

Recomendaciones para facilitar la implementación de los sistemas de transporte inteligente (ITS) en la redacción de los estudios, anteproyectos y proyectos de la Red del Estado



Recommendations to facilitate the implementation of 'Intelligent Transportation Systems' (ITS) for drawing up studies, pre-projects and projects of the Network of State Roads

Fuencisla Sancho Gómez

Subdirectora General de Estudios y Proyectos
Dirección General de Carreteras
Ministerio de Fomento

Álvaro Picazo Iranzo

Profesor Titular
Escuela Técnica Superior de Edificación
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Resumen

Los sistemas inteligentes de transporte (ITS) son un conjunto estructurado de aplicaciones y dispositivos a los que se les aplican las TICs o tecnologías de la Información y las Comunicaciones. En España desde los años 80 están presentes en nuestras carreteras. A partir de ahí los ITS se han ido implantando poco a poco en el binomio carretera/vehículo.

Con estos antecedentes y con las condiciones de contorno actuales, en lo que a carretera se refiere (trazado, diseño, equipamiento), es esencial para que la misma sea más segura, buscar el equilibrio entre la funcionalidad, la homogeneidad y la predictibilidad. En esta ocasión, estos tres principios se deberán tener en cuenta en el equipamiento de la infraestructura entendiendo como tal, no sólo la señalización y el balizamiento, sino la implementación de sistemas e infraestructuras de transporte inteligente (ITS).

El despliegue de los ITS en las carreteras de la red estatal se ha producido, en muchas ocasiones, una vez que la construcción de la carretera ha finalizado y ésta ha entrado en servicio. Sin embargo, se considera más eficaz que la implantación de los ITS se plantee como un hecho *a priori*, ya desde la fase de estudio y proyecto de las carreteras y que se incorporen como un elemento más a tener en cuenta en el proceso de planificación y diseño. Este es el objetivo de las recomendaciones para facilitar la implementación de los 'sistemas de transporte inteligente' (ITS) en la redacción de los estudios y proyectos de la Red de Carreteras del Estado que desarrolla la Nota de Servicio, N.S.1/2014 (DGC. Ministerio de Fomento).

PALABRAS CLAVES: contexto ITS, implementación de sistemas, capa digital, capa física, infraestructura ITS, sistemas ITS.

Abstract

Intelligent Transport Systems (ITS) are a structured number of applications and devices on which ICT's or Information and Communication Technologies are applied. In Spain since the 80s are present on our roads. From then on, ITS have been gradually implemented in the relationship between roads/vehicles.

With this background and the actual surrounding conditions, as far as roads are concerned (layout, design, equipment), it is important for the road safety to find a balance between functionality, homogeneity and predictability. On this occasion, these three principles should be taken into account for infrastructure equipments, not only for road signposting and signaling, but also for the implementation of Intelligent Transportation Systems and Infrastructures (ITS).

ITS implementation into the Network of State Roads has taken place, in many cases, once the construction of the road has been completed and the road is open to traffic. However, it is important and effective to consider the implementation of ITS as *a priori* fact, from the study and design stage, in order to incorporate this as an element to be considered in the planning and design process. This is the aim of the recommendations to implement 'Intelligent Transportation Systems' (ITS) for drawing up studies and projects of the Network of State Roads undertaken by the Technical Instruction NS1/2014 (General Directorate of Roads. Ministry of Public Works).

KEY WORDS: ITS context, system implementation, digital layers, physical layers, ITS infrastructure, ITS systems.

1. Antecedentes de los ITS

Los sistemas inteligentes de transporte (ITS) son un conjunto estructurado de aplicaciones y dispositivos a los que se les aplican las TICs o tecnologías de la información y las comunicaciones. En España desde los años 80 están presentes en nuestras carreteras, en un principio con el telepeaje interoperable (VIA-T) en las autopistas de peaje y posteriormente con la implantación de los sistemas de información y control (paneles de mensaje variable PMV y cámaras CCT), revolucionando el sector del transporte por carretera.

