Universidad de Valladolid

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER EN LOGÍSTICA

Estudio de los Sistemas Inteligentes de Transporte

Autor: Moisés Javato Martín

Tutores: Pedro Sanz Angulo

Juan José de Benito Martín

Valladolid, julio de 2015

Resumen

En este trabajo se estudia el estado actual de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en Estados Unidos y Europa, a través de ejemplos reales. En primer lugar, se da una visión general del tema, definiendo los aspectos y actores clave y explicando las áreas de la gestión del tráfico y del vehículo conectado. A continuación, se aborda el desarrollo de los sistemas ITS en el ámbito de la Unión Europea, explicando las principales instituciones y programas de financiación europeos, así como los proyectos más destacados. Por último, se considera la aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte a la logística y al transporte de mercancías, a través ejemplos del sector privado, del sector público y de proyectos de investigación y desarrollo para la gestión del transporte de mercancías.

Palabras clave

Sistemas Inteligentes de Transporte, ITS, Unión Europea, logística, transporte de mercancías.

Abstract

This paper studies Intelligent Transport Systems (ITS) and its current deployment status through real examples, both in Europe and the United States. Firstly, a general view of the theme is presented, by means of describing the main elements and stakeholders and explaining the fields of traffic management and the connected vehicle. Secondly, a description of the ITS developments in the European Union is given, taking into account the main European institutions and funding programmes, as well as the most relevant projects. Finally, the application of Intelligent Transport Systems to logistics and freight transport is considered, including several examples from private and public sectors and some research and development projects for freight transport management.

Key words

Intelligent Transport Systems, ITS, European Union, logistics, freight transport.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **1**

1. Motivación *3*

2. Justificación *3*

3. Objetivos y alcance *4*

4. Estructura de la memoria *5*

CAPÍTULO 1 - VISIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE **7**

1. Introducción *9*

1.1. Ámbitos principales de aplicación 10

1.2. Organizaciones y normalización 12

1.3. Arquitectura ITS 13

1.4. El papel de los datos 15

2. Gestión del Tráfico *17*

2.1. Información avanzada al viajero 18

2.2. Gestión de las condiciones meteorológicas 21

2.3. Sistemas avanzados de control de los semáforos 23

3. El vehículo conectado *25*

3.1. Tecnologías y conceptos básicos 26

3.2. Aplicaciones 27

3.2.1. Aplicaciones relacionadas con la seguridad 28

3.2.2. Otras aplicaciones 29

CAPÍTULO 2 - LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y LA UNIÓN EUROPEA **31**

1. Introducción *33*

1.1. Grandes programas y su financiación 34

1.2. Instituciones europeas 36

1.3. ERTICO 38

1.4. Arquitectura ITS de la UE 39

2. Proyectos europeos destacados *41*

2.1. Sistema de llamada de emergencia paneuropeo (eCall) 41

2.2. Proyecto piloto para el despliegue del eCall (HeERO) 43

2.3. El proyecto iMobility Support y su foro 45

2.4. Proyectos en las Redes Transeuropeas de Transporte 46

2.4.1. Las redes transeuropeas 46
2.4.2. Proyectos ITS en la red TEN-T 47
3. El vehículo conectado en la UE 49
3.1. Conceptos básicos y tecnologías 49
3.2. Proyectos piloto 51
3.2.1. Iniciativas piloto urbanas: el proyecto Compass4D 51
3.2.2. Iniciativas piloto en carretera en distintos países 52

CAPÍTULO 3 - LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y LA LOGÍSTICA 55
1. Introducción 57
1.1. El concepto de vehículo industrial (*Commercial Vehicle*) 58
1.2. Tecnologías y conceptos básicos 59
2. Gestión de flotas y rastreo de cargas 61
2.1. Ejemplo de sistema de gestión de flotas 61
2.2. Uso de la tecnología RFID para el control de contenedores 63
3. Sistemas para facilitar la inspección y el control de acceso 65
3.1. Aplicaciones para la inspección de vehículos: PrePass,NORPASS 66
3.2. Aplicación para el acceso a la terminal de un puerto: PierPass 68
4. Proyectos para la gestión innovadora del transporte de mercancías 69
4.1. Flete electrónico (e-Freight) 69
4.2. Carga Inteligente (iCargo) 70
4.2.1. El caso de DHL 71
4.2.2. Proyecto piloto Escandinavia - Europa Continental 73
5. El vehículo conectado aplicado al transporte de mercancías 75
5.1. El proyecto CO-GISTICS 75
5.2. Consideraciones finales 77

CAPÍTULO 4 - ESTUDIO ECONÓMICO 79
1. Introducción 81
2. Profesionales que intervienen en el proyecto 81
3. Definición de las fases del proyecto 82
4. Costes de elaboración del proyecto 83
4.1. Horas efectivas y tasas horarias del personal 84
4.2. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático 85
4.3. Coste del material consumible 85
4.4. Costes indirectos 86
4.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto 86
5. Costes asignados a cada fase del proyecto 87

5.1. Costes asignados a la fase 1: puesta en marcha del proyecto 87
5.2. Costes asignados a la fase 2: recopilación de la información 88
5.3. Costes asignados a la fase 3: elaboración del informe 88
5.4. Costes asignados a la fase 4: presentación de los resultados 88
6. Coste total del proyecto 89

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS 91
1. Conclusiones 93
2. Líneas futuras 97

BIBLIOGRAFÍA 101

Introducción

1. Motivación

La introducción de las nuevas tecnologías de la información y de las telecomunicaciones (TIC) en la sociedad es hoy una realidad a la que nadie puede sustraerse. Ello supone a la vez un gran reto y una revolución social; piénsese, por ejemplo, en la forma en que los teléfonos móviles y las redes sociales están cambiando la manera de vivir y de relacionarse de las personas. El mundo de la logística y el transporte no es ajeno a estas innovaciones.

Así, el profesional de la logística de hoy debe ser consciente de la introducción de las nuevas tecnologías en todos los modos de transporte, lo que comúnmente se denomina como Sistemas Inteligentes de Transportes o sistemas ITS (*Intelligent Transport Systems*). Es importante conocer la complejidad que supone su introducción, pero también las grandes posibilidades que ofrecen, en términos de mejora de la competitividad para las empresas, de disponibilidad de nuevos servicios para los ciudadanos y de sostenibilidad medioambiental para todos.

Es por esta razón, en primer lugar, por la que se han elegido los sistemas inteligentes de transporte como tema del presente trabajo de fin de máster en logística. Para la elección, se ha tenido en cuenta el hecho de que éste es un tema con gran futuro por delante, de plena actualidad hoy, y que no se ha tenido oportunidad de abordar en los contenidos del máster.

Al mismo tiempo, si se eligió este tema fue también por el interés personal que despertaba en el alumno, y por la posibilidad de aprovechar hasta cierto punto los conocimientos y experiencia internacional del mismo; por ejemplo, en lo que se refiere a la aplicación de los sistemas ITS en los Estados Unidos y en la Unión Europea.

En último lugar, pero no menos importante, está la esperanza de que el presente trabajo pueda ayudar al alumno a encontrar nuevas opciones profesionales, que le permitan reincorporarse con éxito al mercado laboral; en los sistemas ITS participan profesionales de muchas disciplinas, y cuenta con múltiples ámbitos de aplicación, tanto en el sector público como en el sector privado.

2. Justificación

El sector del transporte contribuye en gran medida al funcionamiento y competitividad de la economía. En la Unión Europea (UE) la industria del transporte da empleo directo a más de 10 millones de personas, representa un 4,5% del empleo total y el 4,6% del producto interior bruto (PIB). La fabricación del material de transporte genera un 1,7% adicional del PIB y un 1,5% de empleo (Comisión Europea, 2011).

Sin embargo, aunque beneficioso e imprescindible para la sociedad, el transporte genera importantes externalidades negativas, principalmente: la congestión, la contaminación y los accidentes de tráfico. En todas estas categorías los datos hablan por sí mismos.

Entre los años 2000 y 2010 el volumen de transporte por carretera en la Unión Europea creció en un 35%, lo que se tradujo en 7.500 km, el 10% de la red viaria, diariamente afectados por atascos. La situación es especialmente grave en las grandes ciudades; por ejemplo, en Londres, el 20% de los viajeros pasan más de dos horas al día viajando hacia y desde el trabajo, lo que

equivale a un día laboral a la semana. En total la congestión del tráfico le cuesta a Europa alrededor del 1% del producto interior bruto (PIB) al año (Comisión Europea, 2011).

No menos importante es la contaminación asociada al transporte. En 2012 el transporte fue el responsable del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea. En España el transporte generó un 24% de las emisiones de este tipo de gases, siendo la contribución más importante la del transporte por carretera, con un 70,3% del total de emisiones (Ministerio de Fomento, 2014).

En cuanto a los accidentes, la carretera sigue siendo mucho más peligrosa que otros medios de transporte. En 2012 fallecieron en las carreteras europeas 28.000 personas, y 1,5 millones resultaron heridas como consecuencia de una accidente de tráfico (Comisión Europea, 2013). Además de las innumerables repercusiones sociales, esta tragedia supone un coste anual aproximado del 2% del PIB de la Unión Europea, y representa el 23% de los costes externos del transporte en España.

El empleo de los sistemas ITS puede contribuir a la mejora de esta situación mitigando los efectos de estos tres grandes problemas. Así, los sistemas inteligentes de transporte permiten reducir la congestión del tráfico a través de varias vías. Un ejemplo muy claro es su aplicación a la gestión de tráfico para responder de forma dinámica a las condiciones de la carretera (señales dinámicas, semáforos, información a los viajeros, etc.).

La reducción de la congestión conseguida con estos sistemas se traduce también en una reducción de la contaminación. Además, los sistemas ITS se pueden utilizar para reducir las emisiones de CO_2 generadas por el transporte de mercancías, optimizando la gestión de los envíos y reduciendo el número de vehículos y viajes para un mismo volumen de carga.

Por último, la introducción de sistemas ITS pueden contribuir a mejorar la seguridad y reducir el número de accidentes. Ejemplos de ello son los sistemas de seguridad instalados en los túneles, o los mecanismos de alerta al conductor que se están desarrollando en los vehículos. De todos estos temas se habla en este trabajo.

3. Objetivos y alcance

Como objetivos del presente trabajo hay que citar en primer lugar los asociados a la realización del máster en logística. Según la (Universidad de Valladolid, s.f.) “Al término del Máster en Logística, los alumnos podrán y deberán demostrar las siguientes competencias generales:

1. Capacidad de organización y planificación del tiempo
2. Capacidad de expresión oral y escrita.
3. Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma.
4. Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz.
5. Capacidad de compromiso ético y profesional.
6. Capacidad de investigación.
7. Capacidad de trabajo con TICs.
8. Capacidad de evaluar.”

Las anteriores son competencias generales y, por tanto, aplicables a cualquier trabajo de fin de máster, independientemente de su tema. Existen, además, toda una serie de competencias

específicas "relacionadas con el contenido teórico y práctico de las materias impartidas, las prácticas y el Trabajo de Fin de Máster". Dentro de ellas, hay una aplicable directamente como objetivo al presente trabajo: "Conocer los diferentes modos de transporte: terrestre (carretera y ferrocarril), aéreo y marítimo, así como las infraestructuras más adecuadas de intercambio entre cada uno de ellos".

De forma complementaria a lo establecido por el máster, se ha planteado como objetivo principal del presente trabajo el estudio de los sistemas de transporte inteligentes, definiendo claramente qué son, cómo están implantados y cómo se encuentra la investigación relacionada, sobre todo en lo relativo al ámbito que más nos interesa, el logístico.

En lo que se refiere al enfoque del trabajo, se pretender dar una visión de conjunto del tema, sin perderse en los detalles. En este sentido se busca mostrar las posibilidades de los sistemas ITS, dando toda la información relevante, pero de forma clara y concisa; sin abrumar al lector con detalles técnicos. Por tanto, el presente trabajo debería ser compresible para un público amplio, no sólo para ingenieros o personas con conocimientos de logística.

Otro objetivo que ha estado presente ya desde las primeras fases del proyecto es la pretensión de que el lector no iniciado en los sistemas ITS pueda, con la lectura de este informe, "orientarse" dentro este complejo mundo, y hacerlo en poco tiempo. Es decir, que no tenga que recorrer el mismo camino ni realizar el mismo esfuerzo que el autor.

Dentro de un tema tan amplio, puede resultar fácil perderse. Así, uno de los objetivos del trabajo es precisamente acotar razonablemente su alcance. Para ello, tras una primera fase de documentación general sobre el tema, se establecieron las tres áreas fundamentales que se iban a abordar y que se corresponden con los capítulos de esta memoria. Se decidió, asimismo, acotar el ámbito geográfico a la Unión Europea y a los Estados Unidos; de estas zonas proceden todos los ejemplos de sistemas ITS explicados a lo largo del texto.

4. Estructura de la memoria

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene la siguiente estructura.

En el primer capítulo, denominado "Introducción a los Sistemas Inteligentes de Transporte", se da una visión general de estos sistemas, a través de la cual el lector puede hacerse una primera idea de este mundo y abordar con solidez los capítulos posteriores. Dentro del mismo, se acota el ámbito de estudio del trabajo, se definen los aspectos y actores clave de los sistemas ITS y se explican, a través de ejemplos reales, dos de sus áreas de aplicación: la gestión del tráfico y el vehículo conectado.

A continuación, en el capítulo "Los Sistemas Inteligentes de Transporte y la Unión Europea" se analiza el nivel de desarrollo de los sistemas ITS en el ámbito europeo. Se empieza abordando las instituciones y programas europeos que tienen un papel más relevante en el desarrollo de estos sistemas y en su financiación. A continuación, se explican los proyectos ITS europeos más destacados en el momento actual (eCall, redes transeuropeas, etc.). Se termina este capítulo abordando el vehículo conectado en el ámbito europeo, a través de sus peculiaridades y de los principales programas piloto activos hoy en la UE.

En el tercer capítulo titulado “Los Sistemas Inteligentes de Transporte y la Logística”, se considera la aplicación de los sistemas ITS a la logística y al transporte de mercancías. Se muestran ejemplos de aplicación tanto en el sector privado (gestión de flotas y cargas) como en el sector público (sistemas para facilitar la inspección y el control de acceso). Asimismo, se estudian un par de proyectos de I+D+i que buscan soluciones innovadoras para la gestión del transporte de mercancías (e-Freight, iCargo) y en los que participan tanto el sector público como el privado. El capítulo concluye con la aplicación específica del vehículo conectado al transporte de mercancías, ilustrada con un proyecto piloto europeo en el que participa España.

El cuarto capítulo incluye el “Estudio Económico”, obligatorio en todo trabajo de fin de máster en logística, y que pretende valorar económicamente el esfuerzo realizado por el alumno en la realización del trabajo. Para ello se consideran una serie de elementos (personas, medios materiales, horas, etc.) a los que se asocia una valoración económica; a partir de ésta, se obtienen los costes asociados a cada fase del proyecto y, finalmente, el coste total del mismo.

Tras este cuarto capítulo, se incluyen las conclusiones que se extraen del trabajo realizado y las posibles líneas futuras para posteriores actividades. Cierra el presente documento la bibliografía, donde se recogen todas las fuentes bibliográficas citadas a lo largo del texto.

Capítulo 1 - Visión general de los Sistemas Inteligentes de Transporte

1. Introducción

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS*, Intelligent Transport Systems*) pueden definirse como "un conjunto de aplicaciones avanzadas dentro de la tecnología informática, electrónica y de comunicaciones que, desde un punto de vista social, económico y medioambiental, están destinadas a mejorar la movilidad, seguridad y productividad del transporte, optimizando la utilización de las infraestructuras existentes, aumentando la eficiencia del consumo de energía y mejorando la capacidad del sistema de transportes." (Yáñez Ortiz & Buchanan, 2010, pág. 14)

Aparecen a mediados del siglo XX, cuando las autoridades de los Estados Unidos empiezan a plantearse cómo abordar el problema del aumento de los desplazamientos por carretera y la congestión asociada. Sin embargo, no es hasta finales de los años 80, con los avances en materia de informática y comunicaciones, que surgen los programas ITS como se conocen hoy. La denominación de sistemas inteligentes de transporte empieza a utilizarse a finales de los 90.

La Unión Europea en su (Directiva 2010/40/UE), los define como "aplicaciones avanzadas que, sin incluir la inteligencia como tal, proporcionan servicios innovadores en relación con los diferentes modos de transporte y la gestión del tráfico y permiten a los distintos usuarios estar mejor informados y hacer un uso más seguro, más coordinado y «más inteligente» de las redes de transporte".

Aunque en principio pueden aplicarse a cualquier modo de transporte (terrestre, marítimo o aéreo), lo cierto es que su desarrollo está asociado fundamentalmente al transporte terrestre por carretera, que es el área que se estudiará en este trabajo. Para una introducción a los sistemas ITS en otros modos de transporte véase (Yáñez Ortiz & Buchanan, 2010).

Desde otra perspectiva, pueden verse los ITS como "una disciplina de ingeniería que engloba la investigación, planificación, diseño, integración y despliegue de los sistemas y aplicaciones para gestionar el tráfico y el transporte público, mejorar la seguridad, proporcionar beneficios al medio ambiente, y maximizar la eficiencia de los sistemas de transporte en superficie" (Noyes, 2013).

En todas las etapas necesarias para el desarrollo de estos sistemas, van a tener que participar múltiples actores: Administraciones Públicas, fabricantes de equipos, universidades, empresas y en general profesionales de muy distintas ramas, entre ellas la logística, sin olvidar a los propios usuarios de los sistemas de transporte. Coordinar los trabajos e intereses de todas las partes puede resultar muy complejo.

La diversidad y la complejidad no se dan sólo en los participantes, sino también en las tecnologías que se utilizan. No se va a entrar aquí en una descripción de las tecnologías, a tal efecto véase (Hanson, 2013). Se quiere, eso sí, destacar tres elementos clave que hacen posible los ITS: los sensores y la electrónica asociada a estos, las telecomunicaciones, especialmente los sistemas inalámbricos, y la informática, especialmente el procesado y almacenamiento de grandes volúmenes de datos.

Para dar una idea de las posibilidades de los sistemas ITS, a continuación se detallan distintos ejemplos, agrupados por su ámbito de aplicación.

1.1. Ámbitos principales de aplicación

Actualmente, el mundo de los sistemas inteligentes de transporte, presenta dos vertientes. Por un lado, existen ámbitos en los que, aunque se sigue investigando, se cuenta ya con aplicaciones y servicios bastante maduros; éste el caso de la gestión del tráfico. Por otro, están los ámbitos más novedosos, algunos todavía en fase experimental; como el coche conectado. En cualquier caso, muchos de estos sistemas ya han pasado a formar parte de la vida cotidiana de las personas (gestión del tráfico, transporte público) o de las empresas (pago electrónico de peajes, gestión de flotas).

El ámbito tradicional donde se han desarrollado los sistemas ITS, es la gestión del tráfico. En este área las autoridades, apoyándose en los centros de gestión del tráfico conectados con las carreteras y las calles, dan servicios tan conocidos como la monitorización del tráfico con cámaras y radares, la información dinámica al viajero (Figura 1), o el control semafórico en las ciudades. Más adelante, en este capítulo, se analizarán con más detalle varias aplicaciones ITS de este tipo.

Figura 1: Panel de mensaje variable (Yáñez Ortiz & Buchanan, 2010)

Otra esfera típica de los ITS es el transporte público. Los ejemplos más conocidos en este caso son: la gestión de flotas de autobuses basándose en sistemas de geolocalización como el GPS, la información a los viajeros en las paradas indicando el tiempo que falta para la llegada del próximo vehículo o los sistemas automáticos de pago a través de tarjetas sin contacto. Otros desarrollos menos conocidos son los sistemas de anticipación a la colisión o el estacionamiento de precisión en las paradas (Figura 2).

Figura 2: Estacionamiento de precisión de un autobús utilizando sensores y la línea azul como referencia (Schweiger, 2013)

El telepeaje forma parte también de los ámbitos clásicos de los ITS. En muchos sitios existe ya la posibilidad de pago automático utilizando etiquetas de radiofrecuencia (RFID) colocadas en los vehículos, normalmente camiones. Se están desarrollando sistemas como el de la Figura 3, para poder pagar el peaje mientras se circula en carretera (*open road tolling*), sin tener que parar en ningún peaje. Un programa piloto sueco de este tipo se cita en (McQueen, 2013, pág. 9).

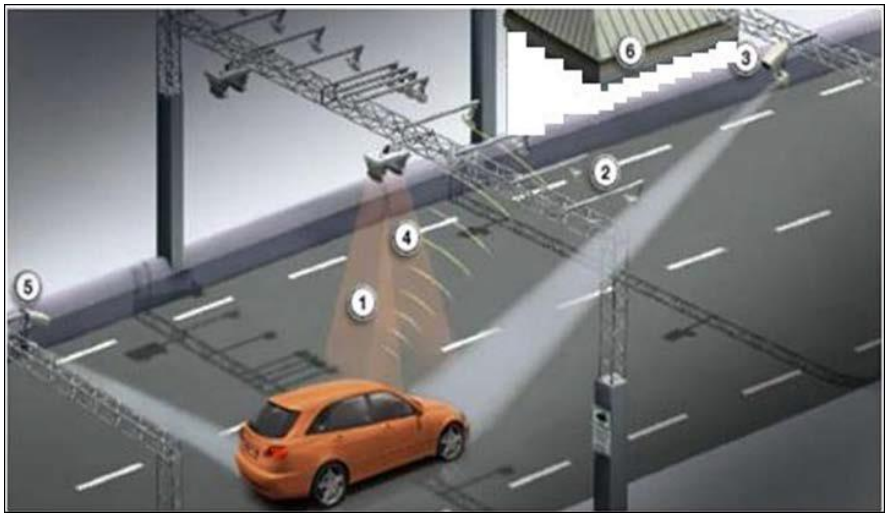


Figura 3: Pago de peaje mientras se circula, utilizando cámaras para leer la matricula (McQueen, 2013)

El último ámbito consolidado a destacar es el del transporte de mercancías. Dentro de éste, el ejemplo más claro es la gestión de flotas de vehículos de mercancías utilizando geolocalización GPS, pero también se ha desarrollado el uso de etiquetas de radiofrecuencia (RFID) para el seguimiento de determinados contenedores. De estas aplicaciones se habla en el capítulo 3 del presente trabajo.

Como terrenos más novedosos, todavía en pleno desarrollo, están las Ciudades Inteligentes (*Smart Cities*) y el Vehículo Conectado. El término de ciudad inteligente alude genéricamente al uso de la tecnología digital para dar mejores servicios a las poblaciones urbanas y hacer un mejor uso de los recursos, respetando el medio ambiente (Smart Cities. Digital Agenda for Europe., 2015). En la faceta del transporte, se emplea el término *Smart Mobility*, para referirse al uso de los sistemas ITS en el ámbito urbano, con objeto de reducir la congestión y mejorar la movilidad de las personas.

El término vehículo conectado se refiere a introducción en vehículos de todo tipo (Figura 4) de la habilidad de comunicarse de forma inalámbrica con otros vehículos y con equipos instalados en las infraestructuras, como por ejemplo los semáforos, para posibilitar toda una serie de servicios relacionados con la seguridad, la movilidad y el medioambiente, de interés para el sector público y privado (Hill, 2013). Una introducción al vehículo conectado puede encontrarse en el último apartado de este capítulo.

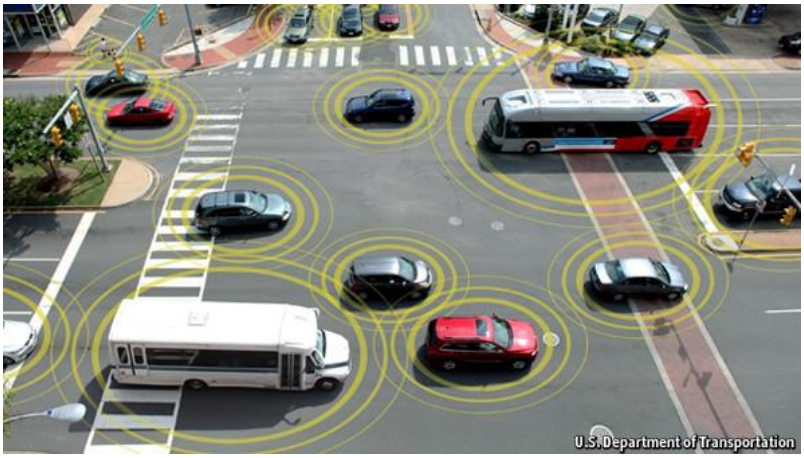


Figura 4: Futuro escenario del vehículo conectado (Difference Engine. Chattering Cars, 2014)

Cualquiera que sea la evolución futura de las aplicaciones ITS, el reto parece estar hoy en la integración: que las aplicaciones y los medios de transporte vistos puedan integrarse unos con otros y prestar un servicio completo al viajero. Bill Ford, presidente ejecutivo de Ford expresaba, en su intervención en el congreso mundial ITS (ITS World Congress Detroit, 2014), cómo podría ser el futuro. Una persona que se encuentre en la zona metropolitana de Nueva York, recibirá un aviso en su móvil indicando que el medio de transporte que usa habitualmente para ir al trabajo tiene una hora de retraso, debido a un accidente. Así, en lugar de conducir hasta su trabajo, lo hará hasta la estación de trenes donde dejará su coche en el parking, utilizando una aplicación de su teléfono que le guía a una plaza libre y le permite pagar. Con el mismo teléfono móvil comprará y pagará automáticamente su billete de tren. Desde el tren solicitará un taxi o un servicio de coche compartido, que le estará esperando en la estación para llevarle finalmente a su lugar de trabajo.

1.2. Organizaciones y normalización

A principios de los años 90 del siglo XX, se crean las grandes organizaciones ITS para cada área geográfica (Europa, USA y Japón), en las que participan empresas del sector, operadores de infraestructuras, Administraciones Públicas, grupos de usuarios, etc., y que trabajan de forma coordinada intercambiando experiencias y fomentando el desarrollo y la implantación de los sistemas inteligentes de transporte. Se resumen en la Tabla 1.

Cada año se celebra un Congreso Mundial ITS, en el que participa toda la comunidad global del sector incluidas estas organizaciones. El último se celebró en EEUU en septiembre de 2014 (ITS World Congress Detroit, 2014), y el próximo tendrá lugar en Francia en octubre de 2015 (ITS World Congress Bordeaux, 2015).

En España existe, desde 2002, la Asociación ITS España, sin ánimo de lucro y cuyo principal objetivo es aunar al sector público, privado y académico relacionado con los sistemas inteligentes de transporte, para hacer más segura, sostenible y eficiente la movilidad de las personas y mercancías a través de los distintos modos de transporte (ITS España, 2015).

Tabla 1: Organizaciones ITS a nivel mundial

Logotipo	Nombre	Año de creación	Web
	ITS America (USA)	1991	http://www.itsa.org/
	ERTICO (ITS Europa)	1991	http://ertico.com/
	VERTIS (ITS Japón)	1994	http://www.its-jp.org/english/

Dentro de ITS España existen varios foros concretos de trabajo para promover las nuevas tecnologías en determinadas áreas (foro eSafety, foro ERTRAC, ERTICO). Asimismo, esta institución organiza con carácter anual el Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte, cuya última edición se celebró en Madrid en abril de 2015.

Nótese además la existencia del Clúster de Movilidad Logística de Euskadi (Mls-its-Euskadi, 2015) que realiza actividades de forma paralela a ITS España.

Por otra parte, en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte resulta fundamental la normalización, para garantizar la interoperabilidad de sistemas y equipos. En este sentido, hay que destacar la labor de ISO a nivel internacional, del CEN a nivel europeo y de AENOR en España.

La ISO (*International Organization for Standardization*) cuenta con el Comité Técnico ISO/TC 204, encargado de los sistemas inteligentes de transporte y con el Comité Técnico ISO/TC 022, responsable en exclusiva de todas las cuestiones de normalización relativas a la compatibilidad, interoperabilidad y seguridad propias de los vehículos.

A nivel europeo, está el CEN (*Comité Européen de Normalisation*) y dentro de éste el Comité CEN TC278, creado en 1991, responsable de elaborar y adoptar los estándares sobre ITS de carreteras con validez europea. Por ejemplo, el EETS (*European Electronic Toll Service*), auspiciado por la Comisión Europea, se basa en varios estándares de este comité. Nótese que en el seno de la UE, además del CEN, que tiene carácter general, existen también el CENELEC en materia de electrotecnia y el ETSI en el ámbito de las telecomunicaciones.

En España, AENOR cuenta con el Comité Técnico de Normalización CTN 159, encargado de la normalización de sistemas telemáticos aplicados al transporte por carretera. Destacan también el CTN 133, relacionado con las telecomunicaciones, el CTN 135, sobre equipamientos para la seguridad vial, y el CTN 152, relacionado con la logística.

1.3. Arquitectura ITS

En un mundo tan complejo y cambiante como el de los sistemas inteligentes de transporte, que engloba tantas aplicaciones y tecnologías, y donde cada día aparecen nuevos actores y servicios diferentes, se hace necesaria una referencia, un elemento común que sirva de base para el

desarrollo coherente de estos sistemas en el tiempo, de forma que los sistemas puedan funcionar sin problemas unos con otros.

Para intentar abordar esta cuestión aparece el concepto de arquitectura ITS, como marco común de referencia que guíe las actuaciones de los agentes públicos y privados en el despliegue de estos sistemas. Esencialmente es un marco normalizador y de integración de los proyectos ITS que se van a abordar en los próximos años. Una guía para asegurar la compatibilidad e interoperabilidad de sistemas, productos y servicios, sin limitar las opciones de diseño de los actores involucrados.

En (Yáñez Ortiz & Buchanan, 2010, pág. 60) se enumeran los objetivos a cumplir por una arquitectura ITS:

- Compatibilidad y conectividad de los dispositivos, sistemas y redes en el sistema de transporte, independientemente del órgano responsable o titular de la infraestructura.
- Interoperabilidad de las tecnologías ITS utilizadas, independientemente del proveedor.
- Optimización de las características técnicas, el rendimiento y los costes.
- Cooperación entre los distintos agentes, públicos y privados.

La arquitectura deberá ser lo suficientemente flexible para acomodar los cambios que se puedan producir, pues la tecnología de base hoy puede quedarse rápidamente obsoleta, y a los servicios existentes actualmente se añadirán otros que no se han concebido todavía.

En la práctica toda arquitectura ITS se puede definir a partir de cuatro elementos fundamentales:

1. Definición de los servicios o aplicaciones ITS
2. Identificación de las funciones o procesos básicos que los sistemas ITS deben ser capaces de llevar a cabo en las infraestructuras.
3. Tecnologías más apropiadas para que los equipos y sistemas ITS desplegados puedan cumplir con su misión.
4. Especificación de las normas y estándares para garantizar la compatibilidad, interoperabilidad y conformidad con la reglamentación nacional, europea e internacional, así como de las recomendaciones de las asociaciones profesionales/industriales comúnmente aceptadas.

Nótese que una arquitectura ITS tiene en principio carácter nacional; las autoridades de cada país la definirán en función de sus necesidades. Dependiendo del país podrán existir además arquitecturas ITS regionales o supranacionales. Las principales arquitecturas ITS existentes hoy son las de Japón, Estados Unidos y la Unión Europea. Del ámbito europeo se habla en el capítulo siguiente.

La arquitectura ITS de los Estados Unidos (*National ITS Arquitecture*), desarrollada por el Departamento de Transporte (USDOT), se inició en 1994 y actualmente va por su versión 7.1 (National ITS Architecture, 2015). Su estructura se refleja en la Figura 5.

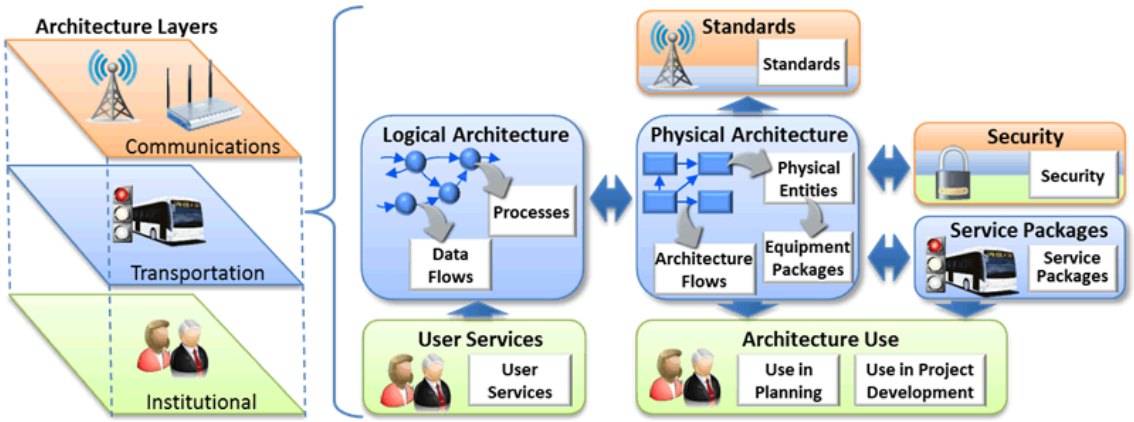


Figura 5: Estructura de las arquitectura ITS de los EEUU (National ITS Architecture, 2015)

Está estructurada en tres capas: institucional, transporte y comunicaciones. La capa institucional, se encarga de identificar las necesidades de los usuarios y de tratar las cuestiones de planificación y desarrollo de proyectos. En ella están definidos los servicios de usuario, actualmente 33 agrupados en ocho categorías: gestión de tráfico y viajes, gestión del transporte público, pago electrónico, operaciones de vehículos comerciales, gestión de emergencias, sistemas de seguridad avanzados en los vehículos, gestión de la información, y operaciones de construcción y mantenimiento. Esta capa establece también los objetivos y requisitos para los distintos programas y se encarga de las cuestiones institucionales y de los mecanismos de financiación para los programas ITS.

