

VEHÍCULO CONECTADO

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA LOS OPERADORES DE TRÁFICO Y CARRETERA

TASK FORCE B.1 *DISEÑO DE CARRETERAS E INFRAESTRUCTURA PARA SOLUCIONES DE TRANSPORTE INNOVADOR*



SOBRE LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA

La Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR) es una organización sin fines de lucro establecida en 1909 para mejorar la cooperación internacional y fomentar el progreso en el ámbito de las carreteras y el transporte por carretera.

El estudio objeto del presente informe se definió en el Plan Estratégico de la AIPCR de 2016-2019 aprobado por el Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera, integrado por representantes de los gobiernos nacionales miembros. Los miembros del Comité Técnico responsable de este informe fueron nominados por los gobiernos nacionales miembros debido a sus competencias especiales.

Las opiniones, resultados, conclusiones y recomendaciones expresadas en esta publicación son las de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de sus entidades o agencias matrices.

Este informe está disponible en la página web de la Asociación Mundial de la Carretera: <http://www.piarc.org>

Copyright World Road Association. Reservados todos los derechos.

*Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)
Arche Sud 5° niveau
92055 La Défense Cedex, France*

ISBN: 978-2-84060-523-2

Portada © Université Polytechnique des Hauts-de-France

AUTORES/ AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido elaborado por el grupo de trabajo Diseño de Carreteras e Infraestructuras para Soluciones de Transporte Innovador del TASK FORCE B.1 de la Asociación Mundial de Carretera (AIPCR).

Han contribuido a la preparación de este informe:

- Martin Thibault (Canadá)
- Martin Böhm (Austria)
- Eric Ollinger (Francia)
- Abdelmename Hedhli (Francia)
- Ian Patey (Reino Unido)
- Mark Wedlock (Reino Unido)
- Matthew Hall (Australia)
- Hamid Zarghampour (Suecia)
- Ana Luz Jiménez Ortega (España)
- Hyunje Cho (Corea del Sur)
- Rudi Botha (Sudáfrica)

El TASK FORCE B.1 ha estado dirigido por Eric Ollinger (Francia) y Abdelmename Hedhli (Francia), Ian Patey (Reino Unido) y Ana Luz Jiménez Ortega (España), han actuado respectivamente los secretarios de habla francesa, inglesa y española.

VEHÍCULOS CONECTADOS

El desarrollo de la comunicación Vehículo-Infraestructura (V2I) y Vehículo-Vehículo (V2V) también conocida como sistemas inteligentes de transporte cooperativos (C-ITS) crece rápidamente en la mayoría de países desarrollados. Por ejemplo, Japón tiene un sistema en operación a nivel nacional, los Estados Unidos se están planteando una ley que obligue a la comunicación de onda corta en los nuevos vehículos, y la Unión Europea ha desarrollado una estrategia que persigue un desarrollo masivo desde 2019.

Estas tecnologías implican grandes oportunidades para los operadores de tráfico y carretera tanto en el diseño de las vías como en la operación, pero también muchos desafíos. Este informe proporciona una visión detallada de esas oportunidades y desafíos. Se formulan recomendaciones para países o regiones que pretendan incorporarse, incluyendo a los países en desarrollo.

El trabajo se ha basado en estudios seleccionados de entre los muchos proyectos en marcha de todo el mundo, completados con una revisión de la literatura existente. Las mayores oportunidades identificadas se encuentran en el campo de la seguridad vial, y gestión e información del tráfico, pero estas tecnologías también pueden reducir los costes de los operadores de tráfico y carretera e incluso llegar a generar ingresos. Puede ayudar al diseño de carreteras y a la gestión de recursos. Los C-ITS proporcionan también respuesta a preguntas que se plantean los operadores de tráfico y carretera en países en desarrollo y a las cuestiones que plantea la conducción autónoma.

Pero son enormes los desafíos que tienen que afrontarse para iniciar un proceso de desarrollo: ¿Qué servicios desarrollar? ¿Con qué tecnología? ¿Cómo asegurar la interoperabilidad? ¿Qué cambios implica en la organización de los operadores de tráfico y carretera? ¿Cómo cooperar con los fabricantes de vehículos? ¿Con qué modelo de negocio, también para los datos? ¿Cómo asegurar la seguridad y la protección de los datos? El informe recoge alguna de las mejores prácticas basadas en la experiencia de los desarrollos existentes y trata de contestar a la cuestión fundamental: ¿Por dónde empezar?

El informe proporciona algunas buenas prácticas de desarrollos ya existentes. Esa experiencia enseña que el mejor modo para comenzar a implantar sistemas C-ITS es a través de pequeños pilotos y aprender de lo que se va ejecutando. Los desarrollos piloto basados en unos pocos servicios ya maduros (los llamados servicios Día 1 en este informe) son un buen punto de partida. La sección de los pros y contras de cada tecnología puede ayudar también a realizar la mejor elección.

Los desarrollos piloto existentes pueden proporcionar ejemplos de especificaciones técnicas. Algunos ya están normalizados, como en Europa, para asegurar la interoperabilidad. La seguridad y privacidad son desafíos importantes que tienen que afrontarse junto con los expertos apropiados. Pero la cuestión clave no es técnica, si no que se trata de la incorporación de colaboradores relevantes: los operadores de tráfico y carretera no pueden desarrollar por sí mismos los sistemas C-ITS, necesitan trabajar de manera muy estrecha con los fabricantes de vehículos y los facilitadores de servicios que harán llegar el servicio al usuario final.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCION	4
2. RESUMEN DE LAS APORTACIONES RECOGIDAS	5
3. OPORTUNIDADES	9
3.1. SEGURIDAD VIAL.....	9
3.2. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACION DE C-ITS EN LA EXPLOTACION DE LA RED DE CARRETERAS	12
3.3. INFORMACION SOBRE EL TRAFICO, ESTADO DE LAS CARRETERAS, CONDICIONES METEOROLOGICAS Y DESVIOS	14
3.4. COSTE-BENEFICIO, RENTABILIDAD Y RETORNOS ESPERADOS DE C-ITS PARA LOS OPERADORES DE TRAFICO Y CARRETERA	15
3.5. GESTION E INSPECCION DE ELEMENTOS (DETECCION DE DEFECTOS DEL PAVIMENTO, BACHES, ESTADO DE LAS MARCAS VIALES).....	17
3.6. IMPACTO DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (MONITORIZACION TEMPRANA Y REDUCCION CON ALTOS INDICES DE IMPLANTACION). 19	
3.7. IMPACTO EN EL DISEÑO DE LAS CARRETERAS.....	21
3.8. MEJORA EN LA IMAGEN DE LOS OPERADORES DE TRAFICO Y CARRETERA Y EN LA SATISFACCION DE LOS USUARIOS	24
3.9. RESOLUCION DE PROBLEMAS EN LA INFRAESTRUCTURA	27
4. DESAFÍOS: MEJORES PRÁCTICAS A RESOLVER	29
4.1. ELECCION DE LOS SERVICIOS A DESPLEGAR Y COMO PRIORIZARLOS (JERARQUIZACION EN TERMINOS DE EMISION Y VISUALIZACION) Y AGRUPARLOS	29
4.2. INTEROPERABILIDAD FUNCIONAL Y TECNICA (EN TERMINOS DE DEFINICIONES DE SERVICIOS Y DE DEFINICIONES DE MENSAJES, ESPECIALMENTE EN UN MERCADO AUTOMOVILISTICO GLOBALIZADO, ESPECIFICACIONES COMUNES)	39
4.3. RUTA DE ALTA IMPLANTACION DE C-ITS (EL PROBLEMA DEL HUEVO Y LA GALLINA)	43
4.4. MODELOS DE NEGOCIO PARA LOS OPERADORES DE TRAFICO Y CARRETERA ...	45
4.5. ELECCION DE LA TECNOLOGIA: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DISTINTAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS CASO POR CASO	48
4.6. ACCESO A DATOS DE CALIDAD	53
4.7. RECOMENDACIONES SOBRE CALIDAD DE LOS DATOS	54
4.8. EL ROL DE C-ITS EN LA INFRAESTRUCTURA DIGITAL GLOBAL.....	55

4.9.	SEGURIDAD.....	57
4.10.	PRIVACIDAD Y PROTECCION DE DATOS	59
4.11.	ESCALABILIDAD DE REDES Y PROCESAMIENTO DE DATOS	60
4.12.	IMPACTO EN LA ORGANIZACION DE LOS OPERADORES DE TRAFICO Y CARRETERA	61
4.13.	PROMOCION DE LOS SERVICIOS PRESTADOS POR LOS OPERADORES DE TRAFICO Y CARRETERA	65
5.	CONCLUSIONES	68
6.	GLOSARIO	69
7.	REFERENCIAS.....	70
	APENDICE A - RETOS Y OPORTUNIDADES DESDE LA PERSPECTIVA SUDÁFRICANA	71
	INTRODUCCION.....	71
	OPORTUNIDADES PARA LOS PAISES EN DESARROLLO - UNA PERSPECTIVA SUDAFRICANA	78

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido un gran debate en todo el mundo sobre las tecnologías nuevas y emergentes, incluyendo el Big Data, el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial y las nuevas tecnologías de la comunicación. Todas estas tecnologías proporcionan una base para la revolución de los sistemas de movilidad y la explotación de la red de carretera. En la prensa diaria se presenta regularmente la visión del futuro con los vehículos automatizados y se ha debatido ampliamente en el sector del transporte, en particular, sobre cómo aprovechar al máximo estas nuevas tendencias tecnológicas. Se espera que en los próximos 10 años se utilicen vehículos totalmente automatizados y se prevé que la conectividad de los vehículos constituya la base necesaria para permitir esa futura automatización.

Los vehículos conectados están diseñados para intercambiar datos e información entre sí (comunicación de vehículo a vehículo o V2V) y también con la infraestructura de carretera y los operadores de la red de tráfico (comunicación de vehículo e infraestructura o V2I) con el fin de mejorar la seguridad y la eficiencia de la movilidad. Esta comunicación e interacción efectiva sólo es posible cuando todas las partes involucradas cooperan. Con anterioridad, estos sistemas se denominaban sistemas cooperativos, y ahora que están más extendidos, se denominan Cooperative Intelligent Transport System (C-ITS). C-ITS y sus servicios conexos se están desplegando hoy en día en muchas jurisdicciones, principalmente en forma de proyectos piloto y bancos de pruebas. Una amplia variedad de agentes involucrados se incorpora a la estrategia europea para prestar servicios C-ITS a escala europea a partir de 2019.

Este informe proporciona una visión general de las estrategias, sinergias y estado de las distintas implementaciones de C-ITS en todo el mundo. El informe se basa en estudios y en una selección de documentos sobre prácticas realizadas por operadores de tráfico y carretera a nivel internacional. Se recogen varios proyectos C-ITS, así como las oportunidades y desafíos para los operadores de tráfico y carretera en el despliegue de servicios C-ITS. Dichos estudios se analizan desde la perspectiva de un operador de tráfico y carretera. En el apéndice se recoge la perspectiva de los sistemas C-ITS de un país pequeño o mediano en desarrollo, Sudáfrica.

2. RESUMEN DE LAS APORTACIONES RECOGIDAS

Se ha recopilado una amplia variedad de informes y encuestas sobre proyectos para la elaboración del presente documento. Este capítulo recoge un resumen y un análisis general para esbozar las principales tendencias detectadas y establecer el escenario. Como parte del estudio, se recopilaron y revisaron un total de 47 documentos de referencia, entre ellos:

- 23 Estudios de proyectos C-ITS
- 13 Revisiones de la descripción del proyecto C-ITS
- 4 documentos de ciclos anteriores de la PIARC.
- 7 documentos de referencia de países con diversas estrategias de despliegue o actividades de investigación y también de grupos de trabajo europeos

El análisis de los 23 proyectos-encuesta recibidos permitió al Grupo de Trabajo cotejar las estadísticas oportunas sobre los tipos de proyectos desplegados o en desarrollo. La mayoría de los proyectos procedían de Europa (20) y el resto de Australia, Corea del Sur y Japón.

La siguiente lista muestra los 23 proyectos-encuestas recogidos y su país de origen:

Australia - CITI, NSW
Austria – COOPERS
Austria - C-Roads
Austria - ECo-AT
Austria - Testfeld Telematik
CZE - C-ITS Czech Republic
CZE - C-ROADS
CZE – MaRCh
EUR – CVIS
EUR - Drive C2X
EUR – SAFESPOT
France – SCOOP
Germany - C-ITS Corridor
Hungary - C-ROADS
Japan - ETC2.0
Netherlands - C-ITS Corridor
Slovenia - C-ROADS
South Korea - Pilot Project
UK - A2M2
UK – Autodrive
UK – CITE
UK – GATEway
C-ITS Project Survey - UK – VENTURER

En el Apéndice 2 se incluye una copia de cada proyecto-encuesta, donde se proporcionan más detalles sobre cada uno.

El 80% de los proyectos estudiados se encuentran en funcionamiento o en fase de prueba piloto y todos ellos están dirigidos por operadores de tráfico y carretera. La etapa de prueba piloto se caracteriza generalmente por el despliegue del proyecto en un área pequeña y/o por el hecho de que la información del proyecto aún no se ha hecho pública.

El sector público financia de manera exclusiva cerca del 60% de estos proyectos.

La mayoría de los proyectos estudiados se desarrollan en autopistas públicas (tanto urbanas como interurbanas), y otros en zonas rurales. Los proyectos también se despliegan en otros tipos de carreteras, como arterias urbanas.

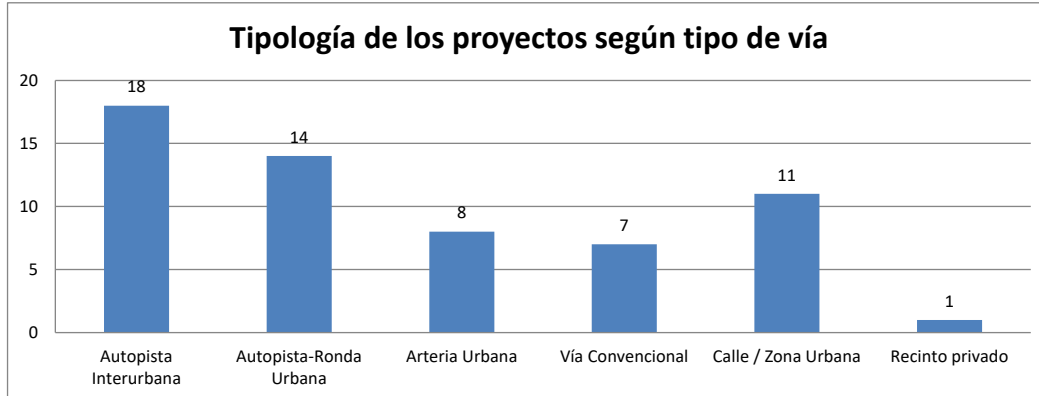


Figura 1: Tipo de carretera del proyecto

No sorprende el hecho de que la comunicación V2I se use en todos los proyectos, mientras que la comunicación V2V se incluya en pocos de ellos. El V2V es una comunicación predominantemente desarrollada por los fabricantes de automóviles y no por los operadores de tráfico y carretera. La comunicación V2Others (o V2X) también se contempla y se refiere al intercambio de información entre peatones/ciclistas u otros usuarios vulnerables y los vehículos.

Los beneficios que se esperan de los proyectos se encuadran en las tres categorías principales siguientes:

- Seguridad vial
- Movilidad, y
- El medio ambiente.

Todos los proyectos estudiados tienen como objetivo aumentar la seguridad de los usuarios o de los trabajadores. Los proyectos que facilitan la gestión del tráfico pretenden tener un impacto significativo en la movilidad de los usuarios, lo que a su vez tiene un impacto positivo en el medio ambiente al reducir los tiempos de viaje y las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero). La monitorización de la red y la capacidad operativa también son características que han sido identificadas como relevantes para los operadores de tráfico y carretera.



Figura 2: Servicios proporcionados al usuario

La comunicación V2I permite establecer numerosos "servicios" para los usuarios; los proyectos envían diferentes tipos de avisos a los usuarios. Los servicios posibles en la mayoría de los proyectos se recogen en el gráfico anterior. Son relevantes, asimismo, otros servicios desplegados en un menor número de proyectos, tales como la prioridad para los vehículos de emergencia y la protección de los usuarios vulnerables.

Los proyectos utilizan diferentes protocolos de radiocomunicación. ITS-G5 se utiliza profusamente en Europa, mientras que la comunicación dedicada de corto alcance a 5,9 GHz o 5,8 GHz (DSRC) se utiliza en los países asiáticos.

En la ejecución de los proyectos, por lo general, se utilizaron diferentes tipos de Unidades de a bordo (OBU) para la comunicación, aunque el caso más frecuente en la actualidad es el uso de unidades actualizadas (o de posventa).

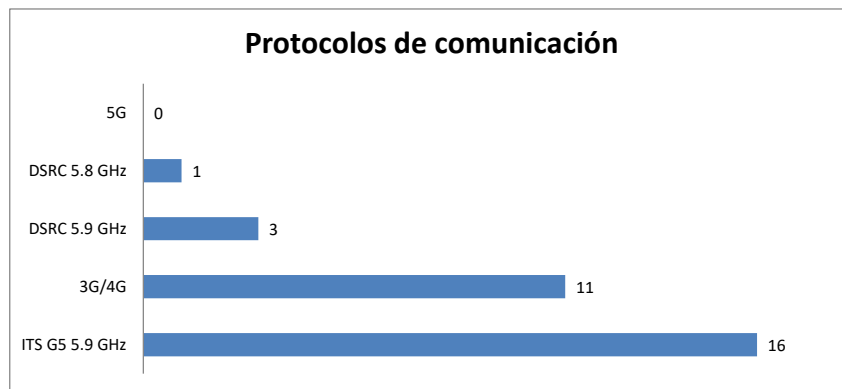


Figura 3: Protocolo de comunicaciones

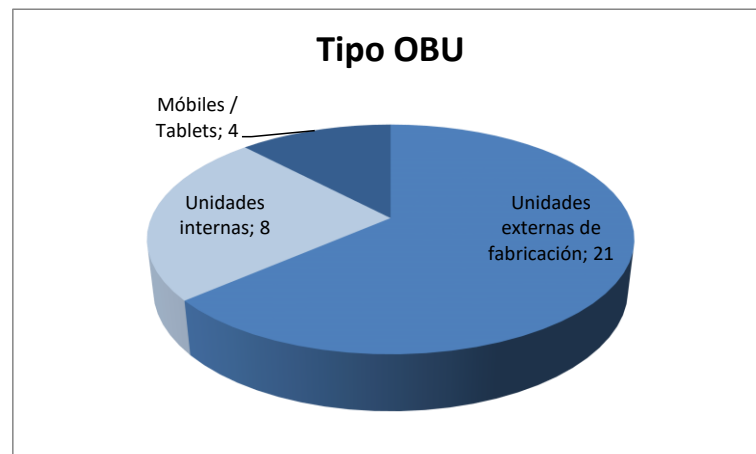


Figura 4: Tipo de dispositivo embarcado utilizado

El Grupo de Trabajo también ha revisado 25 estudios bibliográficos. Estas revisiones se basaron en cumplimentar encuestas para obtener información de proyectos que no eran accesibles de manera directa a los miembros del grupo. Algunos de los informes se basaron en conocimiento e información de miembros del grupo de trabajo, que también participaban en diversos proyectos europeos. También se revisaron varias líneas estratégicas publicadas, planes nacionales de despliegue, informes de investigación y los documentos del ciclo anterior de la AIPCR.

La lista de estos documentos adicionales figura a continuación:

Tabla 1 : Documentación del anterior ciclo de la PIARC

Documento anterior del ciclo de la AIPCR IARC - Summary of The Connected Vehicle publication	Japan - 2015PIARCinSeoul_IP0393 Japan - 2015PIARCinSeoul_ST2 Japan - 2015PIARCinSeoul_TC21
Estrategia de país Austria - Citsstrategy Austria EUR – CODECS	Japan - Review on Policy and Strategy USA - CV deployments USA - Overview on US DOT policy on CAV
Estándares de Países Australia - AP-R474-15_C-ITS_Standards_Assessment Australia - AP-R479-15_Concept_of_Operations_for_C-ITS_Core_Functions	
Buenas prácticas China - Innovation on Intelligent Road and Vehicle System EUR - C-Roads Platform - Description EUR - NordicWay France - Compass 4D France - Score@F Netherlands - Shockwave Traffic Jams A58 South Africa - Actual state in SA South Korea - C-ITS Pilot Project Spain - SISCOGA national FOT Sweden -Large-scale pilot workshop EC, May 2017 USA – New-York City USA – Tampa Bay USA - Wyoming	

Con respecto a los 13 casos de estudio analizados, también se llevó a cabo una revisión similar a la realizada para los estudios completos de proyectos. Se encontraron proporciones similares para cada una de las características y variables mencionadas anteriormente.

3. OPORTUNIDADES

3.1. SEGURIDAD VIAL

En algunos países se ha establecido una estrategia de Visión Cero que trata de conseguir los siguientes objetivos:

- 0 fallecidos
- 0 congestión
- 0 emisiones

Se identifica una serie de áreas funcionales en materia de vehículos conectados, muchas de las cuales ayudan a mejorar la seguridad vial y las condiciones de operación del tráfico, contribuyendo así al logro de la Visión Cero:

Seguridad Vial: Se incluyen servicios y aplicaciones que permiten al conductor recibir alertas ante situaciones problemáticas o peligrosas en o cerca de la carretera, tales como vehículos parados y obras en carretera. También incluye llamadas de emergencia.

Gestión de la movilidad: Los datos recogidos de los vehículos y de los usuarios de las carreteras se utilizan para una gestión dinámica y proactiva del tráfico y de la movilidad, con el fin de proporcionar un tráfico más eficiente, seguro y sostenible. Se necesitan sistemas complementarios para recopilar, procesar y utilizar la información de los vehículos y los usuarios a fin de facilitar la gestión del tráfico en tiempo real.

Gestión de vehículos: Servicios destinados a minimizar los costes de explotación y aumentar la seguridad y el confort de los usuarios, como el control remoto del rendimiento del vehículo, el control de las condiciones climáticas en el interior del vehículo, etc., así como la transmisión de información de tráfico y su localización.

Seguridad del Conductor: Esta área se ocupa de la vigilancia de la salud y la adecuación del comportamiento del conductor y sus cambios. Los componentes de esta área funcional incluyen alertas al conductor basadas en sensores que detectan la fatiga y la distracción, así como otros sistemas de apoyo al conductor.

Es importante destacar que el impacto potencial en la mejora de la seguridad vial es uno de los principales beneficios que se esperan alcanzar con el despliegue de los C-ITS.

Se confía en que haya una reducción en el número de accidentes con víctimas y lesiones asociadas gracias al despliegue de la tecnología V2X. Se estima que los vehículos conectados contribuirán a mejorar las siguientes áreas de seguridad:

- **Reducción de colisiones:** Según la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration of the USA), la tecnología de comunicación V2X tiene la capacidad para reducir el número de víctimas mortales en un 30% en todo el mundo, con una reducción en el mismo porcentaje en el número de heridos graves. Del mismo modo, la NHTSA estima que hasta el 80% de los accidentes que se deben a factores externos (como los que se deben al consumo de alcohol u otras drogas) podrían prevenirse.
- **Protección para usuarios vulnerables:** La protección de los peatones y ciclistas, entre otros usuarios vulnerables, podría mejorarse significativamente mediante el

uso de la tecnología V2X. La presencia de estos usuarios vulnerables puede comunicarse a los demás usuarios conectados en la carretera. Las aplicaciones de alerta y sensibilización tratan de influir en los conductores para que adapten su velocidad y comportamiento teniendo en cuenta de manera adecuada a los usuarios vulnerables de la vía pública.

- Avisos sobre el estado del tráfico: Utilizando la comunicación entre los operadores que gestionan el tráfico y los usuarios de la carretera, es posible proporcionar un canal directo y activo de información para comunicar con precisión y en tiempo real, las notificaciones relativas a las condiciones de tráfico presentes o a cualquier acontecimiento o incidente en la carretera relevante para usuarios específicos, como un vehículo averiado o un accidente de tráfico.
- Seguridad de los trabajadores de obras en carreteras: A través del envío de información sobre la posición exacta de las obras en carretera y estado de la vialidad invernada, los conductores recibirán un aviso previo para que modifiquen su conducción en las proximidades de las obras y mejoren así la seguridad de los trabajadores de la carretera.
- Análisis Predictivo: La gestión de la movilidad podría hacerse más eficaz y eficiente para anticipar situaciones de riesgo y emergencia, lesionados y fallecidos mediante el uso de la gran cantidad de información y datos a través de un procesamiento apropiado, técnicas analíticas de Big Data y combinando esto con nuevas capacidades analíticas predictivas. Deben tenerse en cuenta los aspectos relativos a la privacidad. La posibilidad de que ocurra un choque o una congestión de tráfico podría predecirse y comunicarse antes de que ésta ocurra.

El significativo impacto positivo en la seguridad vial que se espera por el uso de la tecnología V2X se traducirá en altos beneficios sociales ha generado una enorme expectación. Los beneficios que se esperan son una reducción significativa de las lesiones y muertes, lo que significa una reducción de los costes asociados a las lesiones y de los impactos económicos relacionados con los accidentes: coste asociado a las lesiones – costes directos de los accidentes, pérdidas de horas de trabajo, daños en la infraestructura, pérdida de capacidad productiva para la región. Por ejemplo, en estudios realizados para la DGT por la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y la Universidad de Murcia, España, se vaticina que se pueden evitar 1,4 millones de fallecidos en carreteras.

- Impacto socioeconómico de la congestión del tráfico: Los beneficios económicos potenciales incluyen tanto reducciones en los costes operativos y un aumento en la productividad, como reducciones en los costes de atención médica debido a lesiones en las personas a corto y largo plazo (por accidentes de tráfico) y así una mejor calidad de vida.
- Impacto sobre la movilidad y la sostenibilidad: Se contempla el potencial para reducir las emisiones de los vehículos con la gestión del tráfico utilizando la tecnología V2X. Como se ha concluido en un estudio del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, la tecnología V2X tiene la capacidad de reducir la congestión del tráfico en un 15%.

Beneficios para la seguridad vial estimados con los C-ITS:

Estudios realizados por National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA, estiman que el despliegue de dos aplicaciones V2V, el asistente de movimiento en intersecciones (IMA) y el asistente para el giro a la izquierda (LTA) (o RTA - Right Turn Assist - Asistencia de giro a la derecha - en los países con volante a la izquierda) podría prevenir potencialmente entre el 41 y el 55 % de los choques en intersecciones y entre el 36 y el 62 % de los choques en giros a la derecha/izquierda. Las estimaciones europeas sugieren que las aplicaciones de C-ITS podrían reducir hasta el 16% de las muertes y el 9% de las lesiones, mientras que estimaciones anteriores realizadas por Austroads sugieren reducciones potenciales del 23% de las muertes y el 28% de las lesiones en un escenario de elevada introducción de la tecnología.

- En Europa, el proyecto CODIA (Co-Operative Systems Deployment Impact Assessment) evaluó los impactos esperables en materia de seguridad vial de cinco sistemas C-ITS en 2020 y 2030 con escenarios de penetración en el mercado "bajos" y "altos", así como los impactos con un 100% de penetración, independientemente del año. Las tecnologías consideradas son: Adaptación dinámica de la velocidad V2I, control de carril reversible, Peligro local/aviso de peligro, aviso posterior al choque y aviso de colisión en intersección. El sistema de adaptación dinámica de la velocidad fue el más prometedor, con una reducción estimada de víctimas mortales del 7,2% y de lesiones del 4,8% con una penetración del 100% en el mercado. Se estimaba que la aplicación local de advertencia de peligro redujera las muertes en un 4,2% y las lesiones en un 3,1%, mientras que el sistema de advertencia de colisión en intersecciones se estimaba que reduciría las colisiones mortales en un 3,7% y las lesiones en un 6,9%.
- Austroads ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de los C-ITS y las tecnologías de conducción automatizada, incluyendo un resumen de las estimaciones de los beneficios potenciales para la seguridad de los EE.UU., Europa y Australia:
 - Basándose en diferentes opiniones, los expertos estimaron la eficacia potencial de las siguientes aplicaciones entre los vehículos de turismo:
 - Advertencia de colisión frontal cooperativa (CFCW), V2V;
 - Aviso de velocidad en curva (CSW), V2I;
 - Asistente de Movimiento de Intersección (IMA), V2V;
 - Asistente para giro a la derecha (RTA), V2V;
 - Asistente de mantenimiento de carril (LKA);
 - Frenado automático de emergencia (AEB).