A partir de ahí los ITS se han ido implantando poco a poco en el binomio carretera/vehículo así, en el caso del vehículo han sido hitos destacables la incorporación de los navegadores de abordó, el peaje electrónico (OBE) o los sistemas de gestión de flotas, y en el caso de la carretera la seguridad integral en túneles y el soporte a la viabilidad invernal (gestión de flotas de quitanieves). Todo esto también ha sido posible gracias al gran desarrollo tecnológico en las dos últimas décadas de tecnologías que han permitido la disposición de sensores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) o GPS (*Global Positioning Systems*) que permiten el mayor grado de cobertura en cuanto al posicionamiento de un vehículo –un receptor de radio GPS recibe emisiones desde un conjunto de 24 satélites

girando alrededor de la Tierra– así, la precisión de esta tecnología permite una exactitud de posicionamiento de hasta 8 metros.

La implantación de estos sistemas ITS en las infraestructuras viarias contribuye actualmente a resolver problemas en nuestro sistema de transporte, pero hay que ir más lejos consiguiendo establecer las bases para que se incorporen en la planificación de dichas infraestructuras mejorando el futuro inmediato de la gestión y explotación de las mismas. El despliegue de los ITS sólo tendrá un impacto global significativo si los gobiernos tienen voluntad de colaborar en el desarrollo de las arquitecturas necesarias para ello y en este momento el Gobierno de España es partidario de abordar este reto de forma inmediata. Por esta razón, el "Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda" PITVI (2012-2024) los incluye con objeto de mejorar, entre otros aspectos:

- La intermodalidad, pilar de la eficiencia y accesibilidad entre los distintos modos de transporte contribuyendo a su reequilibrio.
- La gestión medioambiental, garantizando que los impactos medioambientales se identifiquen y se traten como una parte más del proceso de toma de decisiones, invitando a los generadores de ITS a investigar estos nuevos dispositivos que se implementarán progresivamente.

Sería deseable que los objetivos prioritarios a alcanzar con el desarrollo de dicha arquitectura fueran los siguientes:

1. Mejorar de manera visible el control del tráfico, la seguridad en condiciones especiales, la conservación y el estado físico de la carretera, la gestión de los ingresos y pagos (peajes) y la gestión ambiental.
2. Optimizar tanto la inversión realizada en infraestructuras viarias como en la explotación de los recursos de transporte, tanto individual como colectivo.
3. Estandarizar y definir metodologías y conceptos fundamentales en la implementación de los ITS en las carreteras (contexto ITS, modelos de referencia, dispositivos, aplicaciones, etc.).

Todo ello debe armonizarse con las directrices e iniciativas europeas, especialmente en lo que respecta a las carreteras que forman parte de la red "Trans-Europea" TENT-T.

Por último hay que tener presente que las expectativas que se están creando actualmente alrededor del desarrollo de los "sistemas cooperativos" que habrán de conectar los vehículos con las infraestructuras y los vehículos entre sí, abren un campo de trabajo importante que requerirá la colaboración conjunta de varias administraciones en el marco de la Unión Europea.



Figura 1. Fuente: ARGIO.



Figura 2. Fuente: Council of the European Union: Development of the Trans-European Transport Network (red de carreteras TENT-T).

2. Concepto ITS en el ámbito de la Red de Carreteras del Estado

Hay ciertas características generales de la carretera (trazado, diseño, equipamiento) que pueden considerarse como esenciales para que la misma sea más segura, buscando siempre la funcionalidad, la homogeneidad y la predictibilidad. En esta ocasión, estos tres principios se deberán tener en cuenta en el equipamiento de la infraestructura entendiendo como tal no sólo la señalización y el balizamiento, sino la implementación de sistemas e infraestructuras de transporte inteligente (ITS).

Recientemente la Subdirección General de Estudios y Proyectos, de la Dirección General de Carreteras, ha elaborado la Nota de Servicio 1/2014, de 31 de enero de 2014, donde se establecen una serie de criterios prácticos y recomendaciones dirigidas a facilitar la especificación de los requisitos sobre sistemas de transporte inteligente (ITS), en la redacción de los estudios y proyectos de carreteras, con objeto de fijar las bases de una metodología sencilla y de aplicación práctica que permita estructurar la definición de los requisitos de éstos en el ámbito de las carreteras de titularidad estatal.