En la capa de transporte, se describen los sistemas y servicios de transporte. Incluye las arquitecturas física y lógica, que definen los procesos, los flujos de datos, las entidades físicas y los paquetes de equipo. Todos estos elementos servirán de base a los paquetes de servicios específicos y a las comunicaciones.

La capa de comunicaciones se encarga de hacer posible el intercambio información y de garantizar la interoperabilidad entre los distintos sistemas. Para la integración de estos sistemas son necesarios los estándares ITS, que se incluyen en esta capa. Dentro del Departamento de Transporte de los EEUU existe un programa de estándares ITS (*ITS Standards Program*), que trabaja con las organizaciones de estandarización más importantes, como por ejemplo el *Institute of Transportation Engineers (ITE)* o el *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. Una lista completa de estas organizaciones puede encontrarse en la sección *Standards* de (National ITS Architecture, 2015).

1.4. El papel de los datos

Un componente fundamental de los sistemas inteligentes de transporte es la información, sin la cual, de hecho, no podrían funcionar. Esencialmente, todo servicio proporcionado por un sistema ITS pueden verse como un flujo o cadena de información (Figura 6).

En este flujo, el primer paso es la adquisición de los datos, que pueden provenir de muy distintas fuentes, como por ejemplo de equipos colocados en las infraestructuras (radares, cámaras de vigilancia, sensores), de otras entidades distintas al gestor del tráfico (agencias meteorológicas, empresas) o de los propios usuarios (mensajes, llamadas telefónicas, redes sociales).

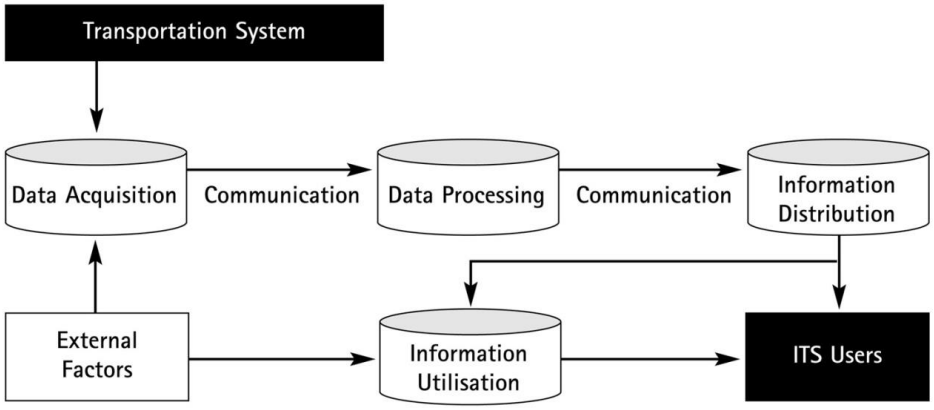


Figura 6: Flujo de la información en los sistemas ITS (World Road Association)

La adquisición proporciona un volumen heterogéneo de datos, que tendrá que procesarse para, entre otras cosas, verificar su exactitud, armonizar la información contradictoria, convertir los datos a un formato compatible, o combinarlos con los datos de otras fuentes (transporte público, policía, etc.). Este proceso se conoce con el nombre de Fusión de Datos.

Tras realizarse esta fusión, la información obtenida se podría distribuir directamente a los usuarios, pero normalmente son las aplicaciones ITS las que van a hacer uso de ella, procesándola nuevamente y presentándola convenientemente al usuario. En esta parte es donde los sistemas ITS "ganan inteligencia" en palabras de (World Road Association).

Nótese que la fusión de los datos la realizaban tradicionalmente los centros de gestión de tráfico, pero hoy ya existen empresas privadas cuyo negocio se basa precisamente en ello. Un ejemplo es el de la empresa británica *TransportAPI.com*, que ha creado una plataforma de distribución de los datos del transporte público (tren, metro, tranvía, taxi). El aeropuerto de Heathrow es uno de sus clientes y utiliza su plataforma para proporcionar todos los servicios de información en sus instalaciones.

Ahora bien, los sistemas ITS no sólo van a adquirir y procesar la información, sino que también van a almacenarla y analizarla con distintos propósitos. Por ejemplo, para medir el rendimiento del sistema de transporte a nivel agregado y sacar conclusiones que permitan mejorar la planificación y gestión del mismo (Hadi, 2013). Este uso de los datos está relacionado con los grandes centros de almacenamiento de datos (*Data Centers*) y el análisis de macrodatos (*Big Data*), tan en boga hoy en las empresas.

Otra de las razones para almacenar los datos, es mejorar la explotación de los servicios que se dan al público, como por ejemplo en los autobuses urbanos o en los peajes en autopistas. Así, los sistemas ITS pueden beneficiarse de lo que se conoce como técnicas de almacenamiento de datos (*Datawarehousing*), que permiten estructurar la información en conjuntos útiles para cada faceta del negocio (*Datamarts*). Un ejemplo de este almacenamiento de datos en el ámbito del transporte público es el que se muestra en la Figura 7. En este esquema, se van a almacenar por ejemplo información sobre las incidencias registradas (*CAD*, *Computer-Aided Dispatch; AVL, Automatic Vehicle Location*), información sobre el nivel de viajeros (*APC, Automatic Passenger Counters*) o sobre la recaudación (*AFC, Automatic Fare Collection*).

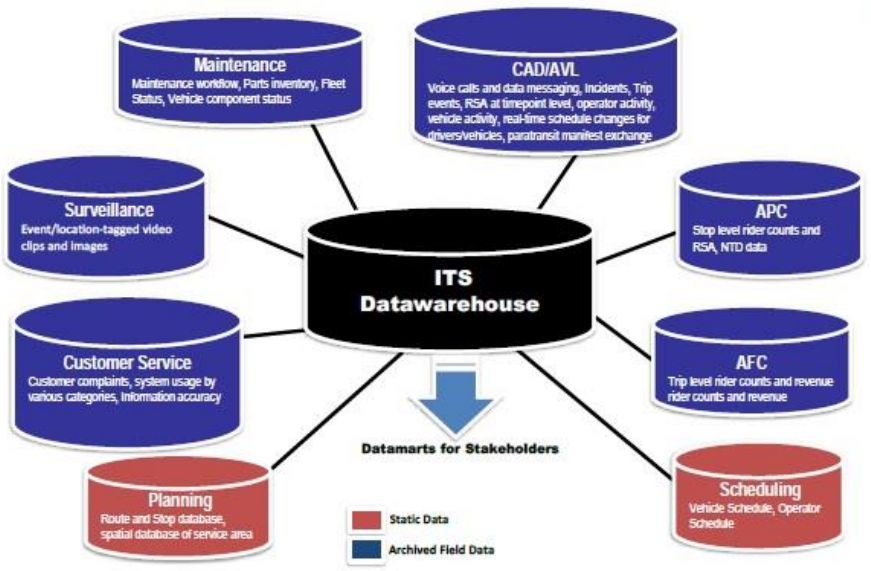


Figura 7: Esquema típico del almacenamiento de datos en aplicaciones ITS de transporte público (Schweiger, 2013)

Un último elemento a destacar es la importancia de la compatibilidad de los datos intercambiados, entre los distintos centros (policía, emergencias, tráfico, etc.) y entre administraciones (local, regional, nacional). Un ejemplo muy claro es el de los accidentes de tráfico en los que, para dar una respuesta rápida y eficaz, se deben coordinar: el servicio telefónico 112, los centros de gestión del tráfico, las fuerzas de seguridad y los servicios de bomberos.

2. Gestión del Tráfico

Tradicionalmente la labor de las administraciones públicas en el ámbito del transporte se centraba fundamentalmente en construir y mantener las carreteras e instalaciones asociadas. Hoy en día, el énfasis se centra en lograr que la operativa de los sistemas sea lo más efectiva posible, de forma que se maximice la eficiencia y se minimice las inversiones adicionales en infraestructuras.

Un papel central en la operación y gestión del tráfico lo desempeñan los centros de gestión del tráfico (TMCs*, Transportation Management Centers*) como el de la Figura 8. Tradicionalmente se encargaban de la gestión del tráfico en las principales carreteras, la gestión de incidencias y de la información al viajero. Hoy mantienen esas funciones, y añaden otras como la colaboración con otros centros y las actividades de respuesta ante nevadas y emergencias. Para más información sobre ellos puede consultarse el capítulo 3 de (Bachiller, 2015).

Dentro de las labores que llevan a cabo estos centros, aparece el concepto de gestión activa del tráfico (*ATM, Active Traffic Management*) para referirse "al uso de estrategias, herramientas y recursos para dinámicamente, gestionar, controlar e influir sobre el flujo de tráfico en carreteras, autopista y autovías, carriles especiales o en los accesos a los mismos"- (Hadi, 2013, pág. 15). Con ello, lo que se pretende es poder reaccionar activamente, según las circunstancias, los datos y las previsiones disponibles, con objeto de prevenir atascos, mejorar la seguridad,

reducir las emisiones o maximizar la eficiencia del sistema. Algunas técnicas que se utilizan a tal efecto son el empleo de límites de velocidad variables o la asignación dinámica de carriles, exclusivos para ciertos tipos de vehículos.

Figura 8: Centro de gestión del tráfico (Wallace, 2013)

Un área interesante que se está desarrollando hoy es la gestión de carriles (*managed lanes*), que consiste en establecer peajes variables para determinados carriles, según las condiciones del tráfico y de los vehículos. Así, por ejemplo, un vehículo que no sea de alta ocupación y que quiera circular en hora punta por estos carriles deberá abonar una tarifa que se le indicará. La empresa Ferrovial ha desarrollado en colaboración con el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) un proyecto sobre el tema (Proyectos de I+D en autopistas, s.f.).

A continuación se van a abordar algunas de las aplicaciones ITS más destacadas en el ámbito de la gestión del tráfico.

2.1. Información avanzada al viajero

Una de las aplicaciones fundamentales de los sistemas ITS es hacer llegar información actualizada sobre el transporte a los viajeros, para que éstos puedan tomar decisiones más informadas y seguras. En caso de problemas de tráfico, la información recibida ayudará en muchos casos a actuar a tiempo permitiendo, por ejemplo, cambiar de ruta o de medio de transporte. Incluso en los casos en los que el viajero no puede evitar la situación, disponer de información ayuda a reducir la ansiedad y evita que se tomen riesgos innecesarios (Wallace, 2013).

En el ámbito de la circulación por carretera, una de las formas de información avanzada al viajero es la conocida en terminología ITS como difusión de la información (*Information Dissemination*). Se basa en el uso de una serie de dispositivos instalados a lo largo de la vía, encargados de difundir información, entre los que destacan las señales dinámicas (*DMS, Dynamic Message Signs*) como la de la Figura 9 y las radios de aviso en carretera (*HAR, Highway Advisory Radios*) sintonizables al acercarse a una zona determinada.

Figura 9: Señal de mensaje dinámico en una autopista de Florida (Hadi, 2013)

La información a difundir puede incluir: consejos de viaje, avisos de incidencias (accidentes, obras, atascos, condiciones meteorológicas adversas, etc.), tiempo estimado de llegada, límites de velocidad dinámicos, control de carriles, información sobre tarifas de peaje dinámicas, información de rutas alternativas, o información relacionada con la conexión con otros modos de transporte.

A estos sistemas de difusión, que inicialmente eran el único medio para hacer llegar información dinámica a los conductores, se han ido añadiendo otros con el tiempo. Destacan los navegadores GPS colocados en los vehículos, hoy muy comunes, y cuyos mapas e información asociada pueden actualizarse en Internet.

La aparición y generalización de la telefonía móvil amplió las posibilidades de informarse en viaje. En los Estados Unidos son muy populares los números de información 5-1-1 (Figura 10), que dan información gratuita sobre el estado del tráfico y cobran una cierta tarifa por información adicional como por ejemplo turística, o de planificación de ruta, según se recoge en un caso de estudio anejo a (World Road Association).

Figura 10: Señal anunciando el número de información 5-1-1 en USA (World Road Association)

La última evolución de los sistemas avanzados de información al viajero ha venido de la mano de la expansión del acceso a Internet desde teléfonos móviles o tabletas. Se puede consultar páginas web, pero también existen aplicaciones específicas (*Apps*) que se puede instalar en estos dispositivos móviles.

En esta última categoría, hay que destacar las aplicaciones en las que participan comunidades de viajeros, conocidas como LBSN (*Location-Based Social Networks*); Waze es la que posee hoy en día un mayor número de seguidores (Figura 11), con millones de usuarios, y en la que son éstos los que se encargan de ir actualizando los mapas de tráfico en tiempo real, indicando la situación de las rutas y los puntos negros en cada momento. Otro caso interesante es el de las aplicaciones que dan información en tiempo real para encontrar aparcamiento, como la que ha puesto en marcha la ciudad de San Francisco (Figura 12).

Figura 11: La aplicación Waze para teléfonos móviles (Lerner-Lam, 2013)

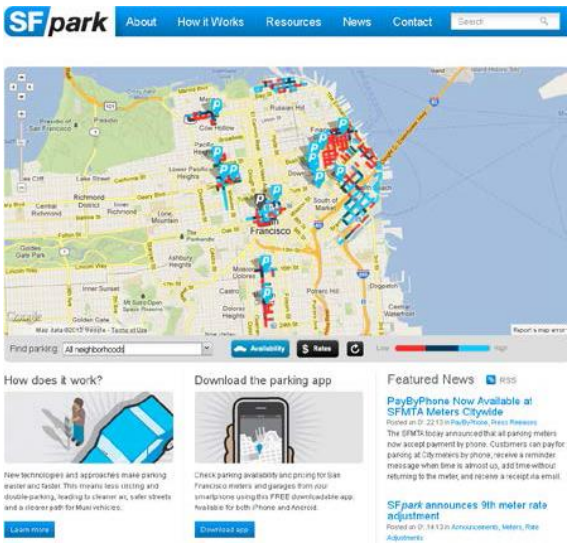


Figura 12: Sistema de información de aparcamiento en tiempo real de la ciudad de San Francisco (Skabardonis, 2013)

No se puede hablar de información avanzada al viajero, sin mencionar su aplicación al transporte público. Hoy son comunes en las paradas de autobús o metro de muchas ciudades, los paneles de información donde se muestra el tiempo restante para la llegada del próximo autobús o información sobre interrupciones en las líneas. Esta información se complementa con la mostrada en las pantallas de los propios autobuses o vagones.

Dentro de este ámbito del transporte público se quiere destacar un ejemplo poco usual de información al viajero: el uso de pantallas en bares o cafeterías. En el entorno de Washington D.C., un servicio creado por la empresa *Mobility Lab* muestra información sobre el tiempo que falta para la llegada de autobuses y metro a la parada más cercana al bar y el número de bicicletas públicas disponibles en el puesto más próximo (Figura 13).

Figura 13: Pantalla con información de transporte público en el Java Shack coffee shop de Arlington, Virginia (Schweiger, 2013)

2.2. Gestión de las condiciones meteorológicas

La aparición de fenómenos meteorológicos adversos, muchas veces repentinos, conlleva un deterioro rápido de la circulación y un aumento del riesgo de accidentes. La recogida automática de datos permite responder rápida y eficientemente a estas situaciones.

La gestión de las condiciones meteorológicas en carretera (RWM*, Road Weather management*) es una aplicación de los sistemas ITS que va a utilizar un conjunto de sensores o estaciones equipadas con sensores (ESS*, Enviromental Sensor Stations*) para medir y transmitir un conjunto de magnitudes ambientales que afectan a las operaciones por carretera, como por ejemplo la temperatura del aire y del asfalto, la dirección y velocidad del viento, o la presencia de partículas en suspensión (Wallace, 2013, pág. 25). Utilizando estas mediciones se puede detectar la presencia de fuertes vientos, de nieve o hielo, o la pérdida de visibilidad debida a lluvia, niebla, humo, polvo o arena en suspensión.

Figura 14: Aviso luminoso en caso de fuertes vientos en una carretera de Arizona (Albert, 2013)

Los centros de control del tráfico serán los responsables de integrar la información meteorológica, proveniente de múltiples fuentes (Agencias Estatales de Meteorología, sensores de la infraestructura, agencias privadas), con los datos sobre el tráfico.

La información recibida puede utilizarse, por ejemplo, para alertar a los conductores sobre las condiciones del tiempo. Cuando la señal de los sensores alcance un cierto nivel, los centros de control se plantearán el envío de mensajes a los conductores, por los medios vistos en el apartado anterior. Se suministrará la información meteorológica pertinente (nivel de precipitaciones, visibilidad, viento) junto con el estado del tráfico y las carreteras en cada momento.

Otra aplicación de estos sistemas es la de servir de ayuda a la toma de decisiones por parte de las autoridades. Por ejemplo, en el caso de temporales de nieve, el uso de sensores, ubicados en puntos estratégicos, puede ayudar a determinar el momento óptimo para desplegar los camiones quitanieves y a elegir la opción más adecuada (esparcir arena o sal). Evitar intervenciones prematuras o innecesarias, supone un valiosísimo ahorro de recursos.

Además, estos sistemas se pueden usar en combinación con sistemas de gestión de flotas de vehículos quitanieves. Según varíen las condiciones, se pueden ir asignando dinámicamente los vehículos allí donde sean más necesarios.

Varios ejemplos de estos sistemas los encontramos en EEUU (Wallace, 2013). En varios tramos conflictivos de la carretera I-75 del estado de Tennessee, se utilizan sensores antiniebla y se informa a los viajeros a través de señales dinámicas, cerrándose la vía en los casos más severos. En la costa de Oregón se ha puesto en marcha un sistema de detección y alerta en los tramos susceptibles de inundación de la carretera de la costa, y otro tanto se ha hecho en el estado de Arizona para detectar las tormentas de polvo.

Pero quizá el ejemplo más interesante lo encontramos en la parte nororiental de Florida, donde la administración local instaló 22 sensores de viento, como el de la Figura 15, en los principales puentes de la región. Estos sensores envían información sobre la velocidad y dirección del viento al centro de gestión del tráfico de Jacksonville. Los datos recibidos por este centro se comparten con la policía de tráfico y con otros centros, y ayudan a tomar la decisión de abrir o cerrar los puentes.

Figura 15: Sensor de viento instalado en un puente de Florida, sobre un mástil a la derecha (Gill Instruments, 2012)

A medida que la velocidad del viento aumenta, las autoridades tienen la posibilidad de difundir mensajes, por distintos medios, alertando a los conductores de la presencia de fuertes vientos y de la posibilidad de cierre de los puentes.

Cuando la velocidad del viento alcanza las 40 millas por hora, la policía local, apoyada en su caso por la estatal de tráfico, se encarga de decidir, según la información suministrada por los sensores, el cierre de los puentes. Los agentes se encargan también de autorizar la reapertura de los puentes, cuando las condiciones mejoran.

2.3. Sistemas avanzados de control de los semáforos

Entre las estrategias y tecnologías ITS que se aplican específicamente para la gestión del tráfico urbano destacan las relacionadas con el control de los semáforos, que son uno de los elementos más visibles para la población y un mecanismo clave para la gestión eficiente del tráfico.

En los sistemas de control de los semáforos clásicos, los cambios y la duración de los semáforos obedecen a una secuencia predefinida que se repite, fijada normalmente por un software centralizado, pero que no se acomoda al flujo del tráfico real en cada momento. Esto lleva a ineficiencias que tiene un impacto muy negativo en la fluidez del tráfico y en el consumo de combustible.

Para intentar ajustarse mejor a las condiciones del tráfico surgen, en los años 80 del pasado siglo, las tecnologías adaptativas de control de semáforos (*ASCT, Adaptative Signal Control Technologies*) en las que el sistema está continuamente recogiendo información y adaptando, en tiempo real, los parámetros de los semáforos al tráfico. Un ejemplo de estos sistemas lo tenemos en la ciudad de Los Ángeles (Figura 16), cuyo funcionamiento se explica en el vídeo (ATSAC: Behind the scenes at L.A. Traffic Control, 2009).

Figura 16: Calles de Los Ángeles donde se aplica un sistema ASCT (Noyes, 2013)

Los sistemas adaptativos se van a diferenciar unos de otros en el algoritmo utilizado, en los medios de detección del tráfico, y en el nivel de flexibilidad a la hora de responder a los cambios en el tráfico. Son un método con una buena relación coste-beneficio para aumentar el

rendimiento de la vía y reducir las paradas y el consumo de combustible. Ahora bien, su extensión es limitada debido a la inversión adicional que suponen, y a los cambios a realizar en los centros de control, donde tendrían que coexistir los dos sistemas, el nuevo y el antiguo (Hadi, 2013, pág. 21).

Un caso especial de control avanzado de los semáforos se da cuando se quiere dar prioridad a determinados vehículos frente al resto, como por ejemplo ambulancias o autobuses urbanos, modificando la operación normal de los semáforos, ante el acercamiento del vehículo en cuestión. Existen dos técnicas a tal efecto, la *Vehicle Preemption* y la *Vehicle Priority*.

La estrategia *Vehicle Preemption,* supone una interrupción del funcionamiento normal del sistema para garantizar el paso del vehículo, poniéndose los semáforos en verde en cuanto se acerca. Es el caso de los vehículos de emergencia (*EVP, Emergency Vehicle Preemption*) donde se suele combinar con las ayudas al guiado del vehículo, indicándose por radio al conductor la ruta a seguir. Esta ruta la calcula un software, de forma estática (el camino más corto) o dinámica (según las condiciones reales del tráfico). En función del progreso del vehículo se pueden ir recalculando la ruta.

En el caso del *Vehicle Priority*, se va a actuar sobre los semáforos de manera menos brusca. Aquí, el software de control va a dar un trato preferencial al vehículo, anticipando el cambio del semáforo o extendiendo el tiempo que éste está abierto, para que pueda pasar sin detenerse. En la práctica existen distintas técnicas para conseguir este efecto (Hadi, 2013, pág. 25).

Un ejemplo de su aplicación se da en el transporte público (*Transit Signal Priority*), combinándose con una técnica conocida como *queue jumper*, que consiste en que los autobuses puedan "saltarse" la cola de vehículos atascados en un carril utilizando un pequeño tramo de carril lateral añadido antes del semáforo. Este tramo es de uso exclusivo para los autobuses y en él el semáforo se va a poner siempre antes en verde, permitiendo que los autobuses ganen la delantera al tráfico del resto de carriles (Figura 17).

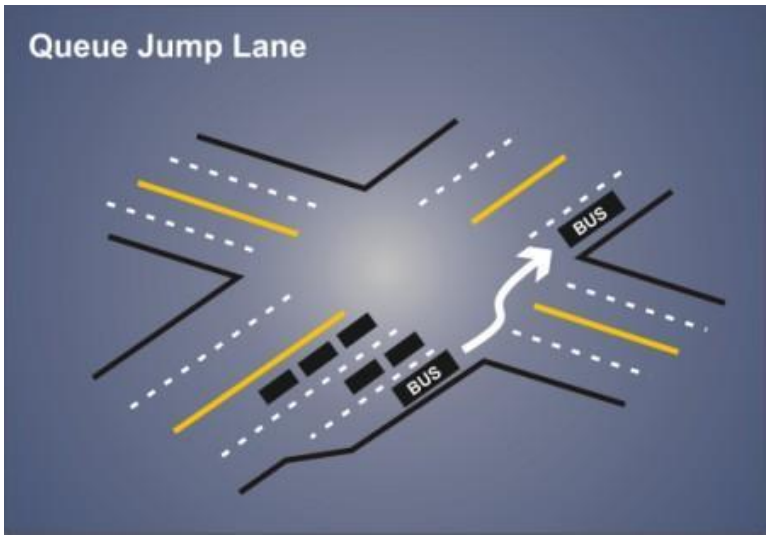


Figura 17: Esquema de cruce con *queue jumper* para los autobuses (Showcase Images - Transport Canada, 2012)

3. El vehículo conectado

Muchos coches cuentan hoy con sistemas de asistencia a la conducción, por ejemplo para mantener la velocidad o la distancia de seguridad. Una evolución de estos sistemas consiste en dotar a los vehículos de la capacidad de comunicarse con otros vehículos y con equipos colocados en la infraestructura, en carreteras o calles. Es lo que se conoce genéricamente con el nombre de vehículo conectado.

En su desarrollo en Estados Unidos, Europa y Japón están involucradas desde hace más de una década numerosas partes, entre las que destacan autoridades de transporte, fabricantes de vehículos, operadores de telecomunicaciones, fabricantes del sector de la electrónica de consumo e investigadores.

El concepto está relacionado con los conocidos como Sistemas de Transporte Inteligente Cooperativos (*C-ITS, Cooperative Intelligent Transport Systems)*. En ellos, se plantea que los vehículos sean capaces de recoger una serie de datos y de transmitirlos a un servidor central para su fusión y procesado. La información recibida se utiliza para detectar, por ejemplo, la lluvia (según la actividad de los limpiaparabrisas) o la congestión (según la actividad de los frenos). El servidor envía una recomendación destinada a un conductor en concreto o a un grupo de ellos. Por ejemplo, para advertirle de un accidente que acaba de tener lugar más adelante o para darle información sobre un punto ciego en una intersección (Comisión Europea, 2014).

Hoy existen en todos los vehículos sistemas de seguridad destinados a proteger, en milésimas de segundo, a los pasajeros tras una colisión: airbags, bloqueo de los cinturones de seguridad, corte del suministro de gasolina o estructuras deformables para absorber los impactos. Un paso más son los sistemas de seguridad activa, pensados para reaccionar en los milisegundos previos de la colisión. Por ejemplo, sistemas que tras detectar un acercamiento repentino al vehículo precedente, pretensan los cinturones de seguridad, recolocan los reposacabezas para proteger el cuello o actúan sobre los frenos.

La siguiente evolución de los sistemas de seguridad pretende, sencillamente, evitar que los accidentes se produzcan. Aquí entra en juego la tecnología del vehículo conectado, en la que cada vehículo transmitirá continuamente su posición, dirección, velocidad, etc., a los vehículos a su alrededor y a las señales o semáforos cercanos. El equipo instalado en los coches será capaz de procesar esta información compartida y alertar anticipadamente al conductor de una colisión (Difference Engine. Chattering Cars, 2014).

Se estima que para que el coche conectado sea una realidad queda todavía al menos una década; no sólo por la complejidad técnica y de estandarización de todos los sistemas involucrados, sino porque es necesario que exista un número significativo de estos nuevos coches en las carreteras para que el sistema funcione.

Una futura evolución podría ser los coches conectados sin conductor. Aunque de forma independiente al coche conectado, se está desarrollando en estos momentos sistemas de conducción autónoma del vehículo, es decir en los que el conductor puede desentenderse de la conducción. El caso más conocido es el del prototipo de la Figura 18 que Google quiere sacar al mercado este año en California y cuyas pruebas pueden verse en el vídeo (Ready for the Road, 2015). La convergencia de esta tecnología con la del coche conectado podría dar lugar en el futuro a nuevas opciones de transporte, hoy desconocidas, véase el futurista ejemplo descrito en (The connected car. Smartphones on wheels, 2014).

Figura 18: El prototipo de coche autónomo de Google (Cinco Dias, 2015)

3.1. Tecnologías y conceptos básicos

La tecnología clave del vehículo conectado son, sin duda, las comunicaciones inalámbricas. Estas comunicaciones van a ser en principio de dos tipos: comunicaciones entre vehículos, o V2V (*vehicle-to-vehicle communications*), y entre el vehículo y la infraestructura, que son las V2I, *vehicle-to-infrastructure communications*). A ellas se añaden las de los dispositivos móviles externos, como teléfonos o tabletas, que puedan conectarse al vehículo en determinadas aplicaciones.

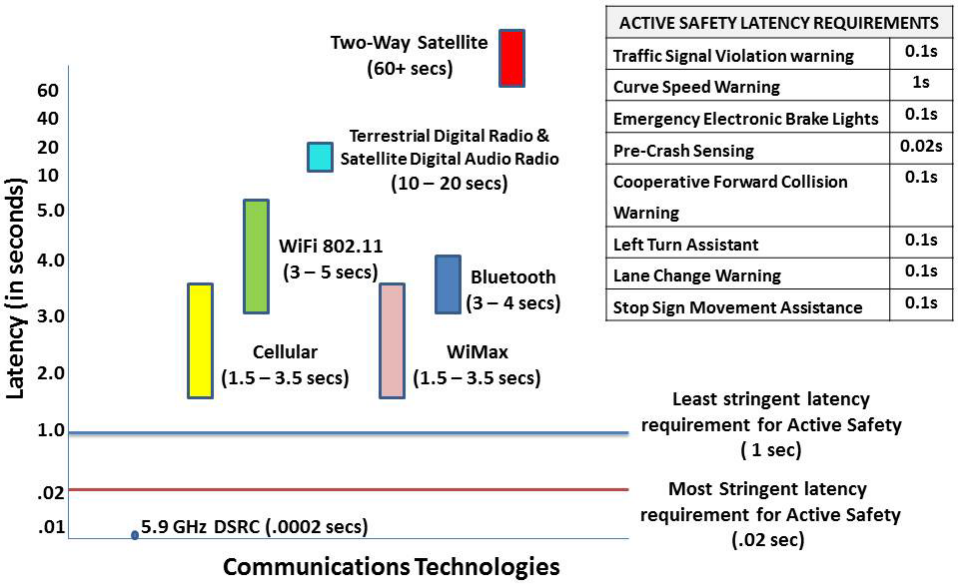
De hecho, se habla del "entorno del vehículo conectado" para incluir a los dispositivos externos compatibles conectados a los vehículos, y a los peatones, motocicletas, ciclistas y usuarios del transporte público que lleven dispositivos compatibles, susceptibles de conectarse de forma inalámbrica a los vehículos o la infraestructura (Hill, 2013, pág. 49).

En todo caso, las tecnologías inalámbricas concretas a utilizar dependen del carácter de las aplicaciones que se estén desarrollando: para las relacionadas con la seguridad tiene que emplearse la tecnología DSRC, y para el resto pueden utilizarse diferentes tipos de tecnologías como telefonía móvil o Wi-Fi.

Las comunicaciones dedicadas de corto alcance (*DSRC, Dedicated Short-Range Communications)* son una tecnología desarrollada específicamente para las comunicaciones con vehículos. Tiene carácter abierto y no propietario, y es similar en algunos aspectos a la tecnología Wi-Fi, pues ambos derivan del mismo estándar (el IEEE 802.11, desarrollado por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* o IEEE). A diferencia de Wi-fi, DSRC está pensado para proporcionar comunicaciones a alta velocidad y con un alto nivel de seguridad. Algunas de sus características clave son su baja latencia o tiempo de respuesta en comparación con otras tecnologías (Figura 19), la seguridad y la privacidad de los mensajes y la inmunidad frente a condiciones meteorológicas adversas (lluvia, niebla, nieve, etc.).

Nótese que en los Estados Unidos, la Comisión de Comunicaciones (FCC*, Federal Communications Commission*) asignó en 2004 una banda de frecuencias (centrada en 5.9GHz y

con un ancho de 75MHz) para uso exclusivo en aplicaciones de movilidad y seguridad de los vehículos. DSRC opera dentro de esta banda exclusiva.



ACTIVE SAFETY LATENCY REQUIREMENTS	
Traffic Signal Violation warning	0.1s
Curve Speed Warning	1s
Emergency Electronic Brake Lights	0.1s
Pre-Crash Sensing	0.02s
Cooperative Forward Collision Warning	0.1s
Left Turn Assistant	0.1s
Lane Change Warning	0.1s
Stop Sign Movement Assistance	0.1s

Figura 19: Latencia de los sistemas inalámbricos y nivel necesario para cada en aplicación (Hill, 2013)

Además de las comunicaciones propiamente dichas, el equipamiento electrónico asociado es también imprescindible en el mundo del vehículo conectado. Así, para que el sistema funcione será necesario instalar un equipo a bordo de los vehículos (*OBE, On-Board Equipment*) que permita manejar las comunicaciones y los sensores del vehículo, procesar la información y presentarla al usuario de forma conveniente. También habrá que instalar un equipo electrónico en la infraestructura (*RSE, Road Side Equipment*), que se va a encargar de conectar con los vehículos y de realizar las funciones necesarias para cada aplicación.

3.2. Aplicaciones

El abanico de posibilidades que permite el vehículo conectado es enorme, no sólo permite potenciar las aplicaciones ITS existentes sino que también proporciona servicios nuevos. Ahora bien, al igual que ocurre con otros aspectos del vehículo conectado, las aplicaciones están todavía en una fase muy preliminar; tanto en Europa, como en EEEUU y Japón los esfuerzos se centran una serie de programas concretos.

Se van a comentar aquí las aplicaciones planteadas en el programa del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (USDOT), el *Vehicule Infraestructure Integration Program*. Creado en 2003, en él participan no solo entidades del sector público, sino diversos fabricantes de automóviles. Actualmente se está desarrollando diversos bancos de pruebas (Hill, 2013).

3.2.1. Aplicaciones relacionadas con la seguridad

Dentro del programa del Departamento de Transporte de los EEUU se están desarrollando y probando distintos sistemas basados en las comunicaciones entre el vehículo y la infraestructura (V2I). Hoy por hoy se plantean únicamente avisar al conductor, dejando para el futuro la posibilidad de actuar sobre las infraestructuras o incluso sobre el propio vehículo.