Para el caso de las tecnologías de vehículos aplicadas a avisos y advertencias, se estimó que IMA era la más eficaz, con la capacidad potencial de eliminar entre el 35 y el 50% de las lesiones graves en los choques entre direcciones adyacentes en intersecciones. Se estimó que el RTA podría evitar entre el 25% y el 40% de las colisiones en las curvas a la derecha, mientras que la evaluación del CFCW y el CSW concluyó que podría ayudar potencialmente a los conductores a evitar entre el 20 y el 30% de los respectivos tipos de colisiones objetivo.

Dado que la respuesta correcta de los conductores a las alertas presenta limitaciones per se (es decir, que el factor humano influye en la percepción o no de las alertas), también se hizo una estimación hipotética de la eficacia potencial de las tecnologías V2V y V2I (excepto para CSW), en caso de que se dispusiera de sistemas viables que permitieran la intervención automática

mediante la aplicación de los frenos, por ejemplo. Bajo esta suposición, se estimó que IMA y RTA evitarían entre el 55-85% de sus tipos de choque objetivo y la CFCW entre el 45-70%.

De las aplicaciones automáticas, se estimó que el AEB eliminaba aproximadamente el 45-70% de las lesiones graves en las colisiones en el mismo sentido y el LKA alrededor del 25-40%.

3.2. IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE C-ITS EN LA EXPLOTACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS

Además de los efectos positivos de los servicios C-ITS en la seguridad vial, la eficiencia y el medio ambiente, se prevén mejoras en la explotación diaria de la red de carreteras.

Estas mejoras pueden propiciar un control y gestión del tráfico más adaptado a las necesidades reales de la vía, ayudando a una toma de decisiones más flexible y dinámica. La previsión de esta mejora se basa en el supuesto de que los servicios C-ITS funcionarán de manera bidireccional, lo que significa que, además de los servicios prestados por el operador de tráfico y carretera a los conductores, los usuarios y los propios operadores de tráfico y carretera podrán utilizar los datos procedentes de los vehículos para mejorar los servicios de explotación de la red de carreteras.

Los datos que proporcionan los vehículos implican que cada vehículo equipado se convierte en un sensor de tráfico móvil. Según los datos que se transmitan, aparecen distintas oportunidades para los operadores de tráfico y carretera. En la actualidad y especialmente en Europa, se prevén los siguientes grupos de mensajes con datos procedentes de los vehículos:

- El mensaje cooperativo de alerta (CAM - Cooperative Awareness Message) destinado al intercambio de datos de tráfico de alta frecuencia que contengan, entre otros, la velocidad, posición y dirección actuales del desplazamiento.
- En Europa, la notificación medioambiental descentralizada (DENM - Decentralised Environmental Notification) proporciona información sobre las condiciones anómalas o adversas del tráfico y las carreteras. Los DENMs se activan por eventos.

Los mensajes CAM pueden proporcionar información útil sobre el estado de las carreteras al operador de la red de tráfico y de carretera, siempre que el flujo de tráfico pueda caracterizarse con una implantación suficiente. La información que contienen los mensajes CAM también puede complementar a los sensores "fijos" existentes para el cálculo del estado del tráfico, como las espiras o detectores similares. La gestión de la capacidad realizada por los operadores de tráfico y carretera puede mejorarse mediante la utilización e incorporación de esta información.

Los mensajes DENM proporcionan también información medioambiental de utilidad para los operadores de tráfico y carretera, ya que se activan en condiciones específicas. Dependiendo de los sensores embarcados en el vehículo que se activen, se pueden generar mensajes específicos para transmitirlos al operador de tráfico y carretera. Los mensajes DENM pueden incluir:

- Advertencias sobre superficie deslizantes.

La activación del sistema antibloqueo de frenos o del sistema de control de estabilidad de un vehículo puede ser un indicador de que la superficie de la carretera es deslizante.

- Cambio de las condiciones meteorológicas

La activación de los sensores de lluvia, el estado del limpiaparabrisas, los sensores de temperatura o los faros antiniebla pueden ser un indicador de cambio en las condiciones meteorológicas.

- Obstáculos en la carretera y/o aviso de retenciones circulatorias.

Los vehículos que frenan bruscamente o los que cambian rápidamente de dirección pueden indicar la llegada al final de una cola de retención o proporcionar una indicación sobre personas, animales u obstáculos existentes en la carretera.

Es poco probable que la mayoría de los eventos enumerados sean informados por un único vehículo. Otros mensajes DENM serán generados por un único vehículo, como la avería del propio vehículo, información sobre un accidente o el frenado de emergencia al llegar a una cola de retención. Los mensajes anteriores pueden ser un indicador de activación para que los operadores de tráfico y carretera realicen las siguientes funciones:

- Informar a los vehículos en aproximación a los tramos peligrosos de la carretera a través de varios canales de información (incluyendo C-ITS)
- Establecer estrategias de gestión del tráfico, como reducir la velocidad máxima permitida o incluso cerrar un tramo de carretera específico.
- Iniciar los trabajos de mantenimiento más rápidamente gracias a la detección precoz del suceso.

Dependiendo de la calidad de los sensores a bordo del vehículo, esta información podría ser un complemento fiable para los datos existentes en los centros de gestión del tráfico. En el futuro, otros sensores embarcados, como las cámaras a bordo de los vehículos, podrán proporcionar datos más amplios y mejorados, lo que puede ser de gran interés para un sistema de gestión del tráfico más adaptativo y en tiempo real.

La información adicional, como el origen y el destino de los viajes individuales y agregados (por ejemplo, información procedente de los sistemas de navegación), será de gran interés para mejorar la gestión del tráfico. El suministro de estos datos puede ser potencialmente sensible considerando la protección de datos de carácter personal, lo que puede limitar su disponibilidad; en la actualidad, en algunos países sólo es posible acceder a ellos en proyectos de investigación.

Los servicios C-ITS permitirán mejorar en el futuro el funcionamiento de la red de carreteras gracias a una mayor disponibilidad de una comunicación más rápida y directa con cada vehículo. Esto constituye la base para futuras iniciativas de automatización, ya que los servicios actuales siguen siendo recomendaciones. Se convertirán en instrucciones jurídicamente vinculantes en función de la fiabilidad, precisión y robustez del enlace de comunicaciones entre la infraestructura y el vehículo.

En lo que se refiere a la explotación de la red de carreteras, esto significa que los futuros sistemas de gestión del tráfico deberán funcionar de manera más integrada mediante la fusión de datos procedentes de diferentes fuentes para crear conocimiento adicional sobre el estado de la red de carreteras. Los datos proporcionados por los vehículos, junto con los sensores tradicionales, pueden contribuir a mejorar las estrategias de gestión del tráfico. Además de las nuevas tecnologías como el Internet de las cosas (IO), el BigData o la inteligencia artificial (IA), los C-ITS forma parte del conjunto de tecnologías que propician una explotación eficiente y sin accidentes de la red de carreteras.

3.3. INFORMACIÓN SOBRE EL TRÁFICO, ESTADO DE LAS CARRETERAS, CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y DESVÍOS

La seguridad vial y la movilidad mejoran cuando se informa a los conductores sobre las incidencias y los peligros que les rodean, y cuando los vehículos pueden transmitir esta información a otros vehículos. La utilización de aplicaciones basadas en la tecnología de comunicación de vehículo a infraestructura (V2I) y de vehículo a vehículo (V2V) para transmitir a los conductores información fiable, precisa y completa sobre las condiciones de viaje (obras en la vía, condiciones meteorológicas) y las opciones de viaje (desvíos), tiene la capacidad de mejorar sustancialmente la seguridad vial y la movilidad. Desde el punto de vista de los operadores de tráfico y carretera, la transmisión de este tipo de información a los conductores también puede salvar vidas de los trabajadores de las obras en carretera, para quienes las zonas de trabajo pueden ser peligrosas o incluso mortales.

El entorno de las carreteras y las interacciones a todos los niveles pueden ser caóticos (en cortos períodos de tiempo). Las tecnologías existentes en los vehículos (convencionales no conectadas) y el entorno y la geometría de la carretera ya implican una amplia variedad en las condiciones de su funcionamiento. Del mismo modo, la mayoría de los conductores y usuarios de la carretera se adaptan con facilidad a las condiciones cambiantes y, en general, son capaces de reconocer, responder y reaccionar adecuadamente a las condiciones variables. Sin embargo, no todas las situaciones y combinaciones de condiciones pueden considerarse y los usuarios de la vía (conductores u otros) pueden cometer errores, incluso en las condiciones más favorables. La utilización de tecnologías conectadas ofrece la oportunidad de mejorar aún más las condiciones favorables que pueden ayudar a los conductores a ser más conscientes de las condiciones de su entorno y a responder de una manera más segura y eficiente y/o permitir que los vehículos o la infraestructura respondan a las condiciones cambiantes para mejorar la seguridad vial y la movilidad.

Dentro del sistema de tráfico, ningún componente individual puede, por sí solo, proporcionar los resultados de seguridad vial y movilidad deseados (por ejemplo, una señalización vial no puede "resolver" un problema inherente de geometría vial deficiente). Es la aplicación integrada de muchos componentes del sistema de tráfico lo que produce las condiciones bajo las cuales la seguridad vial y la movilidad pueden optimizarse. Es en este contexto en el que las aplicaciones C-ITS proporcionarán la capacidad de alcanzar resultados optimizados.

Servicios asociados relacionados con las obras en carretera y las condiciones meteorológicas.

Para ilustrar los posibles casos de uso en los que se puede mejorar la información que los conductores reciben sobre los peligros o riesgos en el entorno de la carretera, a continuación se muestran algunos ejemplos de casos de uso y servicios C-ITS sobre información de tráfico relacionada con las obras en carretera, las condiciones meteorológicas del entorno y las alternativas de desplazamiento. Estos ejemplos se han extraído de los resultados de los casos de estudio, recopilados en el marco del Grupo de Trabajo B.1 de la PIARC.

Advertencia de obras en carretera (RWW): El concepto general de este servicio es permitir que un operador de tráfico y carretera traslade a los conductores mediante la comunicación desde la infraestructura a los vehículos (I2V) la existencia de obras en la carretera, las restricciones y las instrucciones oportunas. Los vehículos que se aproximan reciben información acerca de las

condiciones en la zona de obras que van a encontrarse, como información de las características de la zona de obra y de las actividades que podrían presentar riesgos para la circulación. Esto incluye información del tipo obstáculo en el carril de circulación del vehículo, cierres de carril, cambios de carril y reducción de la velocidad. Las obras pueden ser fijas o móviles, planificadas o no planificadas. En cualquier caso, se advierte a los conductores sobre el estado de los carriles afectados y la presencia de trabajadores vulnerables. La implementación de este caso de uso general lleva a algunas adaptaciones ilustradas en los siguientes ejemplos.

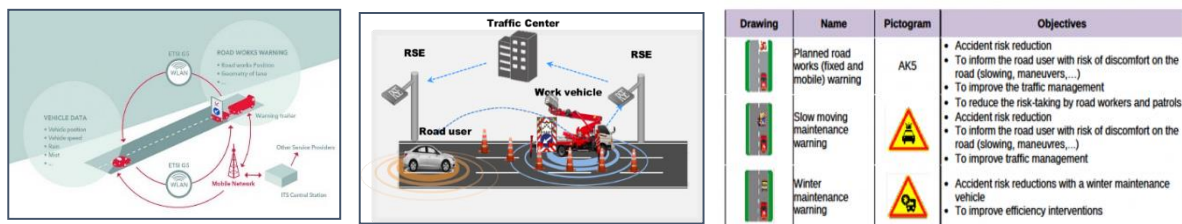


Figura 5: El uso de señales de advertencia de obras en carretera

Condiciones meteorológicas: El concepto general de este servicio es aumentar la seguridad del tráfico informando a los conductores sobre las condiciones meteorológicas de alto riesgo a las que se aproxima, especialmente cuando el peligro puede ser difícil de percibir visualmente. Este servicio proporciona información localizada sobre el estado de las carreteras a los conductores, como la presencia de niebla, placas de hielo, lluvias torrenciales, etc. En algunos casos (por ejemplo: Proyecto ETC 2.0 en Japón), el servicio proporciona información sobre asistencia en caso de desastres meteorológicos (huracanes, tsunamis) y también en caso de terremoto. La información proporcionada incluye la situación actual de los desastres y sus impactos. A pesar de que los desastres son impredecibles, esta información ayuda a los conductores a estar alerta frente a posibles cambios en las condiciones, a ser conscientes de las razones de las intervenciones operativas y a comportarse con relativa calma en situaciones extremas.

Con la capacidad de mejorar sustancialmente la seguridad vial y con la posibilidad de ser implementados en todo tipo de carreteras (urbanas, interurbanas, rurales), estos servicios se han desplegado y probado de manera similar y generalizada en entornos de prueba en todo el mundo (incluyendo Europa, E.E.U.U., Japón y Corea del Sur). Uno de los beneficios específicos en el caso de uso de la advertencia de obras en la carretera es que también afecta a la propia seguridad de los trabajadores en la vía, que es una de las principales preocupaciones de los operadores de tráfico y carretera. En Europa, según la plataforma C-ITS, estos servicios forman parte de la lista de "Servicios del Día 1", que se espera que estén disponibles a corto plazo debido a los beneficios sociales que van a proporcionar y a la madurez de la tecnología. En la Sección 4.1 se presenta un análisis del conjunto de servicios propuestos para un despliegue más amplio.

3.4. COSTE-BENEFICIO, RENTABILIDAD Y RETORNOS ESPERADOS DE C-ITS PARA LOS OPERADORES DE TRÁFICO Y CARRETERA

El desarrollo de C-ITS tiene algunos costes en infraestructura para el operador de tráfico y carretera, fundamentalmente las estaciones de sistemas inteligentes de transporte ITS situadas en el margen de la carretera, pero también el coste de la unidad central de los ITS. Estos costes son, de todos modos, menores respecto a los costes globales de despliegue en comparación con

los costes que suponen las unidades de comunicación de ITS embarcados en los vehículos, tal como se muestra en el informe sobre la fase I de la plataforma C-ITS de la Comisión Europea.

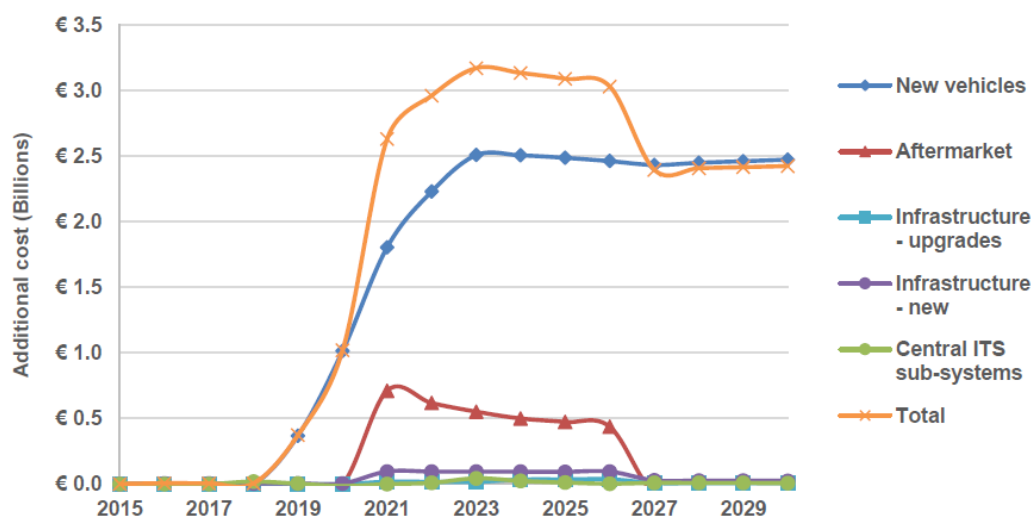


Figura 6: Escenario E "central": coste total anual adicional del equipo en relación con la línea de base. Informe de la Plataforma C-ITS

A partir de los resultados obtenidos en el proyecto francés SCOOP, el coste de una estación ITS instalada en el margen de la carretera se puede estimar en €10-€15k dependiendo de la posibilidad de una fuente de alimentación local y de una conexión de comunicaciones al centro de gestión del tráfico. Estos costes suelen ser más altos en una experiencia piloto, y se puede esperar una disminución de costes en despliegues a mayor escala. El coste del sistema central de control de los ITS es, por lo general, un despliegue único de programas informáticos y no suele ser significativo en comparación con las estaciones de ITS situadas en la carretera. El coste puede repartirse entre los operadores de tráfico y carretera.

Sin embargo, parece que merece la pena asumir estos costes si se comparan con el ahorro de coste esperado debido a la mejora de la eficiencia, como se enumera a continuación.

Con **bajos índices** de implantación: detección limitada en carretera y sin costes por la adquisición de datos de vehículos flotantes.

Para recopilar información sobre los flujos, las velocidades y las condiciones de circulación de los vehículos, tales como retenciones de tráfico, los operadores de tráfico y carretera suelen utilizar detectores de vehículos ejecutados en el pavimento de la carretera, fundamentalmente, espiras de inducción. Esto supone una inversión inicial significativa y costes continuos de mantenimiento, y sólo proporciona la información en la ubicación del detector. Para tener información del resto de la red, los operadores pueden adquirir datos de vehículo flotante (FCD floating car data) o datos sobre móviles flotantes (FMD floating mobile data) a los proveedores de servicios basados en el seguimiento por GPS o del teléfono móvil. Así también se puede obtener información sobre los tiempos de recorrido entre distintos orígenes y destinos. Sin embargo, en muchos casos estos datos no pertenecen al operador de tráfico y carretera y son datos relativamente caros. Los datos procedentes de vehículos que proporcionan los C-ITS, tienen la capacidad de reducir o eliminar significativamente estos costes y también proporcionan al operador de tráfico y carretera

información sobre velocidad, retenciones de tráfico y tiempos de recorrido sin incurrir en un gasto continuo. Se puede alcanzar esto incluso con unos índices de implantación razonablemente bajos.

Con niveles de implantación **medios**: reducción de las cámaras fijas de televisión y del trabajo de supervisión de los operadores. C-ITS también permite la recopilación de información del evento directamente de los vehículos involucrados en el mismo. Esto significa que las habituales formas para obtener información sobre los eventos, como llamadas telefónicas, supervisión o cámaras in situ, pueden reducirse, siempre que el índice de implantación de C-ITS sea lo suficientemente alto.

Con **altas** tasas de implantación: reducción de los paneles de mensaje variable y potencialmente menos señales de tráfico en general.

C-ITS puede proporcionar información a los conductores directamente en sus vehículos. Algunos formatos de mensajes estandarizados, como el IVS (señalización a bordo de vehículos), permiten mostrar el contenido de un Aviso de Mensaje Variable, lo que significa que a altas tasas de implantación, el número de paneles de mensaje variable en carretera podría reducirse. Para su desmontaje se habría de considerar la aceptación de este hecho por parte de los usuarios afectados. Con un índice de implantación del 100%, la señalización embarcada podría sustituir a las señales de tráfico, incluso los límites de velocidad.

Retornos esperados

Los operadores de tráfico y carretera pueden tratar de recuperar los costes incurridos con el despliegue a través de los potenciales retornos esperados por los servicios prestados.

Existen diferentes modelos de negocio propuestos para los C-ITS que implican un pago por parte del conductor. Uno de ellos es que el pago se efectúe al proveedor de la unidad ITS a bordo del vehículo, que podría ser un fabricante de automóviles o un proveedor de servicios postventa. Es razonable esperar que el precio al consumidor incluya una parte como ingresos para el operador de tráfico y carretera, que cubra al menos los costes de mantenimiento de las estaciones ITS situadas en los márgenes de la carretera.

También existe la posibilidad de que los C-ITS se vinculen a los sistemas de peaje electrónico, de modo que las unidades ITS embarcadas en los vehículos también puedan comprarse o alquilarse a los operadores de tráfico y la carretera.

3.5. GESTIÓN E INSPECCIÓN DE ELEMENTOS (DETECCIÓN DE DEFECTOS DEL PAVIMENTO, BACHES, ESTADO DE LAS MARCAS VIALES)

El mantenimiento de las carreteras y su impacto en la vialidad de la red de carreteras

El objetivo principal de un operador de tráfico y carretera es proporcionar un sistema de transporte eficiente y fiable que sea sostenible y responda a las necesidades de movilidad de los viajeros. Para lograrlo, el operador de tráfico y la carretera generalmente desarrolla y sigue estrategias estructuradas para:

- Operación del tráfico: contribuir a garantizar la fiabilidad de los desplazamientos y del transporte en todas las condiciones, mediante la prevención de incidentes y la minimización de sus impactos.

- **Mantenimiento:** preservar y prolongar la vida útil de la infraestructura, mitigar los impactos de las obras y mejorar la seguridad vial, mediante la realización de reparaciones adecuadas y actividades de mantenimiento en el momento oportuno, de forma regular.

Las actividades de mantenimiento de carreteras pueden agruparse de la siguiente manera:

- **Mantenimiento ordinario:** Tratamientos periódicos y limitados en el pavimento para proteger, disminuir su tasa de deterioro y alargar la vida útil del pavimento.
- **Mantenimiento de emergencia:** Que, de antemano, no puede ser estimado con certeza.
- **Mantenimiento planificado:** Estas actividades se identifican a través de la planificación estratégica.

Un mantenimiento inadecuado también puede contribuir a la falta de fiabilidad de la red de carreteras. De acuerdo con la investigación realizada en el área objetivo de Fiabilidad del Programa Estratégico de Investigación de Carreteras 2 (SHRP2), las obras en carretera son uno de los principales motivos de la falta de fiabilidad en los tiempos de viaje. El objetivo principal de SHRP2 Reliability era mejorar la certidumbre de los tiempos de viaje en carretera mediante la reducción de la frecuencia y los efectos de los eventos que implican que los tiempos de recorrido fluctúen de manera impredecible. Se identificaron siete fuentes potenciales de variaciones en los tiempos de viaje, incluyendo incidentes de tráfico, zonas de trabajo, fluctuaciones de la demanda, eventos especiales, dispositivos de control de tráfico, clima y capacidad limitada.

Con el fin de prevenir y paliar la congestión y los retrasos debidos a las obras en carretera, los operadores de tráfico y carretera suelen adoptar estrategias de mantenimiento que tienen en cuenta las condiciones de tráfico predominantes. Por ejemplo, el operador de tráfico y carretera intentará, en la medida de lo posible, planificar intervenciones de mantenimiento de corta duración y en períodos valle, ya sea durante la noche o cuando la densidad del tráfico sea relativamente baja.

C-ITS, los nuevos sensores y la IO pueden ayudar a supervisar los activos.

Por lo que se refiere a la explotación del tráfico, los C-ITS desempeñarán un papel importante aportando datos más precisos y pertinentes para el seguimiento del tráfico. Además de las tecnologías de recogida de datos ya establecidas, como los bucles inductivos, los sensores de infrarrojos y las imágenes de radar y vídeo, las nuevas fuentes de datos, como el PVD (Probe Vehicle Data, datos captados por vehículos, generados por vehículos que contienen información sobre la posición, la hora y el movimiento de los mismos), ayudarán a los operadores de tráfico y carretera a obtener información mejor y más actualizada del tráfico y la red de carreteras. Además, C-ITS tiene la capacidad de ayudar a gestionar el tráfico proporcionando información directamente al conductor a través de servicios tales como señalización en vehículos, aviso de obras viales, etc.

Los trabajos del Grupo B.1, se han centrado en el proceso de estudio y examen bibliográfico, no se ha identificado ningún despliegue que muestre el uso del sistema C-ITS que contribuya contribuir directamente a las funciones de gestión de activos.

Por lo que se refiere al mantenimiento, el operador de mantenimiento de carretera realiza dos tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento correctivo:** esta actividad se centra, por ejemplo, en actuaciones sobre el pavimento para devolverlo a condiciones adecuadas. Incluye bacheado, parches y reparaciones, etc.
- **Mantenimiento preventivo:** tiene por objeto corregir las pequeñas deficiencias superficiales del firme en buen estado y prolongar su vida útil.

Ambos tipos de mantenimiento dan lugar a importantes obras que podrían crear congestión y la consiguiente falta de viabilidad en la red viaria. El uso de nuevos tipos de sensores (a bordo de vehículos) podría dar lugar a un mantenimiento más proactivo y a una reducción de las acciones correctivas, reduciendo así los retrasos en el mantenimiento y prolongando la vida útil de la infraestructura.

Como ya se ha indicado, hay pocos ejemplos de proyectos de investigación que utilicen tecnología dirigida a optimizar problemas de mantenimiento. Los teléfonos inteligentes o los detectores en los vehículos (GPS, giróscopos, acelerómetros, etc.) tienen la capacidad de proporcionar datos valiosos que pueden utilizarse para evaluar el estado del firme. Por ejemplo, los investigadores franceses de IFSTTAR han desarrollado herramientas y métodos para la monitorización y diagnóstico del estado de la infraestructura de transporte utilizando vehículos sonda con sistemas de medición integrados. Uno de estos proyectos, cuyo acrónimo en francés es MIRANDA (Measurement of Road Indicators by Nomadic devices), ha puesto en marcha un proceso para los gestores de infraestructuras con el fin de proporcionarles una actualización automática del mapa de defectos de la superficie de las carreteras y mejorar así la gestión de la red. La recogida de datos de carreteras se realiza a través de teléfonos inteligentes que tienen la ventaja de ser tanto un sistema de medición (mediante sensores internos como el acelerómetro y el GPS) como un objeto conectado (por ejemplo, con un servidor de carreteras).

3.6. IMPACTO DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (MONITORIZACIÓN TEMPRANA Y REDUCCIÓN CON ALTOS ÍNDICES DE IMPLANTACIÓN)

El despliegue de C-ITS tiene la capacidad de reducir el impacto medioambiental de los vehículos (mitigación de los gases de efecto invernadero) a través de la reducción de la congestión, que es posible gracias a los vehículos que se comunican con la infraestructura (V2I) y transmiten información a otros vehículos (V2V).

Por ejemplo, la información en tiempo real sobre las condiciones del tráfico ayudará a los conductores a evitar retenciones tomando rutas alternativas y permitirá que los vehículos circulen de manera más eficiente, lo que hará que su viaje sea más ecológico (eco-friendly). Además, con más datos de tráfico en tiempo real recopilados a través de los servicios C-ITS y con información más precisa sobre el tráfico, los gestores de tráfico y carretera podrán gestionar el tráfico de manera más eficiente.

En la siguiente sección se presentan algunos casos de uso potencial relacionados con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos ejemplos se han extraído de los resultados de los estudios recopilados en el marco del Grupo de Trabajo B.1 de la PIARC.

Aviso de velocidad óptima con luz verde (GLOSA):

Este servicio tiene como objetivo avisar para optimizar la forma en que los vehículos se aproximan y transitan por una intersección. El objetivo es que los conductores ajusten la velocidad de sus vehículos para llegar a una intersección durante una fase verde. Para ello, la información de fase y temporización del semáforo se transmite a los vehículos, utilizando la comunicación V2I de mensajes estandarizados: SPATEM y MAPTM.

- El mensaje SPATEM incluye la fase de semáforo y el tiempo para cada maniobra permitida.
- El mensaje MAPEM incluye la tipología de la intersección y las maniobras permitidas.

Esta información permite al proveedor de servicios calcular y difundir el aviso de la velocidad del conductor. También se calcula el tiempo necesario para alcanzar la fase verde y, si la normativa lo permite, se proporcionará al conductor.

GLOSA ayuda a los conductores a reducir el número de paradas en los semáforos en rojo, mejorando el flujo de tráfico y reduciendo los niveles de emisiones de los vehículos en marcha. Tanto la energía como las emisiones se ahorran evitando aceleraciones o frenazos innecesarios.