La aplicación de los ITS en la Red de Carreteras del Estado (RCE) comprende diversos aspectos relacionados fundamentalmente con operaciones de gestión de las infraestructuras de carreteras (gestión de la vialidad, seguridad viaria, peajes, conservación y mantenimiento, explotación etc.), así como con el cumplimiento de las obligaciones regulatorias, tanto de carácter nacional como las que emanan de la Unión Europea. Adicionalmente, existen una serie de factores de oportunidad para introducir mejoras de modernización tecnológica en la gestión de la RCE que provienen del desarrollo tecnológico en el campo de las “tecnologías de la información y la comunicación” (TIC), especialmente en lo que se refiere a



Figura 3. Información al usuario.

las comunicaciones móviles de última generación y dispositivos asociados (dispositivos inteligentes del usuario final tipo *smartphones*, tabletas, etc.). Todo ello requiere actuaciones que deben planificarse y ponerse en práctica de manera coordinada con otros organismos dentro de los distintos modos de transporte.

Una determinada vía perteneciente a la RCE debería disponer de uno o varios sistemas de este tipo, cuya misión sería, por lo general, dar servicio a una serie de funciones de interés público como: el control del tráfico y la gestión de la seguridad vial; la seguridad en condiciones especiales, la conservación y el control del estado físico

de la carretera; la gestión de los ingresos y pagos que puedan realizarse en razón de su uso; y la gestión ambiental de la vía, especialmente de algunas de sus externalidades.

El despliegue de los ITS en las carreteras de la RCE se ha producido, en muchas ocasiones, una vez que la construcción de la carretera ha finalizado y ésta ha entrado en servicio. Sin embargo, se considera más eficaz que la implantación de los ITS se plantee como un hecho *a priori*, ya desde la fase de estudio y proyecto de las carreteras y que se incorporen como un elemento más a tener en cuenta en el proceso de planificación y diseño.

Tabla 1. Clasificación de los ITS de carreteras (N.S. 1/2014).	
DOMINIO	FUNCIÓN
Explotación y gestión vial en general	Gestión ordinaria de la vialidad. Control de vehículos especiales y tráfico de mercancías peligrosas. Respuesta frente a accidentes y auxilio en ruta.
Seguridad en condiciones especiales	Ayuda a la vialidad invernal. Control integral de la seguridad en túneles. Aparcamiento seguro para vehículos comerciales.
Conservación y control del estado de la carretera	Control del estado físico de calzada y plataforma. Control del estado físico de túneles y estructuras. Control del estado físico de desmontes y terraplenes.
Gestión de peaje	Peaje electrónico y otras modalidades de pago. Peaje en sombra.
Gestión ambiental de la vía	Control del ruido. Control de emisiones.

Para ello, es necesario un “modelo de referencia” o estructura en niveles y capas del entramado ITS en una determinada vía, que será un elemento básico a tener en cuenta en la redacción de los estudios y proyectos.

Por otro lado, es importante establecer los conceptos fundamentales que se manejarán en esta metodología, partiendo del concepto “contexto ITS” de una determinada carretera o tramo:

- Sistema ITS, entendido como un conjunto organizado y funcionalmente homogéneo de “aplicaciones” (capa digital) y “dispositivos” (capa física) asociados, dentro del modelo de referencia del contexto ITS de la carretera, al cumplimiento de una misión específica y concreta siguiendo el esquema propuesto de dominios y funciones.
- Infraestructura ITS, que corresponde a los elementos de uso común de soporte de los sistemas ITS que constituyen el contexto de una determinada carretera.

3. Contexto ITS de una vía

El contexto ITS de una determinada vía o tramo, se define en la Nota de Servicio N.S.1/2014 como el conjunto estructurado de sistemas ITS que se prevé implantar con el fin de atender debidamente a las necesidades y requisitos de explotación y uso de la misma (administradores y usuarios de la carretera). El contexto ITS de una infraes-



Figura 4. Fuente: Internet. A Better Inland Empire.

tructura determinada estará formado por los sistemas de esta naturaleza que se encuentren asociados a la carretera o tramo en cuestión y la infraestructura común que les da servicio.

Cada sistema que forme parte del contexto ITS de la vía debe tener una denominación acorde con la misión que desempeña y el dominio funcional al que pertenece. Debe estar compuesto por una serie de componentes tecnológicos, unos digitales (aplicaciones y datos) y otros físicos (dispositivos), organizados en capas. Todos ellos han de tener como finalidad capturar, transmitir, procesar y diseminar información sobre la vía, los vehículos y el tráfico, que sea relevante para sus usuarios y administradores.