Un ejemplo es la aplicación de aviso de semáforo en rojo (Figura 20), que permite al semáforo determinar si un vehículo que se aproxima está en riesgo de saltarse el semáforo y le avisa. El mismo concepto se da en la aplicación de alerta de velocidad excesiva en curva, donde en función de la velocidad del vehículo y de las condiciones meteorológicas un equipo instalado en la curva alertará al vehículo de que circula a demasiada velocidad.

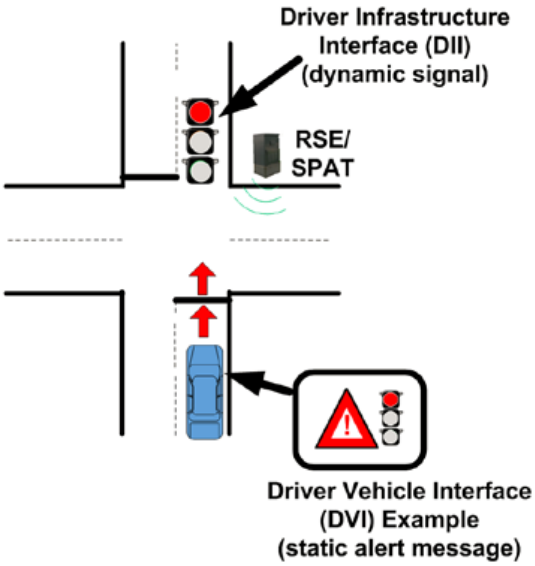


Figura 20: Aviso de semáforo en rojo (Hill, 2013)

Un caso interesante dentro de esta categoría es el del asistente en el stop de un cruce (Figura 21), en el que el vehículo, a partir de la información recibida por determinados sensores, alertará en caso necesario al conductor de que hay vehículos que se aproximan y que pueden estar fuera de su campo de visión.

Otras categorías en las que se está trabajando en el programa estadounidense son: aviso de paso a nivel, aviso de entrada a zona con condiciones meteorológicas adversas, aviso de tamaño excesivo del vehículo y el aviso de tramo en obras o con velocidad reducida.

Financiado por el USDOT, la Universidad de Michigan ha llevado a cabo un proyecto piloto a gran escala, instalando comunicaciones inalámbricas en 3.000 vehículos de la localidad de Ann Arbor. El sistema incluía avisos a los conductores sobre riesgos de colisión con otros vehículos y cierto control dinámico de los semáforos (The connected car. Smartphones on wheels, 2014).

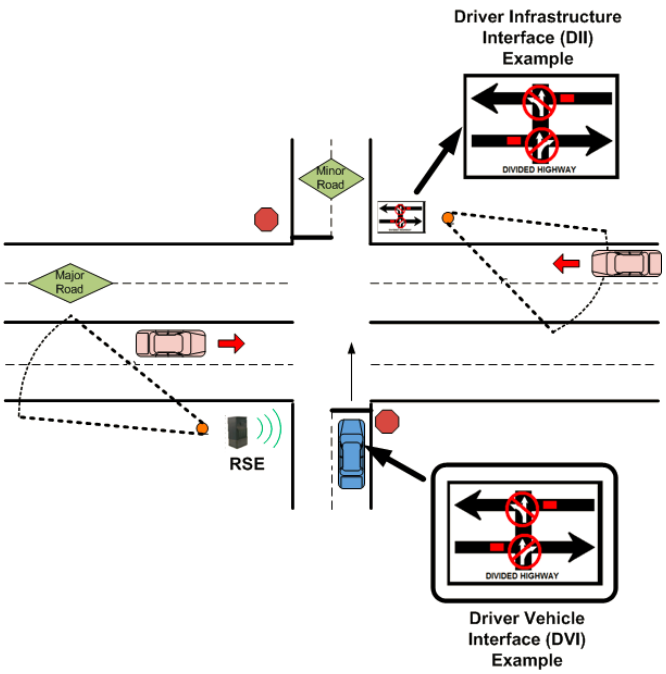


Figura 21: Asistente en el stop de un cruce (Hill, 2013)

3.2.2. Otras aplicaciones

El establecimiento de un entorno conectado permitirá la captura de datos en tiempo real por parte de los vehículos (coches, camiones, autobuses) y de los equipos situados en la infraestructura. El programa estadounidense se plantea varias aplicaciones para hacer uso de esos datos en aras de la mejora del transporte y del medio ambiente (Hill, 2013). En los próximos párrafos describiremos brevemente los más importantes.

En el ámbito del transporte de mercancías se ha establecido el programa *FRATIS (Freight Advanced Travelers Information Systems*). Este programa consta de una serie de aplicaciones para optimizar la toma de decisiones sobre la carga, la ruta y la planificación de envíos, aprovechando los datos ofrecido por el entorno del coche conectado. Las dos aplicaciones más importantes son la monitorización y planificación dinámica de rutas, y la optimización de cargas para evitar los viajes en vacío.

También ligada al transporte de mercancías está la *Smart Road Iniciative (SRI)* que busca que los datos recogidos en el entorno conectado puedan ser compartidos sin problemas por todas las partes interesadas (flotas de camiones, policía, instalaciones de peaje, centros intermodales de transporte, etc.). Sus trabajos se centran en la identificación universal de camiones, de forma que pueda identificarse al vehículo en circulación y acceder electrónicamente a sus credenciales y a la información de seguridad disponible en las bases de datos del gobierno y de la industria, por ejemplo a los datos del vehículo, del conductor y de la empresa de transportes.

Ello posibilitaría, por ejemplo, la lectura automática del peso y el tamaño de los camiones o la inspección de éstos cuando circulan por la carretera, comprobando sus datos y emitiendo en caso de problemas un aviso a la policía y a la empresa de transportes. Otra aplicación consiste en informar en tiempo real a conductores y empresas de transportes, sobre las áreas de estacionamiento de camiones.

Por otro lado, están las aplicaciones relacionadas con la gestión de las condiciones meteorológicas. En este caso se pretende aprovechar los datos meteorológicos recogidos por los vehículos, como por ejemplo camiones y vehículos quitanieves, para mejorar la detección y predicción de las condiciones del tiempo y de la vía. Las actividades del programa estadounidense se orientan al desarrollo de un traductor de datos de los vehículos (VDT*, Vehicle Data Translator*). Este sistema se encarga de recoger y procesar todos los datos procedentes de los sensores de los vehículos y de combinarlos con otras fuentes de datos meteorológicas más indirectas, como estaciones meteorológicas, datos de satélites o radares meteorológicos.

Una vez que el traductor ha recogido estos datos, va a procesarlos aplicando algoritmos específicos para cada parámetro a estudiar (precipitaciones, condiciones del asfalto, o visibilidad). La información resultante se utilizará en las distintas aplicaciones planteadas (Hill, 2013, págs. 28-29), que se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2: Aplicaciones para la gestión meteorológica prioritarias en el programa del USDOT

Nombre original	Traducción
Enhanced Maintenance Decision Support System	Sistema mejorado de apoyo a las decisiones de mantenimiento
Information for Maintenance and Fleet Management Systems	Información para los sistemas de gestión de flotas y mantenimiento
Weather-Responsive Traffic Management	Gestión del tráfico que se adapta a las condiciones meteorológicas
Motorist Advisories and Warnings	Alertas y recomendaciones a los conductores
Information for Freight Carriers	Información para los transportistas
Information and Routing Support for Emergency Responders	Información y ayuda al guiado para los servicios de emergencia

Por último, está el ámbito del control avanzado de los semáforos. Dentro del mismo se plantean varias aplicaciones reunidas en el programa de sistemas semafóricos inteligentes y multimodales (MMITS*, Multimodal Intelligent Traffic Signal Systems*). En estas aplicaciones se contempla hacer uso de los datos procedentes de las comunicaciones V2V y V2I de los vehículos, y de los móviles de peatones y ciclistas, para controlar los semáforos y maximizar el rendimiento del sistema en tiempo real. Se considera también la utilización de los datos del coche conectado en sistemas prioridad de determinados vehículos (transporte público y emergencia) comentados en el apartado anterior en las categorías *vehicle preemption/priority*.

Capítulo 2 - Los Sistemas Inteligentes de Transporte y la Unión Europea

1. Introducción

La Unión Europea (UE) es una organización internacional, constituida por sus Estados miembros con el objetivo de alcanzar una unión cada vez más estrecha entre los pueblos de Europa. Se trata, por tanto, de una "asociación voluntaria de Estados soberanos, a la que se dota de competencias concretas y limitadas que puede ejercer en las condiciones establecidas en los tratados internacionales que la regulan" (Mangas Martín & Liñán Nogueras, 2010, pág. 49).

No es un Estado, pues los Estados miembros siguen siendo soberanos e independientes, pero tampoco es una organización internacional típica, pues existe una transferencia real de competencias en determinados ámbitos a favor de la Unión, estando los Estados sometidos a la autoridad de las instituciones europeas en esos ámbitos.

La UE es el fruto de un complejo proceso de construcción histórico, basado inicialmente en el aspecto económico, pero que hoy va mucho más allá. Robert Schuman, ministro de Asuntos Exteriores francés y padre, junto con Jean Monnet, del proceso de integración europeo, lo expresó en su famosa declaración de 1950: "Europa no se hará de un solo golpe ni en una construcción de conjunto: se hará mediante realizaciones concretas, creando primero una solidaridad de hecho".

El antecedente de la Unión Europea fue la Comunidad Europea, y antes de ésta, las tres comunidades: la Comunidad Europea del Carbón y el Acero (CECA) creada en 1951, seguida en 1957 por la Comunidad Económica Europea (CEE) y la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM). Estas comunidades estaban constituidas inicialmente por seis estados: Francia, Alemania, Italia, Bélgica, los Países Bajos y Luxemburgo.

Desde entonces se han producido enormes cambios y han ido variando el número de las instituciones europeas, así como sus atribuciones. Una visión completa de todo el proceso puede encontrarse en el primer capítulo de (Mangas Martín & Liñán Nogueras, 2010).

Al proyecto europeo se han ido sumando nuevos Estados en sucesivas ampliaciones, hasta llegar a los 28 Estados miembros actuales; el último Croacia en 2013. Nótese que existen iniciativas de la UE que sólo se aplican a determinados Estados, como es el caso de la Unión Monetaria o el Espacio Schengen. España firmó su acta de adhesión en 1985, entrando en vigor el 1 de enero de 1986.

El último gran paso en el proceso de construcción Europeo ha sido el Tratado Lisboa, firmado en 2007 y que entró en vigor el 1 de diciembre de 2009. Se trata de un "plan b", tras el fracaso del "Tratado por el que se establece una Constitución Europea" de 2004, que fue rechazado en referéndum por Francia y Holanda (Bar Cendón, 2010, pág. 19 y ss). Consta en realidad de dos tratados: el Tratado de la Unión Europea (Tratado de la Unión Europea, 2010) y el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, 2010).

Entender la realidad de la Unión Europa no es tarea fácil; es necesario conocer al mismo tiempo tres elementos complejos: sus instituciones, su legislación y sus políticas. Esta complejidad también se refleja en el campo de los sistemas inteligentes de transporte, objeto de este capítulo.

1.1. Grandes programas y su financiación

Los sistemas inteligentes de transporte están incluidos fundamentalmente en tres políticas europeas: Transporte, Redes Transeuropeas e Investigación y Desarrollo. No se van a abordar aquí estas políticas, que son muy amplías, sino que se prefiere comentar los grandes programas de la UE que incluyen medidas para el desarrollo de sistemas ITS, así como los mecanismos para su financiación.

En primer lugar, está la estrategia Europa 2020, propuesta por la Comisión Europea el 3 de marzo de 2010, y que busca potenciar el crecimiento de la Unión en la década que llega hasta 2020. Tiene como meta "el crecimiento inclusivo, sostenible e inteligente", aumentando la coordinación entre la políticas europeas y las de los Estados miembros (Comisión Europea, 2014). Es sucesora de la estrategia de Lisboa (2000-2010).

Los elementos clave de dicha estrategia se adoptaron formalmente el 17 de junio de 2010, estableciéndose cincos objetivos y siete iniciativas. Los objetivos son los siguientes:

1. Empleo para el 75% de las personas de 20 a 64 años.
2. Inversión en I+D del 3% del PIB de la UE.
3. Medidas 20/20/20 para luchar contra el cambio climático: reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al menos en un 20% (respecto a niveles de 1990), un 20% de energía generada a partir de fuentes renovables y una mejora del 20 % de la eficiencia energética.
4. En educación, unas tasas de abandono escolar prematuro por debajo del 10% y al menos un 40% de las personas de 30 a 34 años con estudios completados de nivel terciario.
5. Reducción del número de personas en situación o riesgo de pobreza y exclusión social en al menos 20 millones.

Para alcanzar los objetivos la estrategia presenta siete "iniciativas emblemáticas", que se recogen en la Tabla 3. En el ámbito de este trabajo hay que destacar la iniciativa "Agenda Digital para Europa".

Tabla 3: Iniciativas prioritarias de la estrategia Europa 2020 (Representación en España de la Comisión Europea, 2011)

Iniciativa	Objeto
Unión por la innovación	Facilitar la financiación destinada a la investigación
Juventud en movimiento	Mejorar los resultados educativos y fomentar la entrada de los jóvenes al mundo laboral
Agenda digital para Europa	Permitir un mejor acceso a Internet de alta velocidad, creando un mercado único digital para familias y empresas (entre otros)
Utilización eficaz de los recursos	Apoyar el uso de fuentes de energía renovables, modernizando el transporte y promoviendo la eficacia energética
Una política industrial para la era de la mundialización	Potenciar el desarrollo de pequeñas y medianas empresas y favorecer una base industrial fuerte que pueda competir a nivel mundial
Agenda de nuevas calificaciones y empleos	Modernizar los mercados laborales adecuando la oferta y la demanda de trabajos y potenciando la movilidad laboral
Plataforma europea contra la pobreza	Garantizar la cohesión social y territorial y permitir que los europeos que padecen exclusión social puedan vivir dignamente y tomar parte activa de la sociedad

La Agenda Digital para Europa, presentada por la Comisión Europea, busca un mejor aprovechamiento del potencial de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) que fomente la innovación, el crecimiento económico y el progreso (Comisión Europea, 2015)

La agenda comprende 132 acciones, agrupadas en 7 pilares: mercado único digital, interoperabilidad y estándares, confianza y seguridad *on-line*, acceso a Internet ultrarrápido, investigación y desarrollo, fomento de la alfabetización, capacitación e inclusión digitales, y beneficios aportados por las TIC a la sociedad de la UE. Dentro de este último pilar se encuentran las iniciativas en el ámbito de los sistemas inteligentes de transporte.

Concretamente, en los beneficios aportados por la sociedad digital, la agenda incluye una categoría *Smart Living* con cuatro ejes: energía, movilidad, ciudades inteligentes y medio ambiente. La mayoría de los grandes proyectos que explicaremos más adelante en este capítulo, como eCall o iMobility, están englobados en la categoría "movilidad" anterior.

En cuanto a la financiación de los proyectos, hay que hablar del Marco Financiero Plurianual, que distribuye la financiación con carácter general, y dentro de éste, de los mecanismos de financiación concretos que afectan a los proyectos en el ámbito ITS.

Entender la financiación de la UE puede resultar complicado, pues es un tema que ha variado históricamente y donde la información disponible en las páginas web de la Unión a veces no es clara. Una buena referencia para entender cómo obtiene la UE sus ingresos y cómo distribuye sus gastos es el capítulo 7 de (Buitrago Esquinas & Romero Landa, 2013).

En la UE existen dos "presupuestos" que distribuyen la financiación disponible. En primer lugar está el Marco Financiero Plurianual, antes conocido como perspectivas financieras, que fija las grandes prioridades presupuestarias de un periodo amplio (de 5 a 7 años). En él se indica la cuantía máxima del gasto y la composición de los gastos previsibles de la Unión para dicho periodo. A partir de este marco plurianual se elabora el segundo presupuesto, el presupuesto anual, que debe mantenerse dentro de las previsiones del marco.

El Marco Financiero Plurianual en vigor es el correspondiente a 2014-2020, que fue aprobado tras una dura negociación el 8 de febrero de 2013 (Bundesfinanzministerium.de, 2013) y cuya distribución por partidas se recoge en la Figura 22. Dentro del mismo, en la partida "Competitividad para el crecimiento y el empleo", se engloban los principales programas que financian los proyectos ITS de la UE. Los más importantes son el Horizonte 2020 y el Mecanismo Conectar Europa.

El programa Horizonte 2020, antes conocido como Programa Marco, se encarga de financiar proyectos de investigación e innovación en diversas áreas temáticas, y en él tienen cabida investigadores, empresas, centros tecnológicos y entidades públicas.

Engloba el periodo 2014-2020 y mediante un desarrollo en tres pilares, aborda los principales retos sociales, la promoción del liderazgo industrial en Europa y la excelencia de su base científica. Su presupuesto para el periodo asciende a 79.401 millones de euros. (eshorizonte2020, s.f.).

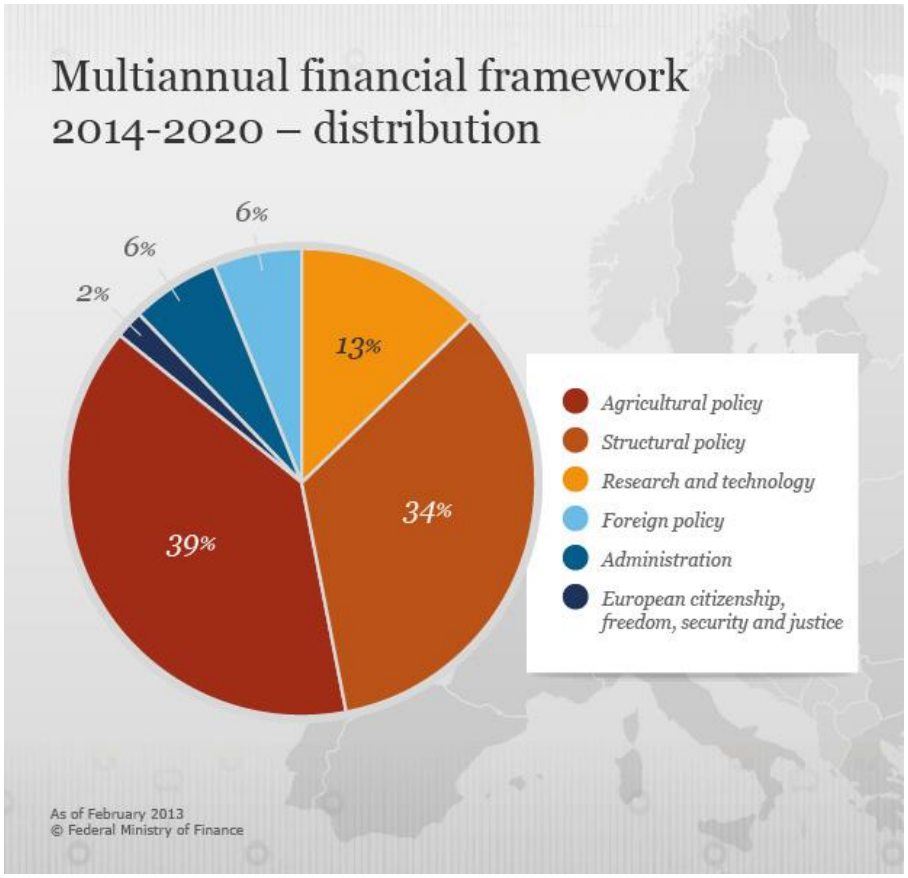


Figura 22: Distribución por categorías del marco financiero plurianual 2014-2020 (Bundesfinanzministerium.de, 2013)

EL Mecanismo Conectar Europa (*CEF, Connecting Europe Facility*) financia proyectos para la interconexión a nivel europeo de las grandes redes de energía, transporte y telecomunicaciones. En el ámbito del transporte se tiene en cuenta que los proyectos sean inteligentes y a la vez sostenibles con el medio ambiente. Su presupuesto para el periodo asciende a 21.936 millones de euros.

A las convocatorias del CEF se pueden presentar instituciones o empresas establecidas en cualquiera de los países de la Unión Europea, bien de manera individual o en grupo, así como determinadas organizaciones internacionales relacionadas con el sector de las infraestructuras y el transporte (Ministerio de Fomento, 2014).

1.2. Instituciones europeas

Dentro de las instituciones europeas, recogidas en el artículo 13 del (Tratado de la Unión Europea, 2010), las que van a desempeñar un papel más significativo en el desarrollo de los sistemas ITS son la Comisión Europea, el Parlamento Europeo y El Consejo.

La Comisión Europea es una institución independiente de los Estados que se encarga de la gestión centralizada de los asuntos comunes a la Unión. Encarna el interés general de la Unión y no el de los Estados. Está compuesta por tantos comisarios como Estados miembros, cada uno de un país, incluyendo al presidente y a los vicepresidentes de la misma. Los comisarios son

elegidos con un mandato de cinco años tras cada elección del Parlamento Europeo (Mangas Martín & Liñán Nogueras, 2010, págs. 199-200)

El presidente de la Comisión asigna a cada comisario la responsabilidad de un área de política específica. La actual Comisión, con mandato 2014-2019, está presidida por Jean-Claude Juncker. Dentro de la misma, el papel más importante en temas de sistemas ITS lo tiene la Comisaria de Transporte, la eslovena Violeta Bulc, responsable de la política de transporte y del área de Movilidad y Transporte. Dentro de este área está la Dirección General de Movilidad y Transporte, presidida por el portugués João Aguiar Machado (Comisión Europea, 2015).

Entre otras funciones, la Comisión ejecuta el presupuesto y gestiona los programas en cada área. Para una relación completa de los temas en los que trabaja la Comisión, incluidos los sistemas ITS, véase la categoría "*Transport Themes*" de (Comisión Europea, 2015). Nótese que además de la Comisión existen también una serie agencias europeas relacionadas con el transporte, que se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4: Agencias de la UE en materia de transporte (Comisión Europea, 2015)

Agencia	Denominación en Inglés	Misión
Agencia Europea de Seguridad Marítima	EMSA (*European Maritime Safety Agency*)	Reducir el riesgo de accidentes marítimos, contaminación procedente de buques y pérdida de vidas humanas en el mar
Agencia Europea de Seguridad Aérea	EASA (*European Aviation Safety Agency*)	Promover los más altos estándares en seguridad y protección del medio ambiente en la aviación civil
Agencia Ferroviaria Europea	ERA (*European Railway Agency*)	Apoyar la creación de un área integrada para el ferrocarril, reforzando la seguridad y la interoperabilidad
Agencia Ejecutiva de Competitividad e Innovación	EACI (*Executive Agency for Competitiveness & Innovation*)	Facilitar de forma eficiente programas e iniciativas europeas de alta calidad en varios ámbitos, entre ellos energía y transporte
Agencia Ejecutiva de Innovación y Redes	INEA (*Innovation & Networks Executive Agency*)	Proporcionar asesoramiento y apoyo a la ejecución de proyectos de infraestructura y de investigación en materia de transporte, energía y telecomunicaciones

El Parlamento Europeo es la asamblea de representantes, elegidos por los ciudadanos de todos los Estados miembros, en elecciones que se celebran cada cinco años. Encarna el principio democrático en las instituciones de la Unión. Consta de 751 escaños, que se reparten según la población, pero con un máximo de 96 y mínimo de 6 por Estado; España cuenta con 54 europarlamentarios (Mangas Martín & Liñán Nogueras, 2010, pág. 226).

Una de las funciones principales del Parlamento Europeo es la de aprobar, junto con el Consejo, la legislación europea, en los ámbitos en que así lo permiten los tratados. Por este procedimiento de codecisión se han aprobado, por ejemplo, la legislación que regula el proyecto eCall y que referiremos más adelante.

De entre las comisiones del Parlamento Europeo, hay que destacar la labor de la Comisión de Transportes y Turismo, TRAN (Parlamento Europeo, s.f.), que cuenta con varios españoles como miembros: Inés Ayala Sender (PSOE), Izaskun Bilbao Barandica (PNV), Tania González Peñas (Podemos), Luis de Grandes Pascual (PP) y como suplente Javi López (PSC). También guarda relación con los proyectos ITS la Comisión de Industria, Investigación y Energía.

El Consejo es una institución europea en la que están representados los intereses nacionales, y por ello encarna el principio de representación de los Estados. Está compuesto por miembros

de los gobiernos de los Estados; en concreto, un representante de cada Estado miembro, con rango de ministro (Mangas Martín & Liñán Nogueras, 2010, págs. 249-251).

Una particularidad del mismo es que la composición personal del Consejo es variable en función de los temas a tratar; es decir, si se tratan temas económicos y financieros, se reunirán los ministros de economía y finanzas, si tratan temas de política exterior, los Ministros de Asuntos Exteriores, etc.; es lo que se conoce como formaciones del Consejo y actualmente existen un total de 10 formaciones, según el Tratado de Lisboa (Consejo de la Unión Europea, s.f.).

Dentro del consejo, las formaciones más relacionadas con los sistemas ITS son la de Transporte, Telecomunicaciones y Energía, y la de Competitividad que, entre otros temas, se ocupa de la investigación e innovación.

No debe confundirse el Consejo con otra institución europea creada tras el Tratado de Lisboa, el Consejo Europeo, que reúne a los Jefes de Estado y de Gobierno de los Estados miembros (Mangas Martín & Liñán Nogueras, 2010, pág. 183).

1.3. ERTICO

La organización ITS-Europa, más conocida como ERTICO (*European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organisation*) es una asociación público-privada multisectorial creada en 1991 para desarrollar y desplegar sistemas y servicios ITS en Europa. Busca promover un mercado único paneuropeo en materia de ITS y asegurar que los intereses europeos estén plenamente representados a nivel mundial.

Incluye a más de cien socios procedentes de diferentes sectores como, por ejemplo: autoridades públicas (entre ellas la DGT española y el gobierno vasco), centros investigadores (Universidad de Leeds), proveedores (IBM, TomTom), fabricantes (Bosh, Panasonic), empresas que dan soluciones de tráfico y transporte (Swarco, Siemens), usuarios (RACC) y prácticamente todos los fabricantes de automóviles. La lista completa de socios puede encontrarse en (ERTICO-ITS Europe, s.f.).

Reuniendo a todos estos actores en una plataforma común se busca conseguir las sinergias necesarias para que los sistemas ITS pasen de la idea al mercado con éxito. Otra de las tareas de ERTICO es la coordinación de proyectos avanzados de I+D en el ámbito europeo; los principales se resumen en la Tabla 5, y están cofinanciados en su mayoría por la Unión Europea.

Además de estos proyectos temporales, ERTICO cuenta con varias plataformas permanentes para el desarrollo de servicios ITS que requieren un compromiso a largo plazo: TN-ITS (*Transport Network ITS Spacial Data*), TM2 (*Traffic Management 2.0*), ADASIS (*Advanced Driver Assistance Systems*), eMI3 (*eMobility ICT Interoperability Innovation*) y TISA (*Traffic and Traveller Information*).

Lo comentado anteriormente se refiere a las actividades de los socios, pero existe también una plataforma *on-line* en materia de ITS abierta al público: la ERTICO Network (ERTICO Network, s.f.). Dentro de la misma, destaca la *ITS library*, que reúne diverso material sobre proyectos e iniciativas de ERTICO, y a la que se puede acceder registrándose como usuario, con una dirección de correo electrónico.

Tabla 5: Algunos proyectos de I+D en ERTICO (ERTICO-ITS Europe, s.f.)

Categoría	Proyecto	Descripción	Periodo	Web
Clean Mobility	COMPASS4D	Programa piloto de sistemas ITS cooperativos, en materia de seguridad y servicios sostenibles	2013-2015	http://www.compass4d.eu/
	SMARTCEM	Programa piloto de servicios para el coche eléctrico en Barcelona, San Sebastián, Newcastle y Reggio Emilia. Coordinado por (Mls-its-Euskadi, 2015)	2012-2014	http://www.smartcem-project.eu/
	CO-GISTICS	Proyecto de despliegue de sistemas ITS cooperativos aplicados a la logística	2014-2016	http://cogistics.eu/
Smart Mobility	VIAJEOPLUS	Soluciones ecológicas e innovadoras de movilidad urbana en Europa, América Latina, China y Singapur	2013-2016	http://viajeoplus.eu/
	OPTICITIES	Optimización de la movilidad ciudadana y del transporte de mercancías en entornos urbanos	2013-2016	http://www.opticities.com/
	MOBINET	Plataforma para estimular y simplificar los servicios de movilidad a nivel europeo	2012-2016	www.mobinet.eu
Safe Mobility	IMOBILITY SUPPORT	Plataforma conjunta abierta a todas las partes interesadas en aplicar sistemas y servicios ITS a la carretera	2013-2015	http://www.imobilitysupport.eu/

Para terminar, hay que mencionar que existe otra plataforma tecnológica llamada ERTRAC (*European Road Transport Research Advisory Council*), que agrupa a distintos socios y busca desarrollar un enfoque común en la investigación del transporte por carretera en Europa. Está financiada por la Unión Europa y ERTICO participa en ella a través del proyecto FOSTER-Road (ERTRAC, s.f.).

1.4. Arquitectura ITS de la UE

En el capítulo anterior se abordó el concepto de arquitectura ITS y se describió la arquitectura ITS de los Estados Unidos. A diferencia de lo que sucede en el caso estadounidense, en la Unión Europea no existe una arquitectura ITS bien establecida y actualizada. Lo que sí existe son unos proyectos marco para establecer dicha arquitectura, financiados por la UE, y que se han modificado para incluir proyectos de sistemas ITS cooperativos.

El primer modelo para la arquitectura ITS en la UE se publicó en el año 2000, como resultado de los trabajos del proyecto KAREN (*Keystone Architecture Required for European Networks*) lanzado por la Comisión Europea en 1997. Recibió el nombre de Arquitectura ITS Marco (*ITS Framework Architecture*) y definía un marco mínimo estable para la implantación de los sistemas ITS hasta 2010 (Yáñez Ortiz & Buchanan, 2010). El esquema físico de dicha arquitectura es el de la Figura 23.

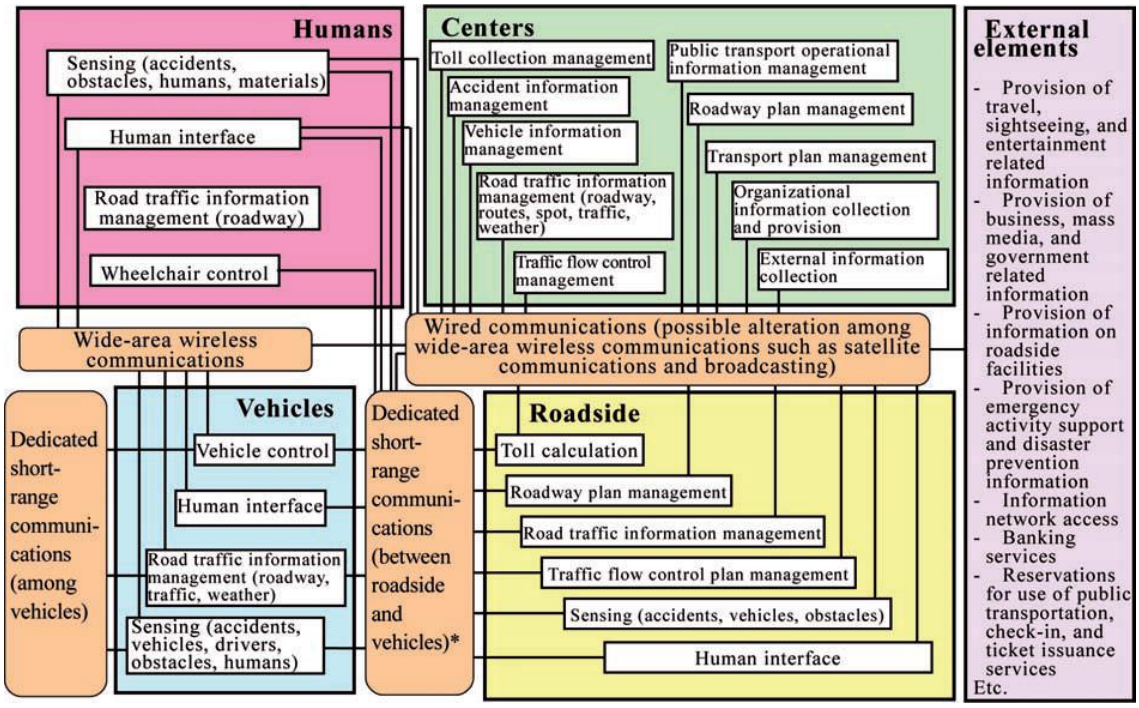


Figura 23: Interconexión de los distintos sistemas planteada en el proyecto KAREN (Yáñez Ortiz & Buchanan, 2010)

El siguiente proyecto que continuó los trabajos en materia de arquitectura, fue el proyecto *FRAME Architecture*, creado en 2000, y cuya última versión de 2011 incluye consideraciones para los sistemas ITS cooperativos (Frame architecture, 2011). Esta ampliación se realizó para incluir proyectos europeos como COOPERS (*CO-OPerative Systems for Intelligent Road Safety*) o SAFESPOT, ambos finalizados en 2010 (Figura 24).