Un ejemplo del uso de GLOSA se ha incluido en el proyecto C-The-Difference desarrollado en la ciudad de Burdeos, Francia.

El servicio GLOSA está disponible en una aplicación para teléfonos inteligentes que permite geoposicionar un vehículo a lo largo de un trayecto y aconseja al conductor la velocidad óptima para que los viajes sean más fluidos, seguros y eficientes desde el punto de vista energético.



1. Consejos para reducir la velocidad a 50 km/h y coger el semáforo en verde.

2. El próximo semáforo será verde

3. El conductor puede prepararse para detenerse, la luz permanecerá roja.

4. En el próximo semáforo, el semáforo está en verde, pero pronto se volverá rojo.

Figura 7: Ejemplo del aviso proporcionado a los conductores a través de GLOSA

Monitorización del tráfico usando datos de vehículos con captación (PVD):

El concepto general de este servicio es recopilar datos de vehículos flotantes (FCD) generados por sistemas en los vehículos, que recopilan información sobre la posición del vehículo, los registros de tiempo, etc. Estos datos pueden utilizarse en el tráfico en tiempo real para ayudar a los

operadores de tráfico y carretera a conocer mejor el estado del tráfico y, por lo tanto, a gestionarlo de manera más eficaz. Cuantos más datos de tráfico en tiempo real se recopilen, más precisa podrá ser la información sobre tráfico.

Un ejemplo del uso del PVD para mejorar la gestión del tráfico ha sido el proyecto ETC 2.0 (Japón), que incluye la recogida y suministro de información sobre el tiempo de viaje.

- El operador de tráfico y carretera recopila datos de tráfico en tiempo real a través de PVD
- Proporciona información sobre el tiempo de viaje entre los equipos de carretera (Road Side Equipment).
- Apoya la selección óptima de la ruta mediante la notificación a los conductores de la información sobre el tiempo de viaje entre dos puntos o nodos.

Rutas inteligentes

El concepto general de este servicio es mejorar la gestión del flujo de tráfico ofreciendo sugerencias de desvío basadas en alertas por atascos en tiempo real. Esto ayuda al conductor a realizar viajes más eficientes con viajes potencialmente más ecológicos y a mitigar algunos de los impactos negativos del transporte, como la congestión y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas.

La eficiencia de estos servicios (GLOSA, monitorización de tráfico usando datos de vehículos con sonda y enrutamiento inteligente) está fuertemente relacionada con la tasa de implantación del servicio. Cuanto más alto sea el índice de implantación, más eficientes serán los servicios en el logro de la eficiencia de los viajes, lo que puede traducirse en la reducción de las emisiones y el ahorro de energía.

3.7. IMPACTO EN EL DISEÑO DE LAS CARRETERAS

3.7.1. Introducción

A nivel básico, se considera que se diseñan carreteras para permitir el transporte de personas y mercancías de un lugar a otro. Las redes de carreteras actuales han evolucionado a partir de vías que proporcionan un enlace adecuado entre el origen y el destino, que se definieron y se hicieron adecuadas mediante la necesidad y el uso creciente.

El propósito fundamental del diseño de carreteras es proporcionar la infraestructura que permita el transporte seguro, eficiente y cómodo de personas y mercancías. Con respecto a las personas, el diseño tiene en cuenta una serie de cuestiones de confort, como la limitación de la aceleración lateral y vertical en el cuerpo humano. Para el movimiento de mercancías, la eficiencia y la comodidad implican que se entreguen en plazos de entrega eficientes que minimicen los costes y garanticen que las condiciones sean tales que se pueda proporcionar estabilidad y suavidad que permitan el transporte sin dañar las mercancías. En términos de diseño, esto se traduce en requisitos de velocidad de diseño, alineación geométrica y pavimentación. Otros aspectos del diseño de carreteras incluyen elementos en el entorno de la carretera, como señales y marcas viales, etc., que proporcionan información a los conductores para regular y gestionar mejor sus acciones, así como otros aspectos de la infraestructura y sistemas de recogida de datos, seguimiento del tráfico y control de las operaciones del sistema.

Los Vehículos Conectados proporcionan oportunidades y retos tanto para la planificación de las carreteras como para su diseño.

3.7.2. Práctica actual de planificación y diseño de carreteras

Planificación Vial: La planificación de los lugares donde se construyen las carreteras ha evolucionado desde los caminos con gran uso entre asentamientos hasta la adopción de estrategias de desarrollo de redes a largo plazo combinadas con modelos y análisis complejos basados en la necesidad existente, futura o estimada para viajar (personas y bienes). Los pasos en la planificación tendrán en cuenta el sistema de transporte y la sociedad en general y si una carretera es el medio de transporte más apropiado dentro de ese ecosistema.

Diseño de carreteras: El diseño de una carretera viene determinado por su objetivo: por ejemplo, una carretera interurbana de alta velocidad, una carretera rural, una carretera local o una calle de la ciudad. Se han desarrollado criterios de diseño que incluyen los elementos comunes de velocidad, alineación y pavimentación para permitir el diseño consistente de las carreteras:

- **Velocidad:** Una velocidad de diseño se determina teniendo en cuenta varios factores como el tipo de carretera (por ejemplo, un entorno urbano implica interacciones con peatones, ciclistas, etc. con intersecciones frecuentes que dictan una velocidad más lenta).
- **Alineación:** En función de la velocidad de diseño, se establecen límites tanto para la alineación horizontal como para la vertical con el fin de garantizar un viaje seguro y cómodo, tratando de proporcionar una alineación que permita a los vehículos desplazarse con seguridad a la velocidad de diseño (por ejemplo, las curvas pueden trazarse con seguridad, las intersecciones existentes permiten tomar las decisiones adecuadas, etc.).
- **Firme:** El firme de la carretera es adecuado para el tipo de vehículo y la velocidad de diseño. Las carreteras de alta velocidad requieren un firme que proporcione una adherencia adecuada para frenar y acelerar y que esté libre de irregularidades (agujeros, protuberancias) que puedan causar daños o una pérdida de control.

Los aspectos relativos a la información y regulación están contemplados en la normativa:

- **Información:** Señales para guiar al conductor hasta su destino, a nivel local y estratégico. También se proporciona información sobre los peligros y las condiciones de la carretera como parte del diseño general, para permitir el uso seguro de la carretera.
- **Regulación:** Cuando es necesario controlar determinados aspectos del comportamiento del conductor, como la velocidad, la dirección de marcha, etc. y la optimización y regulación del flujo en los cruces (incluidos los pasos de peatones).

3.7.3. Impacto de los vehículos conectados en la planificación y el diseño de carreteras

Existe la posibilidad de que los impactos de los Vehículos Conectados en el diseño de las carreteras sean significativos.

Muchas de las aplicaciones C-ITS que han sido y están siendo consideradas y probadas dependen de que los operadores de tráfico y carretera instalen unidades de comunicación en los márgenes de las carreteras (es decir, unidades de carretera o RSU) conectadas a la red de comunicaciones de datos de los operadores de tráfico y carretera. Una RSU entonces se comunica con una unidad en un vehículo (una Unidad a Bordo, OBU) para intercambiar datos e información. Este es el método principal utilizado para la comunicación V2I.

Un primer impacto en los operadores de tráfico y la carretera es la necesidad de financiar equipamiento adicional en el margen de la carretera para instalar, mantener y explotar las RSU e

integrarlas con los sistemas de gestión del tráfico existentes. Los vehículos conectados tendrán el potencial de actuar como sondas y proporcionar datos a los operadores de carreteras y tráfico sobre la velocidad del tráfico, el flujo, la posición, el estado del vehículo, etc.

Las aplicaciones que utilizan V2V y V2Others pueden funcionar independientemente de los servicios proporcionados por los operadores de tráfico y carretera.

Los impactos potenciales más significativos en el diseño vial de los vehículos conectados son los relacionados con los semáforos:

- Control de señalización urbana: el diseño tradicional de las vías con señales en las intersecciones de las zonas urbanas podría resultar redundante cuando los vehículos están conectados entre sí, aunque por razones de seguridad esto necesitaría prácticamente al 100% la implantación en los vehículos. La función actual de una autoridad de tráfico es optimizar el flujo en las intersecciones, utilizando señales y datos de los sensores, cuando los vehículos hablen entre sí al aproximarse a la intersección esa información así como la "conversación" entre los vehículos se deberá tener en cuenta en la regulación de las fases. En un escenario mixto, donde algunos vehículos están conectados y otros no, puede ser necesario reevaluar las normas actuales.
- Carreteras de alta velocidad: este tipo de vías cuenta con señales de colocadas en pódicos (controles de uso del carril); los sistemas de control deben garantizar que se proporciona exactamente la misma información a los vehículos conectados que reciben información sobre consejos o información de obligado cumplimiento.

3.7.4. Oportunidades de los vehículos conectados para la planificación y el diseño de carreteras

Los vehículos conectados ofrecen oportunidades en cuanto a la planificación y el diseño de carreteras. Aunque las mayores oportunidades se presentan cuando la flota de vehículos está completamente conectada, también aparecen oportunidades en un contexto mixto de conexión.

Planificación Vial: Los vehículos conectados actúan como sondas dentro de una red de carreteras y proporcionan diversos datos que pueden utilizarse en el proceso de planificación, reduciendo o eliminando la necesidad de realizar estudios a pie de carretera u otros métodos tradicionales de recogida de datos de tráfico. La información puede ser captada y analizada en tiempo real o poco después de su obtención, reduciendo así los retrasos en el proceso de planificación.

Diseño de carreteras: Con el tiempo, los vehículos conectados podrían eliminar la necesidad de varios de los sistemas tradicionales ITS existentes en la carretera y de infraestructura auxiliar, como por ejemplo: Paneles de Mensaje Variable, CCTV, Sistemas de Detección, Señales de Gestión de Uso de Carril, etc. Del mismo modo, la necesidad de señales de tráfico fijas también podría reducirse o eliminarse en determinadas condiciones.

Dentro de un contexto mixto de conexión pueden aparecer beneficios económicos para los operadores de tráfico y carretera al proporcionar la información de las unidades a bordo- OBU de los vehículos conectados a los vehículos que no tienen conectividad incorporada ni pantallas de información, en lugar de mantener la infraestructura y los sistemas tradicionales.

3.8. MEJORA EN LA IMAGEN DE LOS OPERADORES DE TRÁFICO Y CARRETERA Y EN LA SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS

3.8.1. Mejora de la imagen de los operadores de tráfico y carretera

Las tareas y el papel que tradicionalmente han llevado a cabo los operadores de tráfico y carretera en el sistema vial van a experimentar cambios significativos debido a la influencia creciente de los C-ITS. Principalmente, es probable que la cooperación y la colaboración con los fabricantes de automóviles se intensifiquen, y que la creación de nuevas necesidades y requisitos dentro del espacio C-ITS, impliquen que las distintas partes interesadas desempeñen diversas funciones en el despliegue C-ITS. También es probable que se vea afectada la imagen de los operadores de tráfico y carretera, que han operado y gestionado en exclusiva las vías.

En tal situación, es probable que los operadores del tráfico tengan que modificar su papel operando la carretera incrementando la colaboración con más partes interesadas, en contraste con el enfoque actual de ser el único operador. Considerando el potencial de los C-ITS para proporcionar a los usuarios de la carretera servicios más seguros, eficientes y cómodos, estos esfuerzos de colaboración permitirán a los operadores de tráfico y carretera mejorar su imagen ante los usuarios de la carretera.

En el pasado, los operadores de tráfico y carretera han obtenido información predominantemente a través de procesos de recogida directa, pero en el futuro, dicha información también estará disponible a través de otros servicios y de otras partes interesadas. Los operadores de tráfico y carretera también tendrán que compartir la información que han adquirido con otras partes interesadas, más que en el pasado. En este proceso, deberían ser capaces de mejorar su imagen entre el resto de los actores, desempeñando un papel esencial en el despliegue de los C-ITS como operadores de tráfico y carretera, al constituirse en el mayor proveedor de información útil para los usuarios de las carreteras, con el fin de ayudar a mejorar sus necesidades y experiencias en materia de viajes.

Mejores servicios prestados por los operadores de tráfico y carretera

Para mejorar la imagen de los operadores de tráfico y carretera, los servicios que deben ponerse a disposición de los usuarios de las vías en los servicios de despliegue C-ITS deben ser mejores que los prestados hasta ahora. El despliegue y la prestación de "mejores" servicios significan que la elección de los servicios, el tipo y la calidad de la información deben ser atractivos, útiles y fiables para los usuarios de la carretera. Se necesitan funciones y responsabilidades claras para asegurar que la información cumpla con los resultados esperados y cada parte interesada debe ser consciente y responsable de la consistencia y calidad del servicio prestado en el despliegue de los servicios C-ITS (incluso si una parte interesada contribuye sólo con un pequeño componente del servicio general). El operador de tráfico y carretera desempeña un papel fundamental en la coordinación de las actividades y los métodos de prestación de servicios, ya que, por lo general, tiene el mandato de gestionar la red de carreteras y probablemente seguirá siendo la principal entidad pública para los servicios C-ITS en el futuro.

Los 25 servicios iniciales de C-ITS ofrecidos por los operadores de carreteras y gestores del tráfico en los países europeos, tal como se menciona en la sección 4.1, se distinguen entre los 14 servicios del día 1 con el mayor grado de madurez para el despliegue y los 11 servicios adicionales que probablemente se desplegarán en una próxima fase (servicios del día 1.5).

El papel de los operadores de tráfico y carretera para los usuarios de las vías

Los operadores de tráfico y carretera recopilan y procesan información de la carretera a través de la tecnología C-ITS y la proporcionan a los usuarios de la carretera de manera directa o indirecta. Además, los operadores de tráfico y carretera utilizan esa información para la gestión del tráfico y el mantenimiento de las infraestructuras viarias. La mayor parte de la información que recogen

Los sistemas C-ITS es relativa a la carretera, lo que tiene impacto directo con la seguridad del conductor. En los países que están desarrollando C-ITS, la mayoría de los operadores de tráfico y carretera tratan de proporcionar como primer servicio a los usuarios de las vías, aquellos relacionados con la seguridad vial. Si los usuarios de la carretera acceden a estos servicios, los usan y aprecian su funcionalidad, la imagen de los operadores de tráfico y carretera puede mejorar sustancialmente.

Los operadores de tráfico y carretera disponen de una serie de servicios C-ITS relacionados con la seguridad:

- Luz de freno electrónica de emergencia
- Notificación de lugares peligrosos
- Aviso de obras en carretera
- Meteorología y Condiciones de la superficie de la vía
- Tiempo para Verde (TTG)
- Incumplimiento de la regulación del tráfico / Intersección segura
- Protección de los usuarios vulnerables de la vía pública (peatones y ciclistas)
- Alerta cooperativa de riesgo de colisión

No es fácil para los operadores de tráfico y carretera obtener toda la información generada en la carretera en tiempo real y proporcionarla a los usuarios al mismo tiempo. Sin embargo, se pueden recoger y procesar de manera exhaustiva los datos procedentes de vehículos, teléfonos móviles, etc., junto con los datos que recogen de sus propios sistemas, mejorando así la fiabilidad y estabilidad de la información que proporcionan a los usuarios de la carretera.

Existe una serie de servicios de alerta C-ITS disponibles para su prestación por parte de los operadores de tráfico y la carretera:

- Luz de freno electrónica de emergencia
- Meteorología y condiciones de la superficie de la vía
- Aviso de obras en carretera
- Alerta por situación de emergencia
- Protección de los usuarios vulnerables de la vía pública (peatones y ciclistas)

Además, los operadores de tráfico y carretera podrán utilizar la información recopilada para tratar rápidamente los problemas de mantenimiento y los riesgos para la seguridad, como baches, obstáculos en las carreteras, etc. También permitirá establecer planes más eficientes para el mantenimiento de las carreteras y la gestión del tráfico. Los operadores de tráfico y carretera podrían registrar una reducción de los costes de gestión de las carreteras y de los costes sociales debido a la consiguiente reducción de los accidentes de tráfico. Este seguirá siendo el papel principal de los operadores de tráfico y carretera con el despliegue de C-ITS en el futuro. La gestión adecuada de las necesidades de los usuarios de las carreteras en materia de servicios C-ITS y la garantía de que su despliegue inicial y la prestación continua de servicios que sean útiles, coherentes y fiables contribuirán a la percepción pública de los operadores de tráfico y carretera.

3.8.2. Satisfacción del usuario

En el despliegue de los C-ITS, los operadores de tráfico y la carretera deben garantizar que los usuarios de la vía estén satisfechos con el trabajo de los operadores de tráfico y carretera. Los usuarios de la carretera se beneficiarán en última instancia de los servicios de desarrollo C-ITS. También es probable que sean las partes intervinientes en el sistema C-ITS las que paguen por los servicios, ya sea directa o indirectamente, e influyan en los servicios que los intervinientes en el sistema prestarán en el futuro. Por lo tanto, para garantizar unos niveles razonables de satisfacción de los usuarios, los usuarios de la carretera (o, como mínimo, las necesidades reales

de los usuarios de la carretera) han de participar o ser tenidos en cuenta activamente a la hora de determinar el nivel del servicio de desarrollo C-ITS que prestarán los operadores de tráfico y la carretera.

Es importante tener en cuenta que la información adoptada, aceptada y cumplida de los mensajes C-ITS, debería ser valorada por parte de los usuarios de la carretera como:

- Pertinente y valiosa para el usuario de la vía - capaz de ayudar en la toma de decisiones
- Consistente – con mensajes similares usados para situaciones / lugares similares
- Creíble – los mensajes tienen sentido en el contexto del tiempo real donde se encuentra el usuario y el vehículo
- Fiable – no sólo en lo relativo a la consistencia del mensaje sino también en lo referido al propio funcionamiento del sistema

La confianza de los usuarios de la vía, en especial cuando los mensajes requieren que el usuario actúe de acuerdo con una recomendación, es un componente crítico para alcanzar los beneficios potenciales de los C-ITS. Desactivar intencionadamente los mensajes por parte de los usuarios de la vía, o decidir ignorar conscientemente las recomendaciones, puede reducir significativamente la capacidad de las aplicaciones C-ITS para lograr los beneficios esperados, tanto para la seguridad vial como para la eficiencia operativa. La credibilidad de los mensajes que se transmiten debe mantenerse garantizando que los servicios no se vean degradados por opciones de servicio inapropiadas o irrelevantes (para un contexto vial determinado) o a opciones de tecnología/comunicación deficientes. Estos aspectos son especialmente importantes durante las primeras etapas del despliegue masivo, ya que la pérdida de confianza puede ser difícil de recuperar. Por lo tanto, la inclusión de los usuarios de la carretera en los grupos de interés y la recepción de información sobre el rendimiento del sistema deben considerarse un aspecto vital para el despliegue de los sistemas C-ITS en fase piloto y los primeros desarrollos de sistemas C-ITS.

Participación en la implantación de los servicios C-ITS

Con el desarrollo de C-ITS, los usuarios de la vía podrán conducir de forma más segura y cómoda que antes. La participación y las expectativas de los usuarios de la vía son esenciales en el desarrollo de la tecnología C-ITS. En particular, es importante que el servicio C-ITS funcione desde el punto de vista de los usuarios y no desde el punto de vista de los proveedores de servicios. Con este fin, los operadores de tráfico y carretera deben comprender las necesidades y opiniones de los usuarios de las vías a través de proyectos piloto, técnicas de investigación de mercado y medios similares. Los operadores de tráfico y carretera y sus socios tendrán que desarrollar y prestar servicios que den respuesta a las necesidades de los usuarios de las vías a la hora de instalar y operar equipos en carretera (RSE).

En muchos países desarrollados, los C-ITS se promueven enfocados a proporcionar seguridad a los usuarios de la vía (por ejemplo, los Servicios del Día 1). Además de la seguridad de los usuarios de la vía, como los Servicios del Día 1.5 en Europa, los operadores de tráfico y carretera también promocionan los servicios de información vial para proporcionar una mayor comodidad al usuario. Para prestar esos servicios también, es importante que los operadores de tráfico y carretera se esfuercen por desarrollar los servicios C-ITS; también es importante que los usuarios de las vías usen la tecnología C-ITS para incrementar su grado de aceptación.

Seguridad y protección de datos personales

Deben establecerse y revisarse las medidas de seguridad y de protección de datos de carácter personal en los servicios de despliegue C-ITS. (Véase el capítulo 4.10)

3.9. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA INFRAESTRUCTURA

3.9.1. Introducción

Los conductores desean tiempos de viaje razonables que se mantengan día a día y sin interrupciones inesperadas –que es también la situación que desean para la red de carreteras los planificadores, diseñadores y operadores. Sin embargo, surgen muchas situaciones que impiden que las condiciones del tráfico cumplan estas expectativas –a veces planificadas, eventos que generan perturbaciones (incluyendo eventos singulares y obras viales) y a menudo sin planificar (como la congestión debida a condiciones de saturación excesiva de la red, colisiones y eventos relacionados con las condiciones climatológicas).

Los vehículos que utilizan los servicios C-ITS presentan oportunidades tanto para gestionar mejor estos eventos como para resolverlos en algunos casos.

3.9.2. Eventos planificados

La planificación de ejecución de eventos sobre una red de carreteras se llevará a cabo, normalmente, dentro de un calendario consensuado con acciones de aprobación, consultas, plazos de notificación, etc. Se acordarán protocolos para compartir la información pertinente con los usuarios de la vía, incluyendo señales de tráfico (mensajes fijos y variables), campañas de difusión en Internet, correos electrónicos, avisos públicos, folletos, etc.

La conectividad proporciona otro canal de comunicación para esta información: puede proporcionarse a los conductores en el itinerario más adecuado de su viaje utilizando pantallas de información en los vehículos. La mayor ventaja es que la información puede ser específica de la ubicación, de modo que los conductores sólo reciben lo que es relevante para su desplazamiento, y puede ser dinámica, de modo que es útil para ese momento del viaje. El potencial avance es que se puede reducir o eliminar la necesidad de señales de tráfico circunstanciales y fijas, lo que ahorrará costes y reducirá la exposición al riesgo para los trabajadores de la carretera. También es más probable que los conductores aumenten su confianza en la información que reciben y le presten más atención, lo que puede incrementar los beneficios esperados.

Mientras que la gestión temporal del tráfico en los grandes proyectos de obras viales es estática durante largos períodos de tiempo, hay muchos casos de obras en carretera que afectan de forma puntual y frecuente al tráfico. La realización de cortes móviles de carreteras y/o carriles es cada vez más frecuente y la vinculación de los datos de dichos cierres a los sistemas embarcados en los vehículos presentará importantes beneficios en materia de seguridad vial y gestión de la congestión.

3.9.3. Eventos no planificados

Los beneficios potenciales de los vehículos que utilizan C-ITS cuando ocurre un evento no planificado están asociados tanto con la detección como con la gestión del evento.

Detección

Los datos de los vehículos conectados pueden proporcionar alertas tempranas a otros vehículos conectados a través de comunicaciones V2V y también a través de comunicaciones V2I a los centros de gestión del tráfico. Por ejemplo, el frenado de emergencia podría transmitirse a los vehículos que circulan aguas abajo para advertirles de que tomen precauciones adicionales; recibir los mismos datos en un centro de gestión del tráfico procedentes de varios vehículos en el mismo lugar, proporcionarán una alerta temprana de un incidente.

Los vehículos conectados pueden proporcionar también información sobre las condiciones meteorológicas peligrosas de la carretera (nieve, hielo, lluvia), por ejemplo, el uso de faros antiniebla, limpiaparabrisas o faros durante el día de un vehículo hasta otros vehículos conectados y centros de gestión del tráfico.

La detección de un bache peligroso o de una deficiencia en la calzada, detectado por sensores conectados a la suspensión del vehículo, podría transmitirse a los vehículos en aproximación para alertarles de la posibilidad de un incidente en el futuro.

Gestión

La gestión de incidentes se vuelve mucho más dinámica y eficaz cuando cada vehículo está conectado a un sistema, tanto a otros vehículos como a un sistema de gestión/información del tráfico.

Para la autoridad de tráfico y carretera, tener la capacidad de adaptar la información a los conductores según el momento y su ubicación proporciona un procedimiento mucho más sofisticado de gestión de la red de carreteras durante un incidente. Los paneles de mensaje variable (VMS) son útiles durante los incidentes para proporcionar información sobre la ubicación del incidente, el tiempo de viaje en tiempo real, las rutas de desvío, etc. Sin embargo, tales señales se limitan a lugares fijos y generalmente se colocan teniendo en cuenta factores estratégicos y económicos. Debido a su ubicación fija, sólo son útiles para aquellos conductores que pueden verlos (si la información cambia justo después de pasar un VMS, entonces no aporta ningún beneficio), presentan límites en cuanto al tipo y volumen de información que se puede mostrar y los mensajes tienen que aplicarse a todo el mundo.

La información dentro de cada vehículo ofrece la posibilidad de obtener información más actualizada y adaptada a las necesidades del cliente (puede cambiar a medida que cambie la situación en la carretera) y puede aplicarse a toda la red de carreteras. El otro aspecto a considerar de esta posibilidad es el incremento de demanda y mayor expectativa sobre la autoridad de tráfico y carretera para gestionar su red y por tanto, disponer de los sistemas y el conocimiento necesarios para garantizar la difusión de información pertinente, coherente y fiable a los usuarios de la carretera.

4. DESAFÍOS: MEJORES PRÁCTICAS A RESOLVER

4.1. ELECCIÓN DE LOS SERVICIOS A DESPLEGAR Y CÓMO PRIORIZARLOS (JERARQUIZACIÓN EN TÉRMINOS DE EMISIÓN Y VISUALIZACIÓN) Y AGRUPARLOS

Los servicios o aplicaciones C-ITS son las notificaciones y mensajes intercambiados entre vehículos, infraestructura y otros actores. Estos servicios proporcionan información apropiada sobre situaciones ante las que han de responder los conductores o los sistemas automatizados para mejorar la seguridad y/o la eficiencia de los usuarios de la vía y reducir el impacto medioambiental. La prestación y aplicación de estos servicios constituye el escenario de cooperación que, en última instancia, beneficiará a todo tipo de usuarios de la carretera.

Uno de los principales factores que impulsan la prestación de servicios a través de C-ITS es la mejora de la seguridad vial de los usuarios. Esto se logra mediante la aplicación de una serie de servicios que alertan a los conductores/vehículos sobre la presencia de condiciones peligrosas o la posibilidad de colisiones. Existen otros servicios para mejorar la eficiencia del uso de la carretera, proporcionar información para la toma de decisiones relacionadas con el guiado, el estacionamiento, el acceso (geográfico) y la elección del modo de transporte, etc., y también permitir que la información de los vehículos sea recibida por los sistemas de la infraestructura con una serie de objetivos.

Es importante que los usuarios de la carretera reciban información coherente, independientemente de dónde y cuándo viajen. Se ha de considerar que la industria de automoción produce vehículos y presta servicios para un mercado mundial; sin embargo, los operadores de tráfico y carretera son responsables de las redes de carreteras a escala local, regional y nacional. A su vez, los usuarios de la carretera no están preocupados por las fronteras jurisdiccionales, sino que esperan que los servicios sean coherentes, sin fisuras y continuos a lo largo de sus desplazamientos. Por lo tanto, es importante que el despliegue inicial de los servicios se acuerde entre los principales implicados.

Desarrollo inicial del servicio

Hay muchos servicios C-ITS potenciales que podrían evolucionar con el tiempo. Distintos órganos de coordinación y gobierno han establecido listas consensuadas de servicios para facilitar el desarrollo y despliegue inicial del sistema y armonizar las oportunidades de financiación e inversión. Para determinar los servicios iniciales que se han de desplegar hay que tener en cuenta diversos factores, algunos de los principales se describen en las secciones que figuran a continuación.

Los servicios cooperativos, a corto plazo (comúnmente denominados Servicios del Día 1), se planifican generalmente con el objetivo de:

- el suministro de información o advertencias a los conductores para aumentar el conocimiento de la situación y la seguridad entre vehículos (V2V),
- el suministro de información (incluida la información al viajero) o advertencias a los conductores para ayudarles a responder ante las condiciones de la infraestructura viaria (V2I), y
- el suministro de información sobre vehículos a los distintos tipos de vías e infraestructuras viarias (V2I).

