas de detección de la fatiga y falta de concentración al volante.” Recuperado el día 16 de mayo de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/sistemas-de-deteccion-de-la-fatiga-y-falta-de-concentracion-al-volante/>

Ibáñez, P. (21/8/12) “¿Cuántas marcas tienen sistema de aparcamiento automático?” Recuperado el día 10 de mayo de 2015 de <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/cuantas-marcas-tienen-sistemas-de-aparcamiento-automatico>

Ibáñez, P. (25/07/11) “Sistemas de detección en los coches para evitar accidentes.” Recuperado el día 3 de junio de 2015 de <http://www.xataka.com/automovil/sistemas-de-deteccion-en-los-coches-para-evitar-accidentes>

Ibáñez, P. (28/10/13) “La conducción semiautónoma está ya ahí, casi sin darnos cuenta.” Recuperado el día 7 de junio de 2015 de <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/la-conduccion-semiautonomo-esta-ya-ahi-casi-sin-darnos-cuenta>

Isaac, L. (11/05/15) “State Regulations on Driverless Car Testing.” Recuperado el día 11 de agosto de 2015 de <http://drivingtowardsdriverless.com/2015/05/11/state-regulations-on-driverless-car-testing/>

Jiménez, G. (11/11/13) “Control de cruce adaptativo, una ayuda muy útil.” Recuperado el día 12 de junio de 2015 de <http://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/4124/control-de-cruce-adaptativo-una-ayuda-muy-relajante>

Jiménez, R. (15/05/15) “El coche sin conductor de Google circulará este verano.” [Versión electrónica] Recuperado el día 22 de junio de 2015 de http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2015/05/15/actualidad/1431709604_073827.html

Jmmspuch (21/04/15) “Ventajas y contras que ofrecerá el coche autónomo de Google.” Recuperado el día 18 de junio de 2015 de <http://www.autobild.es/reportajes/ventajas-contras-que-ofrecera-coche-autonomo-google-251607>

KM77.COM (2015) "Cámara trasera de ayuda al aparcamiento" Recuperado el día 10 de mayo de 2015 de <http://www.km77.com/glosario/c/camtrasera.asp>

KM77.COM (2015) "Servofreno de emergencia con detección de obstáculos." Recuperado el día 28 de mayo de 2015 de <http://www.km77.com/glosario/s/sistfren.asp>

Márquez, R. (23/09/12) "Goodyear presenta un nuevo sistema de ruedas con inflado automático." Recuperado el día 28 de mayo de 2015 de <http://www.motorpasionfuturo.com/ayudas-a-la-conduccion/goodyear-presenta-un-nuevo-sistema-de-ruedas-con-inflado-automatico>

Márquez, R. (27/10/14) "Los neumáticos con autoinflado de Goodyear empiezan su fase de pruebas." Recuperado el día 29 de mayo de 2015 de <http://www.motorpasionfuturo.com/equipamiento-avanzado-gadgets/los-neumaticos-con-autoinflado-de-goodyear-empiezan-su-fase-de-pruebas>

Mendoza, I. (05/11/14) "¿Cómo funciona el "detector de ángulo muerto?" Recuperado el día 5 de junio de 2015 de <http://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/5012/como-funciona-el-detector-de-objetos-en-el-angulo-muerto>

Moon, K., Heledii, Y., Asheriii, I., Thompson, M. (2014) "Comparative analysis of laws on autonomous vehicles in the U.S. and Europe". Recuperado el día 30 de julio de 2015 de http://www.auvsishow.org/auvsishow2014/Custom/Handout/Speaker8657_Session789_1.pdf

Morrillu (26/09/14) "Conducción pilotada, para esos momentos tediosos en atascos." Recuperado el día 12 de junio de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/conduccion-pilotada-para-esos-momentos-tediosos-en-atascos/>

MOSINGENIEROS.COM (2012) "Proyecto I+D Europeo: CITYMOBIL" Recuperado el día 10 de julio de 2015 de <http://www.mosingenieros.com/2012/12/proyecto-europeo-citymobil.html>

MOTORPACION.COM (21/08/11) "Car2x, cuando nuestro coche habla con el mundo." Recuperado el día 3 de junio de 2015 de <http://www.motorpasion.com/espaciotoyota/car2x-cuando-nuestro-coche-habla-con-el-mundo>

National Highway Traffic Safety Administration (Mayo de 2013). *Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles*. U.S. Department of Transportation

Perkins, C. (03/06/15) "Driverless cars are coming to Virginia highways." Recuperado el día 11 de agosto de 2015 de <http://mashable.com/2015/06/03/driverless-cars-virginia/>

Priegue, F. (22/05/12) "¿Cómo funciona un control electrónico de estabilidad?" Recuperado el día 13 de junio de 2015 de <http://www.diariomotor.com/tecnovia/2012/05/22/como-funciona-un-control-electronico-de-estabilidad/>

Puerto, K. (06/05/15) "Así es el primer camión autónomo con licencia para circular: Freightliner Inspiration Truck." Recuperado el día 5 de julio de 2015 de <http://www.xataka.com/automovil/asi-es-el-primer-camion-autonomo-con-licencia-para-circular-freightliner-inspiration-truck>

Ruiz, M. (18/02/14) "España estrenará el autobús sin conductor de la UE." Recuperado el día 12 de julio de 2015 de <http://esmateria.com/2014/02/18/espana-estrenara-el-autobus-sin-conductor-de-la-ue/>

SEAT.COM. (2015) "Seguridad. Una inversión segura." Recuperado el día 16 de mayo de 2015 de <http://www.seat.es/coches/leon-5-puertas/seguridad.html>

