

1. INNOVACIÓN APLICADA A LA MOVILIDAD POR CARRETERA.

La incorporación de nuevas tecnologías en la explotación de las carreteras ha seguido una evolución marcada por los avances previos en otros modos de transporte, como la navegación aérea y marítima o el transporte ferroviario. A mediados de los años ochenta surgieron dos iniciativas europeas decisivas para orientar el desarrollo tecnológico vinculado a la movilidad por carretera. La primera de ellas fue el **Programa EUREKA**, diseñado con el propósito de buscar soluciones innovadoras para una amplia gama de problemas relacionados con la movilidad: desde la información al conductor hasta la ayuda a la conducción o la gestión eficiente de flotas. Este programa planteaba como objetivo estratégico el desarrollo del denominado "**Vehículo Inteligente**", anticipando así conceptos que posteriormente se convertirían en parte esencial de la movilidad conectada.

La segunda iniciativa fue el **Programa DRIVE**, puesto en marcha en 1989 por la Comisión Europea. Su objetivo fundamental consistía en aplicar las entonces emergentes tecnologías electrónicas e informáticas a la gestión dinámica del tráfico y del transporte por carretera, sentando las bases de la futura "**Carretera Inteligente**". La combinación de ambos programas representó un impulso notable para la investigación aplicada, facilitando el desarrollo de sistemas capaces de mejorar la seguridad, la eficiencia y la capacidad de respuesta del sistema viario ante las condiciones cambiantes del tráfico.

Posteriormente, la Comisión Europea impulsó el **Programa ATT (Tecnologías Telemáticas Avanzadas)**, concebido para desarrollar proyectos piloto y ensayos de campo que permitieran evaluar el funcionamiento real de estas tecnologías en entornos operativos. Con el paso del tiempo, y a medida que evolucionaban la electrónica, la conectividad y las comunicaciones inalámbricas, la Comisión orientó sus esfuerzos hacia la próxima generación de soluciones ITS, avanzando hacia el despliegue de la **Conducción Conectada-ITS (C-ITS)** y hacia un marco que facilitara progresivamente la automatización del transporte por carretera.

En España, este proceso se enmarca en la **Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 (EMSSC 2030)** del MTMS, aprobada por el Consejo de Ministros en 2021. La Estrategia constituye una respuesta a los retos del siglo XXI: la descarbonización, el cambio climático, la digitalización, la transformación económica y la creciente concentración de población en grandes ciudades. Bajo la premisa de que la movilidad es un derecho y un elemento fundamental de cohesión social, la Estrategia apuesta por un sistema de transporte eficiente, sostenible, resiliente y conectado, cuya relevancia quedó especialmente patente durante la pandemia del COVID-19.

La EMSSC 2030 se estructura en nueve ejes con más de 40 líneas de actuación y más de 150 medidas. En relación con este tema destacan el **Eje 5, dedicado a la Movilidad Inteligente**, y, dentro del **Eje 3 (Movilidad Segura)**, la línea de refuerzo de la inversión en seguridad vial, que incluye planes fundamentales para la Red de Carreteras del Estado (RCE):

- Plan de evaluación de la seguridad de carreteras en servicio
- Inspecciones periódicas de seguridad viaria de la RCE
- Plan de inspección de túneles de la RCE
- Culminación del plan de adecuación de túneles conforme a la Directiva 2004/54/CE y al RD 635/2006

Además, se ha creado la **Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación** en la Dirección General de Carreteras, que asume competencias relacionadas con la innovación y la modernización de la red, tales como la elaboración y seguimiento de planes tecnológicos, el impulso a la digitalización y la gestión del dato, la coordinación de proyectos BIM y la participación en políticas de I+D+i tanto nacionales como europeas.

2. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE COOPERATIVOS (C-ITS): EXPERIENCIAS PILOTO. VEHÍCULO AUTÓNOMO Y CONECTADO. CARRETERAS INTELIGENTES.

El **Real Decreto 662/2012**, que traspone la Directiva 2010/40/UE, establece el marco para la implantación de los **Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)** en el sector del transporte por carretera en España. Este Real Decreto define los ITS como sistemas que aplican tecnologías de la información y las comunicaciones a las infraestructuras viarias, a los vehículos y a los propios usuarios, abarcando también la gestión del tráfico, la movilidad y las interfaces con otros modos de transporte. Asegura asimismo que las especificaciones europeas en materia ITS se apliquen en España de manera coordinada entre el Ministerio del Interior y el MTMS.

Además, la **Norma de Servicio 1/2014** proporciona recomendaciones para incorporar requisitos ITS en estudios informativos, anteproyectos y proyectos de construcción de la RCE, contribuyendo a homogeneizar su implantación desde las fases iniciales de planificación.

Los **ITS Cooperativos (C-ITS)** constituyen el siguiente paso en la evolución de los sistemas inteligentes. Se basan en comunicaciones inalámbricas entre vehículos (V2V) y entre vehículos e infraestructura (V2I), permitiendo una transmisión rápida y precisa de datos que mejora significativamente la seguridad y la eficiencia. Su despliegue es progresivo y comienza con los servicios **Day 1**, destinados a alertar sobre situaciones de peligro, condiciones climatológicas adversas o señalización relevante. Posteriormente se incorporan los servicios **Day 1.5**, que amplían las funcionalidades hacia servicios más avanzados y personalizados.

Para garantizar la interoperabilidad en toda Europa, la Comisión creó en 2014 la **Plataforma C-ITS**, y en 2016 los Estados miembros y la Comisión pusieron en marcha la **Plataforma C-ROADS**, encargada de coordinar las actividades de implementación, desarrollar especificaciones técnicas conjuntas y garantizar que los sistemas sean interoperables mediante pruebas en distintos corredores europeos.