El subconjunto inicial de aplicaciones que pueden desplegarse y aportar una funcionalidad en un área se verá influido por factores tales como:

- la simplicidad de los servicios que proporcionan beneficios al usuario final, y que están respaldados por una oportunidad de negocio viable,
- la combinación de servicios para proporcionar mejoras a lo largo de la red de carreteras (es decir, homogéneos a través de múltiples tipos y ubicaciones de carreteras, utilizando distintos tipos de comunicación y orientados a alcanzar una serie de objetivos),
- los riesgos para la credibilidad relacionados con el despliegue (en términos de viabilidad, fiabilidad, coherencia, percepción de su utilidad y mejoras para los usuarios de la carretera, etc.),
- las áreas de interés de los gobiernos y las agencias de carreteras y el alcance en aquellas aplicaciones que ya han sido probadas y evaluadas antes del despliegue,
- demandas de los conductores y/o proveedores,
- la necesidad de sistemas adicionales, como la mejora en el posicionamiento y la cartografía detallada, y de la capacidad de las aplicaciones para ser soportadas/operadas (por ejemplo, accesibilidad de los datos, integridad de los datos, servicios de posicionamiento, etc.), o
- el grado de implantación (real o estimada):
 - permitida por la selección de los servicios,
 - de hardware de infraestructura (unidades en el margen de la carretera, redes de comunicaciones) a través de la red de transporte, y
 - de vehículos debidamente equipados dentro del parque de vehículos.

Enfoque Europeo de los Servicios

La Comisión Europea ha identificado una lista consensuada de Servicios del Día 1 y del Día 1.5 para su despliegue a corto plazo en Europa. La elección de los servicios se basó tanto en su importancia desde el punto de vista político como en su capacidad para dar respuesta a las principales necesidades de la sociedad, como en el aumento de la seguridad vial. La madurez de los estándares para los servicios en el momento de la selección también ha influido en la toma de decisiones. Aunque existe un listado consensuado de servicios a corto plazo para su despliegue en toda Europa, no implica un compromiso de todos los implicados para prestar los mismos servicios y con los mismos plazos. Se tiene en cuenta que las regiones tienen diferentes disponibilidades presupuestarias, prioridades de inversión basadas en problemas localizados, madurez de la infraestructura existente, factores políticos, etc. A pesar de estas diferencias, es probable que esta lista consensuada fomente un desarrollo y un despliegue más rápidos de los servicios en toda Europa debido a un mercado común que apuesta por el desarrollo de una aplicación amplia de estos servicios interoperables.

Además del listado consensuado de servicios que deben prestarse en toda Europa, también se ha estudiado la manera de agrupar los servicios (es decir, prestarlos en paralelo). Este enfoque tiene en cuenta que muchos servicios se basarán en la inversión común en hardware (por ejemplo, equipos de carretera o tecnología a bordo de vehículos) y también que es poco probable que la inversión en el despliegue de servicios únicos sea rentable con los beneficios correspondientes que se han previsto.

El método de agrupación de servicios tiene en cuenta los tipos de comunicaciones comunes a un grupo de servicios (es decir, V2V, V2I, V2Others, etc.) y la finalidad principal común del grupo de servicios.

Las dos tablas siguientes enumeran las listas de Servicio europeos del Día 1 y del Día 1.5. Los cuadros también indican los tipos de comunicación habituales asociados y los servicios primarios utilizados para agrupar los servicios. (Se ha realizado un análisis coste-beneficio que sirva de base a las estrategias de despliegue considerando diversas combinaciones para el despliegue de la lista consensuada de servicios teniendo en cuenta los costes de implementación previstos y los beneficios potenciales esperados. Referencia: Informe final de la plataforma C-ITS de la Comisión Europea).

Tabla 2: Lista de los Servicios Día 1 de la UE

#	Servicios Día 1			Paquete
1	Luz de freno electrónica de emergencia	V2V	Seguridad	1
2	Vehículo de emergencia aproximándose	V2V	Seguridad	1
3	Vehículo(s) lento(s) o estacionario(s)	V2V	Seguridad	1
4	Aviso de atasco	V2V	Seguridad	1
5	Notificación de lugares peligrosos	V2I	Autopista	2
6	Aviso de obras en carretera	V2I	Autopista	2
7	Condiciones meteorológicas	V2I	Autopista	2
8	Señalización en el vehículo	V2I	Autopista	2
9	Límites de velocidad en el vehículo	V2I	Autopista	2
10	Sonda de datos de vehículo	V2I	Autopista	2
11	Amortiguación de ondas de choque	V2I	Autopista	2
12	GLOSA / Time Para Verde (TTG)	V2I	Urbano	3
13	Incumplimiento de señales/seguridad en la intersección	V2I	Urbano	3
14	Solicitud de prioridad de semáforo por parte de los vehículos designados	V2I	Urbano	3

Tabla 3: Lista de los servicios Día 1.5 de la UE

#	Servicios Día 1.5	Paquete		
1	Información sobre estacionamiento fuera de la calle	V2I	Parking	4
2	Información y gestión del aparcamiento en la calle	V2I	Parking	4
3	Información de Park & Ride	V2I	Parking	4
4	Información sobre las estaciones de carga de AFV	V2I	Enrutamiento inteligente	5
5	Información de tráfico y enrutamiento inteligente	V2I	Enrutamiento inteligente	5
6	Control de acceso a zonas urbanas	V2I	Enrutamiento inteligente	5
7	Gestión de la zona de carga	V2I	Carga	6
8	Protección vulnerable de los usuarios de la vía pública (peatones y ciclistas)	V2Others	VRU	7
9	Alerta de riesgo de colisión cooperativa	V2	Colisión	8
10	Indicación de aproximación de la motocicleta	V2V	Colisión	8
11	Conducción en sentido contrario	V2I	Sentido Contrario	9

También cabe señalar que el enfoque europeo para los desarrollos iniciales utilizará formatos de mensajes primarios ya acordados (CAMS y DENM).

Despliegue de Servicio en los Estados Unidos

La lista de servicios para el despliegue en los Estados Unidos (EE.UU.) difiere de la de Europa. Además, el formato de mensaje principal para su uso en los EE.UU. es el BSM (Basic Safety Message). Aunque los formatos principales de los mensajes difieren entre los EE.UU. y Europa, los conjuntos de mensajes están generalmente armonizados.

El USDOT (Departamento de Transporte de los Estados Unidos) ha recopilado una lista de servicios en desarrollo. La lista contempla principalmente servicios que han sido promovidos por el USDOT. Muchos de estos servicios han sido desarrollados como prototipos, probados y evaluados a través de un conjunto de proyectos C-ITS piloto y de demostración. Un mayor despliegue piloto en los EE.UU. se basará en la investigación del USDOT.

La siguiente figura muestra los servicios identificados publicados por el USDOT.

Tabla 4: Lista de servicios respaldados por el USDOT en los EE.UU

Seguridad V2I	Medio ambiente	Movilidad
Advertencia de incumplimiento de la luz roja Aviso de velocidad de curva Ayuda ante ausencia de señal de Stop Advertencia de impacto meteorológico puntual Advertencia de velocidad reducida/zona de trabajo Peatón en advertencia señalizada de cruce de peatones (tránsito)	Enfoque ecológico y salida en intersecciones señalizadas Señalización para asignación de tiempos para una conducción eco-frindly Conducción ecológica conectada Carga de Resonancia Inductiva Inalámbrica Conducción eco-frindly <ul style="list-style-type: none"> - Gestión de carriles ecológicos - Gestión de la velocidad - Control de la velocidad de cruce - Información al viajero - Gestión de zonas de bajas emisiones - Actuación de ramp-metering 	Sistema Avanzado de Información al Viajero Sistema inteligente de señales de tráfico (I-SIG) Prioridad de señal (tránsito, carga) Sistema de señalización móvil accesible para peatones (PED-SIG) Precaución de Vehículos de Emergencia (PREEMPT) Armonización dinámica de velocidad (SPD-HARM) Aviso de cola (Q-WARN) Control de cruce adaptativo cooperativo (CACC) Guía para la preparación de la escena del incidente antes de la llegada de los equipos de respuesta a emergencias (RESP-STG) Alertas de zona de trabajo de escena de incidente para conductores y trabajadores (INC-ZONE) Comunicaciones de Emergencia y Evacuación (EVAC) Protección de la conexión (T-CONNECT) Operaciones de tránsito dinámico (T-DISP) Compartir el viaje de forma dinámica (D-RIDE) Planificación y rendimiento dinámicos de viajes específicos de la carga Optimización del Drayage Inteligente al borde de la carretera Inspección inalámbrica Aparcamiento para camiones inteligentes
Seguridad V2V	Información sobre carga / carga de combustible de AFV Estacionamiento Eco-Smart Eco-Rutas dinámicas (vehículos ligeros, tránsito, carga) Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones Eco-ICM	
Datos de la Agencia	Tiempo en carretera	
Mantenimiento de pavimentos basado en sondas Monitoreo de tráfico habilitado por sondeo Estudios de tráfico basados en la clasificación de vehículos Análisis de movimiento de giro e intersección habilitado para CV Estudios de origen-destino habilitados por CV Información para el viajero de la zona de trabajo	Avisos y advertencias al conductor (MAW) MDSS mejorado Traductor de datos de vehículos (VDT) Información de tráfico de respuesta meteorológica (WxTINFO)	

Servicios en Corea del Sur

Corea del Sur ha establecido un Plan Director C-ITS que incluye la implementación de la infraestructura C-ITS, la distribución de OBU, y demás acciones para la consecución del objetivo de "cero accidentes de tráfico durante 30 años". Se han desarrollado y puesto en práctica una serie de servicios como parte del proyecto piloto C-ITS. La lista de servicios se describe a continuación.

Figura 6: Servicios de Proyectos Piloto C-ITS de Corea

Campo de aplicación	Función Básica	Explicación
Información básica recogida/proporcionar	Recogida de datos de vehículos basada en la localización	La OBU recopila información sobre el estado del vehículo, la ubicación y la conducción y la almacena en el servidor TMC.
	Provisión de información de tráfico basada en la localización	La información de tráfico basada en la localización, como la información de tráfico procesada en el TMC, se proporciona a la OBU que conduce por la carretera.
Cobro de peajes	Cobro de peaje basado en la comunicación WAVE	En el caso de las autopistas de peaje, el sistema "Smart Tolling" cobra peajes sin detener a los vehículos y manteniendo la velocidad. (Diferente de la existente 'hipass')
Ayuda (precaución) a la conducción segura	Notificación de Ubicación Peligrosa	Notificación de Ubicación Peligrosa
	Notificación de las características de la carretera y del tiempo	Proporcionar información de estado e información de conducción segura sobre la superficie de la carretera y las condiciones meteorológicas que son peligrosas para el vehículo.
	Aviso de zona de obras en carretera	Proporcionar información de estado e información de conducción segura sobre la situación de las obras viales (construcción, limpieza, etc.).
Apoyo a la seguridad del tráfico en intersecciones	Advertencia de Incumplimiento de Intersección Señalizada	Proporcionar información de fase para prevenir accidentes en la intersección y daños a la incumplimiento de la señal
	Aviso de conflicto de giro a la derecha de la intersección	Prevenir colisiones causadas por conflictos al girar a la derecha en la intersección.
Apoyo a la seguridad en el transporte público	Gestión de la Operación de Vehículos de Tránsito	Aumentar la calidad y la seguridad de la aplicación de transporte a través de la gestión de autobuses en tiempo real mediante la recopilación de información de autobuses
	Sistema de alerta de autobuses escolares	Prevenir accidentes proporcionando información sobre el autobús amarillo que sube y baja de los vehículos cercanos.
Cuidado de los peatones (en todo momento)	Advertencia sobre la escuela y Silver Zone	Proporcionar información de operación y seguridad en tiempo real al vehículo de entrada a la zona escolar para una operación de velocidad regulada.
	Aviso de colisión con peatones	Prevenir accidentes entre vehículos y peatones, y vehículos y bicicletas en intersecciones o tramos de carretera
Prevenir accidentes entre vehículos	Advertencia de colisión frontal	Prevenir accidentes directos o secundarios causados por averías o accidentes de otros vehículos

Figura 6: Servicios de Proyectos Piloto C-ITS de Corea

Campo de aplicación	Función Básica	Explicación
	Alerta de aproximación de un vehículo de emergencia	Proporcionar información de conducción del vehículo de emergencia a los vehículos delanteros para reducir el tiempo de llegada a los lugares de rescate
	Aplicación SOS para vehículos	Prevenir accidentes directos o secundarios causados por averías o accidentes de otros vehículos.

Servicios en Japón

Japón ha integrado una serie de servicios X2V relacionados con la seguridad en su Sistema Universal de Gestión del Tráfico (UTMS), con tres objetivos principales. Estos objetivos son reducir / prevenir los accidentes de tráfico en las intersecciones, disminuir la carga sobre el conductor en la toma de decisiones y aumentar la conciencia de los conductores acerca de la conducción segura. Lo que se conoce como Sistemas de Apoyo a la Seguridad del Conductor (SDSS). Varias fuentes contienen una serie de listas de servicios propuestos / disponibles. La siguiente tabla enumera una serie de tipos de servicio, subsistemas asociados con cada servicio y un nivel de servicio asociado.

(Ver: <http://www.utms.or.jp/english/system/dsss.html>)

Tabla 6: Subsistemas Japoneses DSSS

• Tipo de Servicio	• Subsistema	• Nivel de Servicio
• 1 Colisión trasera	• 1-1 Sistema de suministro de información sobre colisiones traseras	• Libre
	• 1-2 Sistema de suministro de información sobre colisiones traseras (Giro a la derecha esperando vehículo)	• Libre
	• 1-3 Sistema de suministro de información sobre vehículos de baja velocidad	• Condicionado/Limitado
• 2 Colisión frontal	• 2-1 Sistema de suministro de información sobre colisiones frontales (Vía preferente => Vía no preferente)	• Condicionado/Limitado
	• 2-2 Sistema de suministro de información sobre colisiones frontales (Vía no preferente => Vía preferente)	• Condicionado
	• 2-3 Sistema de provisión de imágenes de zonas sin visión	• Libre
• 3 Colisión en giro a la derecha	• 3-1 Sistema de suministro de información para evitar colisiones en el giro a la derecha	• Libre
	• 3-2 Sistema de provisión de imágenes para evitar colisiones en el giro a la derecha	• Libre
	• 3-1 Sistema de información sobre vehículos de dos ruedas	• Libre
• 4 Accidente de giro a la izquierda	• 4-1 Sistema de suministro de información sobre accidentes en el giro a la izquierda	• Libre

	• 4-2 Sistema de suministro de información sobre el cruce de peatones	• Libre
• 5 Colisión frontal	• 5-1 Sistema de información para vehículos de carril opuesto	• Libre
• 6 Asistencia en la integración	• 6-1 Integración del sistema de información sobre la prestación de asistencia	• Libre
• 7 Información Reglamentaria	• 7-1 Sistema de suministro de información de velocidad	• Condicionado
	• 7-2 Sistema de suministro de información de señalización de alto	• Libre/ Condicionado
	• 7-3 Sistema de control para evitar zonas peligrosas	• Condicionado/Limitado
• 8 Información de la señalización	• 8-1 Sistema de suministro de información de señalización	• Condicionado
	• 8-2 Sistema de suministro de información de señalización	• Condicionado/Limitado
• 9 Información sobre accidentes	• 9-1 Sistema de suministro de información sobre accidentes graves	• Libre

A continuación se describen los niveles de servicio asociados con los diversos Servicios de SDSS:

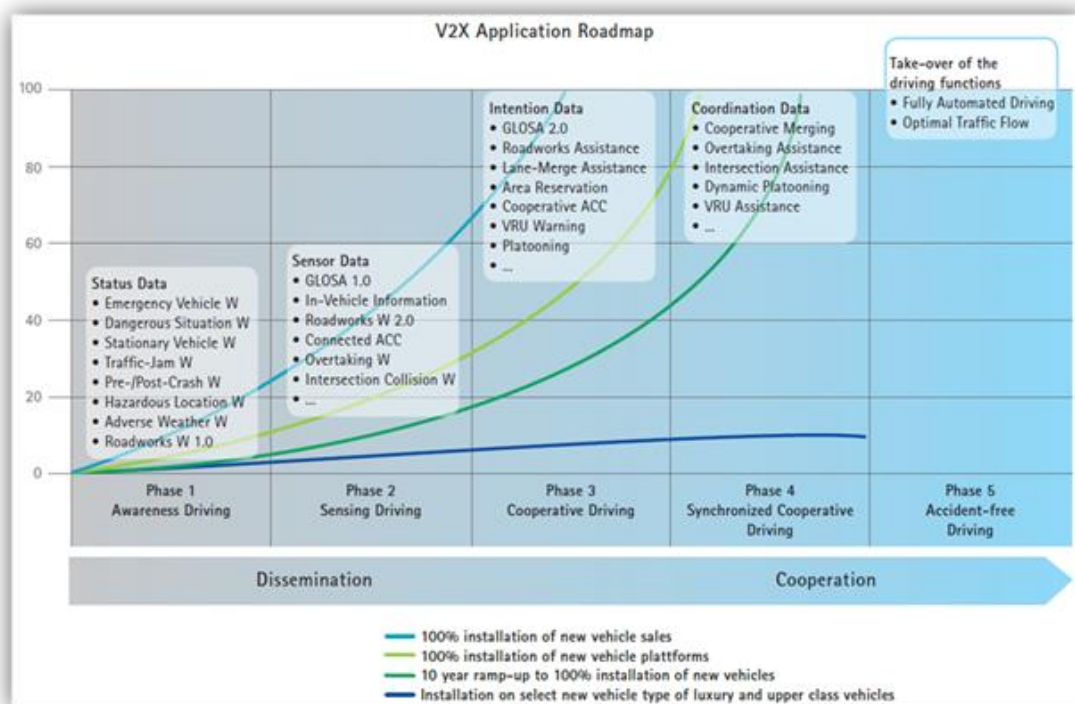
- Nivel I: Información flujo libre
 - Proporcionar información de seguridad
- Nivel II: Información condicionada
 - Proporcionar información de seguridad condicionada según el estado del vehículo
- Nivel III: Anulación
 - Proporcionar información de seguridad y control forzado condicionado dependiendo del estado del vehículo.

Despliegue de servicios a largo plazo

Se sabe que va a registrarse un desarrollo continuo de servicios y aplicaciones como consecuencia de las distintas oportunidades de investigación y desarrollo. Si bien los servicios iniciales (Día 1 Europeo o similar) proporcionan una buena base para el desarrollo y despliegue de los servicios, es necesario tener en cuenta que las motivaciones para el desarrollo de los servicios y sus prioridades relativas cambiarán con el tiempo.

Como parte de la hoja de ruta de las aplicaciones del Consorcio de Comunicaciones C2C (Car2Car - CC), se considera que la prestación de determinados servicios puede asociarse a los crecientes niveles de automatización que inevitablemente se derivarán de las aplicaciones cooperativas/de asistencia. Muchos servicios, actualmente identificados para las primeras fases de despliegue, son necesarios para el despliegue de vehículos altamente automatizados que permitan un funcionamiento seguro en toda la red de carreteras. En general, la hoja de ruta identifica cuatro fases en las que habrá que desplegar diversos servicios. El grupo de trabajo C2C-CC está formado principalmente por miembros de la industria de fabricación de automóviles.

Figura 8: V2Otras aplicaciones desde la perspectiva del Consorcio de Comunicación C2C, basadas en la gráfica SAE



De manera similar a los Servicios del Día 1, la selección, priorización, identificación de los prerrequisitos necesarios y despliegue de los Servicios del Día 2+ (Fase 2+) requerirá una amplia coordinación entre los operadores de tráfico y carretera, los fabricantes de vehículos y otras partes interesadas para proporcionar un despliegue consistente que sea interoperable entre regiones.

Los agentes que intervienen en la determinación de los servicios para el despliegue inicial y a más largo plazo deben tener en cuenta las posibles necesidades futuras de una flota de vehículos cada vez más automatizada. Es probable que varios servicios puedan ser identificados como prerrequisitos para futuros servicios que apoyen una mayor automatización. En los casos en que se necesiten esos servicios básicos, especialmente, por ejemplo, para la seguridad de las operaciones, tal vez sea necesario desplegar, probar, perfeccionar y mejorar lo suficiente para garantizar que los futuros servicios que se basen en ellos tengan más probabilidades de éxito en su despliegue.

Estándares de Servicios

Existen extensas listas de servicios, aunque no necesariamente exhaustivas, en diferentes normas. El despliegue de los servicios debe basarse, en general, en normas consensuadas, en la medida de lo posible, para garantizar la coherencia en el uso y la interoperabilidad. Cuando se propongan nuevos servicios (es decir, que no figuren en las normas adoptadas ya existentes), el contenido de los mensajes, los protocolos y otros atributos deberán ser lo más coherente posible con los servicios normalizados ya existentes que tienen finalidad y tipo de difusión similares.

Estado Actual y Evaluación de Despliegues de Servicios

Durante la última década, se han implementado numerosos proyectos piloto C-ITS para desarrollar, probar y desplegar sistemas cooperativos en entornos de prueba y a lo largo de corredores. La mayoría de los proyectos piloto han intentado desplegar una serie de servicios iniciales para comprender los desafíos asociados con la comunicación, el procesamiento, la utilización y el almacenamiento de mensajes. Aunque la cobertura espacial de algunos de los proyectos piloto de mayor envergadura es bastante amplia, la prevalencia de vehículos equipados respecto al parque de vehículos que circulan por áreas con proyectos piloto es generalmente muy baja. Para muchos proyectos piloto, los únicos vehículos equipados que utilizan los servicios y la infraestructura en modo cooperativo son los que son operados específicamente como parte del proyecto piloto (generalmente por los socios que participan en el despliegue piloto).

Como resultado de las actuales bajas tasas de implantación de los vehículos que utilizan los servicios cooperativos desplegados, no es factible extrapolar los resultados de manera directa (beneficios o desventajas). A medida que aumenten los índices de implantación, será necesario que los operadores de tráfico y carretera y los diversos socios del proyecto supervisen continuamente la eficacia de los diversos servicios para comprender cómo y hasta qué punto cambia el comportamiento de los conductores como resultado de la información cooperativa.

La evaluación de las respuestas y los resultados de los mensajes cooperativos puede realizarse de distintas formas. Por ejemplo, la evaluación de las advertencias de peligro, proximidad o prevención de colisiones podría evaluarse a nivel de cada vehículo mediante el procesamiento de los registros del vehículo y los datos de trayectoria para determinar si los conductores cambian su modo de comportamiento cuando se reciben alertas en comparación con las respuestas cuando no se presentan alertas en situaciones similares. Además, se puede estudiar la eficiencia del tráfico a lo largo de períodos de tiempo determinados para comprender los cambios inferidos en las condiciones operativas del tráfico. Durante largos períodos de tiempo, se pueden utilizar registros de accidentes e incidentes. La capacidad y la metodología para evaluar la eficacia de los diversos mensajes de cooperación dependerán del tipo de servicio que se esté desplegando y también del contexto en el que los vehículos y los conductores reciban los servicios.

Jerarquización y personalización de los servicios entrega/recibo

Como se ha comentado anteriormente, una de las principales razones para el despliegue de los C-ITS es mejorar la seguridad de los usuarios de la carretera. Sin embargo, con la amplia lista de servicios actuales que seguramente se incrementará en el futuro, lo más probable es que se puedan comunicar múltiples mensajes de seguridad de manera simultánea. Para garantizar que los conductores reciban sólo los mensajes importantes, puede ser necesario establecer una jerarquización en los servicios como parte de la estrategia de despliegue.

Se ha de considerar el contexto en que se encuentran los vehículos y conductores receptores para aplicar una aproximación jerarquizada de los servicios. No se puede presuponer que la importancia relativa de los diversos servicios de seguridad sea la misma en todos los emplazamientos de la red de carreteras, ya que las condiciones ambientales, las condiciones de explotación predominantes, las condiciones de las carreteras y muchos otros factores pueden variar mucho de un emplazamiento a otro y también con el tiempo.

Los métodos para priorizar los mensajes de servicio no basados en la seguridad también son importantes, ya que los conductores tienen una capacidad limitada para recibir, procesar y responder a múltiples estímulos. Habrá que considerar la posibilidad de determinar qué factores de la cadena de generación, emisión, recepción y respuesta del mensaje podrán determinar la prioridad respecto de los mensajes que se generen, transmitan y reciban.

Para que la conducción cooperativa sea aceptada por los conductores, puede ser necesario permitir que éstos tomen la decisión final sobre los mensajes y servicios que desean suprimir, recibir y, en última instancia, responder.

4.2. INTEROPERABILIDAD FUNCIONAL Y TÉCNICA (EN TÉRMINOS DE DEFINICIONES DE SERVICIOS Y DE DEFINICIONES DE MENSAJES, ESPECIALMENTE EN UN MERCADO AUTOMOVILÍSTICO GLOBALIZADO, ESPECIFICACIONES COMUNES)

La necesidad de una interoperabilidad eficaz

El viejo dicho "Ningún hombre es una isla" es muy relevante a la hora de considerar la interoperabilidad y la consistencia. El hecho de que los C-ITS sean "cooperativos" se aplica no sólo al resultado final en el que los vehículos y los conductores compartirán y responderán a los mensajes comunes, sino también a la necesidad de que todos los actores y componentes del mundo altamente complejo e interrelacionado de los C-ITS trabajen juntos a la perfección.

Para que tenga éxito y sea eficaz para los usuarios, la aplicación de los C-ITS debe ser segura, coherente, oportuna, fiable y tener un valor constatable. Si existe la percepción de que los servicios C-ITS tienen un valor limitado, disminuyen la seguridad o no son fiables, aunque sólo sea por períodos cortos, la capacidad del público para aceptar la influencia cada vez mayor de la tecnología en los vehículos se verá considerablemente obstaculizada.

El despliegue de servicios de manera consistente y confiable no puede detenerse en un límite jurisdiccional, como un condado, ciudad, estado o país. En muchas partes del mundo, los vehículos pueden cruzar libremente las fronteras jurisdiccionales de distinto tipo y existe la expectativa y la necesidad de que los servicios se presten de manera coherente para evitar confusiones, mantener la confianza y generar los máximos beneficios del despliegue de los sistemas C-ITS en todo el sistema.

Desafíos para lograr la interoperabilidad

Existen, y seguirán existiendo, muchos desafíos para lograr una interoperabilidad efectiva en múltiples áreas durante períodos de tiempo significativos. Muchos de estos retos sólo pueden superarse a través de una amplia cooperación entre el gran número de partes interesadas implicadas.

Si bien no se puede exagerar la complejidad y la escala de los problemas de interoperabilidad, hay que reconocer que gran parte de lo que queda por hacer es factible, que ya se han realizado progresos significativos, pero que aún queda mucho por hacer. A pesar de las dificultades, el logro de altos niveles de interoperabilidad reportará importantes beneficios a todos los que intervienen en la habilitación, el despliegue, la explotación y la utilización de los servicios C-ITS.

Métodos para alcanzar altos niveles de interoperabilidad

Son muchos los ámbitos del desarrollo, el despliegue y el funcionamiento de los C-ITS que requieren altos niveles de interoperabilidad, incluidos los sistemas y tecnologías a bordo de los vehículos, las tecnologías y redes de comunicación, el marco o marcos de seguridad y protección de la intimidad y los servicios.

Para los operadores de tráfico y carretera, uno de los principales objetivos es la interoperabilidad funcional de los servicios C-ITS. También desempeñan un papel importante a la hora de garantizar que los servicios planificados puedan prestarse a través de la radiodifusión en carretera y las tecnologías móviles de tal manera que sean adecuados para su finalidad y compatibles con las tecnologías correspondientes aplicadas por la industria del automóvil. En consecuencia, se requiere una coordinación significativa entre los operadores de tráfico y carretera y los fabricantes de automóviles para garantizar la interoperabilidad. En algunos casos, los operadores de tráfico y carretera pueden disponer de múltiples opciones a medida que los fabricantes de automóviles adoptan un enfoque híbrido: equipar los automóviles con tecnologías tanto móviles como DSRC para maximizar la flexibilidad.