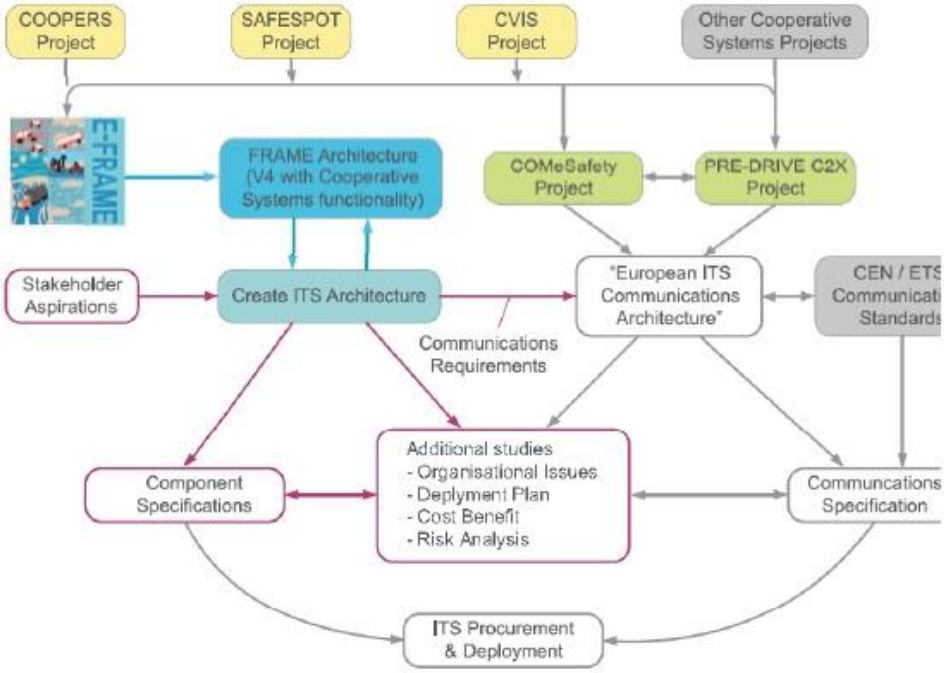


Figura 24: Actividades para crear una arquitectura ITS cooperativa (Cooperative ITS Architecture: Blueprint for Deployment?, 2013)

Nótese, en cualquier caso, que la información sobre la arquitectura ITS de la UE es escasa y bastante indirecta, no siendo posible encontrar información al respecto ni en la Comisión Europea, ni en ERTICO.

2. Proyectos europeos destacados

2.1. Sistema de llamada de emergencia paneuropeo (eCall)

El programa eCall, financiado por la UE y coordinado por ERTICO, es la iniciativa para crear un sistema de llamada de emergencia en los vehículos que, en caso de accidente, permita una asistencia rápida a los conductores en cualquier país de la Unión Europea. Los trabajos para este sistema se iniciaron en 2005 y en abril de 2015 la UE aprobó la legislación que obliga a todos los turismos nuevos a llevar instalado el sistema de serie, a partir del 31 de marzo de 2018 (BBC News, 2015).

El funcionamiento del sistema eCall es el siguiente. Cuando se produce un choque grave en el vehículo, un equipo instalado en el mismo llama automáticamente al número de emergencias 112, utilizando la red de telefonía móvil (Figura 25). Incluso en el caso de que ningún ocupante pueda hablar, por encontrarse herido o inconsciente, se enviará automáticamente al centro de emergencias (PSAP) una serie de datos, que incluyen la hora y las coordenadas del lugar del accidente (obtenidas del módulo de posicionamiento del equipo).

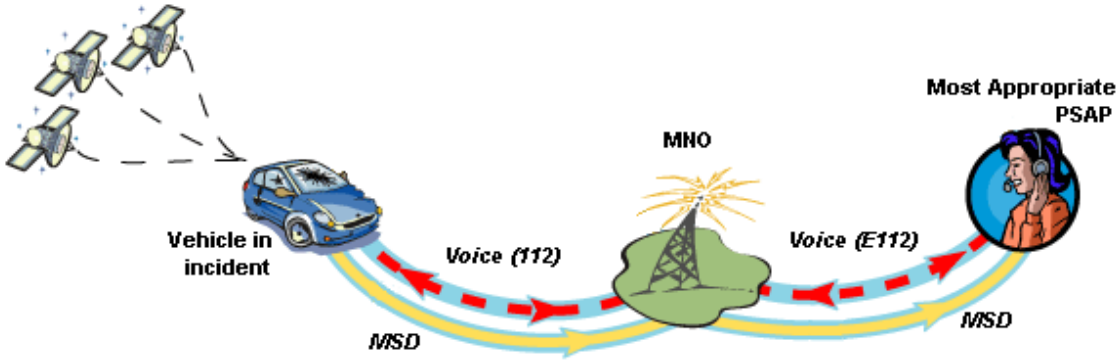


Figura 25: Esquema de funcionamiento del sistema eCall (Digital Agenda for Europe, 2015)

Lo explicado en el párrafo anterior corresponde al funcionamiento automático del sistema; el sistema eCall incluye también la activación manual de la llamada de emergencia, pulsando un botón en el vehículo. Esta opción permite, por ejemplo, que los pasajeros de un vehículo avisen de un accidente que acaban de ver, enviando la localización al centro de emergencia. Ya se active de forma automática o manual, el sistema establece siempre una comunicación de voz entre el vehículo y el centro de emergencias, complementaria al envío de los datos.

En condiciones normales, el sistema instalado en el vehículo (*IVS, In-Vehicle System*) no está conectado a las redes de telefonía móvil, sino que permanece "dormido", y sólo se activa cuando se produce un accidente. Así, no se produce ninguna transmisión de datos, ni un seguimiento de la posición del vehículo durante la operación normal del sistema.

La información que se envía al centro de emergencia en caso de accidente se conoce con el nombre de Conjunto Mínimo de Datos (*MSD, Minimum Set of Data*). Está estandarizada (según la norma CEN 15722: 2015) e incluye los datos estrictamente necesarios para que los servicios de emergencia puede manejar la situación, entre ellos: el modo de activación (manual o automático), el número de identificación del vehículo, el tipo de vehículo, la hora de activación, la posición (antes y después del accidente) y la dirección del vehículo (Digital Agenda for Europe, 2014).

Se estima que el eCall puede reducir los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia en un 40% en zonas urbanas y en un 50% en zonas rurales, lo que ayudaría a salvar 2.500 vidas al año y a reducir la gravedad de las lesiones más peligrosas (Comisión Europea, 2013).

No debe confundirse el sistema eCall, todavía por implantar, con los sistemas de aviso de emergencia privados ya disponibles en algunos modelos de coches, como por ejemplo el Opel de la Figura 26. A diferencia de éstos, el eCall va ser un servicio público y gratuito, y el usuario no tendrá que contratarlo ni abonar ninguna cuota por él. Además, en los sistemas privados normalmente sí se realiza un seguimiento continuo del vehículo.

Figura 26: El sistema Opel OnStar (Autobild.es, 2015)

No obstante, instalar el equipo eCall en los vehículos tendrá un coste, que se estima no será superior a 100 euros (Comisión Europea, 2013). Nótese, además, que el sistema eCall tiene la obligación de dar al usuario la posibilidad de elegir entre el uso del sistema eCall o el del sistema privado del vehículo (si lo tiene); pero en caso de que este último deje de funcionar, el equipo tendrá que cambiar automáticamente al eCall.

La creación y puesta en práctica del sistema eCall está regulada en la Unión Europea a través de un reglamento y una directiva:

- El reglamento se encarga de establecer los requisitos para que los vehículos se ajusten al sistema eCall. Fue aprobado por el Parlamento Europeo, el 28 de Abril de 2015, y está a la espera de su publicación en el DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea) para su entrada en vigor. Es el "Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos de homologación de tipo para el despliegue del sistema eCall integrado en los vehículos, y por el que se modifica la Directiva 2007/46/CE".
- La decisión aborda la adaptación de las infraestructuras existentes al sistema eCall. Está en vigor desde su publicación en el DOUE el 3 de Junio de 2014. (Decisión n°585/2014/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014 , sobre la implantación del servicio de llamadas de emergencia interoperable en toda la Unión (eCall), 2014)

En relación con el eCall, se plantea la posibilidad que la plataforma tecnológica que se instalará en los vehículos (módulos de localización, procesado y comunicaciones), pueda utilizarse para ofrecer otros servicios como, por ejemplo, seguimiento de vehículos robados, peajes electrónicos o incluso esquemas avanzados de seguros.

2.2. Proyecto piloto para el despliegue del eCall (HeERO)

El HeERO (*Harmonised eCall European Pilot Project*) es un programa piloto internacional puesto en marchar para preparar el despliegue general del servicio eCall en la toda UE. En él han participado también países que no son miembro de la UE, como es el caso de Turquía.

El programa HeERO ha tenido dos etapas. La primera fase duró tres años (de enero 2011 a diciembre 2013) y en ella participaron los nueve países que formaron el consorcio HeERO 1 (Croacia, República Checa, Finlandia, Alemania, Grecia, Italia, Holanda, Rumanía y Suecia). La segunda del proyecto, HeERO 2, ha durado dos años (de enero de 2013 a diciembre de 2014) y en ella han participado los nueves países iniciales más varios nuevos (Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, Luxemburgo, España y Turquía).

De esta forma, en el programa existían países miembros y países asociados; los segundos se beneficiaban del *expertise* de los programas HeERO 1 y 2 pero que no tenían acceso a la financiación de la Comisión Europea (Figura 27).

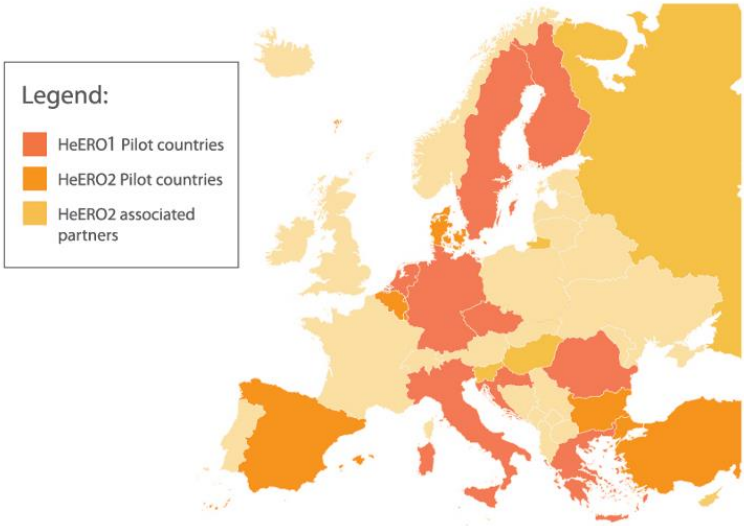


Figura 27: Países participantes en el programa HeERO (Programa piloto HeERO, 2015)

Nótese que la Federación Rusa realizó, en cooperación con Croacia, Finlandia y Rumanía, ensayos transfronterizos de interacción entre el eCall y su servicio de llamadas de emergencia, el ERA-GLONASS.

El consorcio HeERO se encargó de realizar las pruebas necesarias para validar el funcionamiento de los estándares que integran el sistema eCall, a través de pruebas piloto en condiciones reales, en distintos países. Una lista completa de dichos estándares se recoge en la Tabla 6.

Tabla 6: Lista de estándares del sistema eCall (iMovility Support, 2015)

Descripción	Referencia	Titulo	Estado
eCall requirements for data transmission	3GPP TS 22.101 ETSI TS 122 101	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects Service aspects; Service principles (Release 9)	Adopted
eCall Discriminator Table 10.5.135d	3GPP TS 24.008 ETSI TS 124 008	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mobile radio interface Layer 3 specification; Core network protocols; Stage 3 (Release 8)	Adopted
eCall Data Transfer - General Description	3GPP TS 26.267 ETSI TS 126 267	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; eCall Data Transfer; In-band modem solution; General description (Release 8)	Adopted
eCall Data Transfer - ANSI-C Reference Code	3GPP TS 26.268 ETSI TS 126 268	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; eCall Data Transfer; In-band modem solution; ANSI-C reference code (Release 8)	Adopted
eCall Data Transfer - Conformance Testing (final version)	3GPP TS 26.269 ETSI TS 126 269	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; eCall Data Transfer; In-band modem solution; Conformance testing (Release 8)	Adopted
eCall Data Transfer - Characterisation Report	3GPP TS 26.969 ETSI TS 126 969	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; eCall Data Transfer; In-band modem solution; Characterisation Report (Release 8)	Adopted
eCall minimum set of data	EN 15722: 2015	Intelligent transport systems - eSafety - eCall minimum set of data - Draft EN 081018	Published 2011: Revision Published 2015
Pan European eCall Operating requirements	EN 16072: 2015	Intelligent transport systems - eSafety - Pan European eCall - Operating requirements	Published 2011: Revision Published 2015
High Level Application Protocols	EN 16062: 2015	Intelligent Transport Systems - eSafety - eCall High Level Application Protocols using GSM/UMTS	Published 2011: Revision Published 2015
eCall using Third Party Service Providers	EN 16102: 2012	Intelligent Transport Systems - eSafety - eCall using Third Party Service Providers	Published 2012: (likely revision by end 2015)
eCall Conformance Tests	CENITS 16454 (expected to pass EN ballot mid 2015)	Intelligent Transport Systems - eSafety - eCall Conformance Tests	TS Published 2014 (in ballot to become EN. Ballot closes 2015-06-16)
Data registry procedures	ISO/EN 24978:2009	Intelligent transport systems - ITS Safety and emergency messages using any available wireless media - Data registry procedures	Adopted. Published
eCall HGV Optional Additional Dataset	ISO TS 16405	Intelligent Transport Systems - eSafety - eCall HGV Optional Additional Dataset	Published 2014

La conferencia Internacional que puso fin al programa HeERO 2 se celebró en Madrid los días 27 y 28 de noviembre de 2014. En las demostraciones finales del sistema, realizadas en Madrid bajo el liderazgo de la DGT, intervino la empresa GMV, que fue la encargada de adaptar al sistema eCall el centro de atención de emergencias (PSAP) y de suministrar un conjunto de dispositivos embarcados en los vehículos con capacidad para emitir llamadas eCall (GMV, 2014).

2.3. El proyecto iMobility Support y su foro

Otro proyecto europeo que ha contribuido al desarrollo y despliegue del sistema eCall es el *iMobility Support*, de tres años de duración (de enero de 2013 a diciembre de 2015) y financiado por el 7º Programa Marco (1.449.000 euros). Su objetivo es "apoyar acciones que fomenten el despliegue de la movilidad inteligente en Europa a través de la organización de las actividades del foro *iMovility Forum*, incluyendo la creación de redes de contactos entre las parte interesadas, el apoyo al despliegue, acciones de sensibilización y la difusión de los resultados" (iMovility Support, 2015).

Una de las actividades del foro *iMobility Forum*, asociado al proyecto anterior, es la de contribuir al desarrollo de los sistemas de seguridad, para reducir los accidentes en carretera. Este foro es el sucesor de la iniciativa eSafety, lanzada en por la Comisión en 2002. Nótese que los programas asociados a esta iniciativa han cambiado varias veces, según se recoge en la Figura 28, estando actualmente vigentes el *iMobility Forum* y el *iMobility Support.*

Figura 28: Evolución histórica de los programas en materia de seguridad de los vehículos (iMovility Support, 2015)

Entre las actividades recientes del foro, destaca la reunión de alto nivel celebrada en Bruselas en febrero de 2015, con 90 participantes de distintos sectores, incluidos ERTICO y la Comisión Europea, y en la que se discutió el marco de referencia, la automatización y el papel de los datos para conseguir que los sistemas ITS cooperativos sean una realidad (iMobility Support Press Release, 2015).

2.4. Proyectos en las Redes Transeuropeas de Transporte

2.4.1. Las redes transeuropeas

La idea de crear redes transeuropeas de transporte toma forma a principios de los años 90 del pasado siglo, cuando los entonces 12 Estados miembros deciden poner en marcha una política a nivel comunitario para apoyar el funcionamiento del mercado interior, a través de redes continuas y eficientes en los ámbitos del transporte, la energía y las comunicaciones.

Dentro de la política anterior, está la Red Transeuropea de Transporte (TEN-T, *Trans European Network - Transport*), concebida como un conjunto planificado de redes prioritarias de transporte, pensadas para facilitar la comunicación de personas y mercancías a lo largo de toda la Unión Europea. En concreto, el programa TEN-T va a financiar la realización de grandes proyectos de infraestructuras de transporte con el objetivo final de asegurar la cohesión, la interconexión y la interoperabilidad de las redes de transporte europeas. Los proyectos abarcan todos los medios de transporte (carretera, ferrocarril, marítimo, fluvial, aéreo) así como la intermodalidad, la logística y los sistemas inteligentes de transporte (INEA, 2015).

La Comisión Europea se apoya para la gestión de la Red TEN-T en INEA (Agencia Ejecutiva de Innovación y Redes), organización sucesora de la Agencia de la Red Transeuropea de Transporte Ejecutivo (AE RTE-T), cuya misión es apoyar a la Comisión aportando su experiencia a proyectos de infraestructura, investigación e innovación en los ámbitos del transporte, la energía y las telecomunicaciones, y promover las sinergias entre estas actividades, en beneficio del crecimiento económico y los ciudadanos de la UE.

La Red TEN-T se diseña con una estructura de doble capa, compuesta por una Red Global (*Comprehensive Network*), consistente en todas las infraestructuras existentes y planificadas de la TEN-T, y que servirá de base para determinar los proyectos de interés común; y otra denominada Red Básica (*Core Network*), compuesta por aquellas partes de la red global que tengan la máxima importancia estratégica para la red TEN-T. Estará interconectada por medio de nodos y establecerá conexiones entre los Estados y con las redes de infraestructuras de los países vecinos (Cylog, 2015).

Dentro de la *Core Network* se crean los Corredores Prioritarios Europeos, para facilitar la aplicación coordinada de la red central con el objetivo de eliminar cuellos de botella, construir conexiones transfronterizas y promover la integración modal y la interoperabilidad. Se han creado un total de 9 Corredores (Figura 29).

Cada Corredor abarcará todos los modos de transporte (carretera, ferrocarril, vías de navegación interior, transporte marítimo y aéreo) y, en particular, las plataformas de conexión entre los distintos modos de transporte, facilitando el despliegue de servicios eficientes y sostenibles de transporte de mercancías y personas.

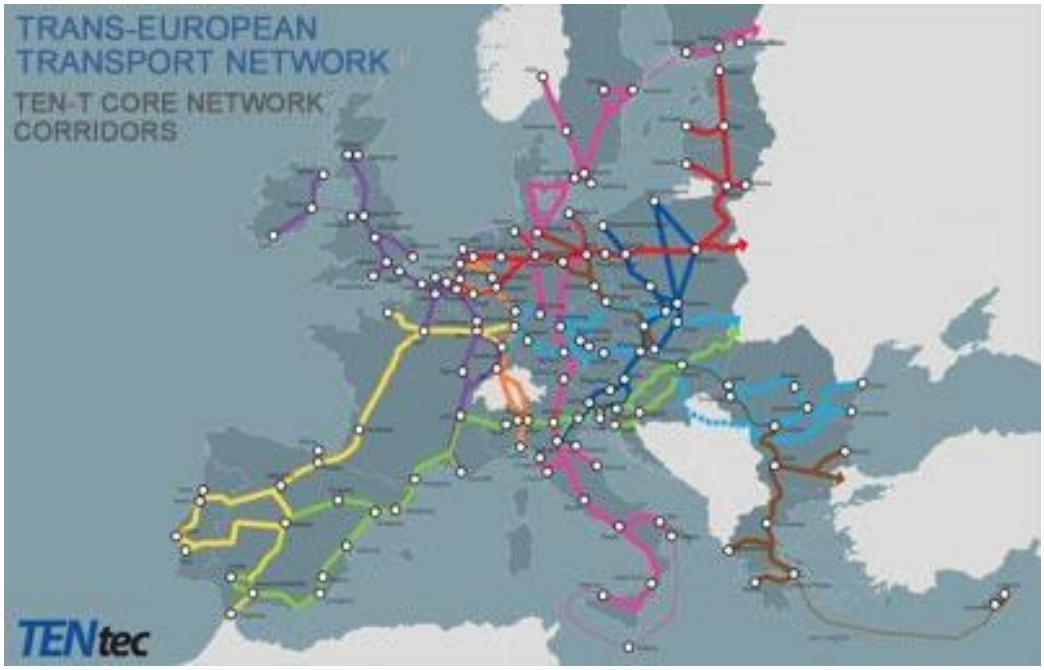


Figura 29: Corredores prioritarios europeos de la red TEN-T (Comisión Europea, 2015)

2.4.2. Proyectos ITS en la red TEN-T

En enero de 2015 la Unión Europea otorgó una financiación de más de 50 millones de euros para la instalación de sistemas ITS en vías europeas dentro del programa TEN-T. Los proyectos transfronterizos a financiar incluyen servicios ITS como, por ejemplo, aparcamientos inteligentes de camiones o información del tráfico en tiempo real. Se implantarán en cinco zonas europeas hasta diciembre de 2015. Los cinco proyectos, todos lanzados en 2013, son los siguientes (INEA, 2010).

En primer lugar está el URSA MAJOR, que tiene como objetivo mejorar el tráfico internacional de mercancías en las carreteras de Alemania, Italia y Holanda. El corredor planteado cubre las vías que enlazan los puertos del Mar del Norte, las zonas del Rur y del Rin, así como áreas metropolitanas en el sur de Alemania y norte de Italia. Además de Alemania, Italia y los Países Bajos, también participan Austria y Suiza como países de paso (Figura 30).

El segundo proyecto es el COCODRILE, que incluye tres corredores: el Báltico-Adriático (que conecta Alemania con Italia y Eslovenia), el Rin-Danubio (que conecta Alemania con Bulgaria) y el Oriente-Este-Med (que conecta Alemania y Grecia).

En tercer lugar está el proyecto NEXT-ITS, que se ocupa del corredor Escandinavo-Mediterráneo, conectando Oslo y la frontera Ruso-Finlandesa con Bremen y Hannover en Alemania, vía Copenhague (Figura 31).

El proyecto número cuatro es el MedTIS, y afecta directamente a España. Este proyecto se ocupa del despliegue de servicios ITS en Italia, Francia, España y Portugal, a lo largo del Corredor TEN-T Mediterráneo, enlazando varios puertos importantes y conectando el Mediterráneo con la costa atlántica.

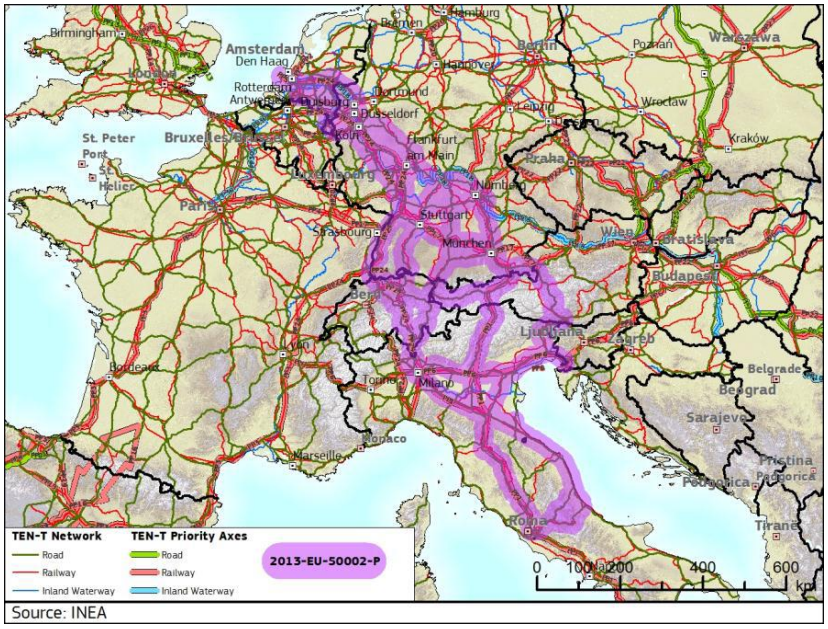


Figura 30: Corredor del proyecto URSA MAJOR (INEA, 2015)

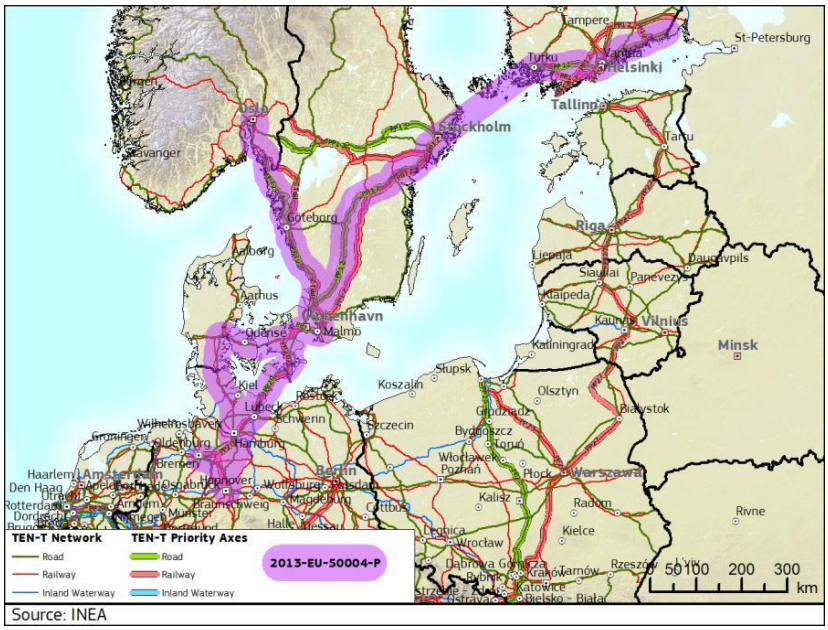


Figura 31: Corredor del proyecto NEXT-ITS (INEA, 2015)

El quinto y último proyecto incluido en la financiación es el Arc Atlantique, que también afecta directamente a España. Este proyecto enlaza núcleos económicos clave del Reino Unido (Belfast, Glasgow, Cardiff, Londres), Irlanda (Dublín), Francia (Calais, Lille, París, Lyon, Burdeos, Toulouse), los Países Bajos (Rotterdam, Ámsterdam), Bélgica (Amberes, Bruselas, Charleroi, Lieja), España (San Sebastián, Bilbao, Valladolid, Santander, la Coruña) y Portugal (Oporto, Lisboa).

Los proyectos anteriores, además de desplegar los servicios ITS, buscan mejorar la gestión del tráfico y el intercambio de datos entre los Estados miembros. Nótese que la financiación de la UE sólo cubre una parte de los proyectos, participando en ellos otros socios como autoridades locales o inversores privados. La puesta en marcha de los mismos está supervisada por INEA. Información actualizada sobre el día a día de los proyectos puede obtenerse en (Easyway Project, s.f.)

3. El vehículo conectado en la UE

Dentro de los programas de investigación e innovación financiados por la UE, los relacionados con el vehículo conectado tienen una especial importancia. Desde 2002 se han invertido más de 180 millones de euros en más de 40 proyectos diferentes relacionados con el coche conectado, que han permitido el desarrollo de importantes estándares en este ámbito (Comisión Europea, 2014).

En este apartado se van a explicar las peculiaridades del coche conectado en la UE y se van a presentar algunos ejemplos de proyectos piloto que ilustran su nivel de desarrollo en el ámbito europeo. Para una introducción al concepto del vehículo conectado véase el capítulo anterior de este trabajo.

3.1. Conceptos básicos y tecnologías

Lo primero que hay que destacar sobre el coche conectado en Europa, es el uso de términos distintos para nombrar determinados conceptos. Así, en la UE no se habla normalmente de vehículo conectado (*connected vehicle*), sino que se prefiere el término de sistemas ITS cooperativos (*C-ITS*). Otro ejemplo es el de la tecnología inalámbrica DSRC, que recibe la denominación en la UE de ITS-G5.

Al igual que en los Estados Unidos, en la UE se ha asignado una banda de frecuencias exclusiva para las comunicaciones relacionadas con la seguridad en los sistemas C-ITS (Figura 32), por medio de la Decisión de la Comisión 2008/671/EC de 5 de agosto de 2008.

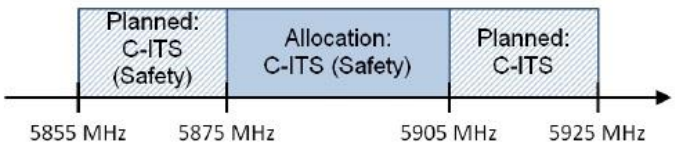


Figura 32: Asignación de frecuencias para sistemas C-ITS (ERTICO, 2015)

Para garantizar la interoperabilidad de los servicios y de los sistemas se han estandarizado a nivel europeo una serie de estructuras comunes de datos. Por ejemplo, para los mensajes intercambios por los vehículos, el ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) ha definido dos tipos de mensajes: el *CAM* (*Cooperative Awareness Message*), que es un mensaje periódico que se envía de una a diez veces por segundo con datos de la posición, velocidad, dirección, etc., del vehículo, y el *DENM* (*Distributed Environmental Notification Message*), que es un mensaje de alerta sobre determinadas situaciones en la carretera (como, por ejemplo, firme resbaladizo, choques, o aproximación de vehículos de emergencia), y que se envía con alta prioridad basándose en la información tomada por el vehículo o la infraestructura (ERTICO, 2015, pág. 14).

También se ha estandarizado la información que envían las señales de tráfico informando de su estado y de sus próximos cambios (*SPAT, Signal Phase and Timing*), así como la información intercambiada entre los centros de Gestión del Tráfico y las infraestructuras (estándares DATEX) con mensajes como los de la Figura 33.

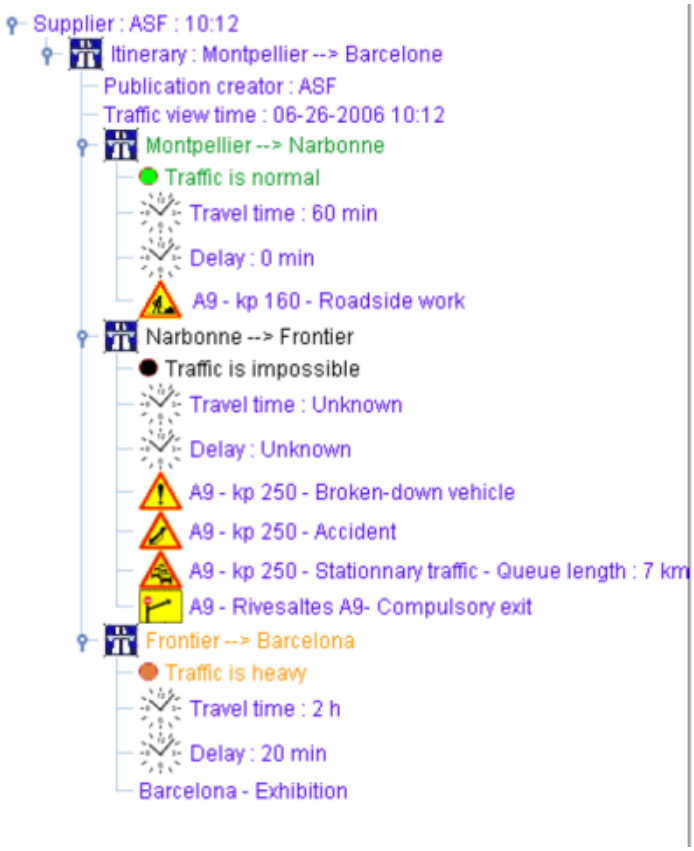


Figura 33: Información contenida en mensajes DATEX II (ERTICO, 2015)

Para poner en marcha los sistemas ITS cooperativos en Europa, existe un enfoque basado en centrarse primero en unas pocas aplicaciones sencillas (*day one applications*), como las de la Tabla 7, que puedan ponerse en marcha con un número limitado de vehículos e infraestructuras, pero que, al mismo tiempo, generen un impacto sobre el usuario; la aceptación de estas primeras aplicaciones permitiría el desarrollo de aplicaciones más complejas en el futuro. Es el enfoque adoptado por el Grupo de Amsterdam, en el que participan autoridades, operadores de infraestructuras y fabricantes de coches (Amsterdam Group, s.f.).

Tabla 7: *Day one applications* (ERTICO, 2015)

Tipo	Aplicación
V2V	*Hazardous location warning*
V2V	*Slow vehicle warning*
V2V	*Stationary vehicle warning*
V2V	*Emergency Brake Light*
V2V	*Emergency vehicle warning*
V2V	*Motorcycle approaching indication*
I2V	*Road works warning*
I2V	*In-vehicle signage/information*
I2V	*Signal phase and time of traffic lights*
I2V	*Probe vehicle data (Floating Car Data)*

No se puede terminar la introducción al coche conectado en Europa sin mencionar la participación de la UE, en colaboración con Japón, en el desarrollo de la siguiente generación de las redes de telefonía móvil 5G, que a buen seguro influirá en el desarrollo futuro del coche conectado (Digital Agenda for Europe, 2015).

3.2. Proyectos piloto

3.2.1. Iniciativas piloto urbanas: el proyecto Compass4D

El proyecto Compass4D, cofinanciado por la Unión Europea, se lanzó en enero 2013 y terminará, en principio, en diciembre de 2015. Tiene por objeto la realización de pruebas piloto de sistemas ITS cooperativos (C-ITS) en siete ciudades europeas: Burdeos, Copenhague, Helmond, Newcastle, Tesalónica, Verona y Vigo. Se han seleccionado tres servicios ITS, que se van a probar en condiciones reales, con al menos 450 vehículos (autobuses, vehículos de emergencias, camiones, taxis, vehículos privados), y más de 600 usuarios. Los servicios seleccionados son los siguientes (Proyecto Compass4D, s.f.):

- Alerta de peligro en la carretera (*RHW, Road Hazard Warning*), que avisa a los conductores de la presencia de atascos o del frenado repentino de otros vehículos.
- Aviso de que se va a saltar un semáforo en rojo (*RLVW, Red Light Violation Warning*).
- Servicio de eficiencia energética en los cruces (*EEIS, Energy Efficiency Intersection Service*), que permite a los conductores elegir la velocidad más adecuada para ahorrar combustible y atravesar los cruces más eficientemente.