El contexto ITS de una vía se estructura en dos niveles: sistemas ITS e infraestructura ITS. El primero de ellos está constituido por los sistemas ITS a desplegar en la carretera, orientados a

un dominio funcional específico (ver Tabla 1). El segundo nivel está formado por los elementos de uso común al servicio de todos los sistemas, es decir la infraestructura ITS, constituida normalmente por las redes de comunicaciones y el centro de control de la vía o tramo en cuestión.

El nivel I de sistemas ITS, está a su vez dividido en dos capas diferenciadas en función de su naturaleza. La primera (capa digital) estará formada por las aplicaciones ITS y los datos que éstas gestionan, mientras que la segunda (capa física) se corresponde con los dispositivos ITS, equipos o componentes físicos asociados específicamente a cada sistema en particular. Las aplicaciones y dispositivos de cada uno de los sistemas ITS que conforman el contexto de la vía harán, normalmente, un uso compartido de los elementos que constituyen el nivel II, es decir de la infraestructura ITS.

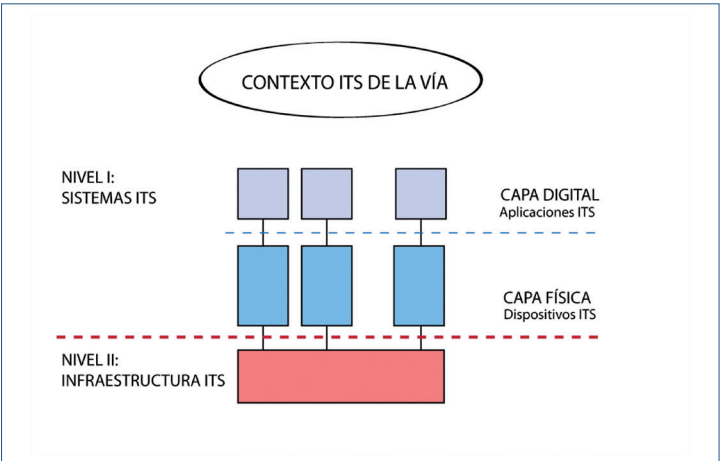


Figura 5. Estructura del contexto ITS de una vía. Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

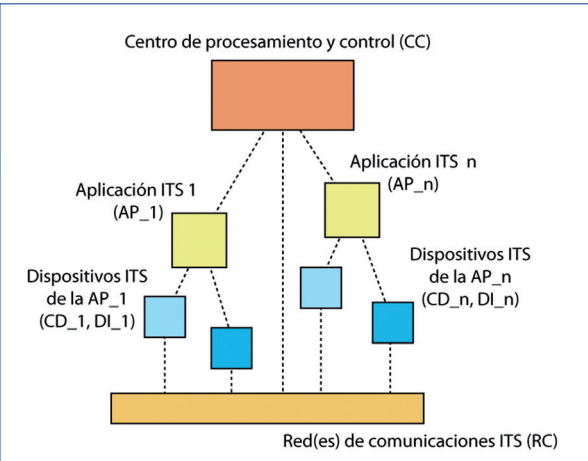


Figura 6. Contexto ITS, Aplicaciones y dispositivos. Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).

El contexto ITS de una determina-da vía se delimita haciendo referencia a los sistemas que lo componen, cuya selección se efectuará en función de las características de la carretera, sus condiciones de uso y la normativa que sea aplicable al caso.

Cada uno de los sistemas ITS que conforman el nivel superior del con-texto ITS de una vía determinada de la RCE, estará orientado a desempeñar una misión específica: explotación y gestión vial en general, seguridad en condiciones especiales, conservación y control del estado de la carretera, gestión de los peajes y gestión am-biental de la vía.

Su capa digital, que comprende las aplicaciones y los datos, no tiene entidad física, por lo que su inclusión dentro de los estudios y proyectos de carreteras supone una singularidad en relación con el resto de los elementos habituales de naturaleza física. Este hecho aconseja que su definición se limite, por razones prácticas, a la es-pecificación funcional del *software* de aplicación correspondiente y al esta-blecimiento de un modelo operativo de los datos gestionados por el sistema.