Aunque el enfoque híbrido permite flexibilidad, es necesario entender la relación entre la tecnología requerida y los servicios que se están desplegando (tanto ahora como en el futuro). Algunos servicios, por ejemplo, los mensajes de seguridad asociados a lugares distintos, requieren una comunicación directa y fiable con los usuarios de la carretera. Es probable que esto elimine las opciones de comunicación móvil, ya que involucran a un proveedor externo y, en consecuencia, la posibilidad de latencia o interrupción.

Los operadores de tráfico y carretera deben ser conscientes de que es muy probable que cambie el estado actual de los servicios y tecnologías disponibles (y sus limitaciones asociadas). En la medida de lo posible, los operadores de las carreteras y tráfico deben tener en cuenta la evolución futura y ser conscientes de las nuevas tendencias, manteniéndose flexibles a los cambios.

Dependiendo de las responsabilidades organizativas de las distintas jurisdicciones, los marcos de seguridad y privacidad también pueden ser responsabilidad de algunos operadores de tráfico y carretera. Si bien existen ámbitos más específicos que preocupan a los operadores de tráfico y carretera, todavía es necesario comprender la complejidad y las interacciones necesarias en muchos otros ámbitos para garantizar la compatibilidad de extremo a extremo con la prestación de servicios C-ITS fiables.

Normas y especificaciones

El método más sencillo para lograr la interoperabilidad en determinadas aplicaciones técnicas es garantizar que se utilicen las mismas normas y especificaciones al desplegar los sistemas y el hardware. Si bien es simple en su concepto, hay que reconocer que las normas acordadas y

comunes no existen necesariamente en todas las áreas temáticas específicas de los C-ITS, o pueden estar en desarrollo o en planificación.

Debido a la concentración de la fabricación de vehículos y el desarrollo tecnológico en diferentes partes del mundo, existen múltiples conjuntos de normas para aplicaciones y tecnologías similares, como en Europa, Estados Unidos y Japón. La existencia de múltiples estándares se ha producido hasta cierto punto debido a las condiciones heredadas y a los contextos existentes que no se cambian fácil o rápidamente. A pesar de las múltiples normas existentes en muchos de los temas relacionados con los C-ITS, se están llevando a cabo ejercicios de colaboración para lograr mayores niveles de armonización en un intento de limitar las diferencias que existirán en el futuro.

Con respecto a los formatos de los mensajes C-ITS, a nivel internacional existe una lista generalmente reconocida de tipos de mensaje para su uso en aplicaciones C-ITS. En algunos casos, el contenido exacto de los tipos de mensaje correspondientes todavía no se ha homogeneizado completamente, es decir, los "contenedores" de los mensajes de servicio tienen un nivel de homogeneización; sin embargo, hay menos alineación con el "perfil interno" de la información contenida en ellos. Por ejemplo, el despliegue del Servicio del Día 1 en Europa utilizará conjuntos de mensajes CAM y DENM, mientras que en los E.E.U.U. se utilizará el BSM. Los conjuntos de mensajes CAM y DENM se definen en las normas europeas (ETSI), mientras que el conjunto de mensajes BSM se define en las normas estadounidenses (SAE). Aunque existen diferencias, se ha demostrado un cierto nivel de armonización.

Aunque se han desarrollado numerosas normas, se ha descubierto que la madurez de la adopción estándar puede ser limitada. Ha habido muchos casos en los que, aunque existen normas, su utilización no ha sido coherente, lo que ha impedido efectivamente la interoperabilidad en las fronteras jurisdiccionales. Otro problema ha sido la lentitud de los procesos de normalización, en parte debido a las limitaciones del despliegue. Algunos procesos actuales incluyen ahora la progresión y el desarrollo ulterior de las normas como parte de los procesos de despliegue. Esto tiene la ventaja de impulsar el desarrollo hacia adelante, sin embargo, la velocidad del desarrollo puede ser inadecuada, ya que los procesos base pueden verse comprometidos en lugar de cumplir con los plazos de despliegue.

Para los países y estados que se rigen directamente por esas normas, la adopción de diversas normas y tipos de mensajes, por ejemplo, puede ser razonablemente sencilla, ya que se espera que los vehículos, las tecnologías de la comunicación y otros aspectos del sistema C-ITS también se ajusten a las normas de los mismos órganos reguladores.

Sin embargo, los países y jurisdicciones que operan por separado de estos países líderes se enfrentan a algunos desafíos adicionales.

Debido a la gran cantidad de planificación, desarrollo y despliegue por adelantado que ha tenido lugar, por ejemplo en Europa, "reinventar la rueda" y tomar un camino de desarrollo separado no debe ser incentivado. La naturaleza actual de las industrias de fabricación de vehículos y tecnología globalizadas significa que cualquier desarrollo a medida de normas o especificaciones C-ITS no sólo sería prohibitivo desde el punto de vista de los costes e intensivo en recursos, sino que también existiría un riesgo significativo de que surgieran problemas de interoperabilidad. Estas cuestiones de interoperabilidad podrían requerir entonces una importante reinversión para

alinearse con la práctica internacional y tener en cuenta los vehículos y tecnologías existentes y futuros.

Incluso en las regiones en las que se han realizado esfuerzos significativos para lograr la interoperabilidad y se ha logrado la alineación entre despliegues amplios, sigue existiendo el riesgo de que se pierda la alineación a medida que las tecnologías, los servicios y otros elementos cambian con el tiempo. Por ejemplo, los cambios en los protocolos de comunicación, los cambios en las certificaciones/los requisitos reglamentarios o de seguridad, los cambios en las normas de servicio o los perfiles de los mensajes pueden introducir incompatibilidades con tecnologías ya desplegadas en el campo o en los vehículos. Puede ser necesario considerar la posibilidad de proporcionar compatibilidad dual a corto plazo, permitiendo que coexistan tanto el estado antiguo como el nuevo y que haya tiempo suficiente para que se implementen las actualizaciones o modificaciones de los componentes del sistema afectados.

Hay muchos ejemplos en todo el mundo donde los vehículos importados son la fuente predominante o única de nuevos vehículos en los mercados locales. Esto plantea problemas particulares a los operadores de tráfico y carretera, ya que los vehículos de los fabricantes de diferentes países pueden proporcionar diferentes tecnologías incorporadas que funcionan con arreglo a determinados protocolos, dependiendo de los requisitos reglamentarios del país importador. Como resultado, las tecnologías de comunicación, los servicios y tipos adoptados, los formatos de mensajes, etc., pueden necesitar ser compatibles con más de una norma o especificación en particular. Por ejemplo, unidades de carretera capaces de transmitir múltiples tipos de mensajes para el mismo servicio. Si bien esto puede ser técnicamente posible, habrá que tener en cuenta otras complejidades para garantizar la interoperabilidad de todos los vehículos C-ITS de la flota.

La necesidad de que las tecnologías funcionen en múltiples normas y dentro de una plataforma C-ITS acordada (que se examina más adelante) exigirá que se preste especial atención a la elaboración de especificaciones técnicas, requisitos de adquisición y procesos de despliegue (regímenes de ensayo, etc.) para garantizar una amplia compatibilidad y un funcionamiento fiable.

Iniciativas de colaboración C-ITS

Un marco que se ha adoptado para propiciar expectativas claras, coherencia e interoperabilidad es la formación de grupos de gobernanza abiertos en todas las jurisdicciones y en todos los aspectos técnicos y estratégicos de los C-ITS, especialmente en Europa y Estados Unidos. Un ejemplo es la "Plataforma C-Roads", que es una iniciativa conjunta de los Estados miembros de la Unión Europea y de los operadores de tráfico y carretera para probar e implementar servicios C-ITS a la luz de la armonización e interoperabilidad transfronterizas. El propósito de desarrollar una colaboración C-ITS es proporcionar una base común sobre la cual desarrollar y desplegar aplicaciones y tecnología C-ITS. En virtud de ese acuerdo, los objetivos principales, la arquitectura, los tipos y las tecnologías de las comunicaciones, los marcos de seguridad y de políticas y las normas pertinentes (entre otros aspectos) se acuerdan mediante una colaboración amplia y detallada. Esto no solo proporciona el contexto dentro del cual los operadores de tráfico y carretera pueden desarrollar soluciones localizadas, sino que también proporciona un grado de certeza de que la interoperabilidad puede lograrse a través de las fronteras jurisdiccionales utilizando los protocolos o términos de referencia comúnmente acordados.

Están surgiendo a nivel internacional varios organismos de colaboración de primer orden, como los que trabajan en Europa y los Estados Unidos. Fuera de estas regiones, puede ser poco probable que cualquier iniciativa alternativa y enfoques asociados que se desarrollen puedan ser adoptados universalmente debido a una amplia gama de diferencias de contexto. Algunos países, como Australia y Nueva Zelanda, tienen una estrategia para desarrollar requisitos de interoperabilidad C-ITS para sus jurisdicciones locales a nivel nacional. El enfoque para entender el camino en el desarrollo de la uniformidad C-ITS localizada ha implicado extensas revisiones de las complejidades contextuales locales y una correspondiente comprensión de los paradigmas y el diseño técnico de las principales iniciativas de colaboración C-ITS en desarrollo o adoptadas internacionalmente. Este proceso es complejo y requiere muchos recursos, y una cooperación significativa entre las jurisdicciones locales y nacionales, combinada con una estrecha interacción con los agentes internacionales.

Uno de los aspectos clave a tener en cuenta por los organismos de colaboración C-ITS es la identificación de los Servicios del Día 1 a prestar. La determinación y el acuerdo de los servicios iniciales para la aplicación son importantes para la elaboración de estrategias C-ITS, ya que sirven de base para muchas otras necesidades funcionales, como los tipos y tecnologías de comunicación y los sistemas que pueden ser necesarios como parte de los procesos de despliegue temprano.

4.3. RUTA DE ALTA IMPLANTACIÓN DE C-ITS (EL PROBLEMA DEL HUEVO Y LA GALLINA)

Los beneficios potenciales de los vehículos conectados (CV) y las tecnologías C-ITS son generalmente bien entendidos tanto por organizaciones públicas como privadas dentro de la industria. Sin embargo, se necesitan altos niveles de implantación tecnológica para obtener los beneficios notables que justifican las inversiones necesarias y respaldan los argumentos comerciales de los C-ITS. El camino para lograr altos niveles de implantación de las tecnologías C-ITS para soportar todos los servicios asociados (Día 1, Día 1.5, Día 2 y más allá) no está clara. A ello se añade la complejidad de la cadena de valor de los C-ITS y la necesidad de inversión por parte de los fabricantes de vehículos, los proveedores de servicios de información, así como la inversión en infraestructura por parte de los operadores y las autoridades de tráfico y carretera.

Situación actual

Las implementaciones actuales de CV y C-ITS se pueden clasificar en tres vías principales según los diferentes tipos de tecnologías CV y C-ITS:

4.3.1. V2I e I2V a través de la infraestructura de comunicación móvil

La conectividad a la infraestructura se ofrece a través de las redes de comunicaciones móviles 3G/4G existentes. Esta ruta ya se encuentra en un estado relativamente maduro con modelos operativos y de negocio establecidos. La conectividad se ofrece en un gran número de modelos de vehículos existentes (es decir, vehículos con tarjetas SIM móviles integradas) y cuenta con una serie de servicios asociados ofrecidos por los fabricantes de vehículos y los proveedores de servicios de información. Estos servicios incluyen, por ejemplo, actualizaciones personalizadas de la información de tráfico para los conductores y recomendaciones de servicio del vehículo. Una de las ventajas de esta ruta es la facilidad de reequipar los vehículos con esta conectividad, como los dispositivos de interfaz OBD-II conectados y los dispositivos de navegación conectados. El principal inconveniente de esta ruta es el periodo de latencia asociado con la comunicación a

través de una red de telefonía móvil y, por lo tanto, la dificultad de soportar las aplicaciones C-ITS de seguridad crítica y de tiempo crítico.

4.3.2. V2V utilizando tecnologías DSRC

Este camino depende principalmente de los fabricantes de vehículos. Su despliegue e implantación dependerá del valor comercial para los fabricantes y/o de las regulaciones y políticas nacionales, regionales o internacionales. Esta ruta tiene una cadena de valor relativamente menos complicada (principales fabricantes de vehículos y usuarios finales) en comparación con las otras rutas de implementación. Sin embargo, requiere niveles más altos de implantación para obtener beneficios tangibles, que se centran principalmente en la seguridad de los usuarios de la carretera.

4.3.3. V2I e I2V utilizando tecnologías DSRC y estaciones C-ITS en el margen de la carretera

Esta vía de aplicación requiere un despliegue simultáneo tanto por parte de los fabricantes de vehículos (dispositivos C-ITS a bordo del vehículo) como de los operadores y autoridades de carreteras y gestores del tráfico (estaciones C-ITS al borde de la carretera). Ofrece una serie de ventajas, incluida la compatibilidad con aplicaciones de baja latencia y críticas para la seguridad. Sin embargo, a diferencia de las comunicaciones móviles, que dependen de la infraestructura de comunicaciones existente, esta ruta requiere el despliegue de una infraestructura dedicada y equipos C-ITS en los vehículos. El equipamiento C-ITS del vehículo se puede adaptar en los vehículos. Las primeras implementaciones y pruebas de esta vía han utilizado esta opción de retroadaptación y, si bien se trata de un enfoque razonable, es probable que se produzcan despliegues masivos y altos índices de implantación sólo cuando estas tecnologías se incorporen a los vehículos durante la fase de producción.

Recomendaciones

El camino hacia tecnologías C-ITS con alta implantación que permitan las diferentes aplicaciones actuales y futuras requiere un enfoque coordinado entre los diferentes grupos de actores. Un sistema C-ITS completo que ofrezca conectividad V2V y V2I a través de un enfoque de comunicaciones híbridas (es decir, redes de telefonía móvil y DSRC) requiere una mayor coordinación entre las tres rutas de implementación de tecnología identificadas.

La tercera vía de aplicación C-ITS (es decir, V2I e I2V utilizando DSRC) es de especial importancia para los operadores y las autoridades de tráfico y carreteras. Recomendaciones a los operadores y autoridades de carreteras y de tráfico para que apoyen esta vía de aplicación C-ITS:

- a) Enfoque coordinado con los fabricantes de vehículos para garantizar un plan claro para la introducción de tecnologías tanto a bordo de los vehículos como en las infraestructuras.
- b) Promover los beneficios de esta vía de aplicación entre las diferentes partes interesadas, incluidos los fabricantes de vehículos, las organizaciones públicas y los usuarios de la carretera. Un ejemplo de los beneficios asociados a este modo de implementación es GLOSA.
- c) Las políticas y el apoyo normativo que deben buscarse a nivel nacional e internacional a fin de acelerar la adopción de esta vía de aplicación de los C-ITS.
- d) La normalización de la tecnología pertinente entre los diferentes fabricantes de vehículos y operadores de tráfico y la carretera, tanto a nivel nacional como internacional.

- e) Investigar y apoyar la producción de dispositivos V2I DSRC baratos y de fácil integración para expandir los beneficios a la flota existente. Esto puede basarse en la experiencia adquirida en una serie de ensayos C-ITS en Europa y en todo el mundo.
- f) Mayor participación y apoyo a los proyectos C-ITS, centrándose en la implementación de infraestructuras y con el objetivo de recoger las lecciones aprendidas.

4.4. MODELOS DE NEGOCIO PARA LOS OPERADORES DE TRÁFICO Y CARRETERA

Antecedentes

Un modelo de negocio puede definirse como la herramienta conceptual que permite la expresión de la lógica de una organización para crear valor y ganar dinero. Consiste en una serie de elementos que describen el valor ofrecido por la organización a uno o más segmentos de clientes, así como la arquitectura de la organización y su relación con sus socios en la creación y entrega de valor¹. Los elementos de un modelo de negocio incluyen la propuesta de valor, los segmentos de clientes, los recursos, las actividades de los socios y la estructura de costes. El valor creado por los operadores y las autoridades de tráfico y carretera como parte de sus modelos de negocio incluye una amplia gama de beneficios de la explotación y el mantenimiento de las carreteras, así como una gestión eficiente del tráfico. Entre estos beneficios se incluyen la mejora de la seguridad, la mejora de los tiempos de viaje y la reducción de las emisiones de los vehículos.

Un aspecto importante del modelo de negocio es la identificación de la cadena de valor y el modelo de flujo de caja potencial (¿Quién paga a quién?). Dentro del ecosistema C-ITS, las siguientes partes interesadas presentan a los miembros de la cadena de valor:

1. Usuarios de la carretera y viajeros: usuarios de la carretera, incluidos los viajeros, los turistas, los viajeros de negocios y los transportistas.
2. Operadores de tráfico y carretera: organizaciones responsables de las carreteras y de sus sistemas de gestión del tráfico, así como de la gestión de las actividades de mantenimiento e incidentes/accidentes.
3. Autoridades públicas: puede ser el principal propietario del servicio y/o proveedor de fondos / cliente del operador de tráfico y carretera.
4. Proveedores de tecnología C-ITS: proveedores de tecnología C-ITS a bordo de vehículos, en carretera y de back office.
5. Proveedores y operadores de servicios C-ITS: proveedores y operadores de servicios C-ITS gestionados. Pueden actuar como proveedores de servicios para los usuarios de las carreteras y como proveedores de datos para los operadores de tráfico y carretera. Este papel puede ser asumido por los operadores de tráfico y carretera en algunos escenarios.
6. Proveedores de automoción y OEMs (fabricantes de vehículos): algunos proporcionan servicios de Vehículos Conectados (CV) y recogen datos de vehículos de captación de datos que pueden ser utilizados por los proveedores de servicios C-ITS.

¹ Alexander Osterwalder. "The Business model ontology: A proposition in a design science approach" PhD Thesis 2004.

7. Proveedores de comunicaciones inalámbricas e infraestructura digital: proveedores y suministradores de redes de telefonía móvil e infraestructura digital, incluido el alojamiento en nube de datos.

8. Terceros: incluye proveedores de servicios de información, compañías de seguros, operadores de transporte público, servicios de emergencia y generadores de tráfico tales como grandes empresas, eventos grandes y/o regulares y centros comerciales. Algunas de estas entidades participan como parte de la aplicación de la visión del transporte inteligente, integrado y multimodal

Las relaciones financieras entre las distintas partes interesadas (es decir, el modelo de flujo de tesorería) varían en función de una serie de factores, entre los que se incluyen el principal modelo empresarial del operador de tráfico y carretera (operado por el sector público, el sector público encargado, el sector privado) y sus fuentes de ingresos; la naturaleza de los servicios C-ITS ofrecidos y sus proveedores; y la tecnología de comunicaciones C-ITS aplicada (a través de redes de telefonía móvil, DSRC, o un enfoque híbrido). La complejidad del modelo de flujo de tesorería también depende de los objetivos del operador de tráfico y carretera o de la autoridad en términos de los servicios C-ITS ofrecidos y de si el objetivo es la consecución de los beneficios indirectos de los C-ITS, un rendimiento financiero de la inversión o una combinación de ambos. Los beneficios indirectos de C-ITS incluyen una mayor seguridad vial, una mejor visibilidad de la red a través de los datos procedentes de las sondas de los vehículos, una mejor gestión del tráfico y la minimización de la infraestructura vial a través de la señalización a bordo de los vehículos, por ejemplo.

Modelos de negocio C-ITS

Los modelos de negocio C-ITS se consideran desde la perspectiva de los operadores de tráfico y carretera y en relación con la oferta de servicios C-ITS, el funcionamiento de los servicios y la financiación/financiación.

Oferta de servicios C-ITS

La amplia variedad de servicios C-ITS puede ofrecerse a los usuarios de la carretera y a otras partes interesadas, de diferentes proveedores de forma independiente o colectiva (es decir, como un paquete completo). Cuando se ofrecen de forma independiente, los operadores de tráfico y carretera pueden centrarse en los servicios ofrecidos a través de la infraestructura C-ITS en el margen de la carretera, como las obras de carreteras locales y los avisos de accidentes, y GLOSA a través de las comunicaciones V2I e I2V. También pueden recopilar datos procedentes de vehículos habilitados para C-ITS. Otros servicios, como la información sobre el tráfico en tiempo real y la reserva de aparcamiento, los ofrecen en este caso otros proveedores, como los fabricantes de vehículos y los proveedores de servicios de información, a través de otras formas de conectividad (por ejemplo, redes de telefonía móvil). En el enfoque de la oferta de servicios colectivos, los operadores de tráfico y la carretera pueden ser los principales proveedores que cotejen los servicios C-ITS de los diferentes proveedores y los ofrezcan a través de una interfaz unificada. Estos servicios pueden incluir actualizaciones de tráfico en tiempo real, reservas de aparcamiento y cobro automático de peaje, además de las aplicaciones de seguridad crítica entregadas a través de V2I y V2V.

Operación del servicio C-ITS

Los servicios C-ITS ofrecidos por los operadores de tráfico y carretera pueden ser gestionados internamente o subcontratados a proveedores de servicios C-ITS especializados que operan como servicio. Entre estos proveedores figuran los fabricantes de vehículos, los proveedores de servicios de información y los proveedores de servicios de gestión del tráfico.

Ingresos por servicios C-ITS

Por lo general, los operadores de tráfico y carretera pueden ofrecer servicios C-ITS de forma gratuita, con una tasa de rentabilidad o con beneficios, dependiendo de su modelo de negocio principal. Hay una serie de servicios y productos que los operadores de tráfico y carretera pueden ofrecer a un determinado coste. Los operadores de tráfico y carretera también pueden ofrecer datos agregados y encriptados de los vehículos con sensores C-ITS a un precio para los proveedores de servicios de información y los proveedores de seguros, por ejemplo. Los servicios C-ITS del operador de tráfico y carretera pueden financiarse íntegramente con fondos públicos, subvencionados o a precios de mercado.

Recomendaciones

La mayoría de las actuales implementaciones C-ITS se encuentran en la fase de prueba o de despliegue inicial y se centran en la mejora de la seguridad vial como motor principal, sin que la mayoría haya establecido modelos de negocio para sus servicios C-ITS. La construcción de un modelo de negocio C-ITS depende de una serie de factores relacionados con los principales objetivos y modelo de negocio del operador de tráfico y carretera, los servicios ofrecidos por C-ITS y su modelo de operación. Es importante identificar estos factores a la hora de desarrollar el modelo de negocio.

También se recomienda que los operadores de tráfico y carretera aprendan del mercado de vehículos conectados CV, que está más avanzado en comparación con el mercado de V2V y V2I (DSRC) C-ITS. Existen modelos de negocio establecidos para recoger datos de localización/velocidad de los vehículos a través de la conectividad de la red móvil (dispositivos de navegación conectados y/o tarjetas SIM integradas en los vehículos) y ofrecer información en tiempo real sobre el tráfico y el re-encaminamiento a los usuarios de la carretera basado en dichos datos, con ingresos directos proporcionados por los usuarios de la carretera, en algunos casos en forma de tarifas de suscripción. Algunos proveedores de servicios de información que ofrecen estos servicios a los usuarios de las carreteras también generan flujos de ingresos a partir de la oferta de sus datos de forma agregada y anónima a los operadores de tráfico y carretera. Algunos fabricantes de vehículos también recopilan datos proporcionados por los vehículos (por ejemplo, el estado del motor) que luego se utilizan para informar a los conductores sobre los fallos del vehículo y las necesidades de mantenimiento. En este caso, los ingresos son indirectos y se traducen en un aumento de los ingresos de mantenimiento y de las ventas de piezas de recambio.

Al igual que en el mercado de los vehículos conectados CV, los operadores de tráfico y carretera pueden ofrecer servicios C-ITS que generen ingresos directos procedentes de los usuarios de las carreteras o de la venta de datos a terceros (por ejemplo, proveedores de seguros de vehículos y proveedores de movilidad como servicio MaaS). Antes de establecer estas fuentes de ingresos, es importante abordar la complejidad asociada a la propiedad de los datos y el cumplimiento de las

regulaciones de privacidad. ¿Quién es el propietario de los datos: el conductor del vehículo, el propietario del vehículo, el fabricante del vehículo, el operador C-ITS, el operador de tráfico y carretera, cualquier otra persona? Los operadores de tráfico y carretera también pueden generar ingresos indirectos al vincular los servicios de peaje, por ejemplo, con implementaciones C-ITS. A diferencia del mercado de CV, que se basa en la red de telefonía móvil existente, las principales aplicaciones V2I C-ITS requieren la implementación de una infraestructura C-ITS en el margen de la carretera. La gran inversión para construir dicha infraestructura requiere financiación del sector público, dados los beneficios económicos, sociales y medioambientales indirectos de los C-ITS.

4.5. ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DISTINTAS TECNOLOGÍAS UTILIZADAS CASO POR CASO

4.5.1. Tecnologías de la comunicación en C-ITS

El desarrollo de los C-ITS tiene una gran necesidad de interoperabilidad, fiabilidad y coherencia, tal como se menciona en la sección 4.2. En este contexto, la elección y la difusión de las tecnologías de la comunicación son un aspecto clave para los C-ITS en el sentido de que pueden necesitar ser compatibles con más de una norma o especificación en particular. El uso de las comunicaciones a efectos de C-ITS cubre escenarios muy diferentes y ha cambiado y se ha vuelto más complejo a medida que se han ido desarrollando nuevos requisitos, dispositivos y servicios.

Las tecnologías de comunicación utilizadas para los fines de C-ITS pueden clasificarse según su funcionalidad en las siguientes categorías de difusión.

- Comunicaciones de Corto Alcance: DSCR de 5,8 GHz, DSRC de 5,9 GHz o ITS G5 y LTE-V2O otros entrantes. Los atributos de esta categoría son el corto alcance (distancia geográfica) que cubre, la baja latencia, la capacidad de comunicación bidireccional y los pequeños tamaños de paquetes de datos entregados.
- Comunicaciones de Largo Alcance: Redes celulares incluyendo UMTS (3G), LTE (4G) y 5G entrantes. Los atributos son el alcance de amplio rango, la latencia de baja a media, las comunicaciones bidireccionales y los grandes tamaños de paquetes de datos.
- Transmisión de área amplia: Radio digital (por ejemplo, DAB+) y radio analógica. Los atributos son el largo alcance, la latencia media a alta, la limitación a la comunicación unidireccional y el tamaño medio de los paquetes de datos.

Adicionalmente, se pueden establecer dos categorías principales para el tipo de información que se comunica:

- Información táctica: información que se necesita para realizar acciones inminentes, por ejemplo, evitar colisiones.
- Información estratégica: información que permitiría planificar con antelación, por ejemplo, el cambio de ruta basado en la información sobre el tráfico o la gestión del tráfico.

Los requisitos de comunicación serán diferentes para la información táctica y la información estratégica. La información táctica requiere una latencia baja y normalmente sólo será útil en una proximidad cercana, haciendo que las comunicaciones de corto alcance sean adecuadas. Por lo general, la información estratégica requerirá una mayor cobertura geográfica, pero también podría tener requisitos menos estrictos en cuanto a la latencia. Por lo tanto, para la información

estratégica, la comunicación de radiodifusión de largo alcance y de área amplia sería generalmente adecuada.

El tipo de tecnología de la comunicación utilizada para el C-ITS depende de los servicios y de los escenarios en los que se desarrollará y desplegará la aplicación. Los principales factores a tener en cuenta para la elección de la tecnología de comunicación son:

- Cobertura y capacidad celular.
- La necesidad de un intercambio de comunicaciones de baja latencia y de que los datos se intercambien en tiempo real (dependiendo del tipo de información).
- Idoneidad para una unidad de carretera que se despliegue e integre en la infraestructura de la carretera.
- Alcance del servicio C-ITS y necesidades de intercambio de datos.

Por ejemplo, si un servicio de alerta de obras en carretera requiere una comunicación de muy baja latencia en determinados escenarios, la infraestructura de comunicación con los vehículos que utilizan DSRC podría ser la más apropiada. La decisión tomada al elegir la tecnología ha de considerar el alcance geográfico requerido que debe cubrirse y los requisitos de latencia para cada tipo de información que se comunica.

Si los servicios C-ITS han de prestarse por varios medios, la arquitectura podría considerar un enfoque modular en el que cada aplicación se prestara mediante un sistema independiente, en el que cada sistema controlaría su propio acceso a los subsistemas de comunicación. Un enfoque alternativo podría considerar servicios gestionados por un anfitrión común y con acceso a un mecanismo de comunicación común. El enfoque modular es más fácil de aplicar, mientras que el enfoque de acogida común puede ser más fácil de actualizar si las tecnologías evolucionan.