En el proyecto participan 33 socios, incluidas autoridades locales, operadores de infraestructuras y empresas que gestionan flotas de vehículos. En 2013, el consorcio del proyecto estableció los requisitos para los participantes públicos y privados del mismo y definió la arquitectura de referencia para las siete ubicaciones piloto. En 2014, tras completarse la instalación y la verificación técnica y funcional de los siete sitios piloto, se inició la fase operativa del proyecto (Figura 34).

Figura 34: Lanzamiento del proyecto Compass4D en Vigo (Proyecto Compass4D, s.f.)

Actualmente, los servicios ya están operativos y se están realizando pruebas de interoperabilidad con los equipos de distintos suministradores. La fase operativa concluirá este verano, para dar paso a un periodo de evaluación y de presentación de los resultados que posiblemente permitirá extender la duración del proyecto (ERTICO-ITS Europe, s.f.).

En la sección "*Media Room/Videos*" de la web del proyecto (Proyecto Compass4D, s.f.), pueden encontrarse varios vídeos de las pruebas realizadas con los vehículos.

3.2.2. Iniciativas piloto en carretera en distintos países

La primera iniciativa piloto que se quiere destacar es la del corredor ITS que se quiere establecer entre los Países Bajos, Alemania y Austria (*Cooperative ITS Corridor*), con comunicaciones ITS G5 (Figura 35). Los gobiernos de estos países ya han firmado un Memorándum de Entendimiento (MOU) y se espera que el corredor esté operativo entre Rotterdam y Viena en 2016. Las dos primeras aplicaciones planteadas para el corredor son el aviso de carretera en obras y la recogida de datos por los vehículos.

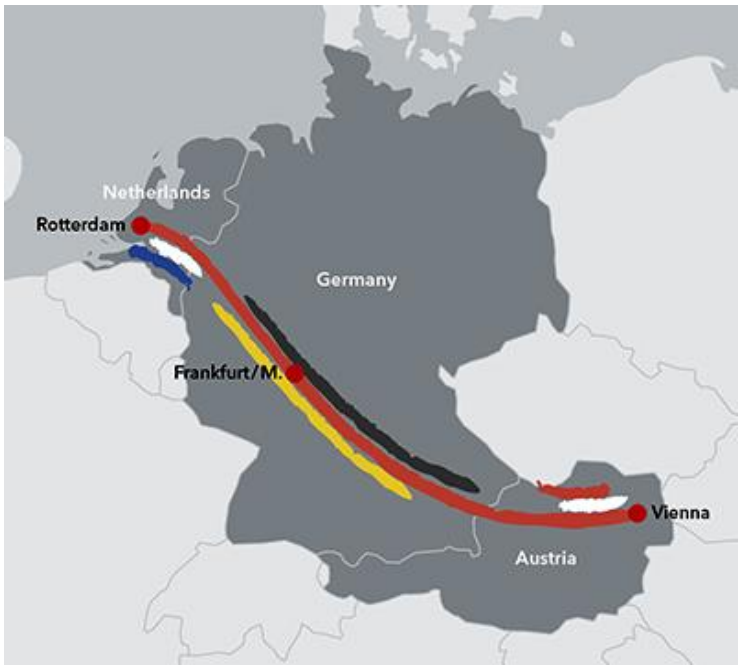


Figura 35: Corredor ITS cooperativo entre Holanda, Alemania y Austria (ERTICO, 2015)

En segundo lugar, está el proyecto piloto francés SCOOP@F, cofinanciado por la UE y coordinado por el Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía de ese país. Esta iniciativa, puesta en marcha en 2014, pretende lanzar un ensayo a gran escala en 2016, cubriendo 2.000 km de carreteras e implicando a 3.000 vehículos. En el proyecto participan socios públicos y privados, incluyendo autoridades locales, operadores de la infraestructura, fabricantes de vehículos e institutos de investigación.

Se han designado cinco localizaciones para realizar las pruebas: la región de París, incluidas sus autovías, la Bretaña, la autovía París-Estrasburgo, Burdeos y las carreteras regionales de la región de Isère. El proyecto incluye comunicaciones V2V y V2I utilizando tecnologías inalámbricas basadas en el estándar 802.11p y en redes celulares. Entre los servicios que probarán están el aviso de carretera en obras, los consejos para reducir la velocidad, las alertas de accidentes, atascos, etc. y las notificaciones de puntos de interés.

El último programa piloto a reseñar es el que se ha realizado en la Republica Checa, llamado BaSIC. Fue puesto en marcha por el Ministerio de Transporte Checo, y tras una duración de dos años se completó el 31 de diciembre de 2013. Para las demostraciones en entornos reales se seleccionaron dos aplicaciones de información al conductor: la primera incluía un aviso de reducción de velocidad al sobrepasa los 120km/h y otro para indicar la cercanía de un tramo en obras (Figura 36), y la segunda informaba de la aproximación de un vehículo de emergencias.

Para las comunicaciones V2V y V2I se utilizaron redes inalámbricas basadas en los estándares 802.11p y 802.11g y los protocolos estandarizados antes comentados DENM y CAM.

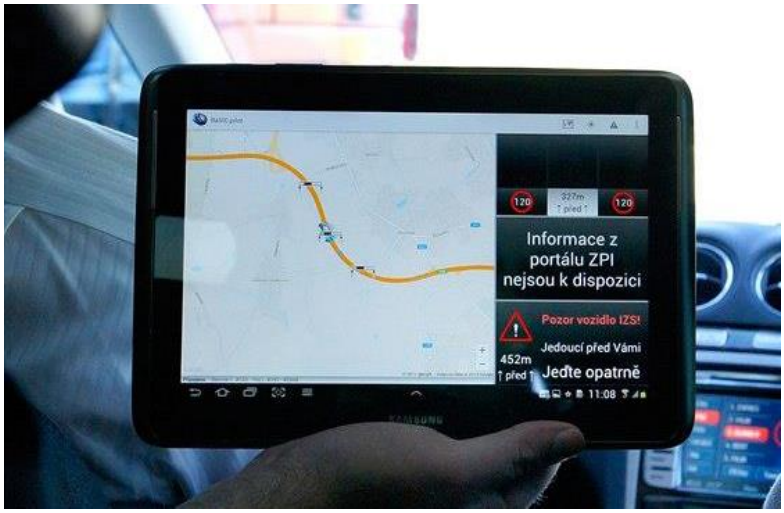


Figura 36: Demostración de comunicación V2V en el proyecto piloto checo BaSIC (ERTICO, 2015)

Además de los proyectos vistos, existen otros proyectos piloto planteados en Europa como pueden ser: el corredor *Nordic Way* entre Finlandia, Suecia, Noruega y Dinamarca (2015-2017), o los corredores polaco y portugués ambos estimados para 2016-2017.

Capítulo 3 - Los Sistemas Inteligentes de Transporte y la Logística

1. Introducción

La Enciclopedia Británica define la logística como "el proceso de planificación, ejecución y control del almacenamiento y el flujo efectivo y eficiente de bienes, servicios e información relacionada, desde el punto de origen al de consumo, con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente" (Enciclopedia Británica, 2015). Este proceso conlleva toda una serie de actividades, entre ellas el transporte de los bienes o mercancías.

En este tipo de transporte existen tres actores fundamentales: el expedidor, el transportista y el destinatario. El expedidor es la empresa que desea enviar la mercancía; normalmente un fabricante, o un establecimiento comercial mayorista o minorista. El transportista es la empresa que va realizar las operaciones de transporte y otros servicios, encargados por el expedidor; puede ser, por ejemplo, un operador logístico o un transportista independiente que posea uno o varios camiones. El destinatario es la empresa o cliente que recibe las mercancías transportadas.

Para el éxito de sus negocios, a todos los actores les interesa tener información de calidad (precisa, a tiempo y completa) sobre los envíos y las operaciones de transporte. De ahí que circule el dicho de que "la información es tan importante como la carga" (Wolfe & Troup, 2013). Los sistemas ITS permiten obtener y aprovechar dicha información, generando beneficios no sólo para las empresas del sector, sino para el conjunto de la sociedad.

Las inversiones en este tipo de sistemas permiten a las empresas aumentar la eficiencia y fiabilidad en la entrega de las mercancías, lo que conlleva un ahorro de costes y una mayor satisfacción del cliente. Al mismo tiempo, la información asociada puede utilizarse para mejorar los procesos de negocio y gestionar mejor la cadena de suministro.

Además, el movimiento más inteligente y eficiente de las mercancías que se consigue, tiene importantes consecuencias en la red de transporte, sobre todo en términos de reducción de la congestión y aumento la seguridad. Los sistemas ITS pueden aumentar *per se* la seguridad de los vehículos, piénsese en lo comentado sobre el vehículo conectado en capítulos anteriores y que también es aplicable a los vehículos de mercancías.

Aunque el transporte de mercancías es un negocio privado, el sector público tiene también un importante papel en el mismo como regulador, planificador y encargado del mantenimiento de la infraestructura común de transporte. A diferencia del sector privado, cuyo interés está en las aplicaciones ITS para entregar la carga de forma más eficiente y fiable, el sector público se centra más en aplicaciones ITS para asegurar la seguridad de los vehículos de mercancías y facilitar su inspección.

Así, mientras en el sector privado la aplicación ITS más típica es la gestión de flotas (el seguimiento de camiones o de contenedores), en el sector público destacan los sistemas para facilitar la inspección; por ejemplo, el control de credenciales y el pesaje electrónico.

Ambos sectores tienen a converger, y existen hoy múltiples proyectos en los que colaboran, como es el caso de las iniciativas relacionadas con el vehículo conectado, o los proyectos de investigación que buscan desarrollar ideas innovadores en el transporte de mercancías, como el flete electrónico (*electronic freight*) y la carga inteligente (*intelligent cargo*). De todos ellos se habla en el presente capítulo.

1.1. El concepto de vehículo industrial (*Commercial Vehicle*)

En el ámbito de los sistemas ITS relacionados con el transporte de mercancías, un término que aparece frecuentemente, sobre todo en la bibliografía estadounidense, es el de aplicaciones relacionadas con las actividades de los vehículos industriales (CVO, *Commercial Vehicle Operations).*

En la legislación europea se define el "Vehículo Automóvil Industrial" (*Commercial Motor Vehicle)* como: "todo vehículo de motor de carretera que, por el tipo de construcción y equipo, sea apto y esté destinado al transporte con o sin remuneración: (a) de más de nueve personas, incluido el conductor; (b) de mercancías " (Consejo de la Unión Europea, 1985).

En España, el termino vehículo industrial "se emplea corrientemente para indicar todos los vehículos automóviles, y los vehículos que éstos arrastran (remolques y semirremolques), destinados al transporte de mercancías por carretera o al transporte colectivo de personas" (Motorgiga, 2010).

Según la misma fuente, forman parte de los vehículos industriales "todos los camiones y autobuses, los tractores para semirremolques, los camiones y autobuses articulados, en sus más diversas versiones y aplicaciones, así como todos los remolques y semirremolques, también en sus más variadas versiones" (Figura 37).

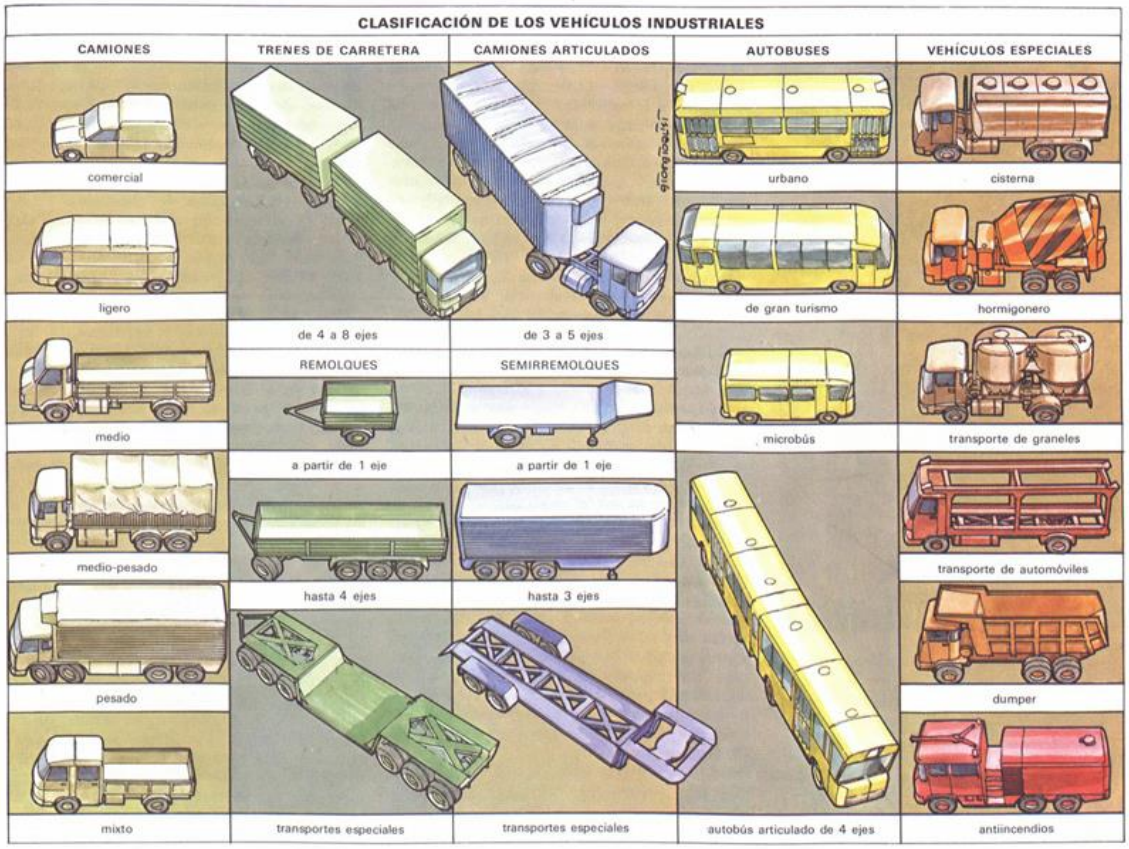


Figura 37: Clasificación de los vehículos industriales (Motorgiga, 2010)

1.2. Tecnologías y conceptos básicos

Existen dos tecnologías fundamentales para los sistemas ITS de mercancías: el rastreo de activos (*asset tracking*) y la supervisión de la situación a bordo (*on-board status monitoring*) (Wolfe & Troup, 2013).

El rastreo de activos tiene por objeto la localización de los activos utilizados en el transporte de mercancías, por ejemplo camiones (cabezas tractoras, semirremolques, etc.), contenedores intermodales y la carga transportada en ellos. Con tal propósito se colocan ciertos equipos electrónicos en los activos, que van a transmitir la información necesaria para localizarlos de forma inalámbrica.

Estos equipos tienen distinto nivel de complejidad según las aplicaciones consideradas. En la gestión de flotas de camiones se instalan equipos complejos que integran GPS y telefonía móvil y permiten la localización a grandes distancias. En otras aplicaciones, se emplean dispositivos como el de la Figura 38, más sencillos y con un alcance limitado, que utilizan normalmente la tecnología RFID, que se explica más adelante en este apartado.

Figura 38: Dispositivo de rastreo colocado en un remolque (Wolfe & Troup, 2013)

La información transmitida por estos equipos permite determinar si un determinado envío o vehículo está siguiendo o no la ruta prescrita, e informar de ello al transportista y al cliente. Con tal objeto, se utilizan aplicaciones informáticas, a las que muchas veces se puede acceder vía Web.

La supervisión de la situación a bordo, consiste en el uso de sensores para medir toda una serie de parámetros, como por ejemplo los relacionados con el vehículo (velocidad, revoluciones por minuto, temperatura del agua o aceite, presión de los neumáticos, etc.), las condiciones de la carga (temperatura, fuerzas o impactos, presión, etc.), la seguridad (detectores de intrusión, rotura del precinto, botones del pánico activables por el conductor), o el comportamiento del conductor (somnolencia). Un ejemplo de estos sensores se muestra en la Figura 39.

Existen varios modos de funcionamiento para la supervisión a bordo, que van desde el simple almacenamiento de los datos en el equipo embarcado, para luego analizarlos posteriormente, hasta el envío de imágenes de vídeo en directo, pasando por la transmisión interactiva de ciertos parámetros, especialmente los de seguridad (Wolfe & Troup, 2013).

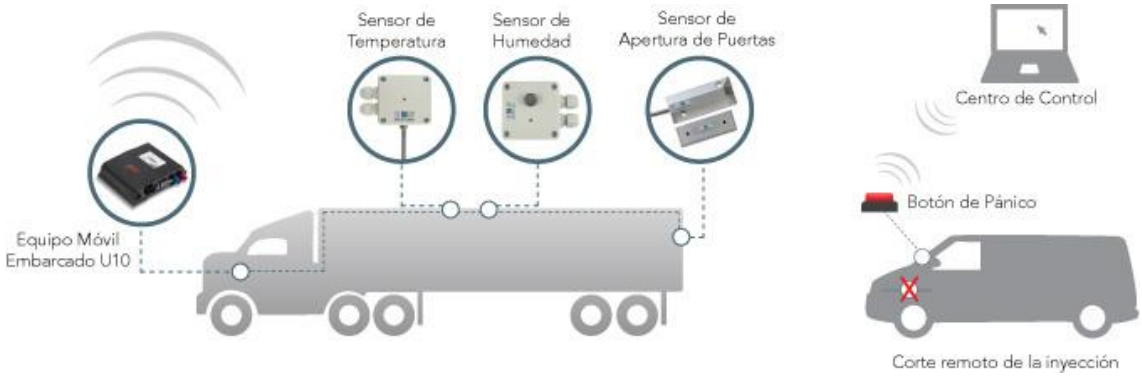


Figura 39: Sensores para supervisar las condiciones a bordo (GMV, s.f.)

Mención aparte merece la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID, *Radio Frecuency Identification*) que se utiliza para "identificar, rastrear, clasificar o detectar toda una gama de objetos " (Agenda Digital para Europa, 2007). Sus aplicaciones van más allá del sector logístico, resultando conocida por el gran público su aplicación en las tiendas para advertir de la sustracción de los productos a la puerta de las mismas.

En los sistemas RFID, se van a leer los datos almacenados en un dispositivo móvil (etiqueta) pegado a un objeto, cuando éste se acerca a cierta distancia de un dispositivo lector (fijo o móvil), y los datos leídos se van a utilizar para dar funcionalidad a una determinada aplicación (por ejemplo, el control de acceso).

La etiqueta, también llamada transpondedor, identifica de forma única al objeto al que va adherida y está formada por un microchip y una antena, con la que se comunica el lector. Existen varios tipos: las etiquetas RFID pasivas, más pequeñas y baratas, no necesitan una batería para funcionar (extraen la energía de las señales de radio recibidas del lector), pero no pueden iniciar *motu proprio* la comunicación y tiene un alcance limitado (10 mm a 5 m); las etiquetas RFID activas, más caras y de mayor tamaño, llevan una batería integrada, lo que les permite transmitir activamente y comunicarse a grandes distancias (varios km).

Además de las etiquetas y de los lectores, existe en los sistemas RFID un tercer componente, el subsistema de procesamiento de datos o *middleware*, que incluye los sistemas intermedios necesarios para poder trabajar con el hardware de los lectores, e introducir la información recibida en las aplicaciones informáticas. Los tres sistemas pueden verse en el ejemplo de la Figura 40, tomado de un proyecto de los ferrocarriles suecos. Nótese cómo en este ejemplo la información del sistema RFID es accesible no sólo para los sistemas internos de la compañía de ferrocarril, sino también para ciertos usuarios externos, como el propietario de los vagones o las compañías logísticas.

Para conseguir lo anterior, es necesario que tanto la información como los mecanismos para intercambiarla estén estandarizados. En este sentido hay que destacar los trabajos de GS1, organización privada sin ánimo de lucro que busca aumentar la eficiencia y visibilidad en las cadenas de suministro. Cuenta con más de un millón de miembros entre empresas de todo tipo y se encarga de elaborar estándares para compartir información en distintos sectores de negocio: venta al por menor, atención sanitaria, transporte y logística, y restauración (GS1, 2015).

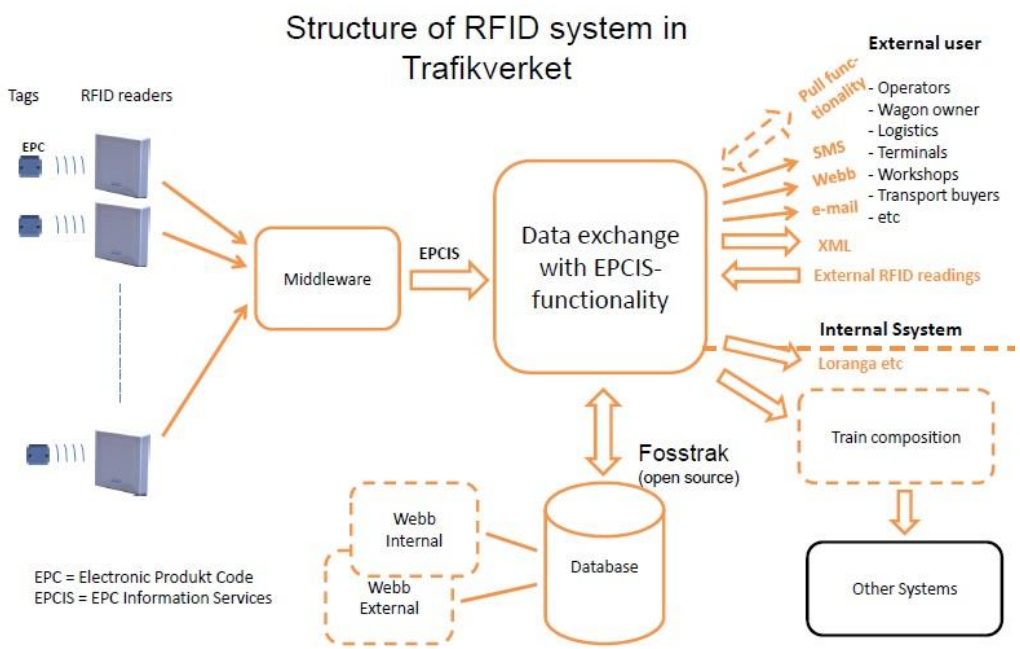


Figura 40: Estructura de un sistema RFID utilizado en los ferrocarriles suecos (Ivansson, 2012)

Relacionada con RFID, está también la tecnología NFC (*Near Field Communications*), ya integrada en ciertos teléfonos móviles y tabletas, y que permite el intercambio de datos entre los dispositivos que la poseen, pero también la lectura por éstos de ciertas etiquetas de radiofrecuencia.

La tecnología NFC está basada en el estándar ISO 14443 RFID y en la tecnología FeliCa de Sony. Sus estándares los fija el NFC Forum, fundado en 2004 por Nokia, Philips y Sony, que hoy suma más de 170 miembros. Una aplicación reciente de la misma, para la lectura de la temperatura de las mercancías desde una aplicación de teléfono móvil, puede encontrarse en (Swedberg, 2015).

2. Gestión de flotas y rastreo de cargas

Uno de los sistemas ITS clásicos en el ámbito del transporte de mercancías es la gestión de flotas de vehículos, que se va a ilustrar aquí a través de un ejemplo real de la empresa GMV. También relacionado con el rastreo de activos de transporte, se explica la aplicación de sistemas RFID al seguimiento de contenedores marítimos y al transporte de mercancías por tren. Con ello se quiere dar una ligera nota multimodal al enfoque adoptado en el presente trabajo.

2.1. Ejemplo de sistema de gestión de flotas

Para ilustrar la relevancia de este tipo de sistemas, baste un ejemplo actual: en la V edición de los premios otorgados por la asociación ITS España, la empresa española GMV fue galardonada por su sistema de gestión flotas de vehículos frigoríficos desarrollado para la empresa

Transalbert, y que permite a los clientes de esta última conocer en tiempo real la temperatura de la mercancía y la hora de entrega (El Norte de Castilla, 2015).

El proyecto premiado se basa en la sistema MOVILOC® para el seguimiento y localización de flotas de vehículos en tiempo real, lanzado al mercado por GMV en 2004. Funciona a través de Internet, y está basado en posicionamiento GPS y en comunicaciones móviles GSM y GPRS (GMV, 2015), según se ilustra en la Figura 41.

Figura 41: Funcionamiento del sistema MOVILOC de la empresa GMV (GMV, 2015)

A bordo de cada vehículo va instalada una unidad móvil que calcula la posición y recoge los datos del mismo (Figura 42). Estos datos se envían a una plataforma central, llamada Palview®, desarrollada y mantenida por GMV, en la que se almacenan todos los datos del vehículo minuto a minuto; desde esa misma plataforma se ponen a disposición de los usuarios una serie de herramientas para gestionar sus flotas desde cualquier PC conectado a Internet (Figura 43), una vez que introduce su nombre de usuario y contraseña.

Figura 42: Equipo embarcado Moviloc U-10 (GMV, s.f.)

Entre los servicios dados al cliente están el seguimiento en tiempo real (visualización de la ubicación de los vehículos, retrasos, interrupciones y desvíos de ruta), el servicio de mensajería con los conductores a través de una consola opcional instalada en los vehículos, o las alertas

sobre situaciones irregulares o incidentes (entrada/salida de zona predeterminadas, alertas de mantenimiento de los vehículos, alerta de parada prolongada o de exceso de velocidad).

El sistema permite la emisión de una amplia gama de informes, como son los de actividad diaria (tiempos de parada, tiempos de conducción, kilómetros recorridos, consumos), o los informes de cumplimiento de ruta e incidentes.

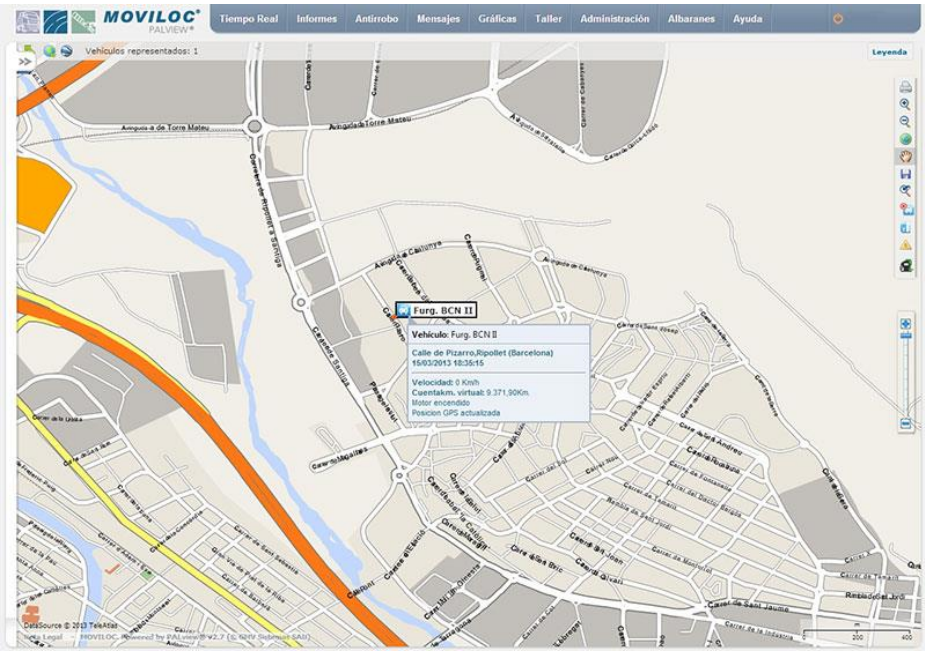


Figura 43: Interfaz de usuario del sistema Moviloc (GMV, s.f.)

La empresa da la opción de añadir una serie de periféricos adicionales al equipo básico embarcado en el vehículo: sensores de humedad y temperatura para el control de la cadena de frío, sensor de apertura de puertas, descarga y tratamiento del tacógrafo digital o botón del pánico e inmovilizador remoto del vehículo en caso de robo (GMV, s.f.).

2.2. Uso de la tecnología RFID para el control de contenedores

Los operadores de transporte marítimo fueron los primeros en experimentar con etiquetas RFID en los contenedores. El nombre que utilizaron para esta tecnología fue el de identificación automática de equipos (AEI, *Automatic Equipment Identification*) y sus trabajos llevaron a la publicación de un estándar internacional en 1991: la norma ISO 10374, "Contenedores para el transporte de mercancías. Identificación automática", cuya última modificación es de 1998. Sin embargo, en la industria de las empresas de contenedores este estándar y el uso de la tecnología RFID han tenido en la práctica un impacto muy pequeño (Wolfe & Troup, 2013).

La razón fundamental de que no haya triunfado esta tecnología en el ámbito marítimo se encuentra en la propia naturaleza del negocio: el libre flujo de los contenedores marítimos por todo el mundo hace que la inversión que supone instalar dispositivos RFID en ellos resulte muy difícil de recuperar.

Un caso diferente es el de las mercancías transportadas por ferrocarril. Los operadores ferroviarios de mercancías en los Estados Unidos, representados por la Asociación de

Ferrocarriles Americanos (AAR*, Association of American Railroads*) adoptaron una tecnología similar a la del caso marítimo que, a diferencia de lo ocurrido en este último, sí triunfó. En 1991, la industria adoptó un estándar obligatorio en los Estados Unidos y el uso de estas etiquetas (*AEI tags*) se generalizó; según (Wolfe & Troup, 2013, pág. 5) hay etiquetas instaladas en aproximadamente 1,2 millones de vagones y en unas 22.000 locomotoras.

Uno de los mayores fabricantes de equipos basados en el estándar anterior, es la empresa estadounidense Transcore (Transcore, s.f.), que ha instalado estos sistemas no sólo en Estados Unidos sino en otros países (entre otros, China, Inglaterra, Australia, Sudáfrica, Canadá, y Corea del Sur). Sus etiquetas, como la de la Figura 44, se instalan en locomotoras y vagones, pero también en contenedores intermodales o trenes de vehículos, que son transportados por ferrocarril.

Figura 44: Etiqueta RFID en los ferrocarriles estadounidenses (Transcore, s.f.)

Para leer las etiquetas, se colocan lectores RIFD en posiciones estratégicas a lo largo de la vía (Figura 45); dichos lectores no están funcionando continuamente sino que, para ahorrar energía, sólo se activan cuando un sensor en las vías detecta que el tren se acerca, momento en el cual se leen las etiquetas y envía la información al subsistema de gestión de datos.

Más adelante en este capítulo, se explicará un proyecto europeo que incluye el uso de un sistema RFID introducido en los ferrocarriles suecos.

Figura 45: Lector RFID para el ferrocarril de la empresa Transcore (Wikipedia, s.f.)

3. Sistemas para facilitar la inspección y el control de acceso

El 8 de mayo de 2015 el Congreso de Ministros dio luz verde al Proyecto de Ley de Carreteras y al Proyecto de Ley del Sector Ferroviario (CdeComuniaciones.es, 2015) que, en el momento de elaboración de este trabajo, se encuentran en fase de tramitación parlamentaria. En el artículo 39 del Proyecto de Ley de Carreteras se dispone que:

"El Ministerio de Fomento podrá establecer en determinados puntos de las carreteras del Estado instalaciones de aforo, estaciones de pesaje y equipamientos integrados en sistemas inteligentes de transporte para conocimiento y control de las características del tráfico sobre la infraestructura de la carretera y su adecuada explotación. Las sobrecargas que constituyan infracción se sancionarán por las autoridades competentes en cada caso." (Congreso de los Diputados, 2015)

De este tipo de sistemas, ya implantados en los Estados Unidos, se habla en el presente apartado. Las aplicaciones que se van a explicar aquí se basan en el programa estadounidense CVISN (*Commercial Vehicle Information System and Networks*), desarrollado por el departamento de transporte de ese país (USDOT) y cuya complejidad y amplitud queda reflejada en la Figura 46.

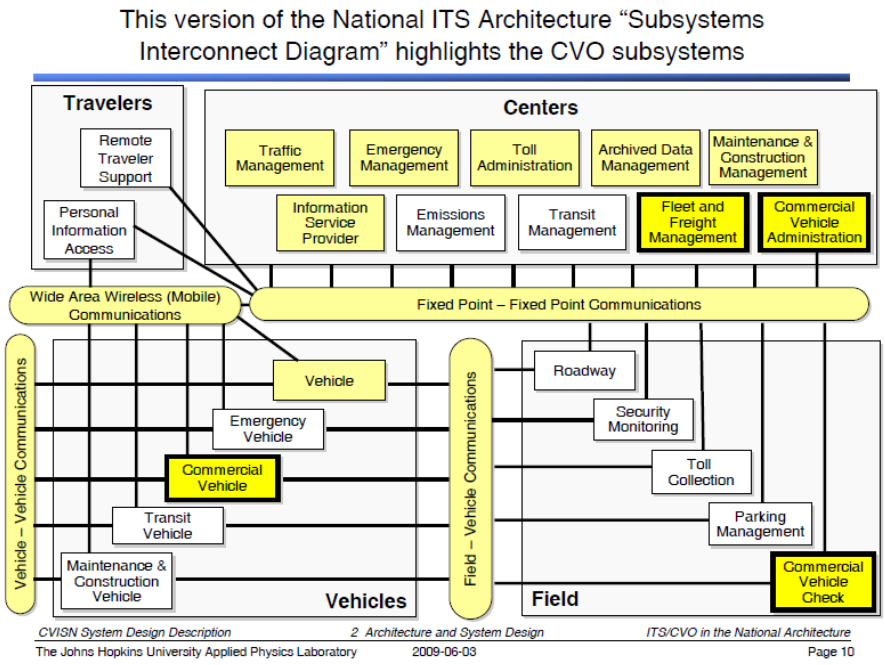


Figura 46: Subsistemas relacionados con el CVISN en la arquitectura ITS de Estados Unidos (Wolfe & Troup, 2013)

El programa CVISN define una arquitectura a través de la cual los centros de la administración (*Commercial Vehicle Administration Centers*) y los de las empresas privadas (*Fleet and Freight Management Centers*) pueden intercambiar electrónicamente información relativa a credenciales, impuestos e información sobre conductores y vehículos. Dentro del mismo se definen una serie de servicios que van a hacer uso de dicha información.