Las aplicaciones ITS variarán en función de su especificación funcional (p.e. detección y recuento de vehícu-los, procesamiento de una transacción de peaje, detección y actuación frente a incendios en túnel, etc.), y los datos asociados a cada una de ellas se debe-rán definir a través del correspondien-te modelo estructurado.

La capa física de dispositivos ITS incluye los dispositivos que confor-man cada uno de los sistemas aso-ciados a la carretera. En principio estos dispositivos se agrupan en dos clases: los destinados específi-camente a la captura de datos (CD) y los encargados de la diseminación y presentación de la información (DI) relevante a los usuarios y administra-dores de la carretera.

Por regla general, los dispositivos ITS serán específicos de cada sistema o aplicación, aunque en determinados casos puede darse la circunstancia de

Tabla 2: Listas-tipo de características mínimas de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).	
Conservación y control del estado de la carretera: Sistemas de control del estado físico de túneles y estructuras	
Identificación de las APLICACIONES o módulos funcionales del sistema	
Monitorización y control de parámetros geotécnicos (presiones, empujes, subsidencias, etc.). Monitorización y control de parámetros estructurales (tensiones, deformaciones, etc.). Monitorización y control de parámetros electroquímicos (corrosión, fisuras, etc.). Control de la salud estructural y prevención de patologías. Gestión de estructuras 'inteligentes' o <i>Smart Structures</i> . Otras aplicaciones relevantes para el control del estado físico de túneles y estructuras.	
Captura de datos DISPOSITIVOS	
Bandas extensométricas. Sensores LVDT. Inclinómetros. Lectores de pulsos galvanostáticos. Galgas de fibra. Acelerómetros y vibrómetros. Sondas multiparamétricas. Piezómetros. Reactímetros (carbonatación y álcali-sílice). Sensores-transductores y <i>data loggers</i> . Otros dispositivos de captura de datos para la monitorización y control.	
Diseminación de la información	
Medios y canales de información específicos sobre este tema.	

que un mismo dispositivo sea utiliza-do simultáneamente por varias aplica-ciones o sistemas.

La definición de los dispositivos fi-sicos del contexto ITS de la vía se ha de realizar en etapas sucesivas y con un grado creciente de detalle; primero en el estudio informativo y más adelante en el proyecto de construcción. Al tra-tarse de equipos físicos su definición se ha de centrar principalmente en la especificación de sus características técnicas relevantes, sus variables de operación, los parámetros fundamen-tales de rendimiento y las condiciones de implantación en la vía.

El segundo nivel del contexto ITS de la vía lo constituye la denomina-da infraestructura ITS. Se trata de los elementos físicos y lógicos que razo-nablemente puedan considerarse de uso común por parte de la genera-lidad de los sistemas (aplicaciones y dispositivos) ITS situados en la vía. La infraestructura ITS de la vía compren-de el conjunto de las redes de comu-nicaciones ITS (RC) a desplegar en la carretera (red troncal y redes de co-municaciones móviles) y, en su caso, el Centro de procesamiento y control (CC) de los sistemas ITS.

La definición de los componentes del nivel de infraestructura ITS de la vía se ha de realizar también en etapas sucesivas y con un grado creciente de detalle; primero en el estudio informa-tivo y más adelante en el proyecto.

4. Recomendaciones sobre listas-tipo de dispositivos susceptibles de utilizarse en la RCE

Tras un estudio detallado de sistemas y necesidades, se elabora un conjunto de listas-tipo con la información técnica que debería exigirse a los sistemas ITS (dispo-sitivos) aplicados a la vía en función de la tarea que vayan a desempeñar:

- Explotación y gestión vial en gene-ral (gestión ordinaria de la vialidad, control de vehículos especiales y tráfico de mercancías peligrosas y respuesta frente a accidentes y au-xilio en ruta).
- Seguridad en condiciones espe-ciales (ayuda a la vialidad invernal, control integral de la seguridad en túneles y aparcamiento seguro para vehículos comerciales).
- Conservación y control del estado de la carretera (control del estado