Además del aspecto cooperativo, deben tenerse en cuenta los futuros casos de uso automatizado de vehículos. La introducción generalizada de estos vehículos podría coincidir con el despliegue de la tecnología celular 5G, y podría ser necesario considerar la posibilidad de utilizar otros espectros específicos junto con las bandas 5,8 y 5,9 GHz actualmente atribuidas. El celular 5G requerirá un proceso de innovación y puede resultar en una reorientación de las opciones de comunicación, no sólo para operaciones automatizadas sino también para aplicaciones cooperativas.

En este contexto, las plataformas C-ITS, especialmente en Europa y EE.UU., proporcionan una base común sobre la que desarrollar aplicaciones C-ITS, y se acuerdan tipos y tecnologías de comunicación específicos mediante una colaboración amplia y detallada. Mientras que el escenario estadounidense se centra en el uso de la comunicación dedicada de corto alcance (DSRC) en 5,9 GHz para permitir aplicaciones críticas para la seguridad, el enfoque de la UE está diseñando una plataforma híbrida abierta -basada en una estación ITS estandarizada- para gestionar múltiples comunicaciones.

Esta plataforma híbrida es el resultado de reuniones y trabajo dentro de diferentes grupos, incluyendo la Plataforma de Despliegue C-ITS, el Grupo de Ámsterdam y el C2C-CC, con muchos miembros que han entendido que el despliegue de casos de uso C-ITS no puede ser soportado por una sola tecnología de comunicación. Por el contrario, se necesita un marco coexistente de tecnologías de la comunicación, es decir, que Europa adopte el "enfoque híbrido de la comunicación".

Desde la creación de C-ITS como concepto y el avance hacia despliegues tempranos, se han llevado a cabo varios análisis de las opciones de comunicación de ITS. Esto estableció la necesidad de asignar una parte del espectro de comunicaciones a los sistemas cooperativos, C-ITS, ITS para la seguridad y la eficiencia, así como a los casos de uso no seguro. Las bandas atribuidas en Europa son similares a las de Estados Unidos. La figura 9 ofrece una visión general del espectro de STI tal como se legisla actualmente en Europa.

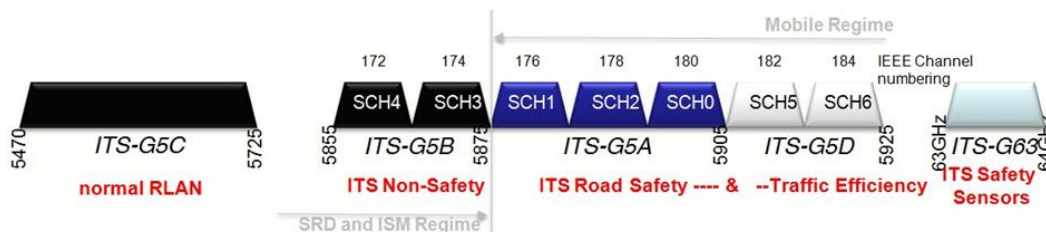


Figura 9 Espectro de ITS reconocido en Europa y bandas relacionadas Fuente: Car2Car-Workshop 2015

Las bandas ITS-G5A e ITS-G5D están sujetas a un régimen móvil, que da prioridad a los servicios de seguridad y eficiencia del transporte en estas bandas.

En Europa, el componente ETSI proporciona las comunicaciones de 5,9 GHz. Es probable que el mismo hardware DSRC pueda cumplir con las asignaciones de canales tanto de EE.UU. como de la UE, con algunas diferencias en el firmware y el software.

Los casos de uso en Europa confirman la utilización de un "enfoque de comunicación híbrido" que, por ejemplo, se ha desplegado en el Corredor C-ITS (Rotterdam - Frankfurt - Viena). Esto permite un intercambio de información relacionada con el tráfico entre los vehículos y la infraestructura vial (V2I), así como facilitar los flujos de información entre los vehículos equipados con tecnología cooperativa (V2V), utilizada principalmente para asesorar a los conductores sobre la presencia de obras viales, recopilar datos de vehículos con sonda de captación (PVD) y proporcionar una mejor gestión del tráfico con la ayuda de los datos de vehículos.

Dentro del Corredor C-ITS, la información sobre obras en carretera está a disposición de un "punto de acceso único" desde el que se emite en las unidades ETSI ITS G5 conectadas a través del canal WiFi-p de ETSI ITS G5 utilizando una gama de comunicaciones de 5,9 GHz. En el área holandesa del Corredor C-ITS se envía un primer mensaje a grandes distancias mediante comunicación celular. Los cuatro mensajes restantes se transmiten mediante comunicación WiFi-p. En este caso, la información táctica se transmite a través del DSRC y la información estratégica se transmite a través de la comunicación celular.

Un modelo híbrido similar a efectos de comunicación se ha utilizado en el proyecto SCOOP@F en Francia, SISCOGA en España, desarrollos en la República Checa, A2/M2 en el Reino Unido, Alemania, Bélgica, Hungría o Eslovenia. En estos proyectos, la comunicación a través del DSRC es el principal canal utilizado, pero se está completando con comunicaciones de radiodifusión de gran alcance y área amplia por canal de telefonía móvil.

En el caso del proyecto C-ITS de NordicWay se ha adoptado un enfoque diferente, que se centra en demostrar el concepto de servicios C-ITS celulares utilizando comunicaciones 3G y 4G/LTE. El ITS G5 se instala sólo en casos excepcionales (por ejemplo, en túneles) o para flotas de servicios

especiales (por ejemplo, advertencia de obras viales). Los tres servicios desplegados bajo el proyecto NordicWay están relacionados con la Información de Tráfico Relacionada con la Seguridad (SRTI, por sus siglas en inglés): alerta cooperativa de ubicación peligrosa, tiempo cooperativo y alerta de carreteras deslizantes y servicios de datos captados por vehículos (PVD). Esta elección de tecnología permite una rápida difusión de los servicios, ya que los teléfonos móviles se utilizan ampliamente en la mayoría de las regiones geográficas.

Además, en muchas ciudades ya existe una red de comunicaciones entre la infraestructura y el vehículo, principalmente para los sistemas de prioridades para flotas (transporte público y vehículos de emergencia) que utilizan una serie de tecnologías de comunicación: GPS, de corto alcance (etiquetas y balizas) y celular. Mientras que en el caso de E.E.U.U. se utiliza un mensaje básico de seguridad (MCS), en el de la U.E. se utiliza un mensaje de sensibilización cooperativa muy similar (CAM) y un mensaje descentralizado de notificación medioambiental (DENM). En los E.E.U.U. se está utilizando una frecuencia dedicada de corto alcance para las comunicaciones de infraestructura de vehículos, mientras que en el primer proyecto C-ITS a gran escala en Copenhague, Dinamarca, se utilizaron inicialmente comunicaciones ITS G5, pero se ha adoptado una solución híbrida que incluye telefonía móvil para utilizar el sistema con un Smartphone en lugar de una OBU especializada. Algunas otras ciudades de Europa están planificando su despliegue, y en un pequeño número de ciudades los servicios C-ITS se están ampliando para seguir funcionando después del proyecto, utilizando soluciones combinadas basadas en ITS G5 Road Site Units/3G/4G/5G, dependiendo de la ciudad.

El Programa Piloto de Despliegue de Vehículos Conectados de EE.UU. (USA Connected Vehicle Pilot Deployment Program) estableció el DSRC para V2I en 5.9 GHz u otros medios inalámbricos en los tres proyectos principales en la ciudad de Nueva York, Tampa y Wyoming. Los proyectos dentro del programa incluyen aplicaciones de comunicaciones de vehículo a vehículo (V2V), de vehículo a infraestructura (V2I) y de vehículo a peatón (V2P). La implementación de V2I incluye un sistema de señalización móvil accesible para peatones, que informa a los peatones con deficiencias visuales o auditivas sobre el estado de la señalización de los peatones y proporciona orientación al paso de peatones para ayudarles a cruzar la calle. En este caso, se utiliza la comunicación híbrida en la que los teléfonos inteligentes se conectan al equipo de carretera (RSE).

En Japón, el Sistema de Información y Comunicaciones sobre Vehículos (VICS) se puso en marcha en 1996 tras un período de prueba de tres años. Este servicio se comunicaba con un sistema de navegación a bordo del vehículo mediante un sistema dedicado de comunicación de corto alcance (DSRC) y radiodifusión múltiple en FM desde antenas de carretera, proporcionando información a los conductores sobre la congestión del tráfico y los tiempos de viaje. Desde 1995 también están en funcionamiento sistemas de telepeaje. Este sistema de peaje adoptó normas internacionales y utiliza un DSRC activo que permite la comunicación bidireccional en la banda de 5,8 GHz, lo que constituye una ventaja en la evolución hacia el C-ITS, y posteriormente se ha desarrollado una amplia gama de servicios. Hay un gran número de OBUs de Unidades a Bordo y los servicios han usado este potencial para aumentar la tasa de implantación.

En 2014, y basándose en la amplia difusión del servicio ITS Spot Service, Japón promovió la evolución al servicio ETC 2.0 que incluye DSRC, localización GPS y comunicaciones celulares, ya que los teléfonos móviles están incluidos en la provisión de información dentro de la norma

ISO/TC204. Las OBU existentes podrían ser modificadas para ETC 2.0, lo que implica que un número significativo de OBU existentes pudieron ser reutilizadas con esta actualización.

El despliegue de sistemas cooperativos en China se basa en su Plan de Acción Nacional ITS que incluye sistemas que utilizan tecnologías DSRC, WiFi, 5G e IPV6, cubriendo tanto comunicaciones V2V como V2I. Las normas propuestas para su uso son ISO/TC204/TC222, IEEE, SAE y ETSI.

Corea del Sur ha consolidado sus sistemas ITS y ha comenzado a trabajar en su próxima generación de Sistema Cooperativo de Transporte Inteligente en preparación para los Juegos Olímpicos de Invierno de 2018. La innovación consiste en incluir el intercambio seguro de información en tiempo real entre vehículos (V2V) y entre automóviles y la infraestructura inteligente circundante (V2I), incluidos los emplazamientos de obras viales, las señales de tráfico y los semáforos. La tecnología de comunicación utilizada se basa en los estándares internacionales IEEE 1609.x para servicios cooperativos, Bluetooth para la comunicación OBU-Human Machine Interface HMI y comunicación por cable para la red de Unidades de Carreteras.

4.5.2. Pros y contras de las distintas tecnologías, caso por caso de uso

Comunicación de corto alcance: debido a su baja latencia, la comunicación de corto alcance es más adecuada para transmitir información táctica que necesita ser difundida rápidamente y muy cerca de la ubicación de la información. El alcance es adecuado para esta información táctica, pero es poco probable que sea adecuado para la mayoría de los propósitos estratégicos. Los operadores de tráfico y carretera necesitan poseer los dispositivos de radiodifusión asociados para la comunicación, lo que conlleva costes de adquisición y mantenimiento y costes probables asociados a las actualizaciones de software. Pueden surgir dificultades cuando se requiere una actualización o sustitución de la tecnología debido a la posible incompatibilidad del hardware. Debido a las limitaciones en el tamaño de los paquetes de datos -generalmente pequeños para comunicaciones de corto alcance- el desarrollo de servicios de alta demanda puede verse restringido. La Comunicación de Corto Alcance requiere una gran red de Unidades de Carreteras, lo que implica una inversión significativa y la necesidad de estándares muy abiertos para permitir futuras actualizaciones del sistema y limitar la obsolescencia tecnológica. Sin embargo, la transmisión en sí es libre. Las Unidades de Carretera (RSU) pueden conectarse directamente al Centro de Gestión de Tráfico, lo que permite a los operadores de tráfico y carretera recopilar datos sin necesidad de intermediarios.

Comunicación de largo alcance: Con la generalización de los teléfonos móviles inteligentes, la capacidad de utilizar tecnologías de comunicaciones de largo alcance se ha vuelto más factible y flexible. Las comunicaciones de largo alcance son muy adecuadas para la difusión de información estratégica y la cobertura y capacidad de las redes celulares están creciendo a medida que la tecnología continúa evolucionando, ampliando aún más su utilidad potencial. En muchos países, el desarrollo de redes celulares con cobertura casi completa es una prioridad pública que garantiza su crecimiento en uso en el futuro. Sin embargo, las redes celulares actuales no son adecuadas para las transmisiones tácticas. Se espera que las comunicaciones 5G comiencen a desplegarse en un futuro próximo y esto mejoraría tanto la capacidad como la latencia, lo que a su vez podría permitir el uso de esta tecnología de comunicación para la transmisión de información táctica. Se están realizando pruebas en el proyecto NordicWay utilizando comunicaciones celulares. Las velocidades de transmisión de datos restringidas pueden ser un obstáculo en algunas ubicaciones para los usuarios. El diseño y el despliegue de la interfaz

hombre-máquina (HMI) deben garantizar que no se induzca a la distracción. Con la capacidad de entregar paquetes de datos de mayor tamaño, es posible el desarrollo de servicios de alta demanda, pero hay que tener en cuenta los costes de comunicación, especialmente en aquellos países con altas tarifas de transmisión. El traspaso transfronterizo entre diferentes proveedores de telecomunicaciones es una cuestión que también debe resolverse. En el caso de Europa, esto puede resolverse utilizando los puntos de acceso nacionales existentes para garantizar la interoperabilidad en todos los países.

Transmisión de área amplia: Con atributos tales como largo alcance, latencia media a alta, paquetes de datos de tamaño medio y la limitación a la comunicación unidireccional, la comunicación de radiodifusión de área amplia se considera generalmente como una tecnología complementaria. Esta tecnología de comunicación requiere dispositivos específicos, pero por lo general ya está extendida e instalada en la mayor parte del mundo.

Todas las tecnologías consideradas son adecuadas para transmitir (y recibir) comunicaciones de varios tipos y rango de información. Debido a las diferentes necesidades de los distintos servicios y aplicaciones de C-ITS, el enfoque híbrido abierto puede ser el escenario más apropiado para permitir el crecimiento futuro. El rendimiento y la capacidad previstos de la próxima tecnología 5G parecen muy prometedores y podrían muy bien cambiar los escenarios de despliegue de las comunicaciones en los próximos años, sin embargo, los requisitos de comunicación de los servicios C-ITS específicos deben ser la guía definitiva para las decisiones tecnológicas.

4.6. ACCESO A DATOS DE CALIDAD

Los sistemas C-ITS en sus diferentes formas de implementación de tecnología generan grandes cantidades de datos. Su resultado principal son datos procedentes de los vehículos (PDV) que, además de la identificación, la ubicación, la velocidad y la aceleración del vehículo, pueden proporcionar más atributos en relación con la carretera y las condiciones meteorológicas en que se encuentra, así como las condiciones del vehículo. Un gran número de aplicaciones pueden utilizar estos datos, entre las que se incluyen la monitorización del tráfico, el tiempo y las carreteras y, lo que es más importante, las aplicaciones para la seguridad vial. Un aspecto importante para el desarrollo de tales aplicaciones es disponer de datos de calidad adecuada. La calidad de los datos se puede caracterizar por una serie de atributos como la exactitud, validez/integridad, totalidad, consistencia, puntualidad y disponibilidad de los datos. Las diferentes aplicaciones C-ITS requieren acceso a datos con distintos niveles de requisitos de calidad. Las aplicaciones C-ITS críticas para la seguridad vial en tiempo real, por ejemplo, requieren estrictos niveles de puntualidad en la entrega de los datos en comparación con las aplicaciones/servicios de tráfico predictivos.

Hay una serie de factores en el entorno de los sistemas C-ITS que pueden influir en la calidad de los datos. Los datos C-ITS se generan a partir de diferentes vehículos (modelos y fabricantes), y se accede a ellos a través de diferentes rutas, incluyendo estaciones C-ITS en el margen de la carretera, operadores de redes de telefonía móvil, plataformas de datos de fabricantes de vehículos y plataformas de datos de operadores de tráfico y carretera. Muchos de los atributos de los datos C-ITS pueden clasificarse como "datos personales" y la necesaria encriptación y agregación de datos puede tener un impacto en la calidad de los mismos. La integridad de los datos C-ITS puede verse afectada por el equipo C-ITS del vehículo si se manipula (por ejemplo, si el GPS del vehículo se falsifica o interfiere). Además de la calidad de los datos, hay aspectos de los

datos asociados que también deben tenerse en cuenta. Estos incluyen el formato y modelado de datos, interfaces de acceso a datos y la disponibilidad de metadatos.

4.7. RECOMENDACIONES SOBRE CALIDAD DE LOS DATOS

A fin de mejorar el acceso a fuentes de datos C-ITS de calidad suficiente, y propiciar el desarrollo de una amplia gama de aplicaciones, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos y abordar las cuestiones relacionadas:

Definición de los requisitos de calidad de los datos

Cada aplicación C-ITS tiene un conjunto diferente de requisitos de datos en relación al tipo de dato, sus fuentes y, lo que es más importante, su nivel de calidad mínimo. Es importante identificar los requisitos de calidad de datos de cada aplicación C-ITS. Es decir, lo relacionado con los diferentes elementos de la calidad de los datos, entre otros, la exactitud, la integridad y la puntualidad. Las necesidades deben cuantificarse en la medida de lo posible para evitar ambigüedades.

Definición de los procesos de recogida de datos

La amplia variedad de actores en el sector de los C-ITS puede dar lugar a la generación y recopilación de datos sobre los C-ITS utilizando diferentes procesos, normas y aplicaciones. Contar con un conjunto claro de orientaciones sobre los procesos de generación y recopilación de los distintos tipos de datos puede mejorar significativamente la calidad de los mismos y proporcionar un enfoque común para la evaluación de la calidad de los datos entre las distintas partes del sector C-ITS.

Definición de procesos y atributos de aseguramiento de calidad de datos

Es importante desarrollar un marco común para la evaluación de la calidad de los datos que defina procesos claros para la evaluación de la calidad de los datos y la presentación de informes al respecto.

Accesibilidad de los datos

La naturaleza del sector C-ITS genera el tratamiento de una serie de fuentes de datos, por lo general de alta calidad, que son tratadas por diferentes organizaciones y que se utilizan para fines específicos. La apertura y el intercambio de estas fuentes de datos entre los diferentes actores de los C-ITS aportarían una serie de beneficios. Estos beneficios incluyen mejoras en la calidad de los datos a través de comprobaciones cruzadas, comparaciones y validaciones; soporte para una gama más amplia de aplicaciones existentes y nuevas a través de la agregación de diferentes conjuntos de datos; y la generación de nuevos flujos de ingresos relacionados con los datos. Hay una serie de factores que deben tenerse en cuenta para permitir la accesibilidad a los datos a través del intercambio:

1. Establecimiento de una clara comprensión de los beneficios de compartir datos desde la perspectiva de cada proveedor de datos y comunicar dichos beneficios para fomentar un mayor intercambio de datos.
2. Identificar y desarrollar un mecanismo de distribución que puede ser a través de una plataforma de datos común o un almacén de datos.

3. Reconocer y abordar las cuestiones relacionadas con la sensibilidad comercial y la competencia. Esto puede ser a través de modelos de negocio claros en torno a datos C-ITS y flujos de ingresos de datos definidos.
4. Garantizar el cumplimiento de cualquier normativa y política de privacidad de datos, así como la propiedad de los datos y el control de acceso.

4.8. EL ROL DE C-ITS EN LA INFRAESTRUCTURA DIGITAL GLOBAL

En las últimas décadas se ha puesto de manifiesto la importancia de la infraestructura digital para la construcción, explotación y mantenimiento de la infraestructura física de transporte. En el ámbito de los sistemas de transporte inteligentes (ITS), se utiliza una combinación de tecnologías de la información y las comunicaciones para ayudar a los operadores de tráfico y carretera a gestionar sus redes de carreteras. En la actualidad, la atención se centra principalmente en la recogida de datos (incluida la digitalización), el tratamiento de datos y la generación de servicios para mejorar la eficiencia, la seguridad vial y el impacto medioambiental. La infraestructura de transporte digital necesaria puede dividirse en los siguientes elementos:

- Puntos de acceso a datos y servicios, incluidas las operaciones de back-office
- Conectividad (incluidas las redes de comunicación)
- Mapas digitales
- Posicionamiento

Una necesidad fundamental en el desarrollo de la infraestructura de transporte digital es la interoperabilidad a nivel de interfaz para permitir la circulación eficaz de la información. Este intercambio de información es fundamental, ya que es necesario para ayudar a supervisar, actualizar y mejorar todos los elementos (desde los servicios hasta los datos y los sistemas) del futuro sistema de transporte.

La aparición de C-ITS es un punto de inflexión importante en el uso potencial de la infraestructura de transporte digital. En las fases iniciales de despliegue, es probable que la disponibilidad del servicio C-ITS sólo esté disponible a lo largo de corredores equipados, lo que no presupone necesariamente la existencia de una infraestructura de transporte digital para toda la zona. Sin embargo, la evolución futura de los servicios C-ITS requiere una cobertura completa en toda la red de transporte. Para apoyar la disponibilidad de servicios C-ITS en todas las carreteras, es necesario el compromiso de invertir en infraestructura de transporte digital. Esta tarea de inversión se considera una tarea compartida entre partes interesadas privadas y públicas, en la que es necesario que los operadores de tráfico y carretera (generalmente organismos públicos) desempeñen un papel de liderazgo, que debe definir las inversiones necesarias para planificar, suministrar, explotar y mantener una infraestructura de transporte digital eficiente.

Puntos de acceso a datos y servicios, incluidas las operaciones de back-office

Los puntos de acceso se consideran un elemento central de un futuro sistema de infraestructura de transporte digital. Para el funcionamiento de los servicios C-ITS, se requiere una infraestructura administrativa para compartir los servicios C-ITS a través de diferentes canales de comunicación e informar a otras partes interesadas sobre la existencia de los servicios.

Además de la distribución de los servicios C-ITS, es necesario disponer de información adicional sobre la calidad (servicios C-ITS accesibles, red cubierta por servicios C-ITS, etc.) para garantizar

una amplia aceptación por parte de otras partes interesadas C-ITS. Este intercambio de información es de mayor importancia si los servicios se prestan a diferentes operadores de servicios.

Los servicios relacionados con la seguridad vial requieren una amplia distribución que incluya a todos los posibles proveedores de servicios, así como todos los canales de comunicación disponibles.

Para que los servicios C-ITS se presten a tiempo, se requiere una latencia baja y una alta precisión, especialmente cuando el servicio prestado es para apoyar la seguridad vial. Es esencial que los conductores reciban los servicios C-ITS críticos para la seguridad vial como información comprensible, fiable y oportuna. Las consideraciones de conectividad deben cubrir toda la cadena de servicios, desde la generación del mismo hasta su entrega. Así, será necesario utilizar varias tecnologías de comunicación diferentes de manera híbrida, incluidas las redes celulares y las redes de comunicaciones de corto alcance (DSRC).

La tecnología de comunicación utilizada debe estar consensuada y apoyada por todos los actores que intervienen en la cadena de prestación de servicios. Lo ideal sería que los canales de comunicación no cambiasen en las fronteras jurisdiccionales, ni entre los distintos operadores de redes de carreteras ni entre los distintos países, a fin de evitar perturbaciones en la prestación de los servicios C-ITS prestados.

La interfaz de servicio (protocolo de comunicación) debe armonizarse para garantizar que todas las entidades conectadas se entienden entre sí. Para la información relacionada con la seguridad vial y los mensajes obligatorios (jurídicamente vinculantes), debe garantizarse una conectividad segura (véase el capítulo 3.5).

Mapas Digitales

El concepto de mapa digital está íntimamente relacionado con la referenciación de la ubicación. Sin una ubicación exacta de un evento, un servicio crítico para la seguridad vial no satisfará las expectativas de los usuarios. Por lo tanto, la infraestructura cartográfica digital es necesaria para varios fines:

- Localización de los eventos identificados en los que el operador de tráfico y carretera es responsable de las aportaciones a efectos de la gestión de la red de carreteras y de la seguridad de los usuarios.
- Utilización de mapas digitales como elemento clave para la gestión del tráfico, incluyendo estrategias de mitigación en caso de eventos. Se espera que estas estrategias de mitigación (por ejemplo, desvíos, reducción de los límites de velocidad) pasen a formar parte de los servicios C-ITS.
- Identificar el lugar donde está activo un servicio C-ITS. Esta ubicación puede ser un punto (por ejemplo, un lugar con un obstáculo en la carretera), un tramo (por ejemplo, un tramo de carretera con un cambio de límite de velocidad) o una zona (por ejemplo, condiciones meteorológicas como la niebla).
- Referenciación de la ubicación de un evento dentro de la interfaz de servicio al cliente. Es crucial que el usuario reciba el servicio en una posición exacta y correcta.

Con la evolución de los servicios C-ITS (y la evolución hacia la automatización en el futuro), la precisión del posicionamiento será cada vez más importante. Los servicios C-ITS tienen el

potencial de influir directamente en el comportamiento de los vehículos, incluso sin intervención humana, por lo que la necesidad de cartografía digital precisa y de referencias de localización exactas será cada vez más importante. Además de la precisión de los mapas digitales (a menudo denominados mapas de alta definición), los sistemas también deben contener el nivel de detalle adecuado para garantizar que la recogida y difusión de datos específicos de cada carril pueda lograrse en un tramo de carretera. También tendría que estar disponible a lo largo de los tramos de obras viales (u otros tramos con cambios temporales) para apoyar a los conductores en el futuro.

Posicionamiento

La prestación de servicios de posicionamiento también es fundamental, ya que se trata de un requisito clave, para que la infraestructura digital permita la prestación de servicios C-ITS. Actualmente, los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS), como GPS (EE.UU.), GLONASS (Rusia), GALILEO (Europa) o Beidou (China) son las tecnologías de posicionamiento más utilizadas. También existen sistemas de posicionamiento terrestre, pero rara vez se utilizan en el ámbito de los servicios C-ITS. Esto puede cambiar con los futuros conceptos de conducción asistida y altamente automatizada, en los que puede ser necesario utilizar una combinación de sistemas de posicionamiento, especialmente en entornos más difíciles como zonas urbanas, bosques, valles o túneles.

Otras necesidades de especialización

Además de los elementos identificados de una infraestructura de transporte digital, el conocimiento técnico en los procesos emergentes relacionados con el procesamiento de grandes datos, la inteligencia artificial (IA), la Internet de las cosas (IoT), etc., son necesarios para generar el servicio C-ITS más fiable, robusto y preciso basado en los tipos de datos disponibles.

4.9. SEGURIDAD

La prestación de servicios seguros es una de las necesidades básicas para que la prestación de servicios C-ITS siga siendo robusta contra la piratería informática y los ciberataques. Cuando se trata de servicios relacionados con la seguridad vial o servicios obligatorios (vinculantes desde el punto de vista jurídico), la prueba de que un conductor actuó (de acuerdo con el consejo o de otro modo) al recibir un servicio C-ITS válido es crucial. Es necesario garantizar la seguridad a lo largo de toda la cadena de servicios, desde la generación de servicios C-ITS hasta la presentación de servicios C-ITS al usuario individual. Esta necesidad de seguridad será aún más importante cuando los servicios puedan afectar directamente al comportamiento de un vehículo. Por lo tanto, los canales de comunicación seguros son un requisito básico para permitir un sistema C-ITS fiable, robusto y dentro de un ámbito de trabajo de confianza.

La seguridad no requiere una respuesta puramente técnica. En el futuro, se espera que varios proveedores de servicios presten diferentes servicios C-ITS utilizando diferentes tecnologías de comunicación. Todas las partes interesadas deben trabajar juntas para establecer un marco organizativo en el que la seguridad esté garantizada a todos los niveles y en todas las circunstancias. Es necesario garantizar la seguridad de los servicios C-ITS en los atascos de tráfico, en los que cientos de vehículos se comunicarán entre sí, así como en los tramos de autopistas de alta velocidad en los que los vehículos podrían pasar por una estación C-ITS a velocidades superiores a 160 km/h.