Existen dos tipos de servicios dentro del programa CVISN: los servicio esenciales (*core CVISN*), bien establecidos y definidos, y los servicios expandidos (*expanded CVISN)*, a determinar por la

empresa que ponga en marcha el servicio, siempre y cuando cumpla con los estándares y la arquitectura CVSIN (Wolfe & Troup, 2013, pág. 26).

Los servicios esenciales son básicamente tres: intercambio de información se seguridad, administración de credenciales e inspección electrónica. En cuanto a los servicios expandidos, algunos ejemplos son: estaciones de pesaje virtual (instalaciones sin personal, controladas de forma remota), lectores de matrículas o ventanillas únicas para el acceso a la información. Una aplicación expandida que merece una mención especial es el pesaje en movimiento, relacionada con el programa Smart Roadside Initiative del vehículo conectado, comentando en el capítulo 1.

3.1. Aplicaciones para la inspección de vehículos: PrePass,NORPASS

El PrePass es un sistema estadounidense de identificación automática de vehículos (*AVI, Automatic Vehicle Identification*) que permite realizar un control de los vehículos industriales equipados con un transpondedor inalámbrico (Figura 47), según se acercan a determinadas estaciones de pesaje, u otras instalaciones de inspección. Aquellos vehículos que pasen este control con éxito, podrán continuar su marcha sin disminuir la velocidad ni parar en las instalaciones de inspección (PrePass, s.f.).

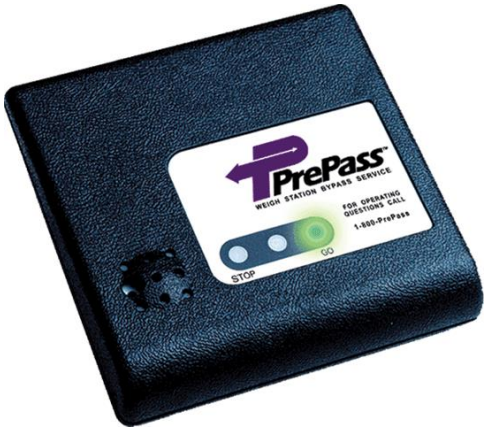


Figura 47: Transpondedor del sistema PrePass que se instala en el parabrisas de los vehículos (PrePass, s.f.)

Con lo anterior se consigue una reducción de la congestión en los alrededores de las estaciones de inspección y un mejor uso del personal y de los recursos de éstas, que se concentran en los vehículos que necesitan más atención.

Los vehículos que participan en el programa Prepass se certifican previamente: las autoridades estatales y federales verifican de forma rutinaria sus registros de seguridad y sus credenciales, para comprobar que cumplen con la normativa aplicable.

El programa está financiado y operado por una asociación público-privada, HELP Inc., en la que participan el Departamento de Transporte (USDOT), varios Estados norteamericanos, y empresas privadas. Actualmente cuenta con 301 estaciones de inspección y pesaje operativas en 31 estados. Para más información véase el vídeo (PrePass Marketing, 2009).

El funcionamiento concreto del sistema es el de la Figura 48. En primer lugar, cuando el vehículo se acerca a la estación de inspección, un lector colocado sobre un poste escanea automáticamente el transpondedor e identifica el vehículo (1). Acto seguido, un ordenador en

la estación de inspección accede a la información asociada al transpondedor, y la valida para asegurarse de que cumple con los requisitos estatales (2); en muchos casos se realiza también un pesaje en movimiento del camión para verificar su configuración y asegurarse que el peso está dentro de los límites aceptables. Por último, cuando el vehículo llega a un segundo poste lector (3), se transmite una señal al transpondedor del vehículo para indicar al conductor que siga o pare en la estación de inspección: una luz roja y un pitido indican que debe desviarse y entrar en la estación, una luz verde que puede continuar.

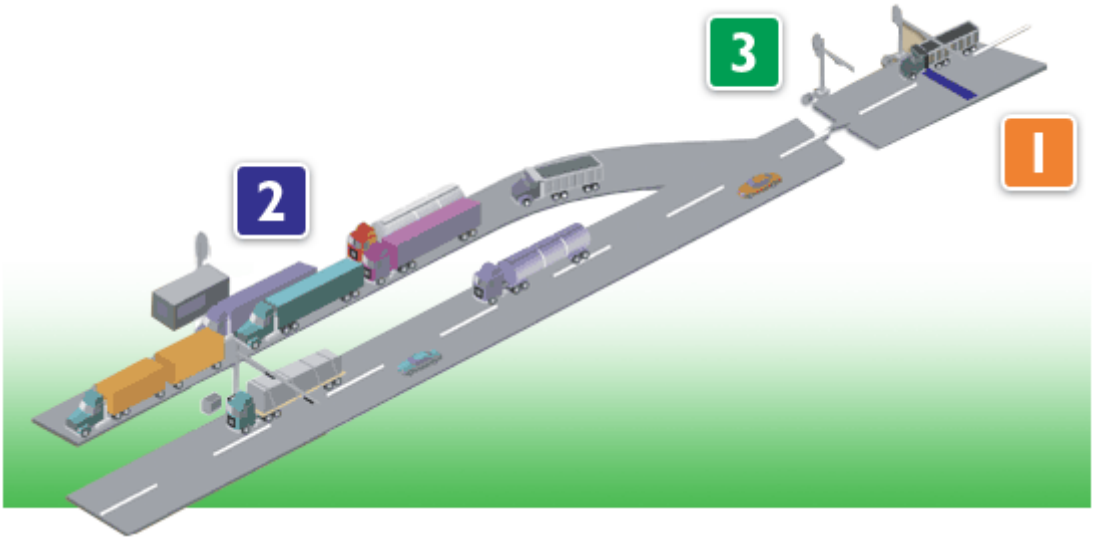


Figura 48: Funcionamiento del sistema PrePass (PrePass, s.f.)

Existe también un servicio PrePass Plus que permite ampliar las funcionalidades del sistema PrePass, para pagar en las autopistas de peaje (sistema E-ZPass) con el transpondedor ya instalado.

Además del sistema PrePass, que es el mayoritario, existe en los Estados Unidos otro sistema, el NORPASS, que engloba 7 estados del norte de los Estados Unidos y dos provincias del Canadá. Su funcionamiento es similar al de PrePass, con la diferencia de que en NORPASS el usuario no paga una cuota por el servicio, sino que son los estados y las provincias los que asumen el coste, lo que explica que la mayoría de los Estados hayan preferido el PrePass.

Una evolución de los sistemas anteriores es la aplicación para tabletas y teléfonos móviles de la empresa Drivewyze (Figura 49), que permite utilizar un teléfono móvil como transpondedor, siempre y cuando esté conectado a Internet y tenga activada la opción de localización.

Figura 49: Aplicación para teléfonos móviles PreClear de la empresa Drivewyze (nwabusinessjournal.com, 2015)

3.2. Aplicación para el acceso a la terminal de un puerto: PierPass

En el ámbito del control de acceso a los puertos, hay que destacar la iniciativa no gubernamental PierPass, también basada en CVISN. Pierpass es una organización sin ánimo de lucro creada por los operadores de terminales marítimas (*MTO, Marine Terminal Operators*) de los puertos de Los Ángeles y Long Beach. Su objetivo es mejorar la eficiencia en las operaciones del puerto, reducir la congestión en las carreteras cercanas y tratar cuestiones relacionadas con la calidad del aire y la seguridad del puerto (Wolfe & Troup, 2013, pág. 31).

Los puertos de Los Ángeles y Long Beach son los puertos con mayor volumen de contenedores de los Estados Unidos, en una zona (área metropolitana de Los Ángeles) mundialmente famosa por sus problemas de congestión de tráfico. De ahí que se busque mitigar la contribución de los camiones del puerto a esa congestión, agilizando el acceso de los mismos al puerto (Figura 50).

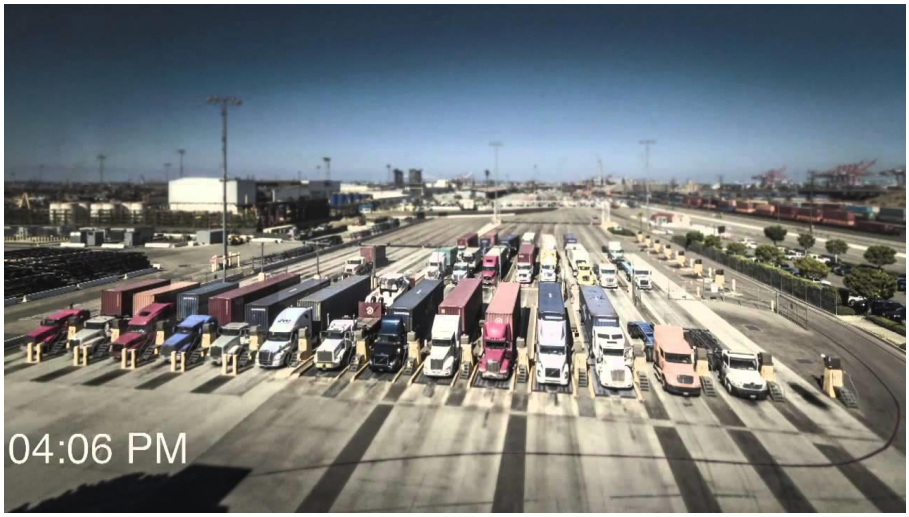


Figura 50: Camiones a la entrada del puerto de Los Ángeles (PierPass.org, s.f.)

El sistema PierPass se basa en el uso de una etiqueta RFID colocada en los camiones (*Truck Tag*), para mejorar la seguridad del puerto y facilitar las operaciones de entrada en la puerta de la terminal. La etiqueta, que es similar a las de telepeaje (E-ZPass), se coloca en el espejo retrovisor de la cabina del camión (Figura 51). Para poder participar en el PierPass los camiones deben someterse a un programa de inspección (*Truck Check*) que realiza la empresa externa eModal.

A la puerta de la terminal marítima se lee la etiqueta colocada en el camión, para verificar que éste y su conductor cuentan con la autorización de seguridad necesaria para entrar en la terminal. El identificador que contiene la etiqueta es único y permite a la terminal conectar con la base de datos que incluye la información sobre la carga, el camión y su conductor. Esto permite automatizar el proceso, evitando la comprobación por parte de un empleado del puerto, lo que reduce de forma importante el tiempo de espera de los camiones. Una explicación del funcionamiento del sistema puede verse en el vídeo de (PierPass, 2014).

Figura 51: Etiqueta RFID colocada en el retrovisor exterior de un camión (SFGATE, 2007)

4. Proyectos para la gestión innovadora del transporte de mercancías

4.1. Flete electrónico (e-Freight)

El e-Freight (*European e-Freight Capabilities for Co-modal Transport*) es un proyecto de investigación y desarrollo cofinanciado por la Unión Europea bajo el 7º Programa Marco. Cuenta con 31 socios de las industrias relacionadas con el transporte y en él están representados 14 Estados miembros de la UE más Noruega. Empezó el 1 de enero de 2010 y tiene un programa de trabajo de cuatro años (efreightproject.eu, 2015).

El proyecto busca desarrollar una de las iniciativas propuestas en el Libro Blanco del Transporte publicado por Comisión Europea en 2011, en concreto la iniciativa clave número 7: "Crear el marco adecuado para hacer posible la localización de mercancías en tiempo real, garantizar la responsabilidad intermodal y fomentar el transporte limpio de mercancías" (Comisión Europea, 2011).

En consonancia con el objetivo anterior, el proyecto se plantea el desarrollo de:

1. Un marco de referencia estándar (*e-Freight Framework*) para el intercambio de información de transporte, que abarque todos los modos de transporte y a todas las partes interesadas.
2. Un documento de transporte único, con formato electrónico, para el transporte de mercancías a nivel europeo, con independencia del modo de transporte.
3. Una ventanilla única electrónica en la que las empresas puedan realizar todos los procedimientos administrativos, con independencia del modo de transporte.

La visión que subyace en el proyecto es la de una Europa en la que las operaciones de transporte y logística se realicen electrónicamente, sin papel, y en la que todos los modos de transporte se conecten de forma segura y fluida.

Un caso real de aplicación de este proyecto se describe en (GS1 - e-Freight, 2013). En el mismo, el operador de transporte danés DSV junto con la compañía marítima sueca Stena Line han utilizado el marco de referencia desarrollado por eFreight y los estándares de la organización GS1, para mejorar la eficiencia en sus operaciones.

En el ejemplo a considerar, la compañía de transporte DSV recibe una petición de uno de sus clientes, la papelera sueca SCA, que quiere realizar un envío a Alemania. Para este envío, DSV va a emplear transporte multimodal (carretera y ferry), y la información del proceso se va a compartir de forma centralizada por los interesados, utilizando una plataforma informática basada en e-Freight.

El proceso es el siguiente. Al recibir la petición del cliente, DSV envía un mensaje estandarizado GS1 (*Transport Instruction Message*) a Stena Line para reservar capacidad en su ferry con destino a Alemania. Tras recibir la confirmación de reserva, DSV selecciona al transportista que va a llevar la carga al puerto, enviándole un mensaje que incluye el número de reserva recibido de Stena Line. A esa información, el transportista añade los datos del conductor y el tiempo estimado de llegada, y todo ello se transmite en un aviso a Stena Line, para que esté preparada cuando llegue el camión.

Al mismo tiempo, en los almacenes del fabricante de papel que quiere hacer el envío se escanean las etiquetas, en formato GS1, colocadas en la mercancía (enviándose un mensaje automático a DSV) y se carga el camión. Esta información escaneada es el paso inicial de un proceso por el que la llegada de la carga es confirmada en cada paso a través de mensajes.

Cuando el camión cargado llega al puerto, su conductor introduce directamente en la puerta de entrada de la terminal el código de reserva, que recibió anteriormente, y obtiene acceso al puerto para depositar el semirremolque. Tras pasar los controles de seguridad el semirremolque se embarca en el ferry de Stena Line, que envía el mensaje de confirmación correspondiente a DSV.

El cruce de la frontera se notifica a las autoridades utilizando un mensaje CRS (*Common Reporting Schema*) desarrollado por e-Freight, en su vertiente de la ventanilla única. Cuando el semirremolque llega a Alemania, es recogido por el transportista local, y se envía un mensaje de estado a DSV. Finalmente, cuando la carga llega a su destino final, un supermercado alemán, DSV recibe el último mensaje de confirmación.

4.2. Carga Inteligente (iCargo)

El iCargo (*Intelligent Cargo in Efficient and Sustainable Global Logistics*) es un proyecto de investigación financiado por la Unión Europea, dentro del 7º Programa Marco, que tiene una duración de cuatro años (2012-2015). Se trata de un proyecto de colaboración entre 29 organizaciones de los ámbitos de la logística y de las TIC, incluyendo a operadores logísticos, asociaciones, instituciones investigadoras y autoridades públicas. El objetivo del proyecto es apoyar la evolución de la industria logística hacia un ecosistema basado en la cooperación entre actores especializados, que ofrezca soluciones logísticas puerta-a-puerta, eficientes y competitivas (ECITL, 2014).

El proyecto pretende "desarrollar una arquitectura de la información abierta y asequible que permita que los objetos del mundo real, los sistemas existentes y las nuevas aplicaciones

cooperen de forma eficiente, haciendo posible un logística más eficiente en costes y con menores emisiones de CO_2, a través de una mejor sincronización y un mejor aprovechamiento de espacios vacíos en todos los medios de transporte" (iCargo, s.f.).

El objetivo de dicha arquitectura es servir de apoyo a nuevo servicios logísticos que:

- Sincronicen los movimientos de los vehículos y las operaciones logísticas entre los distintos modos de transporte y actores, reduciendo las emisiones de CO_2.
- Se adapten a las condiciones cambiantes, utilizando métodos de planificación dinámicos que tengan en cuenta la carga, los vehículos y las infraestructuras.
- Combinen servicios, recursos e información procedentes de los diferentes actores, en un entorno de gestión del transporte de mercancías abierto.

Dentro del ecosistema que se pretende crear, el proyecto incluye la idea de convertir las cargas en objetos "inteligentes" (*intelligent cargo items*), de los que se pueda extraer información en tiempo real para planificar de forma reactiva el transporte y mejorar el rendimiento. Esta idea ya aparecía en el proyecto eFreight, planteándose allí un futuro en el que las mercancías sean capaces de llevar la cuenta de su posición y del contexto que les rodea (por ejemplo estado del tráfico y de las infraestructuras) y se conecten a toda una serie de servicios de información, automatizando la gestión de los procesos de transporte (efreightproject.eu, 2015).

Una de los principales propósitos del proyecto es la creación de un marco de referencia común (*Common Framework*), que permita a los miembros del ecosistema interactuar, y sirva de intermediario entre los distintos estándares y sistemas existentes. Además de la investigación y desarrollo tecnológico, el iCargo también ha incluido la puesta en marcha y validación de proyectos reales. Se van a comentar aquí dos de los más importantes: el caso de DHL y el proyecto piloto Escandinavia-Europa Continental.

4.2.1. El caso de DHL

Se calcula que el 20% de los camiones que circulan por Europa lo hacen en vacío, lo que lleva a que, de media, el factor de carga de un camión sea cercano al 50%. Esto tiene importantes consecuencias medioambientales y económicas; así, se estima que el ahorro potencial de optimizar este transporte sería de 124 Megatoneladas en emisiones de CO_2 al año y de 100.000 a 300.000 millones de euros en costes de operación al año (iCargo Project, 2015).

Según se describe en (Voorspuij, 2013), el operador logístico DHL, ayudado por otros socios del proyecto iCargo, se planteó cómo hacer frente a éste y otros desperdicios logísticos (Tabla 8) sin incurrir en grandes cambios, ni en inversiones significativas en equipamiento.

La solución planteada se basa en la plataforma software MixMoveMacht (Mix Move Max, s.f.), concebida por la empresa 3M y desarrollada por la consultora sueca Marlo, siguiendo los estándares GS1 y el marco de referencia iCargo. Se trata de una plataforma abierta, diseñada para integrarse con los sistemas informáticos que tengan los socios participantes (por ejemplo, con sus ERP).

Tabla 8 : Problemas de desperdicio logístico que DHL se planteó mejorar con iCargo (Voorspuij, 2013)

Problema	Objetivo planteado
Desperdicio de combustible	Reducción del número de vehículos de transporte para el mismo volumen de carga
Re-etiquetado de los palés y cajas en cada una de las empresas de transporte	Utilización de una etiqueta única colocada al inicio del envío
Introducción de información ya capturada en otro lugar	Uso de una plataforma software común, estandarizada
Tiempo perdido en resolver errores y confusiones	Uso de estándares abiertos, independientes e integrados
Desperdicio de capacidad debida a la descoordinación de los distintos actores	Creación de un entorno de confianza donde las empresas de transporte puedan colaborar y compartir recursos

El proyecto se basa en una técnica de consolidación y desconsolidación de las mercancías (Figura 52) a través de un proceso de *cross docking,* realizado en los llamados "Centros de reconstrucción" (*Reconstruction Hubs*) y optimizado por el software MixMoveMatch.

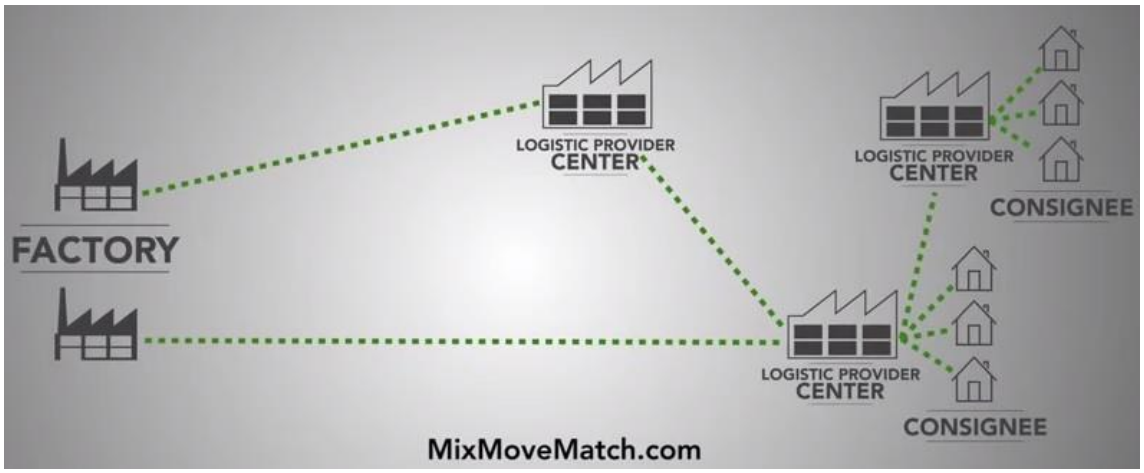


Figura 52: Esquema de la consolidación y desconsolidación MixMoveMatch (iCargo Project, 2015)

El funcionamiento es el siguiente. Cada fabricante o cliente hace llegar al operador logístico la mercancía que quiere enviar en formato de palés pequeños o cajas (bultos individuales). El operador los etiqueta por separado con un código de barras único (SSCC), y este código se escanea para comprobar que la información de la etiqueta coinciden con los datos EDI enviados por el cliente; con ello se evitan errores desde el origen.

Los bultos de distintos clientes, se mezclan hasta llenar palés grandes completos; éste es el primer elemento (*Mix*) incluido en el nombre de la plataforma. Acto seguido se envían los palés hasta uno o varios centros centro de reconstrucción; es el segundo elemento (*Move)*.

En el centro de reconstrucción de llegada se extraen los bultos individuales de los grandes palés recibidos y se clasifican para "reconstruir" los envíos concretos de cada cliente; es el último elemento (*Match*). Con ello se consigue que la mayor parte del transporte, de larga distancia, se realice con los camiones bien cargados.

Nótese que los centros de reconstrucción que se han puesto en marcha a lo largo de Europa no pertenecen únicamente a DHL, sino también a otras empresas como 3M, Ceva, DPD, Spedition Kleine y otros (Figura 53). Es decir, que utilizando la plataforma software común y el etiquetado estándar los operadores logísticos y las empresas expedidoras pueden compartir recursos y optimizar las operaciones en beneficio mutuo.

En cuanto a los resultados del proyecto, la empresa 3M calcula que con su participación en el mismo, ha reducido sus costes de transporte en un 35% y sus emisiones de CO_2 en un 50%. Por su parte, la empresa DHL estima que ha reducido el espacio de las bahías de envío en sus centros en un 50% y el tiempo de tratamiento de los envíos entrantes también en un 50% (iCargo Project, 2015).

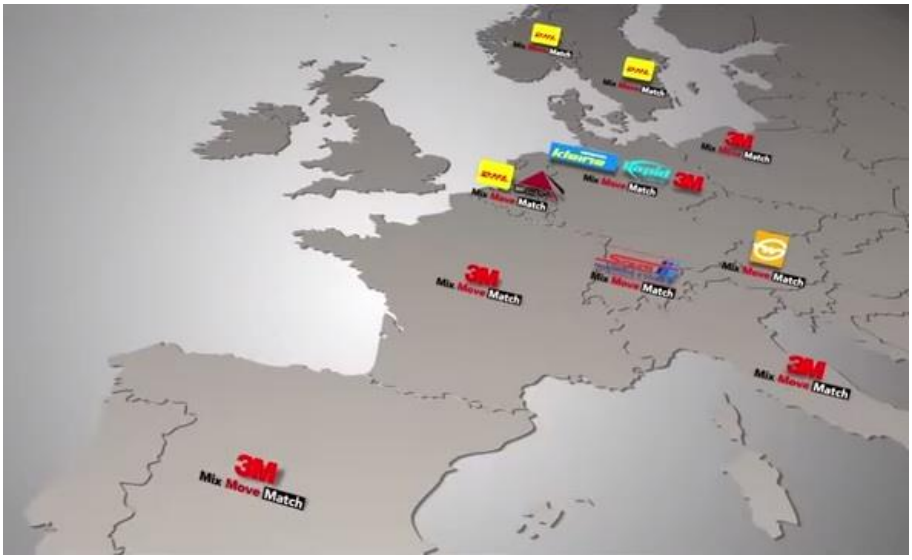


Figura 53: Centros MixMoveMatch en Europa (iCargo Project, 2015)

4.2.2. Proyecto piloto Escandinavia - Europa Continental

El segundo proyecto real salido del iCargo es el programa piloto que se desplego en Suecia. En dicho programa, han participado la administración de transporte sueca (*Trafikverket*), la empresa papelera sueca Stora Enso, y la consultora estadounidense IntelliTrans. El objeto del programa piloto es poner en práctica los conceptos del proyecto iCargo para mejorar la eficiencia de los envíos de papel que realiza Stora Enso desde Suecia al resto de Europa (por ferrocarril y barco).

El proyecto toma como base un sistema RFID ya instalado en los ferrocarriles suecos llamado *RFID in Rail* (Ivansson, 2012). Dicho sistema emplea lectores RFID instalados a lo largo de las vías del ferrocarril (Figura 54) y etiquetas RFID colocadas en el lateral de los vagones (Figura 55) para detectar el paso de las mercancías. La información obtenida se estructura y transmite utilizando estándares GS1. El funcionamiento del sistema se ilustra en el vídeo (iCargo Project, 2015).

Basándose en el sistema RFID anterior, se ha creado un corredor inteligente, desarrollado por la empresa IntelliTrans en colaboración con Stora Enso, en el que se realiza un seguimiento del trayecto que siguen los vagones con la mercancías de la papelera, desde su fábrica hasta el puerto de Gotemburgo, donde se envían fuera de Suecia.

Figura 54: Lector RFID de los ferrocarriles suecos (Ivansson, 2012)

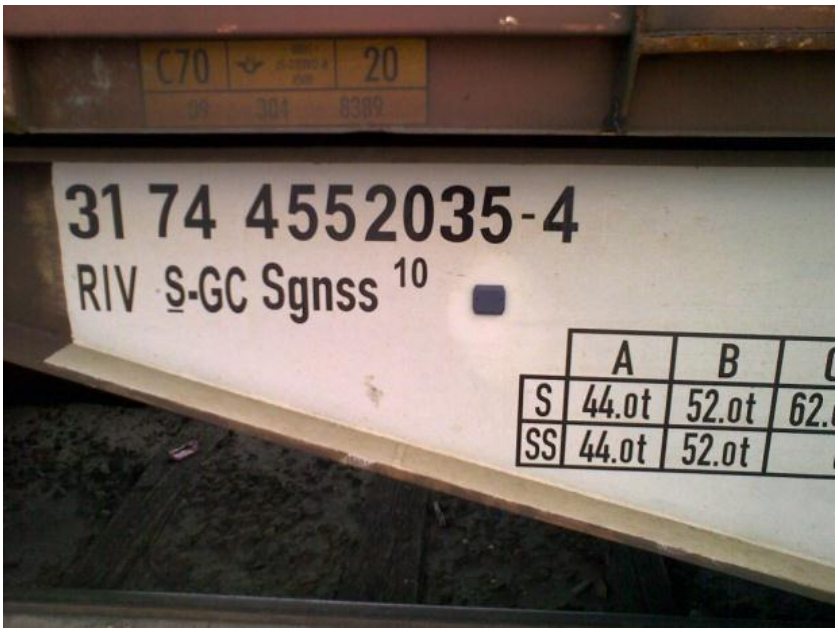


Figura 55: Ejemplo de etiqueta RIFD colocada en el lateral de un vagón sueco (Ivansson, 2012)

La empresa IntelliTrans ha desarrollado una plataforma software (GVP o *Global Visibility Platform*) que compara la información recibida por el sistema RFID al paso de los vagones, con el horario teórico de los trenes y alerta sobre los retrasos a las partes interesadas (Figura 56), ya sean clientes, proveedores o transportistas. Asimismo, esta plataforma es capaz de reorganizar dinámicamente las reservas de espacio en los barcos del puerto, basándose en la información recibida, lo que permite un mejor aprovechamiento del espacio en la carga de los buques (IntelliTrans, 2014).

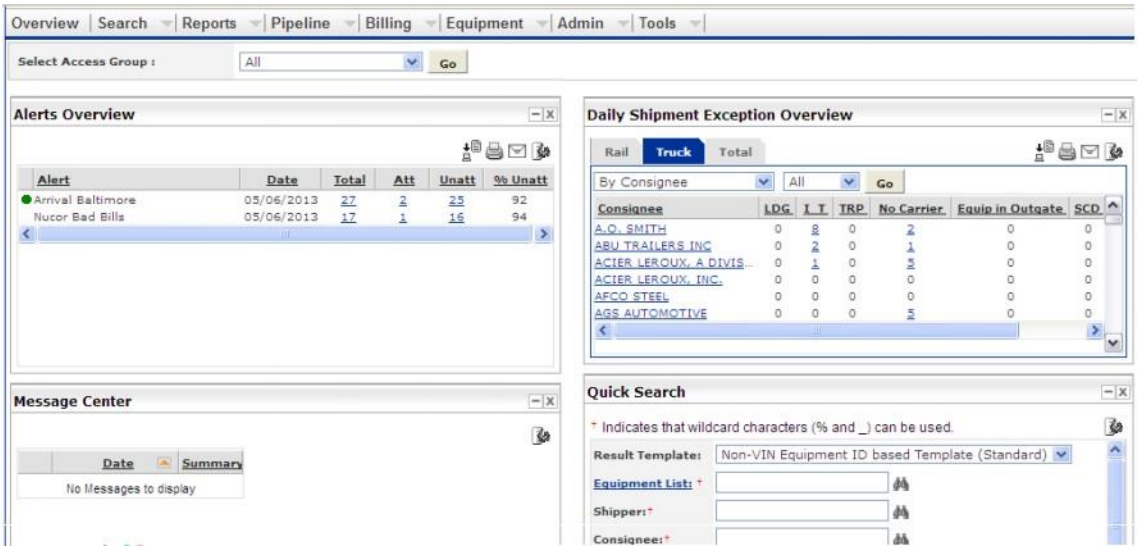


Figura 56: Pantalla de alertas de la plataforma informática del proyecto piloto iCargo sueco (IntelliTrans, 2014)

5. El vehículo conectado aplicado al transporte de mercancías

5.1. El proyecto CO-GISTICS

El proyecto CO-GISTICS, que tiene una duración de 3 años (de enero de 2014 a diciembre de 2016), es el primer proyecto europeo enteramente dedicado al despliegue de sistemas inteligentes de transporte cooperativos (C-ITS) aplicados a la logística. Está coordinado por ERTICO y cuenta con un presupuesto total de 7.492.000 €, de los cuales 3.746.000 € están financiados por la UE (ERTICO-ITS Europe, s.f.).

Cuenta con 33 socios incluyendo autoridades públicas, transportistas, transitarios, operadores de terminales y operadores logísticos (cogistics.eu, s.f.), entre ellos la compañía Azkar y las ciudades de Vigo y Bilbao. Además de estos socios plenos, existen también otras 6 entidades con cierto grado de asociación, como es el caso de la autoridad portuaria de Hamburgo.

El proyecto se va desplegar en 7 ciudades piloto: Arad (Rumania), Burdeos (Francia), Frankfurt (Alemania), Tesalónica (Grecia), Trieste (Italia) y, en las ciudades españolas de Bilbao y Vigo. Los servicios del proyecto se instalarán en al menos 325 vehículos (camiones y furgonetas).

Tiene como objetivo la integración de los sistemas y servicios existentes en materia de transporte de mercancías, con nuevas soluciones como los servicios cooperativos y la carga inteligente. Con ello, se espera contribuir al desarrollo de un transporte de mercancías más sostenible y eficiente, en términos de emisiones de CO_2 y de costes.

El proyecto CO-GISTICS incluye el despliegue de 5 servicios:

1. Áreas de descarga y parking inteligentes: optimización de las paradas a lo largo de la ruta, de la entrega de las mercancías en zonas urbanas y de la conexión con otros modos de transporte.
2. Carga multimodal: apoyo a la planificación y sincronización entre distintos modos de transporte en todo tipo de operaciones logísticas.
3. Estimación y control de las emisiones de CO_2: medida del CO_2 emitido por los vehículos y estimación de las emisiones de CO_2 para operaciones específicas de carga.
4. Consejos de velocidad y prioridad, para reducir el consumo de combustible, las emisiones, y la presencia de vehículos pesados en las áreas urbanas.
5. Apoyo a la conducción ecológica (*eco-drive*): apoyo a los conductores de camiones para que adopten una forma de conducir más ecológica, reduciendo con ello el consumo de combustible y las emisiones de CO_2.

Actualmente el proyecto está en su fase de despliegue, tras desarrollarse la arquitectura de referencia de todo el proyecto y las arquitecturas detalladas de cada sede piloto. En el verano de 2015 se iniciará el proceso de valoración de los resultados. Las primeras demostraciones se presentarán en el Congreso Mundial ITS de Burdeos (5-9 de octubre de 2015).