En España, la conducción conectada y autónoma se recoge explícitamente en la **EMSSC 2030**, dentro del **Eje 5**, en la Línea de actuación 5.3. El desarrollo tecnológico, impulsado por el 5G y por la creciente disponibilidad de servicios satelitales, está acelerando la transición hacia el

vehículo conectado, que puede intercambiar datos con otros vehículos y con la infraestructura para anticipar riesgos, optimizar la velocidad o adaptarse al estado del tráfico. Esto favorece la mejora de la seguridad, la reducción de la congestión y una movilidad más eficiente y menos contaminante.

Los avances en conectividad complementan el desarrollo del **vehículo autónomo**, cuya principal ventaja radica en eliminar o reducir al mínimo el error humano, responsable de aproximadamente el 90% de los accidentes. La autonomía también puede mejorar la eficiencia operativa y facilitar nuevas formas de movilidad y logística. En España ya se han realizado experiencias piloto, como autobuses autónomos en **Málaga** (circulación en tráfico real) y en **Madrid**, en el campus de la Universidad Autónoma, con un minibus de 12 plazas. En el transporte de mercancías destaca el **platooning**, que coordina varios camiones en conducción conjunta, optimizando la seguridad y el consumo.

Entre las medidas del Eje 5 vinculadas a carreteras destacan:

- Elaborar una **categorización de carreteras** según su nivel de adaptación a la conducción conectada y autónoma
- Avanzar en la introducción de ITS en conservación y vialidad
- Contribuir a la elaboración de **cartografía precisa** basada en GNSS
- Impulsar el vehículo automatizado dentro del sistema de transportes
- Crear un **sandbox regulatorio** para facilitar ensayos y pruebas piloto con nuevas tecnologías en movilidad

Dentro de este marco se inserta el concepto de **carreteras inteligentes**, caracterizadas por integrar tecnologías avanzadas de seguridad, conectividad y servicios al vehículo. En este ámbito destaca el proyecto **C-Roads Spain**, que agrupa cinco pilotos, entre ellos el proyecto **DGT 3.0**, desplegado en toda la red de carreteras de España. Este piloto incluye servicios **Day 1** como avisos por obras, información climatológica, advertencia de aproximación de vehículos de emergencia o límites de velocidad en tiempo real. También incorpora servicios **Day 1.5**, como información sobre estaciones de carga de combustibles alternativos o sistemas avanzados de protección de usuarios vulnerables.

3. TECNOLOGÍAS APLICABLES PARA LA TARIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.

En la actualidad existen diversas tecnologías que permiten implementar sistemas de tarificación vial asociados al uso de la infraestructura. Las principales son:

- **Sistemas satelitales GPS, GNSS o Galileo**, que destacan por su amplia disponibilidad y cobertura, pero presentan limitaciones derivadas de la orografía, la pérdida temporal de señal o la complejidad en intersecciones a distinto nivel o en vías paralelas.
- **Sistemas DSRC (Dedicated Short Range Communications)**, basados en comunicaciones por microondas entre antenas instaladas en pódicos y equipos embarcados en los vehículos. Constituyen la tecnología más extendida en carreteras de peaje y permiten identificar el vehículo con rapidez y fiabilidad.
- **Telefonía móvil**, tecnología en rápido desarrollo cuyo principal atractivo es la disponibilidad universal de teléfonos móviles. Permite localizar el vehículo y gestionar el pago de tasas mediante aplicaciones o servicios asociados.
- **Sistemas ANPR/ALPR**, basados en cámaras instaladas en pódicos que captan imágenes de matrículas para su procesamiento automático, facilitando la identificación del vehículo y el control del pago.
- **Otras tecnologías**, como el tacógrafo digital o los sistemas RFID basados en tarjetas o dispositivos simples adheridos al vehículo, que pueden registrarse automáticamente al paso por puntos de control.

4. DIGITALIZACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO.

El avance de la digitalización —big data, internet de las cosas, telefonía 5G o tecnologías blockchain— es ya una realidad ineludible y ocupa un papel central en la estrategia del MTMS. Dentro de esta transformación, la implantación de la metodología **BIM (Building Information Modeling)** representa una revolución en la gestión de infraestructuras. El BIM es una metodología colaborativa basada en la creación de un **modelo digital único**, que integra toda la información de la infraestructura a lo largo de su ciclo de vida, permitiendo reducir costes y tiempos, mejorar la calidad del diseño y facilitar la coordinación entre todos los agentes implicados.

La Dirección General de Carreteras trabaja activamente en la adopción progresiva de BIM, en plena alineación con el **Plan BIM en la contratación pública**, aprobado en 2023. En 2024 se licitó un contrato específico para definir y desarrollar la estrategia BIM de la DGC. Entre los trabajos iniciales se incluyen una **experiencia piloto en la A-67 (tramo Polanco–Santander)** y el desarrollo de un sistema de clasificación propio de la Red de Carreteras del Estado.

Desde 2020 la DGC impulsa varios grupos de trabajo internos dedicados a avanzar en la digitalización:

- a) **Digitalización del expediente administrativo**, mediante el sistema NUDO.
- b) **BIM COEX**, orientado a la gestión de activos en servicio y a la actualización de herramientas digitales.
- c) **BIM en proyecto y obra**, que garantiza la transferencia adecuada de información entre fases, permitiendo alcanzar un modelo "as built" fiable y utilizable en programación, certificación o control de calidad.

Finalmente destacan dos órdenes circulares fundamentales: la **OC 5/2024**, que define el sistema de clasificación **RCEclass**, y la **OC 1/2025**, que establece los requisitos BIM en los contratos de la DGC a través de anejos tipo que orientan su incorporación progresiva en proyectos y obras.