Los servicios C-ITS prestados por los operadores de tráfico y carretera suelen difundirse en modo abierto y no de forma individualizada. La prestación de servicios con arreglo a este enfoque facilita el proceso de seguridad, ya que no requiere un acercamiento entre los diferentes operadores ni un intercambio de información punto a punto; sin embargo, el receptor necesita pruebas de que está recibiendo un servicio válido. Por lo tanto, se considera que el camino a seguir es adjuntar un certificado de seguridad al mensaje C-ITS que identifique el servicio como válido. De este modo, la unidad embarcada en el vehículo (OBU) receptora de un servicio C-ITS puede evaluar la validez y fiabilidad de cualquier servicio C-ITS comprobando primero el certificado de seguridad.

Como ya se ha dicho, una política de certificación de este tipo sólo garantiza el traspaso de servicios entre las distintas partes interesadas. Es responsabilidad de cada parte interesada garantizar la seguridad dentro de su propio sistema. Además, se necesita una forma segura de gestionar los certificados de servicio C-ITS. Esta gestión de certificados incluye la creación, supervisión y eliminación de dichos certificados de seguridad. Para ello, se necesita una infraestructura central que genere claves de seguridad, infraestructura que se conoce más comúnmente como Infraestructura de Clave Pública (PKI).

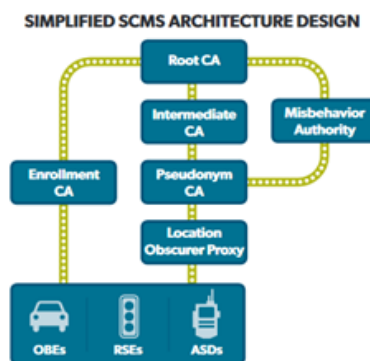


Figura 10: Modelo de arquitectura European C-ITS Trust (Comisión Europea: Política de Certificados para el Desarrollo y Operación del Sistema Europeo Cooperativo de Transporte (C-ITS) C-ITS Platform Fase II, Comunicado 1, Junio 2017.

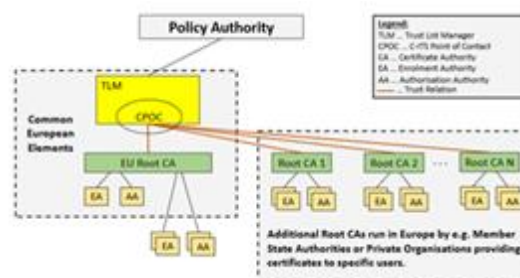


Figura 11: Sistema de Gestión de Acreditación de Estados Unidos (US DoT Fact Sheet, junio 2017)

En Europa, la Comisión Europea creará esta infraestructura de PKI siguiendo la arquitectura del modelo de confianza de la Figura 10, 11². Una Autoridad Europea de Certificación (AC) creará la

² Comisión Europea: Política de certificación para el desarrollo y operación de los Sistemas de Transporte Cooperativos Europeos (C-ITS); Plataforma C-ITS Fase II, edición 1, Junio 2017.

red troncal de confianza que conectará a otras AC (creadas, por ejemplo, por un único Estado miembro europeo) garantizando la interoperabilidad. En los Estados Unidos está prevista la implementación de la PKI, denominada Sistema de Gestión de Credenciales de Seguridad (SCMS), que sigue una lógica similar a la de establecer una autoridad de certificación de confianzaⁱⁱⁱ³.

4.10. PRIVACIDAD Y PROTECCIÓN DE DATOS

Los datos C-ITS suelen considerarse datos personales, ya que contienen información como la ubicación del vehículo (y, por lo tanto, del conductor y de los ocupantes) en un momento dado.

Muchos países tienen leyes para prevenir cualquier abuso en el tratamiento de datos personales, y no es el propósito de este documento discutir la aplicación a las leyes de jurisdicciones individuales. No obstante, es valioso tener en cuenta que, por ejemplo, en Europa, el fundamento jurídico para la legalidad del tratamiento en los C-ITS de acuerdo con el Reglamento general de protección de datos todavía se está debatiendo a principios de 2018. El artículo 29 del WP publicó en octubre de 2017 un dictamen en el que afirmaba que el marco jurídico a largo plazo debería ser la promulgación de un instrumento jurídico a escala de la UE, considerando que es probable, dada la prevalencia prevista de los vehículos (semi)autónomos, que la inclusión de esta tecnología en los vehículos sea obligatoria en algún momento, comparable a la obligación legal de los fabricantes de automóviles de incluir la función de llamada de emergencia eCall en todos los vehículos nuevos. Las medidas de protección de datos formarían parte de ese instrumento jurídico.

Entre las medidas de protección de datos que deben adoptarse, algunas no son directamente responsabilidad del operador de tráfico y carretera: por ejemplo, una configuración por defecto de la estación de C-ITS embarcada en el vehículo como apagada, o el desarrollo de una infraestructura de clave pública que garantice que el vehículo sólo se identifica mediante un seudónimo, pero otras son de interés para el operador de la carretera.

Frecuencia de cambio de seudónimos

En cada país, las autoridades nacionales de protección de datos tendrán que decidir qué frecuencia de cambio de seudónimos es suficiente para impedir el seguimiento. Sin embargo, es posible que los operadores de tráfico y carretera deseen utilizar los datos C-ITS para calcular los tiempos de viaje entre puntos clave de la red de carreteras y proporcionar información agregada a los conductores. Por ejemplo, un cambio de seudónimos cada 1 hora podría considerarse razonable. Esto significa que los transportistas deben participar en los debates con la autoridad nacional (o jurisdiccional) de protección de datos sobre la frecuencia de los cambios.

Encriptación de datos por el operador de tráfico y carretera

La infraestructura back-end del operador de tráfico y carretera debe estar diseñada para garantizar que el centro de gestión del tráfico no tenga acceso a datos personales, sino sólo a datos que ya han sido encriptados, como una velocidad media o un suceso en un punto dado, sin identificación (ni siquiera mediante seudónimos) del vehículo o vehículos que proporcionan la información.

³ USDOT: Prueba de Concepto (PoC) del Sistema de Gestión de acreditaciones de Seguridad (SCMS); Hoja resumen, Junio 2017.

Los datos que contienen la posición y la velocidad de los vehículos (archivos CAM en Europa) son especialmente delicados de manejar. Una solución potencial, desarrollada en el proyecto francés SCOOP, puede consistir en realizar agregaciones en la unidad de carretera (RSU), de forma que sólo se envíen velocidades medias al centro de gestión de tráfico o al almacén central.

Información enviada por los vehículos de los operadores de tráfico y carretera

En algunos despliegues C-ITS, los vehículos de los operadores de tráfico y carretera, como los remolques/camiones de obras en carretera, los vehículos de vialidad invernal o los vehículos de patrullaje, deben transmitir información sobre su ubicación en cada momento. En algunos casos se necesita información específica sobre el personal desplegado, que acompañe a los datos recopilados (por ejemplo, posición, velocidad o duración de los períodos estacionarios) y que los utilice para apoyar su trabajo (por ejemplo, registro de tareas y eventos, supervisión del bienestar y la seguridad de los trabajadores, planificación de los recursos de personal, etc.).

4.11. ESCALABILIDAD DE REDES Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Una de las características de los C-ITS de corto alcance es que el número de comunicaciones aumentará drásticamente tanto con el aumento de la tasa de implantación de los usuarios de la carretera que acceden a los servicios como con el aumento de los servicios que pueden prestarse. Esto significa que las redes deben ser escalables y que el operador de tráfico y carretera también debe ser capaz de manejar una gran cantidad de datos.

Escalabilidad de las redes

El C-ITS de corto alcance utiliza una topología de red ad hoc. Esto implica que no existe un coordinador central, como una estación base o un punto de acceso, que permita el acceso al canal inalámbrico. Todos los participantes de la red son iguales y comparten el canal inalámbrico siempre que tienen algo que transmitir. Sin embargo, cuando muchos participantes de la red desean acceder simultáneamente al canal, el rendimiento de las aplicaciones puede verse gravemente degradado debido a la saturación.

Sin embargo, los expertos en redes han desarrollado una solución llamada control de congestión descentralizado (DCC). El principio es que la estación ITS mide las cargas del canal y adapta los parámetros de transmisión en consecuencia. Habitualmente, la frecuencia de transmisión de la información de velocidad puede disminuir de 10 Hz a 2 Hz, por ejemplo.

En Europa, esta solución ha sido estandarizada para aplicaciones del Servicio del Día 1 en el estándar aprobado ETSI TS 102 687. Los expertos que participaron en el desarrollo de la fase I de la plataforma C-ITS consideraron que esta especificación actual es suficiente para el despliegue temprano de las aplicaciones del Día 1 con una pequeña implantación de las estaciones ITS.

Sin embargo, en el marco del desarrollo de nuevos servicios y del aumento del índice de implantación, será necesario desarrollar cómo usar múltiples canales para el intercambio de información sobre seguridad, incluida la prioridad de los mensajes. Esto debe incluir el desarrollo de tecnologías DCC multicanal.

Para los operadores de tráfico y carretera, esto significa que el despliegue puede comenzar de acuerdo con las normativas actuales.

Escalabilidad del tratamiento de datos

La aplicación del sistema C-ITS generará importantes volúmenes de datos a los que tendrán que hacer frente los operadores de tráfico y carretera. Esto supone un reto para los centros de gestión del tráfico que tradicionalmente están familiarizados con la introducción manual de eventos por parte de los operadores de gestión del tráfico.

Para que estos datos puedan ser utilizados directamente por los operadores de gestión del tráfico, las estaciones de STI situadas en las carreteras (RSU) y/o las estaciones centrales de STI deben agregarlos antes de presentarlos al sistema de gestión del tráfico. Este proceso también está vinculado a la encriptación de datos y a la traducción al formato de datos del sistema de gestión del tráfico (normalmente DATEX en Europa).

La agregación de los datos de velocidad captados es un procedimiento relativamente sencillo, ya que la velocidad media de la muestra en un lugar es la media de las muestras de velocidad enviadas por los vehículos en un lugar. Hay que tener cuidado al utilizar esa información, ya que hay que reconocer que esa agregación se basa en una muestra y no en una media de todos los vehículos, lo que puede resultar problemático si los índices de implantación son bajos.

La agregación de datos de eventos también puede basarse en una combinación de distancia física y tiempo (evaluación en un espacio-tiempo cuatridimensional). Esto podría utilizarse para interpretar que si dos vehículos en ubicaciones cercanas envían información sobre el final de una cola en un corto espacio de tiempo, se puede considerar que están en la misma cola.

4.12. IMPACTO EN LA ORGANIZACIÓN DE LOS OPERADORES DE TRÁFICO Y CARRETERA

En general, el objetivo general de las políticas de transporte en todo el mundo es crear un sistema de transporte socioeconómicamente eficiente y sostenible a largo plazo. Sin embargo, ni la sociedad ni el sector del transporte son sostenibles en su forma actual. El sistema de transporte por carretera ha sido uno de los principales impulsores del crecimiento económico y la prosperidad mundial, pero en la actualidad causa más de 1,24 millones de muertes y es responsable de más del 18% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, cada año.

El sistema de transporte por carretera ha sido creado para una interacción constante entre el hombre y la máquina en la que, idealmente, los seres humanos no cometerían ningún error. En el mejor de los casos, estos errores tienen consecuencias económicas. En muchos otros casos, esto resulta en lesiones y, en el peor de los casos, en muertes. La mejora de la seguridad vial y la mitigación de los impactos ambientales negativos del actual sistema de transporte por carretera son los dos factores importantes que impulsan a los operadores de tráfico y carretera a la hora de buscar medidas innovadoras para desarrollar la próxima generación de sistemas de transporte por carretera. Este sistema se reconocerá proporcionando una movilidad asequible, cómoda y sin fisuras para los ciudadanos y las empresas con una congestión mínima y un tiempo de viaje reducido.

La digitalización y electrificación en curso, en combinación con la automatización, pueden cambiar profundamente el transporte por carretera en el futuro. Los diversos avances técnicos ofrecen muchas herramientas eficaces para que los operadores del transporte por carretera y del tráfico se ocupen de la mejora de la seguridad vial y de las cuestiones medioambientales, creando al mismo tiempo un sistema de transporte por carretera más duradero. Esta última se refiere a la

planificación ágil, que permite la aplicación del tipo adecuado de obras de mantenimiento en el momento oportuno con un mínimo de perturbaciones del tráfico, a través de un buen flujo de información y la provisión de itinerarios alternativos razonables, organizadas entre los operadores de tráfico y carretera y los transportistas. Estos aspectos, junto con una organización de operación profesional, afectarán positivamente la prestación de servicios de movilidad de buena calidad.

En este contexto, es esencial determinar medidas a corto y largo plazo y llevar a cabo evaluaciones de impacto en relación con la actividad principal de los operadores de tráfico y carretera, que pueden expresarse en la consecución de los objetivos generales de las políticas de transporte. Es muy importante identificar los compromisos públicos, por lo que el desarrollo futuro depende en gran medida de la cooperación entre gobiernos, autoridades, empresas privadas, industria e institutos de investigación.

4.12.1. Estado actual y retos futuros

Aunque se espera que la digitalización y la automatización puedan contribuir de manera significativa a la creación de una movilidad sostenible, también entrañan muchos nuevos desafíos y riesgos. No se trata sólo de formas completamente nuevas de utilizar el sistema de transporte por carretera, sino también de preparar y transformar las diversas tareas de los operadores de tráfico y carretera de hoy en día. Los siguientes aspectos son algunos de los que hay que tener en cuenta:

- establecimiento de un nuevo conjunto de métodos de trabajo;
- desarrollo de procesos de negocio adecuados;
- muchas tareas pueden reducirse de forma significativa o desaparecer y puede ser necesario crear nuevos tipos de puestos de trabajo;
- consecuencias financieras;
- cuestiones legales; y
- datos y ciberseguridad

La cooperación eficaz con otras partes interesadas, como los fabricantes de vehículos, el sector de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información y las comunicaciones, y con agentes completamente nuevos que defienden un nuevo conjunto de modelos empresariales para la movilidad futura, es otro requisito para lograr los resultados deseados.

Sin embargo, el actual sistema de transporte por carretera debe seguir sirviendo a la flota actual de vehículos, al tiempo que se inicia una modernización paralela del sistema que apoyará la introducción de vehículos conectados y automatizados en los años venideros. Esta modernización se refiere al desarrollo de la infraestructura digital (C-ITS) como medida complementaria para permitir una conducción automatizada segura en las vías públicas. La inversión en C-ITS no sólo facilitará la introducción de vehículos altamente automatizados, sino que también servirá a la gran mayoría de la flota actual de vehículos con diversos tipos de asistencia al conductor, durante los años del período de transición.

4.12.2. Cooperación Global y Armonización

Como consecuencia del rápido desarrollo, debe intensificarse la cooperación mundial entre las principales partes interesadas, como las industrias de vehículos, telecomunicaciones y tecnologías de la información, así como con los proveedores de servicios en diversos ámbitos de los servicios

de movilidad. El objetivo principal de esta cooperación es abordar los desafíos comunes de las cuestiones jurídicas, la seguridad de los datos y las cibernéticas y la armonización. Esto último es importante, por lo que los intentos de desarrollar diversos conjuntos de soluciones específicas para cada país pueden ralentizar el progreso, lo que puede dar lugar a una variedad de soluciones hechas a medida y dependientes a nivel local.

En la próxima década, la cooperación entre organismos públicos y privados del sector del transporte, el aprendizaje práctico y el intercambio de experiencias a nivel internacional son la clave para transformar con éxito el actual sistema de transporte por carretera en un sistema sostenible, caracterizado por ser seguro, limpio, asequible y accesible para todos.

4.12.3. Evaluación del impacto

La evaluación del impacto del transporte por carretera conectado y automatizado es una tarea importante para los operadores de carreteras y gestores del tráfico en los próximos años. Esto se debe al rápido desarrollo de las técnicas, que puede afectar significativamente a las inversiones previstas a largo plazo en infraestructura digital en general y en equipos de carretera en particular. Varios impactos del transporte automatizado por carretera son factores esenciales para estimar el coste y los beneficios de las inversiones necesarias en infraestructura digital y física. A corto plazo, sin embargo, el trabajo internacional debería centrarse en las siguientes áreas:

- El impacto del aumento gradual de vehículos automatizados (de distintos niveles) en las vías públicas, expresado en términos de comportamiento de los usuarios, seguridad vial y diseño del pavimento durante un período de transición (tráfico mixto).
- Ciberseguridad, integridad personal y seguridad en un sistema de transporte por carretera bien conectado, en el que funcione sobre la base de datos compartidos.
- Escalabilidad de distintas soluciones, armonización, estandarización y evitando soluciones específicas locales.
- Elaboración de planes de inversión para la modernización de la infraestructura vial actual, así como inversiones en infraestructura digital.
- Identificar el compromiso público de inversión en infraestructura digital
- Desarrollo de un nuevo conjunto de modelos empresariales para la cofinanciación, por ejemplo, una plataforma común de comunicación para el almacenamiento, la puesta en común y la gestión de datos.

Se espera que las áreas de interés mencionadas anteriormente proporcionen los conocimientos necesarios para diseñar estrategias sobre cómo ajustar los transportes por carretera para acomodar la automatización como parte natural del desarrollo de un sistema moderno de transporte por carretera.

4.12.4. Organización de Operadores de Tráfico y Carreteras en Transición - "Gestión del Cambio".

El rápido desarrollo técnico en curso en los campos de la digitalización, la electrificación y la automatización tendrá un gran impacto en la organización de los operadores de tráfico y carretera. Un reto importante a este respecto es equilibrar los esfuerzos actuales de la organización para proporcionar los servicios de movilidad ya bien establecidos a los usuarios de

las carreteras y, al mismo tiempo, llevar a cabo cambios organizativos graduales para adaptarse a los cambios venideros.

Es evidente que los operadores de tráfico y carretera de todo el mundo tienen diferentes niveles de operaciones de tráfico y experiencia en seguridad vial y también tienen diferentes niveles de sofisticación en sus implementaciones de sistemas de supervisión y control (por ejemplo, los ITS tradicionales, incluido el control de señales de tráfico, sistemas de gestión de autopistas, mensajería para viajeros, etc.). El crecimiento de los vehículos conectados en los sistemas de transporte presenta grandes oportunidades y también retos para los operadores de tráfico y carretera en la gestión de las operaciones dentro de sus redes con el fin de lograr resultados eficientes, seguros y sostenibles.

El aumento de la implantación de vehículos conectados, por un lado, producirá grandes cantidades de datos que pueden ser utilizados tanto por los operadores de carreteras como por los de tráfico para supervisar y planificar mejor las operaciones de la red de carreteras. Por otra parte, la mayor disponibilidad de estos datos tiene el potencial de aumentar el escrutinio público y poner de relieve las ineficiencias que existen en el rendimiento de la red de carreteras. Los operadores de tráfico y carretera pronto tendrán acceso a nuevos y crecientes conjuntos de datos que pueden aumentar y enriquecer los datos operativos de la red actual; sin embargo, la utilización eficaz de estos datos requerirá una mayor comprensión del tráfico y de otras operaciones de movilidad, no menos comprensión.

Con más información y complejidad aparece la necesidad de una comprensión más profunda para dar sentido a los datos y utilizarlos eficazmente.

Para algunos operadores de tráfico y carretera, esto requerirá un renacimiento de la ingeniería de tráfico, el control de tráfico y las operaciones de red, mientras que para otros operadores significará un desarrollo de capacidades y una inversión en sistemas de control completamente nuevos para aprovechar plenamente los beneficios potenciales de los C-ITS. Es necesario comprender la oportunidad y los beneficios de los servicios C-ITS existentes y futuros para cada red de transporte única (o partes de las redes); en algunos casos, los servicios pueden ser beneficiosos, mientras que en otros pueden ser perjudiciales para los resultados del rendimiento. (Por ejemplo, es poco probable que la implementación de GLOSA en redes controladas por señales que ejecuten operaciones de progresión de onda verde aumente la eficiencia de la red). Para comprender qué servicios adoptar y, por extensión, invertir en la infraestructura necesaria, es necesario que los operadores de tráfico y carretera comprendan las deficiencias de sus redes y si los servicios C-ITS pueden mejorar las condiciones, o si se requieren soluciones híbridas (ITS tradicionales y C-ITS).

A medida que las tecnologías de los vehículos siguen avanzando hacia niveles más altos de automatización, y a medida que la demanda de uso de vehículos continúa e incluso aumenta en los centros urbanos, es muy probable que la necesidad de vigilancia y control de la red siga existiendo y probablemente aumente. Se estima que los niveles más altos de automatización requerirán muy probablemente una mayor capacidad del sistema de supervisión y control, no menos. Se incrementarán los datos centralizados necesarios para el funcionamiento de los sistemas de decisión de los vehículos, para la toma de decisiones localizadas (interacciones en el momento) y también para la toma de decisiones tácticas y estratégicas (enrutamiento y posicionamiento para itinerarios alternativos). Cuando las redes funcionan bajo presión (en o

cerca de su capacidad), lo ideal sería que las decisiones tácticas y estratégicas se basaran en un sistema centralizado de supervisión y control capaz de optimizar la utilización de las regiones o de redes de transporte enteras. En la actualidad existen pocos sistemas de este tipo, y el papel de los operadores de tráfico y carretera debería ser comprender las necesidades y requisitos de dichos sistemas y asumir el papel de gestionar sus redes de carreteras para optimizar su utilización y mantener niveles adecuados de seguridad vial y sostenibilidad.

4.13. PROMOCIÓN DE LOS SERVICIOS PRESTADOS POR LOS OPERADORES DE TRÁFICO Y CARRETERA

4.13.1. Promoción a través de la participación de los usuarios de las vías

Los servicios prestados por los operadores de tráfico y carretera tienen por objeto proporcionar una movilidad segura y eficaz a los usuarios de las carreteras. Es importante promover el potencial de seguridad y la eficacia de los servicios C-ITS para que los usuarios de la carretera puedan confiar en ellos y ofrecer condiciones más seguras a quienes los utilizan. Para lograrlo, es necesario que los usuarios de la carretera, los usuarios finales de los servicios C-ITS, comprendan los servicios disponibles y reconozcan las ventajas a través de la participación directa e indirecta, fomentando así la utilización continua.

Para fomentar y aumentar la comprensión y aceptación por parte de los usuarios de la carretera, es especialmente necesario promover los beneficios de los servicios relacionados con la seguridad entre las tecnologías C-ITS disponibles. Como se mencionó anteriormente, se requiere la participación y la experiencia de los usuarios de la carretera para obtener esta comprensión.

Japón

En una encuesta de satisfacción realizada por el Instituto Nacional para la Gestión de Tierras e Infraestructuras (NILIM), alrededor del 70-80% de los usuarios de las carreteras evaluaron los servicios como eficientes, como se muestra en la Figura 11.

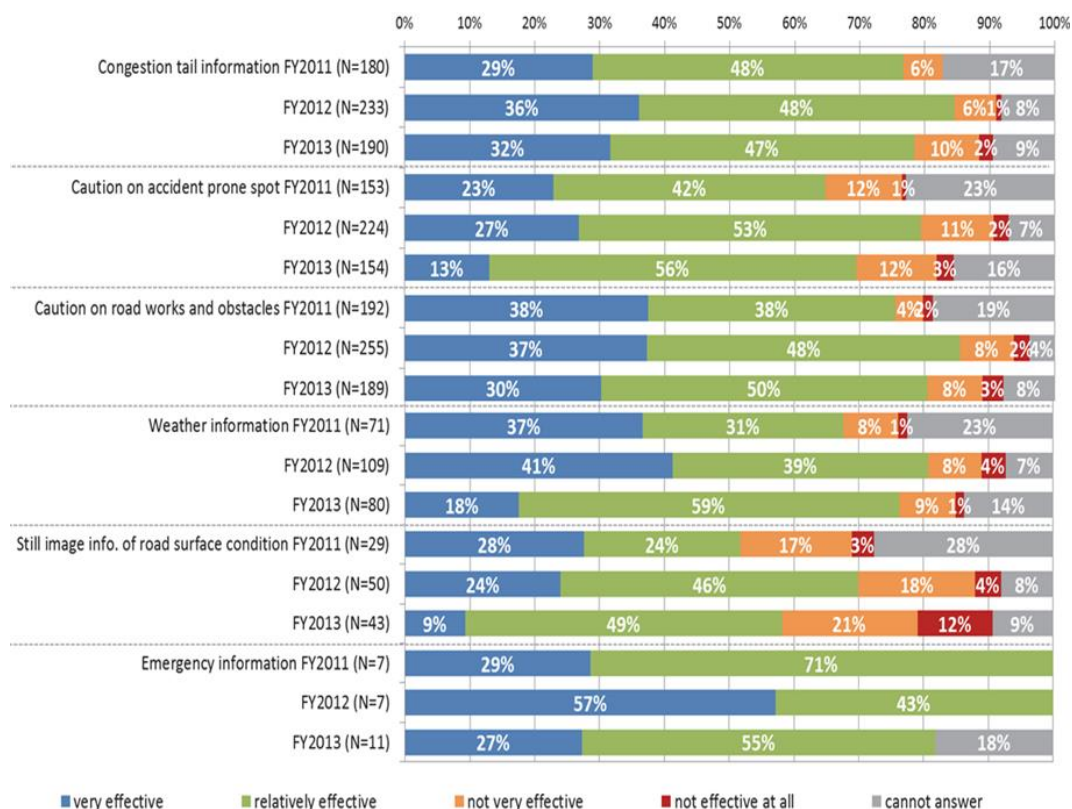


Figura 12 - Resultados de la encuesta de satisfacción

Fuente: Estrategia de despliegue del sistema de transporte inteligente cooperativo en Japón, 2015

Corea del Sur

Los resultados de los cuestionarios recibidos de 253 usuarios de carreteras que participaron en el proyecto piloto C-ITS indicaron que, en general, estaban satisfechos con los 15 servicios prestados por el proyecto piloto. En particular, hubo una alta satisfacción con el servicio que proporcionaba fases y tiempos de señal.

Total Número de encuestados (%)	Provisión de señal de fase y tiempo	Suministro de información sobre el tráfico	Alerta de situación de emergencia	Otros
253(100%)	187(74%)	16(6%)	12(5%)	38(15%)

Figura 13 - El resultado de la satisfacción de los servicios C-ITS en un proyecto piloto en Corea del Sur, 2017

Muchos usuarios de la carretera que han utilizado los servicios C-ITS indicaron que pensaban que la participación y la experiencia en el uso de los servicios C-ITS por parte del público en general eran necesarias. Tal participación y experiencia serían muy beneficiosas para promover la prestación y utilización de los servicios C-ITS. Dado que los conductores y otros usuarios de las carreteras son los principales beneficiarios de los servicios C-ITS, una de las principales preguntas para los usuarios es la probabilidad de que la movilidad sea mucho más segura, en comparación con la experiencia anterior, una vez que los servicios sean ampliamente prestados por los operadores de tráfico y carretera.

Aunque los usuarios de la carretera pueden utilizar los servicios C-ITS a través de su propia conducción, es posible experimentar los beneficios del servicio indirectamente a través del uso del transporte público, como autobuses y taxis. Estos beneficios pueden reducirse y el tiempo de viaje en tránsito puede ser más fiable.

De esta manera, los usuarios de la carretera pueden experimentar el servicio C-ITS prestado por los operadores de tráfico y carretera a través de la experiencia directa e indirecta, lo que permitirá a los operadores de tráfico y carretera no sólo mejorar en sus funciones, sino también promover los servicios que prestan.

4.13.2. Promoción de la protección de datos personales:

En la sección 4.10 se analizan una serie de aspectos y métodos que los operadores de tráfico y carretera y otros socios en la cadena de prestación de servicios pueden utilizar para garantizar la privacidad personal y la seguridad de los datos. Los operadores de tráfico y carretera pueden aprovechar los aspectos de sus despliegues que garantizan la privacidad y la seguridad de los datos para crear confianza con los usuarios de las carreteras.

La creación de esta confianza fomenta aún más la utilización de los servicios C-ITS y, por lo tanto, influye en la capacidad de un amplio despliegue con altos índices de implantación en consecuencia, capaces de proporcionar resultados cuantificables en la red de carreteras para mejorar la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad.