Como ya se ha comentado, existen dos centros de despliegue del proyecto CO-GISTICS en España: Vigo y Bilbao. El proyecto piloto de Vigo despliega todos los servicios del programa CO-GISTICS a excepción de la carga multimodal, y está liderado por dos instituciones: el Centro Tecnológico de Automoción de Galicia (CTAG) y el Clúster de Empresas de Automoción de Galicia (fundación CEAGA). El de Bilbao despliega tres de los servicios (áreas de descarga y parking inteligentes, estimación y control de las emisiones de CO_2, y apoyo a la conducción ecológica) y está liderado por el Clúster de Movilidad y Logística de Euskadi.

Dentro la vertiente española del CO-GISTICS hay que destacar el proyecto SISCOGA (Sistemas Cooperativos de Galicia), de financiación nacional, que establece un corredor cooperativo inteligente permanente (Figura 57), pionero a nivel europeo, para la realización de pruebas operativas de los nuevos sistemas de comunicaciones V2V y V2I instalados en los vehículos (Figura 58 y Figura 59).

Figura 57: El corredor cooperativo SISCOGA (Sánchez, 2012)

El corredor SISCOGA se creó en 2011 e integra más de 100 km de vías interurbanas, en colaboración con la DGT, con tramos urbanos, en colaboración con la ciudad de Vigo (cogistics news, 2015).

Figura 58: Ejemplo de comunicación V2V en el proyecto SISCOGA (Interempresas.net, 2015)

Figura 59: Ejemplo de comunicaciones V2I en el proyecto SISCOGA (La Voz de Galicia, 2014)

Nótese que dicho corredor no sólo forma parte del proyecto CO-GISTICS, sino también del proyecto piloto Compass4D, comentado en el capítulo anterior. Así, entre los vehículos que se prueban en él, están 15 camiones equipados con unidades embarcadas, para el proyecto CO-GISTICS, pero también 20 autobuses, 8 taxis, 10 coches privados y 2 vehículos de emergencias, para el proyecto Compass4D en su sede de Vigo.

5.2. Consideraciones finales

No se puede hablar del vehículo conectado y la logística sin mencionar que en mayo de 2015 se presentó en el estado de Nevada (EEUU), el primer camión con funciones de piloto automático.

El vehículo de la empresa Daimler (Figura 60), aún en pruebas, mantiene de forma autónoma la posición en el carril y la distancia de seguridad respecto a los demás vehículos. Para ello, utiliza una cámara que detecta las marcas de los carriles y varios radares de distinto rango que buscan obstáculos en un radio de unos 250 metros (Logistica Profesional, 2015).

Figura 60: Camión Daimler estadounidense con funciones de piloto automático (Logistica Profesional, 2015)

Este vehículo no está diseñado para tomar decisiones por sí solo, y tiene sus limitaciones: no realiza adelantamientos, ni puede circular en condiciones meteorológicas adversas sin la intervención humana. En estos casos, el propio vehículo pide al piloto que sea él quien tome una decisión; en caso de que éste no responda, el vehículo activará un sistema de detención automática y se parará muy lentamente.

Capítulo 4 - Estudio Económico

1. Introducción

Según el Artículo 8 del Reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo de Fin de Máster de la Universidad de Valladolid (Universidad de Valladolid, 2012):

"El Comité del Título establecerá y hará públicos los aspectos que el trabajo deberá abordar, así como, en su caso, la estructura de la memoria, de conformidad con la correspondiente guía docente."

En el caso del Máster en Logística, uno de los aspectos que debe incluir obligatoriamente la memoria es un estudio económico, objeto del presente capítulo. Dicho estudio pretender dar una valoración económica aproximada al trabajo realizado por el alumno. Nótese que lo que se estima es lo que le ha costado al alumno realizar el trabajo de fin del máster, y no lo que podría ganar la empresa privada con dicho trabajo.

Para el estudio económico se van a tener en cuenta elementos reales, como las horas dedicadas por el alumno a cada tarea o los materiales empleados para la realización del trabajo (ordenador, impresora, acceso a internet, etc.), pero también elementos ficticios, como las posibles personas que participarían en un trabajo de este tipo en una empresa y sus sueldos.

Así, para el objeto de este estudio, el alumno se va a "desdoblar" en distintos roles o papeles que realizarían empleados de distinto rango de una empresa hipotética encargada del proyecto. En la estructura establecida para el estudio económico primero se definen esos roles y, a continuación, se divide el trabajo en una serie de fases, en las que intervendrán algunos o todos los actores considerados.

Una vez definidas las personas y las fases de proyecto, se calculan una serie de categorías de costes asociadas al mismo y se determina el número de horas que ha trabajado cada profesional en el proyecto. A partir de éstos y otros elementos se calcula finalmente el coste del proyecto; tanto el coste por fases, como el coste total.

2. Profesionales que intervienen en el proyecto

Como elemento de partida, se va a considerar una hipotética empresa de ingeniería y consultoría de reciente creación, que cuenta con una plantilla de 10 profesionales, la mayoría ingenieros. Se considera, asimismo, que dicha empresa ha sido la ganadora de una licitación internacional para realizar un informe sobre el panorama actual de los sistemas inteligentes de transporte a nivel mundial. El encargo está financiado por una institución multilateral de desarrollo, siendo el cliente final una administración pública extranjera, que pretende modernizar el transporte en su país.

Conseguido el proyecto, éste pasa al departamento que realiza este tipo de estudios dentro de la empresa. Las personas que van a participar en su realización son las siguientes: un director del proyecto, un ingeniero de proyectos y un ingeniero junior (Figura 61).

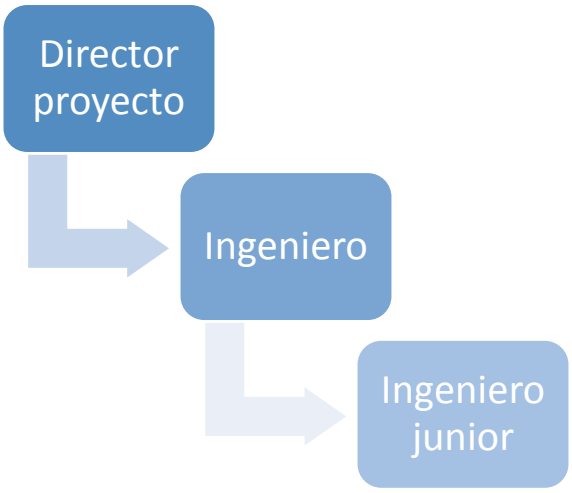


Figura 61: Organización de los profesionales participantes en el proyecto

El *director del proyecto* es el encargado de coordinar y dirigir los trabajos de todos los profesionales participantes. Entre sus funciones están: la planificación del proyecto (estableciendo los plazos de entrega y controlando su cumplimiento) y la comunicación con el cliente, ejerciendo de interlocutor de alto nivel entre la empresa y las autoridades extranjeras, destinatarias del proyecto. En última instancia, será el responsable de dar el visto bueno al trabajo.

El *ingeniero de proyecto*, que cuenta con bastante experiencia en las áreas de logística y transporte, y ha participado en proyectos similares, se encarga de estructurar y corregir el contenido de la documentación a presentar, así como de la redacción de los apartados más complejos de la misma. Será también el responsable de contactar, en caso necesario, con los funcionarios de la institución financiera multilateral y del gobierno extranjero.

El *ingeniero junior* se encarga de cumplir las tareas encomendadas por el ingeniero de proyecto, entre ellas: la búsqueda de información, la redacción inicial del grueso de la documentación y las tareas relacionadas con la intendencia del proyecto (llamadas telefónicas, impresión, entrega de documentos, etc.).

Nótese que los profesionales anteriores no se dedican en exclusiva al proyecto en cuestión, sino que deben compaginarlo con otros encargos dentro de la empresa. Este modelo refleja las circunstancias reales del alumno a la hora de realizar el presente trabajo, pues se debe compaginar la elaboración del trabajo de fin de máster con la realización de prácticas en empresas y con otras tareas, como por ejemplo la búsqueda de empleo.

3. Definición de las fases del proyecto

De entrada hay que señalar que el proyecto aquí considerado se orienta a la búsqueda y síntesis de información, teniendo por objetivo en última instancia la elaboración de un documento final, que se entrega y presenta al cliente. Teniendo esto en cuenta, el trabajo consta de las siguientes fases, recogidas en la Figura 62.

En primer lugar, está la fase de *puesta en marcha del proyecto*. Ésta incluye la confirmación de las personas que van a participar en el mismo, el reparto de las tareas y la planificación inicial

(documentos a entregar y plazos de entrega), así como una reunión de puesta en marcha del proyecto.

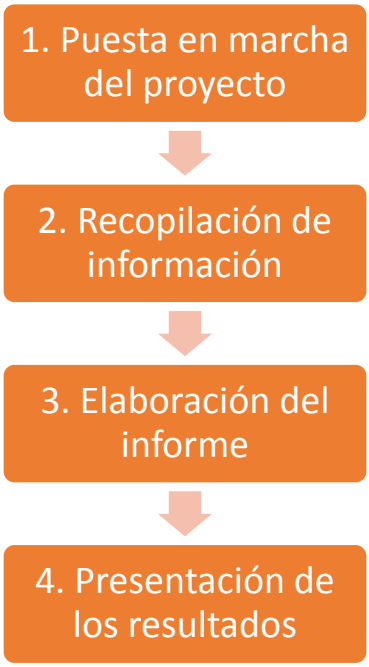


Figura 62: Fases del proyecto

A continuación, está la fase número dos, relativa a la *recopilación de información*. En esta fase se realiza una búsqueda en todo tipo de fuentes, con objeto de identificar el estado del arte en la materia (principales áreas, proyectos y fuentes de información). Cuando se ha recogido suficiente material, se plantea la estructura y el enfoque concreto del documento a elaborar. El final de esta fase lo marca una reunión en la que se aprueba el enfoque adoptado.

La tercera fase versa sobre la *elaboración del informe* como tal. En ella, se van a ir redactando y corrigiendo los distintas partes del documento. Además de la redacción del texto, esta fase incluye la introducción de todas las imágenes, tablas y referencias bibliográficas, así como la maquetación final del documento. Esta fase termina con el visto bueno del director al documento redactado.

La cuarta y última fase es la *presentación de los resultados al cliente*. Incluye una presentación corporativa al mismo, que realizará personalmente el director del proyecto. En esta etapa se realiza la entrega de todos los documentos al cliente y se recogen sus impresiones finales sobre el mismo.

4. Costes de elaboración del proyecto

En este apartado se va a realizar una valoración de los costes asociados a los distintos elementos necesarios para la elaboración del proyecto (horas de trabajo, material, coste indirectos, etc.). Dicha valoración tiene un objetivo doble: por una parte, conocer la influencia de estos costes en el coste total; por otra, utilizarlos para calcular el coste por fases del proyecto en el apartado siguiente.

Las partidas que se van a analizar son las siguientes: cálculo de las hora efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios, cálculo de las amortizaciones del equipo, coste por hora y por persona de los materiales consumibles, cálculo de los costes indirectos por hora y por persona, y horas de personal dedicadas a cada una de las etapas.

4.1. Horas efectivas y tasas horarias del personal

En primer lugar se presentan las horas y semanas laborales efectivas anuales por profesional (Tabla 9 y Tabla 10). A continuación, se establecen los salarios de los profesionales que intervienen en el proyecto y, a partir de ellos, se calcula el coste por semana y por hora de cada uno de ellos (Tabla 11).

Tabla 9: Días efectivos anuales

Concepto	Días / horas
Año medio	365,25
*Sábados y domingos (365,25*2/7)*	-104,36
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos reconocidos	-12
Media de días perdidos por enfermedad	-15
Formación y otros	-4
Total estimado días efectivos	210
Total horas al año efectivas (8 horas/día)	**1.680**

Tabla 10: Semanas efectivas anuales

Concepto	Días / horas
Año medio (semanas)	52
Vacaciones y festivos	-5
Enfermedad	-2
Cursos de formación y otros	-1
Total semanas	**44**

Los salarios de los profesionales se han establecido según los salarios mínimos incluidos en el estudio de remuneración de la consultora de selección Page Personnel (Page Personnel, 2014). Se ha supuesto que los participantes en el proyecto son ingenieros de proyectos/presupuestos, con las siguientes antigüedades: 15 años el director de proyecto, 4 años el ingeniero de proyectos y sin ninguna experiencia el ingeniero junior.

Tabla 11: Coste horario y semanal del equipo de profesionales

Concepto	Director	Ingeniero proyectos	Ingeniero junior
Sueldo neto	36.000€	30.000€	18.000 €
Seguridad Social (35%)	12.600€	10.500€	6.300 €
Total	48.600 €	40.500 €	24.300 €
Coste semanal	**1.104,55 €**	**920,45 €**	**552,27 €**
Coste horario	**28,93 €**	**24,11 €**	**14,46 €**

4.2. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático

El coste de los equipos informáticos (incluido el software) empleados en elaboración del trabajo se recoge en la Tabla 12. Para el cálculo de la amortización de dichos equipos se ha considerado un periodo de amortización de cinco años, con cuota lineal y valor residual nulo. La amortización se calcula en cada caso dividiendo el total a amortizar por el periodo de tiempo correspondiente (el total de semanas, días o horas que hay en los cincos años).

Tabla 12: Coste de los equipos y software utilizado, junto con su amortización

Concepto	Coste	Cantidad	Coste total
Portátil HP Pavilion Intel Core i7 2Ghz. 500 Mb HD. 8 Gb RAM	700 €	1	700 €
Escaner HP	75 €	1	75 €
Software - Paquete Office 2013	120 €	1	120 €
Software – Antivirus	50 €	1	50 €
Total a amortizar:			**945 €**
	Tipo	*Periodo*	*Amortización*
	Anual	5 años	189,00 €
	Semanal	260,89	3,62 €
	Diaria	1826,25	0,52 €
	Horaria	14610	**0,06 €**

4.3. Coste del material consumible

El coste anual por persona de los distintos tipos de material consumible (papel, material de oficina, etc.) se recoge en la en la Tabla 13. El coste anual total por persona se calcula sumando los costes de todos los consumibles; para obtener el coste horario por persona se divide el coste total anterior por el número de horas al año efectivas de la Tabla 9.

Tabla 13: Coste del material consumible por persona

Concepto	Coste
Papel para la impresora	50 €
Tóner para la impresora	160 €
CD y DVD	50 €
Otros (reprografía, encuadernación, etc.)	150 €
Coste anual total por persona	**410 €**
Coste horario por persona	**0,24 €**

4.4. Costes indirectos

En los costes indirectos se incluyen los gastos de electricidad, teléfono, alquileres, etc. En la Tabla 14 se reflejan dichos costes, en valor anual por persona. Los valores introducidos en la tabla se han calculado a partir del coste mensual total de cada concepto, que se multiplica por los doce meses que hay en un año y se divide por el número total de trabajadores de la oficina, en este caso diez.

Por ejemplo, para el alquiler de la oficina se ha considerado un local de 130 m^2 en la zona centro de Valladolid, con una renta de 690 euros al mes (Idealista.com, s.f.), lo que supone 8.280 euros al año, y un coste anual por personas de 828 euros (10 personas).

Tabla 14: Costes indirectos

Concepto	Coste
Alquileres	828 €
Internet y teléfono	100 €
Electricidad	30 €
Otros	50 €
Coste anual por persona	1.008 €
Coste horario por persona	**0,60 €**

Nótese que el coste horario por persona se calcula dividiendo el coste anual por persona entre el total de horas efectivas al año de la Tabla 9.

4.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto

Mediante la realización de un estudio de tiempos se estimó que la dedicación del personal a cada una de las fases del proyecto fue la indicada en la Tabla 15.

Tabla 15: Horas dedicada por el personal a cada fase del proyecto

Personal	Etapas			
	1	2	3	4
Director	14	5	5	2
Ingeniero	1	30	60	1
Ingeniero junior	0	65	85	12
Total:	**15**	**100**	**150**	**15**

5. Costes asignados a cada fase del proyecto

A partir de las horas y costes establecidos en el apartado anterior, y teniendo en cuenta los costes de distintos elementos, se procede a calcular los costes asignados a cada fase del proyecto.

Así, dentro de cada fase, primero se calcula el coste de personal como el producto de las horas empleadas por cada profesional en esa fase (Tabla 15) y del coste horario para ese tipo de profesional (Tabla 11). En segundo lugar, se incluye la amortización de los equipos, multiplicando las horas que han utilizado el equipo los profesionales por el coste de amortización horario (Tabla 12). Se ha supuesto que el director usa su propio equipo informático y, por tanto, que el número de horas para él es cero.

Por último, se calculan los costes en material consumible y los costes indirectos; en ambos casos, el número de horas a introducir es la suma de las horas empleadas por todos los profesionales; dichas horas se multiplican por los costes horarios de la Tabla 13 o la Tabla 14 (según el caso), para obtener el coste final de la fase en cuestión. Los resultados se recogen en las tablas siguientes (Tabla 16 a Tabla 19).

5.1. Costes asignados a la fase 1: puesta en marcha del proyecto

Tabla 16: Costes de la fase 1 del proyecto

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	*Director*	14	28,93 €	405,02 €
	Ingeniero	1	24,11 €	24,11 €
	Ingeniero junior	0	14,46 €	0,00 €
Amortización	*Equipos*	1	0,06 €	0,06 €
Consumibles		15	0,24 €	3,66 €
Costes indirectos		15	0,60 €	9,00 €
			Total coste fase 1:	**441,86 €**

5.2. Costes asignados a la fase 2: recopilación de la información

Tabla 17: Costes de la fase 2 del proyecto

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	*Director*	5	28,93 €	144,65 €
	Ingeniero	30	24,11 €	723,30 €
	Ingeniero junior	65	14,46 €	939,90 €
Amortización	*Equipos*	95	0,06 €	6,14 €
Consumibles		100	0,24 €	24,40 €
Costes indirectos		100	0,60 €	60,00 €
			Total coste fase 2:	**1.898,40 €**

5.3. Costes asignados a la fase 3: elaboración del informe

Tabla 18: Costes de la fase 3 del proyecto

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	*Director*	5	28,93 €	144,65 €
	Ingeniero	60	24,11 €	1.446,60 €
	Ingeniero junior	85	14,46 €	1.229,10 €
Amortización	*Equipos*	145	0,06 €	9,38 €
Consumibles		150	0,24 €	36,61 €
Costes indirectos		150	0,60 €	90,00 €
			Total coste fase 3:	**2.956,34 €**

5.4. Costes asignados a la fase 4: presentación de los resultados

Tabla 19: Costes de la fase 4 del proyecto

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	*Director*	2	28,93 €	57,86 €
	Ingeniero	1	24,11 €	24,11 €
	Ingeniero junior	12	14,46 €	173,52 €
Amortización	*Equipos*	13	0,06 €	0,84 €
Consumibles		15	0,24 €	3,66 €
Costes indirectos		15	0,60 €	9,00 €
			Total coste fase 4:	**268,99 €**

6. Coste total del proyecto

El coste total del proyecto se obtiene como suma de los costes de cada una de las fases, según se recoge en la Tabla 20. El desglose del coste total del proyecto por fases y por tipo de coste se muestra gráficamente en la Figura 63 y la Figura 64 respectivamente.

Tabla 20: Coste total del proyecto

Fase	Horas	Coste
1. *Puesta en marcha del proyecto*	15	441,86 €
2. *Recopilación de información*	100	1.898,40 €
3. *Elaboración del informe*	150	2.956,34 €
4. *Presentación de los resultados*	15	268,99 €
TOTAL	**280**	**5.565,58 €**

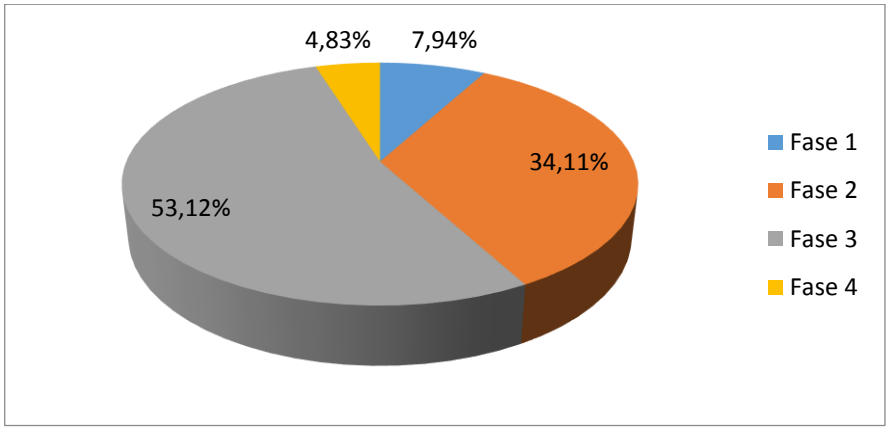


Figura 63: Distribución del coste total del proyecto por fases

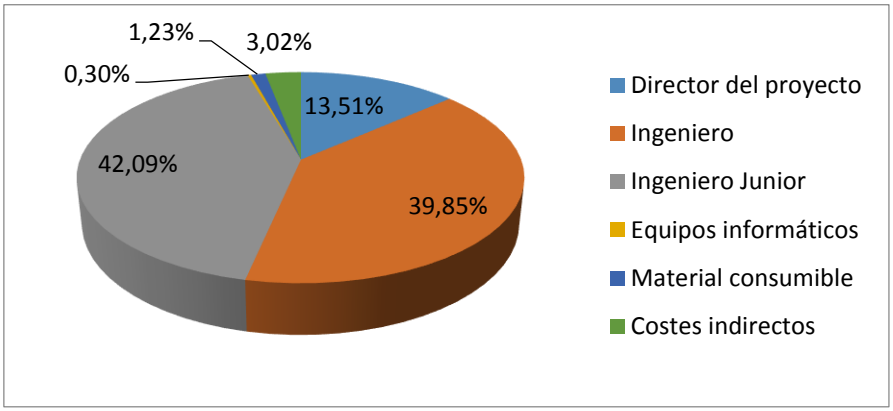


Figura 64: Distribución del coste total del proyecto por tipo de coste

Conclusiones y líneas futuras

1. Conclusiones

A juicio del autor, la principal conclusión que se puede extraer del presente trabajo es que se ha cumplido el objetivo planteado al principio del mismo: dar una visión de conjunto del tema, que muestre las posibilidades de los sistemas ITS, y que sirva de guía para una introducción rápida en ese complejo mundo. Además de lo anterior, existen otras conclusiones que se recogen a continuación, siguiendo el hilo conductor de la memoria.

En lo que se refiere al primer capítulo del trabajo, "Visión General de los Sistemas Inteligentes de Transporte", lo primero que hay que destacar es la complejidad y diversidad de estos sistemas. En la actualidad, existen multitud de aplicaciones y sistemas en todos los ámbitos (gestión del tráfico, transporte público, telepeaje, transporte de mercancías, etc.); algunos de ellos ya forman parte de la vida cotidiana de las personas, como la información avanzada al viajero, y otros, como el vehículo conectado, probablemente lo harán en los próximos años. Todos ellos tienen una gran carga tecnológica detrás.

Ahora bien, uno de los retos de los sistemas ITS es precisamente la integración. Aunque ya están presentes en todas las facetas del transporte, los sistemas ITS siguen funcionando básicamente por separado. En este sentido, el futuro que se plantea para dichos sistemas pasa por la conectividad entre las distintas tecnologías y aplicaciones, de forma que puedan ofrecerse a ciudadanos y empresas servicios avanzados de transporte. No es casualidad que el lema de la última conferencia ITS de la UE celebrada en abril de 2015 fuera "From capacity to connectivity".

Para conseguir esta integración resulta esencial la estandarización y, en este sentido, se están realizando importantes esfuerzos por parte de las principales organizaciones ITS (ITS America, ERTICO, etc.) y los principales organismos de normalización (ISO, CEN, etc.). Además de la normalización, también es fundamental la planificación. Así, el concepto de arquitectura ITS, como marco de referencia para un desarrollo coherente de los sistemas ITS, es una herramienta que se ya se está utilizando hoy a nivel nacional y supranacional, resultando punteros en esta materia los Estado Unidos.

Otra conclusión que debería tenerse presente es la importancia de la información en los sistemas ITS. Para poder funcionar, dichos sistemas necesitan información actualizada, precisa y en un formato adecuado. En este terreno cobra importancia la adquisición y el procesamiento de los datos, pero también su almacenamiento y análisis, que será el que permita medir el rendimiento y añadir inteligencia de negocio a las operaciones.

Dentro de las aplicaciones de gestión del tráfico vistas en el capítulo 1, una de las conclusiones más importantes es la gran evolución que han sufrido los sistemas de información avanzada al viajero, desde los sistemas clásicos de señales dinámicas y radios en carretera, hasta las actuales aplicaciones para teléfonos móviles y el uso de las redes sociales.

Un ámbito interesante, aunque todavía por desarrollar, es el de la gestión de las condiciones meteorológicas adversas en la carretera a partir de sensores ambientales. Como se vio en los ejemplos planteados (nieve, viento, etc.), la información meteorológica procedente de diversas fuentes permite a las autoridades tomar mejores decisiones, actuando antes y allí donde más se necesita.

Uno de los ámbitos de gestión del tráfico donde se puede sacar un mayor partido a los sistemas ITS es el control avanzado de los semáforos. Para ello se emplean tecnologías adaptativas, que

ajustan el funcionamiento de los semáforos a las condiciones del tráfico en cada momento, y los sistemas de prioridad que modifican la operación normal de los semáforos para dejar paso a determinados vehículos (ambulancias, transporte público, etc.).

Mención aparte dentro de las conclusiones del primer capítulo merece el vehículo conectado. Lo primero que hay que destacar, es que este ámbito ITS se encuentra todavía en una fase muy preliminar. No sólo es necesario que se desarrollen y estandaricen una infinidad de sistemas, algunos con altísimas exigencias de seguridad, sino que será necesario que exista un número crítico de coches y carreteras equipados para poder hacer usos de los servicios. Es por ello que su introducción puede llevar todavía décadas.

No obstante, muchos actores están apostando por su desarrollo (fabricantes de vehículos, autoridades, etc.) y existen ya tecnologías inalámbricas específicas para las comunicaciones entre vehículos (V2V) y entre vehículos e infraestructuras (V2I); es el caso de las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC).

En los Estados Unidos, el Departamento de Transporte (USDOT) cuenta ya con distintos programas piloto para probar servicios básicos basados en comunicaciones V2I (aviso de semáforo en rojo, asistente en stop, etc.). Existen, además, otras aplicaciones planteadas en distintas áreas, siendo de especial interés los programas relativos al transporte de mercancías (FRATIS, Smart Road Iniciative). Notorio ha sido el proyecto piloto a gran escala (3.000 vehículos) llevado a cabo en la ciudad de Ann Arbor.

En cuanto al segundo capítulo de la memoria, “Los Sistemas Inteligentes de Transporte y la Unión Europea”, existen también numerosas conclusiones a comentar. En primer lugar, hay que subrayar la complejidad y peculiaridad del proceso de construcción europeo, que cuenta con una larga y azarosa historia. Todo ello se refleja en las instituciones, en la legislación y en las políticas europeas, y también a la hora de estudiar los sistemas ITS en la UE, suponiendo una dificultad añadida.

Dentro de las instituciones de la UE que tienen relación con el desarrollo de los sistemas ITS, el papel más destacado lo tienen la Comisión Europea y, en concreto, la Dirección General de Movilidad y Transporte. Sin embargo, el ámbito de los sistemas ITS va más allá de la política de transportes, existiendo importantes lazos con otras áreas, como investigación y desarrollo y redes transeuropeas. Baste un ejemplo: en el programa provisional del próximo congreso mundial ITS en Burdeos, el mensaje de bienvenida lo firman conjuntamente tres comisarios: el de Transporte, el de Sociedad y Economía Digitales, y el de Investigación, Ciencia e Innovación (itsworldcongress, 2015).

Para entender los programas comunitarios en materia de ITS es necesario conocer los grandes programas en los que se engloban y las fuentes con las que se financian. La Estrategia 2020, planteada en 2010, es el gran marco general donde se tienen cabida varias iniciativas; siendo la Agenda Digital para Europa una de las más representativas en el ámbito de los sistemas ITS.

La Financiación de la UE es un tema complejo. En el vigente Marco Financiero Plurianual (2014-2020), los instrumentos de financiación más importantes para proyectos ITS son el programa Horizonte 2020 y el Mecanismo Conectar Europa; entre los dos suman aproximadamente 100.000 millones de euros.

Un papel fundamental en el desarrollo de los sistemas ITS en la Unión Europea, lo tiene la asociación público-privada ERTICO (ITS Europa). Es una organización de gran amplitud, tanto por

la cantidad y variedad de los socios participantes, como por los grandes proyectos que coordina, muchos de ellos financiados por la UE. Su presencia en Internet es doble: a través de la página web genérica de la organización (ERTICO-ITS Europe, s.f.), que recoge los socios y los datos básicos de los proyectos, y a través de la web de la (ERTICO Network, s.f.), donde se recoge material de proyectos, mucho más específico.

En cuanto a los proyectos ITS más destacados en la Unión Europea, en primer lugar está el sistema de llamada de emergencia paneuropeo (eCall). Este sistema es fruto de un largo proceso y supone un hito por varias razones: por su amplitud (estará disponible de forma uniforme en toda la UE), por su obligatoriedad (según la legislación de la UE deberá estar instalado en los vehículos nuevos a partir de 2018) y por su viabilidad (se ha realizado un importante proceso de estandarización y pruebas). A ello han contribuido los programas pilotos realizados dentro del proyecto HeERO, en los que ha participado España.

Varios de los grandes proyectos ITS de la Unión Europea se dan en el ámbito de las Redes Transeuropeas de Transporte (TEN-T), de gran importancia para la UE y para España. En enero de 2015, la UE otorgó una financiación de 50 millones de euros para la instalación de sistemas ITS en distintos corredores de transporte europeos. Los proyectos receptores (URSA MAJOR, COCODRILE, NEXT-ITS, MEdTIS, y Arc Atlantique) está supervisados por la Agencia Ejecutiva de Redes e Innovación (INEA), e incluyen servicios de aparcamiento inteligente de camiones e información del tráfico en tiempo real. Dos de ellos (MEdTIS y Arc Atlantique) afectan directamente a España.

Junto con el eCall y las redes transeuropeas, otra de las áreas ITS a destacar en la UE es el vehículo conectado, en cuyo desarrollo la UE ha invertido 180 millones de euros desde 2002. Para referirse al vehículo conectado, en el ámbito europeo se utiliza el término de sistemas ITS cooperativos (C-ITS). Entre los avances de la UE, hay que destacar la labor llevada a cabo por las organizaciones europeas de normalización (CEN y ETSI), por ejemplo en el campo de las estructuras de datos y los mensajes intercambiados (DATEX II, CAM, DENM).

Al igual que en el caso estadounidense, en la UE se ha definido una serie de servicios básicos a poner en marcha en primer lugar, y cuyo éxito podrá dar pie en un futuro a servicios más complejos. Un propuesta de estos servicios es la lista de las “day one applications” elaborada por el grupo de Amsterdam, y que a diferencia de los servicios planteados por el gobierno de Estados Unidos incluye también servicios basados en comunicaciones V2V.

Una mención especial merecen los proyectos piloto del vehículo conectado en la Unión Europea, ámbito en la que ésta es realmente puntera. En este campo, destacan dos grandes proyectos (Compass4D y CO-GISTICS) y varias iniciativas de países puntuales (el corredor entre Países Bajos, Alemania y Austria, el proyecto francés SCOOP@F y el proyecto checo BaSIC).

En el proyecto piloto Compass4D participan siete ciudades europeas (incluida la española Vigo) y en su seno se están realizando pruebas con 450 vehículos de varios tipos. En él se ensayan tres servicios básicos: alertas de peligro a los conductores, aviso de semáforo en rojo y consejos para ahorrar combustible. Los resultados de este proyecto, cuya fase operativa concluye en el verano de 2015, pueden suponer un importante impulso para el vehículo conectado.

Pasando al tercer capítulo del trabajo, “Los Sistemas Inteligentes de Transporte y la Logística”, hay que destacar las siguientes conclusiones. En primer lugar, que el uso de sistemas ITS permite aumentar la eficiencia de las operaciones logísticas, a través de varias vías: reducción de los tiempos de entrega, mejora de los procesos internos, y aumento de las posibilidades para

gestionar la cadena de suministro. La información de transporte obtenida a partir de las aplicaciones ITS resulta un elemento clave para la competitividad de las empresas del sector.

Al mismo tiempo, el movimiento más inteligente de las mercancías tiene beneficios para toda la sociedad. Según se vio en la introducción, el transporte de mercancías tiene un importante impacto sobre los principales problemas que afectan al tráfico por carretera: la congestión, la contaminación, y los accidentes de tráfico.

Un comentario que se quiere hacer en este punto es el relativo a la traducción al castellano del vocabulario inglés encontrado en el ámbito del transporte de mercancías. No siempre resulta fácil encontrar la traducción apropiada y captar todos los matices. Ejemplos de ello son los términos *Commercial Vehicle Operations* (actividades relacionadas con los vehículos industriales), y *Gateway Facilitation Technologies* (tecnologías para la inspección y el control de acceso).

El interés del sector privado en los sistemas ITS de mercancías se ha traducido en la aparición de numerosas aplicaciones para la gestión de flotas y seguimiento de cargas. Empresas como GMV tienen una parte importante de su negocio en dichos sistemas. Se trata de un sector maduro en el que las empresas personalizan el producto (el sector del frío en el proyecto premiado de GMV) y donde el cliente ya accede a la información de seguimiento (localización, alertas, temperatura carga, etc.) a través de Internet.