Tabla 3: Listas-tipo de características mínimas de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).	
Seguridad en condiciones especiales: Sistemas de ayuda a la vialidad invernal	
Identificación de las APLICACIONES o módulos funcionales del sistema	
Monitorización y control de las condiciones meteorológicas locales en la vía. Coordinación con sistemas generales de información y predicción meteorológica (AEMET, DGPC, etc.). Diseminación de la información y activación de los protocolos de actuación. Gestión de la flota de máquinas quitanieves y otros medios. Detección automática de incidentes (DAI), en su caso. Otras aplicaciones relevantes para la ayuda a la vialidad invernal.	
Captura de datos DISPOSITIVOS	
Detectores de condiciones meteorológicas adversas. Sensores de variables meteorológicas: temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad, niebla, lluvia, nieve, formación de hielo, etc. Cámaras CCTV de localización fija u otros sistemas de captura de imágenes en tiempo real. Otros dispositivos de captura de datos relevantes para la ayuda a la vialidad invernal.	
Diseminación de la información	
Señalización variable. Paneles de mensaje variable. Sistemas embarcados.	

Tabla 4: Listas-tipo de características mínimas de las capas, digital y física, que constituyen los sistemas ITS Fuente: N.S. 1/2014 (Ministerio de Fomento).	
Seguridad en condiciones especiales: Sistemas de gestión del aparcamiento seguro para vehículos comerciales	
Identificación de las APLICACIONES o módulos funcionales del sistema	
Información de plazas libres y reserva electrónica de plaza para vehículos comerciales. Información sobre servicios conexos. Control de seguridad. Telegestión del área de aparcamiento seguro. Gestión de ingresos. Otras aplicaciones relevantes para la gestión del aparcamiento seguro para vehículos comerciales.	
Captura de datos DISPOSITIVOS	
Identificación del vehículo (tag, matrícula, etc.). Sensores de ocupación de plazas. Detectores de galíbo para vehículos especiales. Detectores de iluminación. Detectores de incendios. Postes SOS. Cámaras CCTV de localización fija u otros sistemas de captura de imágenes en tiempo real. Otros dispositivos de captura de datos para la gestión de aparcamiento seguro.	
Diseminación de la información	
Sistemas embarcados. Paneles de mensaje variable. Otros medios o canales de información sobre aparcamiento seguro para vehículos comerciales.	

- físico de calzada y plataforma, con-trol del estado físico de túneles y estructuras y control del estado físico de desmontes y terraplenes).
- Gestión de peaje (peaje electróni-co y otras modalidades de pago y peaje en sombra).
 - Gestión ambiental de la vía (control del ruido y control de emisiones).

Cada una de estas listas-tipo in-clude las características mínimas de cada una de las capas, digital y físi-ca, que constituyen los sistemas ITS, y se han elaborado para cada uno de los dominios y funciones posibles de los sistemas de transporte inte-ligente. Se muestran unos ejemplos en Tablas 2, 3 y 4.

5. Conclusión

Las aplicaciones incluidas en las listas-tipo de la Nota de Servicio 1/2014 ponen de manifiesto, en mayor o me-nor medida, que todos los sistemas ITS propuestos van encaminados a la ayuda de la conservación, gestión y explotación de la carretera y por ende de la seguridad vial.

Por tanto, la bonificación que re-percute en el usuario de la carretera, a corto plazo –una vez desplegados los sistemas ITS con la implantación en la fase de planeamiento de este tipo de herramientas encaminadas a reducir: la accidentabilidad, los efectos irreversibles sobre el medio ambiente, los tiempos de espera de los conductores, las patologías en desmonte, terraplenes, estructuras y túneles– resulta altamente ventajosa, también en términos de eficiencia, por lo que apostar por el despliegue ITS en las carreteras de titularidad es-tatal es una apuesta segura. “El futuro empieza hoy”.

5. Bibliografía

[1] DIRECCIÓN GENERAL DE CARRE-TERAS. MINISTERIO DE FOMEN-TO (2014) “Recomendaciones de los requisitos sobre sistemas de transporte inteligente (ITS), en la redacción de los estu-dios y proyectos de carreteras”. (N.S.1/2014).

[2] SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES. MINISTERIO DE FOMENTO (2010) Trabajos de Prospectiva y Tecnología del transporte.” Los ITS, su aplicación a los medios terrestre, marítimo y aéreo”. Centro de Publicaciones S.G.T. Ministerio de Fomento.

[3] DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFI-CO. MINISTERIO DEL INTERIOR (2007) “Plan nacional de consoli-dación de los ITS de carreteras en España”.

[4] MINISTERIO DE FOMENTO (2012) “Los Transportes y las Infraes-tructuras”. ❖