Simpson, B. (2014) "Europe's CityMobil2 Tests Driverless Public Transit." Recuperado el día 12 de julio de 2015 de <http://www.driverlesstransportation.com/europe-citymobil2-driverless-public-transit-2getthere-robosoft-easymile-8164>

SMARTDRIVE.ES (24/03/15) "Reino Unido adelanta a España con los vehículos autónomos." Recuperado el día 15 de agosto de 2015 de <http://drivesmart.es/blog/2015/03/24/reino-unido-adelanta-a-espana-con-los-vehiculos-autonomos/>

Soria, S. (23/11/12) "Sistemas de asistencia al conductor. ¿Qué son y cómo funcionan?" Recuperado el día 16 de mayo de 2015 de <http://www.coches.net/noticias/sistemas-ayuda-conductor>

Soria, S. (27/07/15) "La ciudad para coches sin conductor." Recuperado el día 1 de agosto de 2015 de <http://www.autobild.es/noticias/abre-sus-puertas-mcity-ciudad-para-coches-sin-conductor-261109>

TECNOCARRETERAS.COM (03/04/13) "Un sistema de comunicación infraestructura-vehículo para la seguridad en cruces con semáforos." Recuperado el día 29 de mayo de 2015 de <https://www.tecnocarreteras.es/2013/05/03/un-sistema-de-comunicacion-infraestructura-vehiculo-para-la-seguridad-en-cruces-con-semaforos/>

TECNOCARRETERAS.ES (24/10/12) "Citymobil, un proyecto para lograr un sistema de transporte más eficaz y sostenible." Recuperado el día 10 de julio de <https://www.tecnocarreteras.es/2012/10/24/citymobil-un-proyecto-para-lograr-un-sistema-de-transporte-mas-eficaz-y-sostenible/>

TECNOCARRETERAS.ES (26/02/12) "El estado de Nevada tramita una ley que permite el uso de coches autónomos (sin conductor)" Recuperado el día 7 de agosto de 2015 de <https://www.tecnocarreteras.es/2012/02/26/el-estado-de-nevada-tramita-una-ley-que-permite-el-uso-de-coches-autonomos-sin-conductor/>

Thrun, S. (09/10/10) "What we're driving at." Recuperado el día 22 de junio de 2015 de <http://googleblog.blogspot.com.es/2010/10/what-were-driving-at.html>

Trillo, E. (12/01/14) "Un Audi que se aparca desde el móvil" Recuperado el día 10 de mayo de 2015 de <http://www.autobild.es/videos/sistema-aparcamiento-autonomo-audi-211511>

Urmson, C. (15/05/15) "Green lights for our self-driving vehicle prototypes." Recuperado el día 23 de junio de 2015 de <http://googleblog.blogspot.com.es/2015/05/self-driving-vehicle-prototypes-on-road.html>

Villarreal, D. (06/05/15) "Terrorífico: este es el primer camión autónomo que ya rueda sin conductor en Estados Unidos." Recuperado el día 5 de julio de 2015 de <http://www.diariomotor.com/2015/05/06/freightliner-inspiration-camion-autonomo/>

Villarreal, D. (12/04/10) "Así funcionan los sensores de lluvia." Recuperado el día 17 de mayo de 2015 de <http://www.diariomotor.com/2010/04/12/asi-funcionan-los-sensores-de-lluvia/>

Villarreal, D. (21/07/15) "Mcity: una ciudad ficticia conquistada por coches que circulan sin conductor." Recuperado el día 5 de agosto de 2015 de <http://www.diariomotor.com/2015/07/21/mcity-coches-autonomos/>

Villarreal, D. (27/06/15) "¿Temor ante los coches autónomos? Así se han producido los 12 accidentes del Google Car." Recuperado el día 28 de junio de 2015 de <http://www.diariomotor.com/2015/06/27/accidentes-google-car/>

Villasenor, J. (Abril de 2014). *Products Liability and Driverless Cars: Issues and Guiding Principles for Legislation*. Brookings Institution

Viso, E. (10/01/13) “¿Qué es la detección de las señales de tráfico?” Recuperado el día 3 de junio de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/que-es-la-deteccion-de-las-senales-de-trafico/>

Viso, E. (31/01/13) “¿Qué es la comunicación entre vehículos e infraestructuras (Car2x)?” Recuperado el día 29 de mayo de 2015 de <http://www.circulaseguro.com/que-es-la-comunicacion-entre-vehiculos-e-infraestructuras-car2x/>

VOLKSWAGEN.ES (2015) Recuperado el día 16 de mayo de 2015 de http://www.volkswagen.es/es/modelos/golf_7.html

Weiner, G., Walker Smith, B. (2015) “Automated Driving: Legislative and Regulatory Action”. Recuperado el día 30 de julio de 2015 de http://cyberlaw.stanford.edu/wiki/index.php/Automated_Driving:_Legislative_and_Regulatory_Action

WIKIPEDIA. ORG (26/07/2015) “Vehículo autónomo.” Recuperado el día 18 de junio de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_aut%C3%B3nomo

WIKIPEDIA.ORG (12/08/15) “Automóvil sin conductor de Google.” Recuperado el día 22 de junio de 2015 de https://es.wikipedia.org/wiki/Autom%C3%B3vil_sin_conductor_de_Google

WIKIPEDIA.ORG (23/08/15) “Google driverless car.” Recuperado el día 22 de junio de 2015 de https://en.wikipedia.org/wiki/Google_driverless_car