En este tipo de aplicaciones los equipos de localización y los sensores colocados en los vehículos o cargas tienen gran importancia, pero no menos importancia tiene el elemento software, que va a ser el encargado de dar la inteligencia a las aplicaciones y hacer disponible la información a todos los interesados. Un ejemplo muy claro de ello son los sistemas RFID, y su capa de procesamiento de datos (middleware).

Un hecho a destacar es que el rastreo de contenedores no ha triunfado en el transporte marítimo, pero sí lo ha hecho en el transporte por ferrocarril, especialmente en los Estados Unidos. En este país, el uso de etiquetas RFID estandarizadas (AEI tags) está muy extendido, siendo la empresa Transcore una de las principales compañías suministradoras de este tipo de sistemas, que ya está exportando a otros países.

El interés del sector público en los sistemas ITS de mercancías ha dado lugar al desarrollo de distintas aplicaciones para la inspección y el control de los vehículos. En este ámbito, son punteros los Estados Unidos, cuyo departamento de transporte ha puesto en marcha el programa CVISN que permite a las empresas privadas acceder electrónicamente a información sobre conductores y vehículos, y a partir de ella dar nuevos servicios. Dos de las aplicaciones más importantes que utilizan este sistema son PresPass y PierPass.

La iniciativa público-privada PrePass gestiona más de 301 estaciones de inspección y pesaje de camiones en los Estados Unidos. Los camiones que han pagado el servicio disponen de un transpondedores RFID en sus cabinas, que permite la comprobación electrónica de sus datos cuando se acercan a un punto de inspección, evitando que tengan que parar si todo está en regla.

El sistema PierPass ha sido puesto en marcha por los puertos de Los Ángeles y Long Beach, para reducir la congestión producida por el acceso de los camiones a las terminales portuarias. El abonado del servicio dispone de un transpondedor RFID en el retrovisor del camión, que permite

la comprobación electrónica de las credenciales del mismo y, si cuenta con autorización, le da acceso automáticamente evitando esperas.

Existen dos proyectos de investigación y desarrollo financiados por la UE que buscan crear soluciones innovadoras para la gestión del transporte de mercancías: el e-Freight y el iCargo. En ambos participan múltiples socios públicos y privados, y en ambos resulta central la idea de desarrollar un marco de referencia en el que las todas las partes involucradas en las operaciones de transporte (fabricantes, operadores logísticos, clientes, etc.) puedan compartir la información de transporte electrónicamente y de forma fluida, a través de distintos países y de distintos modos de transporte.

Tienen objetivos muy ambiciosos y abstractos e incluyen ideas que a veces rozan la ciencia ficción (flujo total de la información, objetos inteligentes), pero al mismo tiempo han dado lugar a proyectos prácticos francamente interesantes, la mayoría de ellos en los países nórdicos. En este sentido hay que destacar la aplicación del proyecto e-Freight que ha puesto en marcha el operador de transporte danés DSV, en colaboración con la compañía marítima Stena Line, para mejorar sus envíos entre Suecia y Alemania.

En el seno del proyecto iCargo han surgido también casos prácticos muy interesantes. En primer lugar está el caso de DHL. Este operador ha puesto en marcha un sistema de optimización de cargas para el transporte de mercancías por carretera, basado en el uso de una plataforma software y de centros de *cross-docking*, de distintos operadores y fabricantes repartidos por toda Europa. Un segundo ejemplo es el del proyecto piloto desplegado en Suecia, basados en los sistemas RFID instalados en los ferrocarriles suecos, y en el que la papelera sueca Stora Enso pone en práctica los conceptos del iCargo para mejorar la eficiencia de sus envíos de papel al resto de Europa.

La aplicación del vehículo conectado a la logística ha dado lugar a un importante proyecto europeo, el proyecto CO-GISTICS. Con un presupuesto de más de 7 millones de euros, tiene por objeto la prueba de diversos servicios ITS en vehículos reales de transporte, desplegados en siete ciudades piloto europeas, entre ellas las ciudades españolas de Bilbao y Vigo. En esta última ciudad hay que destacar el corredor inteligente SISCOGA, desplegado para realizar las pruebas, y que es un referente a nivel europeo.

Por último, en cuanto al estudio económico del capítulo 4 es preciso destacar lo siguiente. En primer lugar, que dicho estudio dio como resultado un coste total del proyecto de 5.565,58 €. Asimismo, los datos mostraron que el mayor de los costes del proyecto es el relativo a las horas de trabajo de los profesionales que participaron en el mismo. Más allá de los datos del estudio, la realización de este trabajo de fin de máster ha supuesto un importante esfuerzo personal por parte del alumno, del que se quiere dejar constancia.

Como comentario final, hay que indicar que el alumno sigue manteniendo el interés por los sistemas ITS, si bien alberga dudas sobre las posibilidades de inserción profesional en este ámbito. Será el tiempo quien establezca la utilidad real del presente trabajo, ya sea para otras personas o para el propio autor.

2. Líneas futuras

Existen varias líneas futuras que pueden seguirse al hilo del presente trabajo; algunas de ellas, amplían temas ya comentados o citados en el texto, otras, introducen elementos completamente nuevos.

En primer lugar, puede plantearse un posible estudio de los sistemas ITS en otros modos de transporte distintos a la carretera (aéreo, ferroviario, marítimo). En concreto, podría empezarse estudiando en el ámbito ferroviario, considerando los Centros de Control de Seguridad Ferroviaria en España y la iniciativa europea ERMTS (*European Rail Traffic Management System*), siguiendo la información disponible en la Comisión Europea, y en la Agencia Ejecutiva de Redes e Innovación (INEA). Se podría continuar con el ámbito marítimo, estudiando los Centros de Seguimiento de Tráfico Marítimo (SASEMAR), los sistemas de identificación automática de buques (AIS) y los proyectos europeos relacionados con los puertos como el FUTUREMED. Para concluir, se podría abordar el transporte aéreo, explicando los sistemas de gestión del tráfico aéreo, como el español SACTA, revisando el estado del proyecto de Cielo Único Europeo y comentando los acuerdos internacionales vigentes sobre el intercambio de información de pasajeros.

También podrían estudiarse otros ámbitos del transporte por carretera no desarrollados en el presente trabajo. Los temas a considerar podrían ser los siguientes.

En primer lugar, los sistemas de telepeaje. Inicialmente se podrían considerar las tecnologías y equipos existentes en este ámbito (transpondedores de los vehículos, lectores de las casetas, etc.), así como los sistemas para el intercambio de información necesarios para el pago del servicio, y que involucran a las entidades bancarias. A continuación, podrían darse ejemplos de empresas concesionarias reales, en España y en otros países, comparando sus tecnologías y servicios. Para terminar, podrían abordarse los proyectos de I+D+i en la materia, como el peaje en movimiento.

En segundo lugar, los sistemas de seguridad en túneles. En un principio podría buscarse información sobre los Centros de Control de los túneles de la red de carreteras del Estado, y sobre las tecnologías y sistemas que es necesario instalar en los túneles según la legislación vigente. Acto seguido, se podrían explicar ejemplos reales de túneles, por ejemplo, siguiendo las referencias de empresas de ingeniería que se encargan de realizar este tipo de proyectos. Mención especial se podría hacer a los túneles transfronterizos y a los submarinos (un buen ejemplo de ambos es el Eurotúnel, entre Francia y el Reino Unido).

En tercer lugar, las ciudades inteligentes. El estudio debería comenzar con la búsqueda de información sobre las categorías Smart Cities o Smart Mobility. Un par de referencias iniciales que podrían consultarse son: el número 194 de la revista “Carreteras”, editada por la Asociación Española de la Carretera, y el programa de posgrado “Smart Mobility” de la Universidad Politécnica de Cataluña. Se podría continuar considerando las iniciativas de la Unión Europea en esta materia, estudiando, por ejemplo, los proyectos de ERTICO en la categoría Smart Mobility o la información disponible en la Agenda Digital para Europa. En relación con la logística, podría revisarse las áreas dedicada a Smart Cities que suelen incluir las ferias de logística de Madrid y Barcelona, y en las que normalmente participan compañías como Telefónica. Por último, podrían considerarse los proyectos de nuevas ciudades que se están financiando en Oriente Próximo, como el realizado por el estudio de arquitectura de Sir Norman Foster.

En cuarto lugar y último lugar, los sistemas de parking inteligente. Existen dos proyectos europeos antiguos que pueden servir como punto de partida: SETPOS (*Secure European Truck Parking Operation Services*) y LABEL (para crear una etiqueta para las zonas de aparcamiento

seguras de camiones). A continuación, se podría profundizar en los proyectos europeos de las redes TEN-T y del vehículos conectado en los Estados Unidos, ambos comentados en este trabajo. También se podría estudiar las empresas españolas que se dedican a la explotación de parkings y de áreas de estacionamiento; un ejemplo es el grupo español Saba. Al mismo tiempo, podrían estudiarse las principales aplicaciones para teléfonos móviles que dan servicios relacionados con el estacionamiento de los vehículos.

Dejando de lado los ámbitos del transporte por carretera, podría ser interesante investigar los sistemas ITS empleados en la práctica por los grandes operadores logísticos (Norbert-Dentressangle, Azkar, DHL, etc.). Se podría empezar estudiando al operador (dimensión, cuota de mercado, divisiones, etc.) para, a continuación, incluir casos reales de aplicación de sistemas ITS como el de DHL visto al hablar del eFreight. Para obtener información sobre este tema, podría ser de útil el contacto con antiguos alumnos del master que trabajen en estas empresas. Asimismo podría plantearse la realización de un trabajo de fin de master sobre el tema, a los alumnos que estén haciendo las prácticas en este tipo de empresas.

Siguiendo con el ámbito empresarial, otra línea de trabajo interesante sería el estudio de las principales empresas privadas cuyo negocio se basa en los sistemas inteligentes de transporte (suministradores de equipos, consultores específicos, empresas de software, etc.). Para empezar, podría acotarse el ámbito de estudio según la zona geográfica (Europa, USA, España) o el modo de transporte (por carretera, ferroviario, marítimo, aéreo). Para ver cuáles son las principales empresas del mercado, podrían consultarse los socios de ERTICO, o los patrocinadores y participantes en los distintos congresos ITS (mundial, español, etc.). A partir de ahí, se elegirían alguna o algunas empresas y se analizarían sus características (dimensión, líneas de negocio, productos, proyectos internacionales, etc.); de forma complementaria podría considerarse las oportunidades empleo en dichas empresas.

Otra línea a seguir podría ser la ampliación del ámbito geográfico del trabajo, más allá de Europa y de los Estados Unidos, considerando Asia y Latinoamérica. Se podría comenzar buscando información sobre asociaciones y foros regionales ITS (Asia Pacífico, Latinoamérica) o bien instituciones en países concretos, como el Instituto Mexicano del Transporte. A continuación, se acotarían los ámbitos de aplicación más significativos y se buscarían ejemplos reales que los ilustren.

Paralelamente, se podría estudiar el estado y las peculiaridades de los sistemas ITS en los países en vías de desarrollo. Una primera referencia sobre este tema puede encontrarse en el capítulo 7 de (World Road Association). Lo siguiente sería investigar los grandes proyectos en curso, con especial mención a las grandes megalópolis de estos países; conocidos los proyectos, sería interesante explicar las vías de financiación de los mismos, y las diferencias con las existentes en los países desarrollados. Para completar el estudio, podría investigarse el papel de las instituciones multilaterales de desarrollo (Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, etc.) en materia ITS, detallando las áreas y programas más relevantes.

También podría ser de interés el estudio de la legislación asociada a los sistemas inteligentes de transporte a nivel nacional e internacional, especialmente en lo que se refiere a la privacidad y la seguridad. Se podría empezar analizando la legislación general vigente en la Unión Europea en materia de ITS (Plan de Acción, Directiva 2010/40/EU, reglamentos delegados, etc.), así como la correspondiente a ámbitos específicos (eCall, redes transeuropeas, privacidad de la información, etc.). A continuación, se podría considerar la legislación relacionada con los vehículos autónomos, en las zonas de los Estados Unidos donde ya se ha autorizado su

circulación (California y Nevada). De forma complementaria, podría investigarse los artículos publicados en la materia por investigadores universitarios y otros profesionales del derecho.

Una última vía por explorar, sobre la que no se tiene mucha información, es la relativa al factor humano en los sistemas ITS. Es un hecho que los sistemas con los que va a interactuar el conductor de los vehículos (interfaces hombre-máquina) deben tener en cuenta las limitaciones de los seres humanos como conductores (a este respecto existe un proyecto de la UE llamado PROMETHEUS). Igualmente, se plantea la forma en que se va a mostrar la información de transporte, a través de señales o pantallas, que debe ser clara, intuitiva y comprensible por todos, incluidos los colectivos no familiarizados con la tecnología. En última instancia, es esencial que el diseño de los servicios ITS tenga en cuenta a las personas, y sus reacciones. Una primera referencia de todo ello puede encontrarse en el capítulo 2 y en el apéndice D de (World Road Association).

Bibliografía

Agenda Digital para Europa. (12 de Marzo de 2007). *Radio Frequency IDentification. The Internet of Things.* Obtenido de http://ec.europa.eu/information_society/doc/factsheets/054-rfid-en.pdf

Albert, S. (2013). Module 10: Rural and Regional ITS Applications. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module10.aspx

Amsterdam Group. (s.f.). Recuperado el 6 de Junio de 2015, de http://www.amsterdamgroup.eu/

ATSAC: Behind the scenes at L.A. Traffic Control. (2009). Obtenido de http://www.streetfilms.org/atsac-behind-the-scenes-at-la-traffic-control/

Autobild.es. (7 de Abril de 2015). *OnStar: el coche conectado que te protege llega a Europa*. Obtenido de http://www.autobild.es/noticias/opel-onstar-llega-europa-seguridad-conectividad-246931

Bachiller, A. M. (2015). *Mejora y evolución de un modelo de simulación del tráfico del tramo norte del paseo de zorrilla mediante witness.* Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid.

Bar Cendón, A. (Ed.). (2010). *Los Tratados de la Unión Europea : versión consolidada tras el Tratado de Lisboa de 13 de diciembre de 2007.* Valencia: Tirant Lo Blanch.

BBC News. (28 de Abril de 2015). *EU to introduce eCall alert device for car crashes*. Obtenido de http://www.bbc.com/news/technology-32495058

Buitrago Esquinas, E. M., & Romero Landa, L. B. (2013). *Economía de la Unión Europea : análisis económico del proceso de integración europeo.* Madrid: Pirámide.

Bundesfinanzministerium.de. (27 de Febrero de 2013). *Multiannual financial framework 2014-2020*. Obtenido de German Federal Ministry of Finance: http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/EN/Standardartikel/Topics/Europe/Articles/EU_budget/2013-02-27-multiannual-financial-framework-2014-2020.html

CdeComuniaciones.es. (11 de Mayo de 2015). *Proyectos de Ley de Carreteras y del Sector Ferroviario.* Obtenido de http://logistica.cdecomunicacion.es/noticias/sectoriales/13128/proyectos-de-ley-de-carreteras-y-del-sector-ferroviario

Chung-Ming Huang, & Yuh-Shyan Chen (Edits.). (2010). *Telematics communication technologies and vehicular networks : wireless architectures and applications.* Hershey, PA: Information Science Reference.

Cinco Dias. (15 de Mayo de 2015). *El coche autónomo de Google ya tiene fecha de lanzamiento*. Obtenido de http://cincodias.com/cincodias/2015/05/15/motor/1431680158_975445.html

cogistics news. (20 de Marzo de 2015). *Vigo is one step closer to deploying greener and more efficient freight and logistics.* Obtenido de http://cogistics.eu/vigo-is-one-step-closer-to-deploying-greener-and-more-efficient-freight-and-logistics/

cogistics.eu. (s.f.). *Website of the Co-gistics project*. Recuperado el 13 de Junio de 2015, de http://cogistics.eu/

Comisión Europea. (14 de Abril de 2011). *El transporte es importante*. Obtenido de http://ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/transport-matters/index_es.htm

Comisión Europea. (2011). *LIBRO BLANCO Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible.* Bruselas. Obtenido de http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f92333f7-da0d-4fd6-9e62-389b0526e2ac.0020.03/DOC_2&format=PDF

Comisión Europea. (13 de Junio de 2013). 112 eCall – Frequently Asked Questions. *MEMO/13/547*. Bruselas.

Comisión Europea. (13 de Junio de 2013). *eCall: La llamada de emergencia automática para accidentes de tráfico será obligatoria en los vehículos a partir de 2015*. Obtenido de Comunicado de Prensa: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-534_es.htm

Comisión Europea. (28 de Noviembre de 2014). *Europa 2020 en dos palabras*. Obtenido de http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/index_es.htm

Comisión Europea. (12 de Junio de 2014). *Freight and Logistics - Transport*. Obtenido de http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/application_areas/freight_and_logistics_en.htm

Comisión Europea. (12 de Febrero de 2014). *New connected car standards put Europe into top gear*. Obtenido de Comunicado de Prensa: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-141_en.htm

Comisión Europea. (12 de Febrero de 2014). Q&A on Connected Cars. *Memo/14/105*. Bruselas.

Comisión Europea. (26 de Marzo de 2015). *Digital Agenda in the Europe 2020 strategy*. Recuperado el 3 de Junio de 2015, de https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/digital-agenda-europe-2020-strategy

Comisión Europea. (2015). *Transport - European Commission*. Recuperado el 4 de Junio de 2015, de http://ec.europa.eu/transport/index_en.htm

Congreso de los Diputados. (14 de Mayo de 2015). *Boletín Oficial de las Cortes Generales. Congreso de los Diputados. X legislatura. Serie A: Proyectos de Ley*. España. Obtenido de http://www.congreso.es/portal/page/portal/Congreso/PopUpCGI?CMD=VERLST&BASE=pu10&DOCS=1-1&DOCORDER=LIFO&QUERY=%28BOCG-10-A-153-1.CODI.%29#(Página1)

Consejo de la Unión Europea. (8 de Julio de 1985). Directiva 85/347/CEE del Consejo, por la que se modifica la Directiva 68/297/CEE relativa a la uniformación de las disposiciones relativas a la admisión en franquicia del carburante contenido en los depósitos de

vehículos automóviles industriales. Obtenido de http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:31985L0347

Consejo de la Unión Europea. (s.f.). *Formaciones del Consejo*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de http://www.consilium.europa.eu/es/council-eu/configurations/

Cooperative ITS Architecture: Blueprint for Deployment? (9 de Agosto de 2013). Bruselas. Obtenido de http://www.ecomove-project.eu/assets/Documents/Events/concertation-workshop/130415-1-Concertation-meetingSessionA-intro.pdf

Cylog. (7 de Junio de 2015). Obtenido de Red TEN-T/Corredores Europeos: http://www.cylog.es/index.asp?page=Red_TEN-T

Decisión n°585/2014/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014 , sobre la implantación del servicio de llamadas de emergencia interoperable en toda la Unión (eCall). (15 de Mayo de 2014). Obtenido de http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2014.164.01.0006.01.SPA

Difference Engine. Chattering Cars. (10 de Febrero de 2014). Obtenido de The Economist: http://www.economist.com/blogs/babbage/2014/02/difference-engine

Digital Agenda for Europe. (4 de Junio de 2014). *eCall – Do you have any concerns for your privacy? You shouldn't ...* Recuperado el 1 de Junio de 2015, de https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/ecall-%E2%80%93-do-you-have-any-concerns-your-privacy-you-shouldnt

Digital Agenda for Europe. (23 de Febrero de 2015). *eCall: Time saved = lives saved*. Recuperado el 1 de Junio de 2015, de http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/ecall-time-saved-lives-saved

Digital Agenda for Europe. (28 de Mayo de 2015). *EU and Japan announce cooperation on 5G mobile technology*. Obtenido de http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/eu-and-japan-announce-cooperation-5g-mobile-technology

Directiva 2010/40/UE . (17 de Julio de 2010). *Directiva 2010/40/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece el marco para la implantación de los sistemas de transporte inteligentes en el sector del transporte por carretera y para las interfaces con otros modos de transporte*. Obtenido de http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2010-81417

Easyway Project. (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de 2013, de Projects: http://www.easyway-its.eu/projects

ECITL. (2014). ICT drives transport logistics cooperation. *Conference book of the 7th European Conference on ICT for Transport Logistics*, (pág. 147). Dortmund. Obtenido de http://www.ecitl.eu/ecitl_2014/ECITL_confbook.pdf

efreightproject.eu. (13 de Junio de 2015). *Pagina web del proyecto e-Freight*. Obtenido de http://www.efreightproject.eu/

El Norte de Castilla. (28 de Abril de 2015). *Nuevas Tecnologías en el Transporte premia el sistema de GMV desarrollado en Boecillo*. Obtenido de

http://www.elnortedecastilla.es/economia/empresas/201504/24/nuevas-tecnologias-transporte-premia-20150424195733.html

Enciclopedia Británica. (2015). *Logistics (business)*. Obtenido de http://global.britannica.com/topic/logistics-business

ERTICO. (18 de Marzo de 2015). Guide about technologies for future C-ITS service scenarios. *Draft version 0.1*. Obtenido de http://www.erticonetwork.com/ertico-news/entry/3683-ertico-releases-guide-about-technologies-for-future-c-its-service-scenarios

ERTICO Network. (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de 2015, de http://www.erticonetwork.com/

ERTICO-ITS Europe. (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de 2015, de http://ertico.com/

ERTRAC. (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de 2015, de http://www.ertrac.org/

eshorizonte2020. (s.f.). *¿Qué es Horizonte 2020?* Recuperado el 3 de Junio de 2015, de Portal español del Programa Marco de Investigación e Innovación de la UE: http://www.eshorizonte2020.es/que-es-horizonte-2020

Frame architecture. (2011). Obtenido de http://www.frame-online.net/

Gill Instruments. (19 de Julio de 2012). *Gill Instruments' WindSonic Wind Sensor Increases Bridge Safety in North Florida*. Obtenido de http://www.gillinstruments.com/news/2012/gill-instruments-windsonic-wind-sensor-increases-bridge-safety-in-north-florida/

GMV. (15 de 12 de 2014). *GMV Participa en la demostración practica del nuevo sistema de seguridad eCall*. Obtenido de http://www.gmv.com/es/Empresa/Comunicacion/Noticias/2014/12/eCall.html

GMV. (13 de Junio de 2015). *Solución de gestión de flotas MOVILOC*. Obtenido de http://www.gmv.com/es/Transporte/FlotasEspeciales/Moviloc.html

GMV. (s.f.). *Web del sistema MOVILOC*. Recuperado el 19 de Junio de 2015, de http://www.moviloc.com

GS1 - e-Freight. (20 de Marzo de 2013). Obtenido de https://vimeo.com/62234636

GS1. (14 de Junio de 2015). *GS1, the global language for business*. Obtenido de http://www.gs1.org/

Hadi, M. (2013). Module 3: Application of ITS to Transportation Management Systems. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module3.aspx

Hanson, B. (2013). Module 9: Supporting ITS Technologies. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module9.aspx

Hill, C. (2013). Module 13: Connected Vehicles. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module13.aspx

iCargo. (s.f.). *About iCargo Project*. Recuperado el 14 de Junio de 2015, de http://i-cargo.eu/content/about-icargo-project

iCargo Project. (23 de Marzo de 2015). MixMoveMatch 23 Mar HD . Obtenido de https://youtu.be/nxAkfTsAM9k

iCargo Project. (9 de Febrero de 2015). RFID in Rail – On the right track with RFID. Obtenido de https://youtu.be/TF2d-_kzRg4

Idealista.com. (s.f.). Recuperado el 23 de Junio de 2015, de Alquiler oficinas en valladolid: http://www.idealista.com/alquiler-oficinas/valladolid-valladolid/

iMobility Support Press Release. (2 de Febrero de 2015). iMobility Forum discusses framework for implementation of C-ITS, automation and role of data. Bruselas. Obtenido de http://www.imobilitysupport.eu/component/easyblog/?view=entry&id=144&Itemid=101

iMovility Support. (4 de Junio de 2015). *About iMovility Support*. Recuperado el 2 de Junio de 2015, de http://www.imobilitysupport.eu/imobility-support

INEA. (21 de Enero de 2010). *EU to support European ITS and cross-border traveller information services*. Obtenido de http://ec.europa.eu/inea/en/news-events/newsroom/eu-support-european-its-and-cross-border-traveller-information-services

INEA. (7 de Junio de 2015). *TEN-T Projects*. Obtenido de Innovation And Networks Executive Agency: http://ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects

IntelliTrans. (Diciembre de 2014). *iCargo in Action.* Obtenido de http://www.intellitrans.se/uploads/iCargo.pdf

Interempresas.net. (14 de Mayo de 2015). *CTAG, premiado por su investigación en comunicación entre vehículos.* Obtenido de https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/137040-CTAG-premiado-por-su-investigacion-en-comunicacion-entre-vehiculos.html

ITS España. (2015). Recuperado el 15 de 5 de 2015, de http://www.itsspain.com/itsspain/

ITS World Congress Bordeaux. (2015). Recuperado el 2015 de Mayo de 15, de http://itsworldcongress.com/

ITS World Congress Detroit. (2014). Recuperado el 2015 de Mayo de 15, de http://itsworldcongress.org/

itsworldcongress. (Junio de 2015). *Bordeaux Congress Preliminary Programme.* Obtenido de http://itsworldcongress.com/news/preliminary-programme-available/

Ivansson, G. (31 de Octubre de 2012). *RFID in Rail.* Obtenido de http://www.rfidjournal.net/masterPresentations/rfid_europe2012_oslo/np/ivansson_315_oct24_gs.pdf

La Voz de Galicia. (18 de Mayo de 2014). *Casi mil kilómetros de autovías gallegas, listas para el coche inteligente.* Obtenido de http://www.lavozdegalicia.es/noticia/galicia/2014/05/18/llega-coche-habla-carretera/0003_201405G18P4991.htm

Lerner-Lam, E. (2013). Module 14: ITS Emerging Opportunities and Challenges. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module14.aspx

Logistica Profesional. (8 de Mayo de 2015). *Los camiones sin conductores, un poco más cerca*. Obtenido de http://www.logisticaprofesional.com/es/notices/2015/05/los-camiones-sin-conductores-un-poco-mas-cerca-51288.php#.VWsy5M_tmkq

Mangas Martín, A., & Liñán Nogueras, D. J. (2010). *Instituciones y derecho de la Unión Europea.* Madrid: Tecnos.

Manutencion&Almacenaje.com. (29 de Enero de 2015). *50 M€ de la UE para instalar Sistemas Inteligentes de Transporte en vías europeas*. Obtenido de http://www.manutencionyalmacenaje.com/es/notices/2015/01/50-m-de-la-ue-para-instalar-sistemas-inteligentes-de-transporte-en-vias-europeas-37821.php#.VWsu8M_tmkp

McQueen, B. (2013). Module 8: Electronic Tolling and Pricing. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module8.aspx

Ministerio de Fomento. (12 de Noviembre de 2014). *El mecanismo "Conectar Europa" (CEF) financia con 8.000 M€ el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte*. Obtenido de http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/gabinete_comunicacion/noticias1/2014/noviembre/141112-01.htm

Ministerio de Fomento. (2014). *Observatorio del transporte y la logistica en España (OTLE).* Obtenido de http://observatoriotransporte.fomento.es/NR/rdonlyres/86194B1E-887A-4C21-AC95-8F6F8227840B/129597/INFORME_OTLE_2014.pdf

Mix Move Max. (s.f.). Recuperado el 14 de Junio de 2015, de https://www.mixmovematch.com/

Mls-its-Euskadi. (2015). Recuperado el 20 de 5 de 2015, de Cluster de Movilidad y Logística de Euskadi: http://www.mlcluster.com/

Motorgiga. (17 de Noviembre de 2010). *Definición de vehículo industrial*. Obtenido de http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/industriales-vehiculos-definicion-significado/gmx-niv15-con194451.htm

National ITS Architecture. (2015). Recuperado el 17 de Mayo de 2015, de http://www.iteris.com/itsarch/index.htm

Noyes, P. (2013). Module 1: Introduction to ITS. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module1.aspx

nwabusinessjournal.com. (22 de Mayo de 2015). *J.B. Hunt announces "wyze" Move in bypass service.* Obtenido de http://www.nwabusinessjournal.com/14088/jb-hunt-announczes-wyze-move-in-bypass-service

Page Personnel. (31 de Enero de 2014). *Estudio de remuneración 2014. Ingenieros y técnicos.* Obtenido de http://www.pagepersonnel.es/salary-research.html

Parlamento Europeo. (s.f.). *Comision de Transporte y Turismo (TRAN)*. Recuperado el 6 de Junio de 2015, de http://www.europarl.europa.eu/committees/es/tran/home.html#

PierPass. (13 de Abril de 2014). *Gate to Gate: What Happens When a Truck Picks Up a Container?* Obtenido de https://youtu.be/P9IJN1yIIJ4

PierPass.org. (s.f.). Recuperado el 20 de Junio de 2015, de http://www.pierpass.org/

PrePass. (s.f.). Recuperado el 14 de Junio de 2015, de http://www.prepass.com/services/prepass/Pages/WhatIsPrepass.aspx

PrePass Marketing. (30 de Junio de 2009). PrePass Private Sector Video. Obtenido de https://youtu.be/DugHQfjkaEY

Programa piloto HeERO. (Enero de 2015). Recuperado el 1 de Junio de 2015, de http://www.heero-pilot.eu/view/en/home.html

Proyecto Compass4D. (s.f.). Recuperado el 7 de Junio de 2015, de Pagina web oficial: http://www.compass4d.eu/

Proyectos de I+D en autopistas. (s.f.). Recuperado el 17 de Mayo de 2015, de Ferrovial: http://www.ferrovial.com/es/nuestro-compromiso-ferrovial/innovacion/proyectos/autopistas/

Ready for the Road. (15 de Mayo de 2015). Obtenido de Google Self-Driving Car Project: https://www.youtube.com/watch?v=uCezICQNgJU

Representación en España de la Comisión Europea. (18 de Abril de 2011). Europa 2020, sus objetivos, principios e iniciativas para impulsar el crecimiento de la UE: podcast UE. Madrid. Obtenido de http://ec.europa.eu/spain/sobre-la-ue/podcast/asuntos-institucionales/principos_iniciativas_es.htm

Sánchez, F. (7 de Junio de 2012). *Workshop on "Possible strategies and roadmaps for the deployment of Cooperative Systems in Europe".* Obtenido de http://ec.europa.eu/transport/themes/its/events/doc/2012-06-07-workshop/1.5-national-pilot-siscoga.pdf

Schweiger, C. L. (2013). Module 7: Public Transportation. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module7.aspx

SFGATE. (13 de Marzo de 2007). *Slow sailing to protect port / Voluntary plan in Oakland tests radio tags for trucks*. Obtenido de http://www.sfgate.com/bayarea/article/Slow-sailing-to-protect-port-Voluntary-plan-in-2570994.php

Showcase Images - Transport Canada. (2 de Febrero de 2012). Obtenido de http://data.tc.gc.ca/archive/eng/programs/environment-utsp-imageshalifax-904.htm

Skabardonis, A. (2013). Module 5: Personal Transportation. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module5.aspx

Smart Cities. Digital Agenda for Europe. (13 de Mayo de 2015). Obtenido de https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/smart-cities

Swedberg, C. (3 de Junio de 2015). *RFID Journal.* Obtenido de http://www.rfidjournal.com/articles/view?13107

The connected car. Smartphones on wheels. (6 de Septiembre de 2014). *The Economist*. Obtenido de http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21615060-way-cars-are-made-bought-and-driven-changing-mobile-communications%20

Transcore. (s.f.). *Radio Frequency Identification*. Recuperado el 19 de Junio de 2015, de https://www.transcore.com/rfid

Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea. (30 de Marzo de 2010). *Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE)*. Obtenido de http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-Z-2010-70006

Tratado de la Unión Europea. (30 de Marzo de 2010). *Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE)*. Obtenido de http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-Z-2010-70005

Universidad de Valladolid. (20 de Febrero de 2012). CORRECCIÓN de errores de la Resolución de 3 de febrero de 2012, del Rector de la Universidad de Valladolid, por la que se acuerda la publicación del Reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo de Fin de Máster. *Boletín Oficial de Castilla y León (BOCYL)*. Obtenido de http://bocyl.jcyl.es/boletines/2012/02/20/pdf/BOCYL-D-20022012-1.pdf

Universidad de Valladolid. (s.f.). *Presentación del Máster en Logística*. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de http://www.uva.es/export/sites/uva/2.docencia/2.02.mastersoficiales/2.02.01.ofertaeducativa/2.02.01.01.alfabetica/Logistica-Master-financiado-para-alumnos-inscritos-en-el-SNGJ/

Voorspuij, J. (4 de Junio de 2013). *Eliminating waste in Logistics. Mix Move Match –a good practice to address structural waste in many Supply Chains.* Obtenido de http://i-cargo.eu/content/eliminating-waste-logistics

Wallace, C. E. (2013). Module 4: Traffic Operations. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module4.aspx

Wikipedia. (s.f.). *Automatic equipment identification*. Recuperado el 19 de Junio de 2015, de https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_equipment_identification

Wolfe, M., & Troup, K. F. (2013). Module 6: Freight, Intermodal, and Commercial Vehicle Operations. *ePrimer - ITS Professional Capacity Building Program*. United States Department of Transportation (USDOT). Obtenido de http://www.pcb.its.dot.gov/eprimer/module6.aspx

World Road Association. (s.f.). ITS Handbook. Obtenido de PIARC: http://road-network-operations.piarc.org/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=71&lang=en

Yáñez Ortiz, M. C., & Buchanan, C. (2010). *Los Sistemas Inteligentes de Transporte. Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo.* Madrid: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones. Obtenido de http://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/R16714.pdf