5. CONCLUSIONES

Este informe muestra las grandes oportunidades que proporcionan los Sistemas Inteligentes de Transporte Cooperativos para los operadores de tráfico y carretera, no solo desde el punto de vista de la seguridad vial, obras en la carretera, información sobre el estado del tráfico, gestión de los recursos, diseño de carreteras, sino en términos de coste beneficio e imagen.

La cuestión entonces es por dónde empezar. La experiencia obtenida de los distintos proyectos piloto desarrollados por todo el mundo es que la mejor manera de comenzar con los sistemas inteligentes de transporte cooperativos es comenzar por lo pequeño e ir aprendiendo según se actúa. Los proyectos piloto basados en unos pocos de los servicios más maduros (los denominados servicios Día 1 según se recoge en el informe) son un buen comienzo. La sección dedicada a los pros y contras de cada tecnología puede ayudar a tomar la mejor decisión.

Ejemplos de especificaciones técnicas está disponibles en los desarrollos de los proyectos piloto. Algunos están ya normalizados, como en Europa, para asegurar la interoperabilidad.

La seguridad y la privacidad son retos importantes que tienen que ser tratados por los expertos correspondientes.

Pero el aspecto clave no es la técnica, si no involucrar a los actores relevantes: los operadores de tráfico y carretera no pueden desarrollar por sí mismos los C-ITS, necesitan trabajar de manera muy estrecha con los fabricantes de vehículos y los proveedores de servicios que repartirán el servicio al usuario final.

Los ITS COOPERATIVOS son ciertamente y sobre todo, un tema de COOPERACIÓN.

6. GLOSARIO

Term	Definition
ITS	Sistemas Inteligentes de Transporte
C-ITS	Sistemas Cooperativos de Transporte Inteligente
V2I	Vehículo en comunicación con la infraestructura
V2V	Comunicación vehículo a vehículo
V2Others	Vehículo de comunicación con terceros (peatonal, ciclista...)
I2V	Infraestructura en comunicación con el vehículo
GHG	Emisión de gases de efecto invernadero
OBU	Unidad de a bordo
RSU	Unidad en el margen de la carretera
DSRC	Comunicación dedicada de corto alcance
VMS	Señal de mensaje variable
CAM	Mensaje de Concienciación Cooperativa
DENM	Mensaje de notificación medioambiental descentralizada (en Europa)

7. REFERENCIAS

- [1] - TF B.1 - C-ITS Previous Cycle - PIARC - Summary of The Connected Vehicle
- [2] - TF B.1 - C-ITS Previous Cycle - Japan - 2015PIARCISeoul_IP0393
- [3] - TF B.1 - C-ITS Previous Cycle - Japan - 2015PIARCISeoul_ST2
- [4] - TF B.1 - C-ITS Previous Cycle - Japan - 2015PIARCISeoul_TC21
- [5] - TF B.1 - C-ITS Country Strategy - Austria - citsstrategy Austria
- [6] - TF B.1 - C-ITS Country Strategy - EUR – CODECS
- [7] - TF B.1 - C-ITS Country Strategy - Japan - Review on Policy and Strategy
- [8] - TF B.1 - C-ITS Country Strategy - USA - CV deployments
- [9] - TF B.1 - C-ITS Country Strategy - USA - Overview on US DOT policy on CAV
- [10] - TF B.1 - C-ITS Country Standards - Australia - AP-R474-15_CITS_Standards_Assessment
- [11] - TF B.1 - C-ITS Country Standards - Australia - AP-R479-15_Concept_of_Operations_for_C-[1] ITS_Core_Functions
- [12] - TF B.1 - C-ITS Case Study - China - Innovation on Intelligent Road and Vehicle System
- [13] - TF B.1 - C-ITS Case Study - EUR - C-Roads Platform – Description
- [14] - TF B.1 - C-ITS Case Study - EUR – NordicWay
- [15] - TF B.1 - C-ITS Case Study - France - Compass 4D
- [16] - TF B.1 - C-ITS Case Study - France - Score@F
- [17] - TF B.1 - C-ITS Case Study - Netherlands - Shockwave Traffic Jams A58
- [18] - TF B.1 - C-ITS Case Study - South Africa - Actual state in SA
- [19] - TF B.1 - C-ITS Case Study - South Korea - C-ITS Pilot Project
- [20] - TF B.1 - C-ITS Case Study - Spain - SISCOGA national FOT
- [21] - TF B.1 - C-ITS Case Study - Sweden -Large-scale pilot workshop EC, May 2017
- [22] - TF B.1 - C-ITS Case Study - USA – NYC
- [23] - TF B.1 - C-ITS Case Study - USA – Tampa
- [24] - TF B.1 - C-ITS Case Study - USA – Wyoming
- [25] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Australia - CITI, NSW
- [26] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Austria – COOPERS
- [27] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Austria - C-Roads
- [28] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Austria - ECo-AT
- [29] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Austria - Testfeld Telematik
- [30] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - CZE - C-ITS Czech Republic
- [31] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - CZE - C-ROADS
- [32] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - CZE – MaRCh
- [33] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - EUR – CVIS
- [34] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - EUR - Drive C2X
- [35] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - EUR – SAFESPOT
- [36] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - France – SCOOP
- [37] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Germany - C-ITS Corridor
- [38] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Hungary - C-ROADS
- [39] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Japan - ETC2.0
- [40] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Netherlands - C-ITS Corridor
- [41] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - Slovenia - C-ROADS
- [42] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - South Korea - Pilot Project
- [43] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - UK - A2M2
- [44] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - UK – Autodrive
- [45] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - UK – CITE
- [46] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - UK – GATEway
- [47] - TF B.1 - C-ITS Project Survey - UK – VENTURER

APÉNDICE A - RETOS Y OPORTUNIDADES DESDE LA PERSPECTIVA SUDÁFRICANA

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El movimiento eficiente y seguro de personas y bienes es clave para la mejora económica de todos los sudafricanos. La rápida evolución de la tecnología y las soluciones innovadoras de transporte ofrecen importantes oportunidades para garantizar un crecimiento económico inclusivo e integrado. Una conexión sin fisuras entre los distintos tipos de usuarios de la carretera, las redes de carreteras y los modos de transporte fomentaría ese crecimiento. La red nacional de carreteras es el mayor activo público del país y es fundamental para la futura trayectoria económica y social de Sudáfrica.

El Organismo Nacional de Carreteras de Sudáfrica (SANRAL) reconoce la necesidad de utilizar la tecnología, la investigación y la innovación para promover el suministro, el funcionamiento y la gestión de la red nacional de carreteras, a fin de satisfacer mejor las necesidades de los usuarios de las carreteras mediante la mejora de la capacidad, la movilidad y la seguridad vial. Ha sido un objetivo de SANRAL aplicar soluciones y tecnología vial innovadoras para promover el uso eficiente de los recursos.

SANRAL sirve a un amplio espectro de partes interesadas que van desde usuarios de carreteras que viajan en la red de carreteras de forma regular hasta comunidades que viven muy cerca de las carreteras. La comunicación con estas partes interesadas debe reforzarse mediante la utilización de las últimas tecnologías disponibles.

Con el despliegue de la comunicación Vehículo a Infraestructura (V2I), Vehículo a Vehículo (V2V) y Vehículo a X ("X" - siendo usuarios vulnerables de la carretera, es decir, peatones), también conocida como sistemas de transporte inteligente cooperativo (C-ITS), acelerando en muchos países "desarrollados", Sudáfrica y otros países "en vías de desarrollo" no pueden permitirse quedarse atrás. El uso de tecnologías como la comunicación dedicada de corto alcance (DSRC), celular o un sistema híbrido, puede resultar una opción eficaz y asequible en comparación con otros sistemas ITS disponibles (VMS, etc.). Por lo tanto, Sudáfrica, al igual que otros países en desarrollo, se beneficiaría enormemente del despliegue de esos sistemas, especialmente en zonas rurales y remotas donde las soluciones tradicionales de STI no son prácticas o económicamente viables de instalar.

SANRAL actualmente cuenta con un Sistema de Gestión de Autopistas (FMS) efectivo y eficiente, pero desafortunadamente está limitado a 520 km de su red de 22197 km (2.3% de la red nacional de carreteras). Actualmente, el FMS sólo funciona en los tres principales centros urbanos del país, a saber, Johannesburgo/Pretoria, Ciudad del Cabo y Durban, con el objetivo de reducir la congestión, mejorar la seguridad vial y mantener informados a los conductores sobre las condiciones de viaje, así como atender rápidamente los incidentes en las carreteras. Sin embargo, muchos incidentes de seguridad vial ocurren en las zonas rurales remotas, donde la congestión no es un problema real, pero la seguridad vial, en la que participan usuarios de la carretera especialmente vulnerables (VRU), es una preocupación muy real. Es en estas áreas donde el uso de los sistemas C-ITS (a través de V2V, V2I y V2Others) podría potencialmente ayudar en lo que se

refiere a la seguridad vial. SANRAL entiende la necesidad de desarrollar una estrategia para la expansión de la huella de su FMS e implementar el FMS en otros metros y asociaciones con otras autoridades viales.

En esta sección del informe hemos puesto de relieve algunos de los retos a los que se enfrenta Sudáfrica, en zonas que se encuentran fuera de nuestros centros metropolitanos del "mundo desarrollado". Algunos de los desafíos sociales o políticos están quizás más allá de lo que puede resolver la tecnología, sin embargo, para algunos de los desafíos, la innovadora tecnología C-ITS puede tener las respuestas.

¿Es Sudáfrica un país en desarrollo?

La respuesta a la pregunta de si Sudáfrica se define como un país "en vías de desarrollo" o no, no es tan clara. Las principales ciudades y áreas metropolitanas de Sudáfrica son ciertamente "primer mundo" y hacen uso de algunos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) avanzados del "mundo desarrollado" en las rutas cubiertas por los sistemas de gestión de autopistas (FMS) de SANRAL. Sin embargo, en ciertas partes del país, especialmente en las zonas rurales, cuando se tienen en cuenta los aspectos sociales y económicos, el panorama es muy diferente. En estas áreas, Sudáfrica podría caer en la definición de país "en vías de desarrollo".

Desde el punto de vista de la infraestructura física de las carreteras, especialmente desde el punto de vista de las carreteras nacionales, Sudáfrica podría considerarse un líder mundial, con rutas de alta movilidad geométricamente bien diseñadas. El reto, sin embargo, es combinar los requisitos de las carreteras de libre circulación y movilidad de alta velocidad con los retos sociales y económicos del "mundo en desarrollo" a los que se enfrenta Sudáfrica en la actualidad.

Aunque los problemas señalados en esta sección se plantean desde una perspectiva sudafricana, lo más probable es que también sean comunes a otros países en desarrollo.

El desafío de SANRAL

SANRAL tiene el desafío principal de administrar y controlar la red nacional de carreteras, las "arterias económicas" de Sudáfrica, y hacerse cargo, entre otras cosas, del desarrollo, mantenimiento y rehabilitación de las carreteras nacionales en Sudáfrica

Red de carreteras SANRAL

La red total de carreteras sudafricanas consta de aproximadamente 750.000 km. La red nacional de carreteras administrada por SANRAL tiene una extensión de 22.197 km, mientras que el resto está conformado por carreteras primarias y secundarias (tanto asfaltadas como de ripio), las cuales son administradas por las autoridades viales provinciales y distritales y, por supuesto, por los municipios locales.

De los 22.197 km de la red nacional de carreteras, sólo 520 están equipados con sistemas de tráfico inteligentes. Éstos se limitan a las áreas metropolitanas más densamente pobladas.

Consulta la Figura 1 en el Apéndice.

El sistema de gestión de autopistas existente de SANRAL (FMS)

El primer proyecto ITS de SANRAL fue lanzado en 2006, después de lo cual varias iniciativas han sido introducidas en las carreteras nacionales. El objetivo era reducir la congestión, mejorar la seguridad vial, mantener informados a los conductores sobre las condiciones de viaje y atender rápidamente los incidentes en las carreteras.

SANRAL luego implementó el Sistema de Gestión de Autopistas (FMS) en sus principales autopistas urbanas en Gauteng (Johannesburgo y Pretoria), KwaZulu-Natal y el Cabo Occidental. Consulte las figuras 2 y 3 del Apéndice 1.

El proyecto ITS abarca tres Provincias, cada una de las cuales cuenta con sistemas únicos e integrados. El proyecto es el primero de este tipo en Sudáfrica, con un total de 520 kilómetros de carreteras instrumentadas con dispositivos de Sistemas Inteligentes de Tráfico (ITS).

Tabla 1. El proyecto ITS en Sudáfrica.

Tipo de dispositivo	Unidad	Gauteng	KwaZulu-Natal	Western Cape	Total
Longitud de la red por provincia	km	220	145	155	520
Sistemas de Detección de Vehículos de Tráfico (VDS)	No	96	59	82	237
Unidades de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)	No	268	146	245	659
Unidades de Avisos de Mensaje Variable (VMS)	No	58	26	52	136
Estaciones sensoriales ambientales y meteorológicas (ESS)	No	NA	NA	10	10

El Sistema de Gestión de Autopistas (FMS) se centra en un cambio de la gestión de la red de carreteras convencional y hace hincapié en satisfacer las necesidades de los usuarios de la carretera a través de la tecnología. La tecnología y las plataformas de medios sociales se han convertido en claves en la comunicación y, por lo tanto, los usuarios de las carreteras pueden acceder y suscribirse al sitio web nacional de ATIS y a otros medios de comunicación como el correo electrónico, el twitter y los Avisos de Mensaje Variable (VMS) para recibir avisos de información relacionados con el tráfico en tiempo real.

Hay varios otros beneficios derivados que se logran en el contrato ITS, tales como la seguridad del usuario de la carretera y la seguridad de la infraestructura vulnerable al vandalismo. También se han puesto en marcha asociaciones de operaciones conjuntas centradas en la prevención de la delincuencia, los estudios sobre el comportamiento de los peatones y las intervenciones.

El sitio web del Sistema Nacional de Información Avanzada al Viajero (ATIS) es accesible a los usuarios de las carreteras para suscribirse y recibir notificaciones relacionadas con el tráfico en las tres provincias. Las imágenes fijas de los tramos críticos de la carretera se actualizan cada 60 segundos.

Los sistemas de videovigilancia y gestión de vídeo permiten la detección de incidentes, la verificación de los detalles de los incidentes y la coordinación de las respuestas a los incidentes con los equipos de intervención inmediata, las fuerzas del orden y otros socios de gestión de incidentes. Este sistema también archiva las imágenes de vídeo para mejorar la respuesta a los incidentes. Las imágenes de vídeo también se utilizan para la investigación sobre la actividad y el comportamiento de los peatones, lo que ha ayudado a aplicar medidas correctivas y atenuantes.

A lo largo de la carretera se han instalado subsistemas de información al viajero en ruta mediante señales de mensaje variable (VMS) para proporcionar a los viajeros información en tiempo real sobre el tiempo de viaje, incidentes en tiempo real e información sobre el cierre de carriles, mensajes de seguridad vial e información sobre obras viales.

Los usuarios de la carretera son alertados y notificados de incidentes, accidentes, actividades de mantenimiento o construcción, tiempos de viaje y mensajes de seguridad vial en ruta en el VMS. Todas las notificaciones anteriores son accesibles para el usuario de la carretera en el ATIS, que también son útiles para la planificación previa al viaje y en ruta.

Aunque el actual sistema ITS que se está implementando en el FMS de SANRAL es efectivo, las oportunidades y beneficios adicionales de los C-ITS (a través de V2V, V2I y V2Others), necesitan ser explorados como una opción más económicamente viable, especialmente en los tramos rurales más remotos de la carretera.

La seguridad vial motivo de grave preocupación

Sudáfrica está comprometida con el Decenio de Acción de las Naciones Unidas para estabilizar y reducir el nivel de muertes por accidentes de tráfico. SANRAL apoya el enfoque de Sistemas Seguros para la seguridad vial que involucra la provisión de infraestructura vial segura que reduce el riesgo de lesiones graves o muerte cuando ocurre un accidente, así como la implementación de programas educativos y de concientización de seguridad vial que apuntan a cambiar actitudes y comportamientos entre todos los usuarios de la carretera. A pesar de ello, Sudáfrica tiene una de las tasas de mortalidad por accidentes de tráfico más altas del mundo.

Algunas estadísticas alarmantes relacionadas con Sudáfrica:

- La población total es de 55,6 millones de habitantes. Los jóvenes, menores de 35 años, constituyen el 66,35% de la población total,
- Hay cerca de 16 millones de personas menores de 24 años que buscan trabajo en el futuro,
- Las muertes en carretera y las lesiones graves son extremadamente altas, con 25 a 30 muertes por cada 100.000 habitantes, es decir, más de 13.000 y hasta 17.000 muertes al año. Aproximadamente el 33% de estas muertes son peatones,
- El coste de los accidentes de tráfico representa aproximadamente el 3,4% del PIB, frente al 1% de los países desarrollados,
- Los desplazamientos a pie siguen siendo un medio de transporte común, ya que más de 12,3 millones de becarios y estudiantes menores de 24 años acuden a pie a la escuela y a los centros de educación terciaria,
- Hay 3.533 escuelas a 2 km de las carreteras de SANRAL,
- Menos del 54% de los ocupantes del asiento delantero usan cinturones de seguridad,
- Menos del 8% de los ocupantes de los asientos traseros usan cinturones de seguridad,
- Casi el 85% de las colisiones son el resultado de un error humano (o más exactamente, por el usuario de la carretera que infringe una ley de tráfico). Por ejemplo, un peatón que cruza una autopista muy transitada, un conductor que adelanta una barrera sólida o que conduce bajo los efectos del alcohol.

Estas estadísticas muestran que se requieren algunas medidas drásticas para abordar la seguridad vial de manera más especial, lo que implica la necesidad de mejorar la actitud y el comportamiento de los usuarios de la carretera, así como la seguridad de los usuarios vulnerables de la carretera (VRU).

Visión general de los desafíos

Antes de considerar las oportunidades que los C-ITS pueden brindar a los países en "desarrollo", primero hay que entender sus desafíos. Desde el punto de vista de los operadores de carreteras, están los factores físicos que pueden abordarse con relativa facilidad mediante un mejor diseño y la provisión de mejores instalaciones, pero también están los factores sociales y económicos que son mucho más difíciles de abordar, pero que tienen un impacto importante en la seguridad.

En la mayoría de las carreteras nacionales de Sudáfrica, la principal función de la carretera es la movilidad. La movilidad se consigue proporcionando velocidades adecuadas, tan altas como lo permitan las condiciones (hasta 120 km/h), y limitando la fricción lateral (gestión de accesos, actividad peatonal, etc.). Posteriormente, sin embargo, SANRAL se ha hecho cargo de algunas carreteras provinciales de menor orden de acuerdo con su plan de incorporación a la red vial contenido en la Incorporación a la Red Vial de SANRAL. Estas rutas provinciales continúan a través de muchas aldeas en las zonas rurales, lo que da como resultado una situación única en la que la actividad de transporte público y peatonal está ocurriendo ahora a lo largo de la red vial nacional.

Debido a la expansión urbana en las áreas metropolitanas y en las grandes ciudades, las áreas residenciales y los asentamientos informales se están estableciendo al margen de las ciudades y de las áreas tribales rurales remotas, y éstas se ubican típicamente adyacentes a las rutas nacionales; lo que crea numerosos desafíos para la seguridad vial, como por ejemplo:

- Actividades de transporte público peatonal, lo que a su vez fomenta el comercio a lo largo de los corredores de tráfico de peatones y en los puntos de parada y entrega del transporte público.
- Animales que transitan cercanos a la carretera, tanto domésticos como de ganado, como cabras, vacas y caballos.

Estas actividades han generado preocupaciones en materia de seguridad vial que se reflejan en los elevados accidentes de peatones que se producen a lo largo de estas rutas. Para lograr consistencia dentro de SANRAL con respecto a la provisión y construcción de transporte público e infraestructura peatonal en las carreteras nacionales (tanto autopistas como no autopistas), es necesario que SANRAL desarrolle una guía para la administración y provisión de instalaciones de transporte público y peatonal dentro de la reserva vial. Este documento se está elaborando en la actualidad, pero se refiere sobre todo a las mejoras de la infraestructura física para abordar y gestionar mejor los conflictos entre las VRU y el transporte motorizado, pero no explora los beneficios de la tecnología C-ITS (a través de V2V, V2I y V2Others).

Se han identificado algunos ámbitos de alto riesgo que afectan a la seguridad vial y a la movilidad:

- Usuarios vulnerables de la carretera (VRU) en y directamente adyacentes a las carreteras nacionales - escolares (3.533 escuelas a 2 km de las carreteras SANRAL),
- Comportamiento imprudente de los peatones - Los peatones cruzan la calle ilegalmente,
- Gestión deficiente del acceso - Zonas de aldeas con distancias de acceso cortas y asentamientos informales adyacentes a las carreteras, debido al mal uso del suelo y la planificación urbana,
- Protecciones vandalizadas y en riesgo - por los peatones para satisfacer mejor su deseo de viaje,
- Robo de materiales de cercado - Vendido para obtener ingresos a los comerciantes de chatarra, lo que a su vez provoca el acceso de animales (ganado) a la reserva vial,
- Carga y descarga en transporte público en cualquier punto de la ruta,
- Advertencia inadecuada de peatones a los conductores y viceversa,
- Actitud del usuario de la carretera - comportamiento imprudente de los conductores.
- Aplicación inadecuada de la ley,
- Control inadecuado del ganado,
- Sobrecarga del transporte público - taxis y actitud temeraria de los taxistas,

- Vehículos sin licencia y no aptos para circular,
- Gran cantidad de vehículos antiguos,
- Seguridad vial (secuestro de puntos de acceso, etc.)

De la lista anterior se desprende claramente que la actitud y disciplina de los usuarios de la vía pública es una preocupación real que debe abordarse. Además, la proximidad de las comunidades que viven directamente adyacentes a las rutas de alta velocidad y alta movilidad trae consigo muchos retos, especialmente relacionados con la gestión del acceso, y el volumen de VRU que entra en conflicto con el transporte motorizado. Algunos de los retos desde el punto de vista de la seguridad vial pueden beneficiarse del despliegue de los C-ITS, pero es necesario abordar algunos de los factores sociales y económicos, si se quiere que Sudáfrica tenga un impacto positivo en la alta tasa de mortalidad en carretera.

Mal comportamiento de los usuarios de la vía pública y falta de aplicación de la ley

A pesar del importante papel que puede desempeñar una infraestructura vial adecuada en la mejora de la seguridad vial, al reducir el riesgo de lesiones graves o de muerte, el comportamiento de los usuarios de las carreteras sigue siendo el principal factor que contribuye a la mala seguridad vial y a las altas tasas de mortalidad en carretera en Sudáfrica.

SANRAL puede hacer una contribución importante a la seguridad vial a través de la provisión de caminos seguros y el fomento de un comportamiento seguro entre todos los usuarios de la carretera, ya sean conductores, pasajeros o peatones, asegurando que los usuarios sean educados y conscientes de la seguridad vial, entrenados para comportarse apropiadamente, y efectivamente disuadidos de transgredir las leyes a través de la aplicación de la ley.

SANRAL tiene iniciativas para concientizar al público en general a través de los medios de comunicación, y a través de una iniciativa llamada "Check-i-Coast", utilizando los medios sociales para concientizar; sin embargo, existe la necesidad de implementar tecnología SMART apropiada y soluciones innovadoras que podrían ayudar a influir mejor en las actitudes y el comportamiento de los usuarios de las carreteras con respecto a la seguridad vial. Sin embargo, está la cuestión de la privacidad...?

Véase el apéndice 1.

Vehículos no aptos para circular y antigüedad de los vehículos

Se cree que alrededor del 5% de todas las colisiones en Sudáfrica se deben a vehículos no aptos para circular por carretera y a fallos mecánicos, pero a falta de datos creíbles, este porcentaje podría ser mayor. La edad media de los coches en las carreteras sudafricanas es de 11 años. La ausencia de pruebas periódicas de los vehículos hace que estos vehículos más viejos tengan más probabilidades de no ser aptos para circular y quizás sean más susceptibles a fallas críticas de los componentes de seguridad que son la causa de un choque. Dada la alta edad media de los automóviles en Sudáfrica, la implementación o el despliegue de C-ITS (V2V, V2I y V2Others) podría resultar problemático, a menos que se puedan instalar dispositivos C-ITS en el mercado secundario.

Otra preocupación en Sudáfrica (donde cada vez más gente compra coches), se centra en los propios conductores. Hay casi ocho millones de conductores con licencia, la mayoría de los cuales han tenido muy poca formación. La inexperiencia ciertamente juega un papel importante en el número de accidentes registrados cada año.

Mal uso del terreno y planificación urbana

La planificación vial y la planificación del uso del suelo requieren una planificación integrada entre todas las partes interesadas, pero debido a diversas razones, las autoridades provinciales y locales no siempre la respetan. Muchos de los incidentes de seguridad vial que afectan a los usuarios de carreteras vulnerables (VRU's) en las carreteras de SANRAL ocurren principalmente debido al impacto de los usos específicos de la tierra en las proximidades de estas carreteras. Debido a las limitaciones en la planificación del gobierno local en la mayoría de los casos, los desarrollos son permitidos sin la consulta de SANRAL o la adhesión a los principios generales de diseño.

SANRAL reconoce que las formas no motorizadas de transporte (NMT) tales como peatones y ciclistas, a menudo tienen necesidades genuinas de viajar a lo largo de o a través de vías de alta velocidad. SANRAL, cuando sea necesario, reacondicionará el ambiente de la carretera para proporcionar un lugar seguro para caminar/ciclar y un lugar seguro para cruzar. Este enfoque de reacondicionamiento de las instalaciones NMT no es ideal, y por lo tanto se requiere un enfoque estructurado, y por lo tanto el enfoque que está siendo adoptado por SANRAL, es desarrollar un plan de Corredor de Transporte Público / Transporte No Motorizado para las carreteras nacionales.

Usuarios Vulnerables en carreteras nacionales

Los usuarios de la vía pública "vulnerables" son aquellos que se encuentran en mayor riesgo debido a una protección física insuficiente o a diferencias de velocidad relativamente altas entre diferentes usuarios que generan tramos potencialmente conflictivos.

En Sudáfrica existen muchas circunstancias en las que los peatones, independientemente de las condiciones de seguridad vial, se ven obligados a caminar a lo largo de tramos de autopistas, incluso a cruzarlos a nivel, o lo hacen cuando les resulta más conveniente. Parte de la red nacional de carreteras también está dentro de las zonas urbanas y continúa a través de las ciudades y pueblos, que generan tránsito peatonal a través y a lo largo de la red nacional de carreteras.

El término "autopista" se refiere a una vía pública o sección de una vía pública, que ha sido designada como autopista por una señal de tráfico apropiada. Estas carreteras normalmente no deben tener tráfico peatonal y/o necesidad de instalaciones de transporte público. La Ley nacional de tráfico vial es muy clara en el sentido de que los peatones no están permitidos en las autopistas y, si lo están, sólo en condiciones limitadas: cuando lo permita una señal de tráfico vial, dentro de un área reservada para detenerse, o en el caso de una emergencia en la que un coche se haya averiado en la calzada. Además, los peatones no están autorizados a cruzar las autopistas a nivel. Los peatones en las autopistas son, sin embargo, una realidad en las carreteras sudafricanas a lo largo de las carreteras de autopista y no de autopista.

SANRAL ha reconocido la necesidad de diferenciar lo que se permitirá en las carreteras de la autopista y las que no lo son. Se basa en el principio de proporcionar movilidad en las carreteras de orden superior y permitir la actividad, relacionada con los desplazamientos peatonales o de transporte público, de forma controlada en las carreteras de orden inferior, con el fin de limitar su impacto en la movilidad y la seguridad vial. Sin embargo, al permitir la actividad de NMT en estas carreteras no estará exenta de riesgos, por lo que es necesario explorar soluciones inteligentes a través de las tecnologías C-ITS, especialmente a través de V2V, V2I y V2Others.

OPORTUNIDADES PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO - UNA PERSPECTIVA SUDAFRICANA

Sudáfrica puede considerarse "desarrollada" en algunas zonas (en particular los centros metropolitanos) y "en desarrollo" en las zonas rurales y tribales del país. Estas dos condiciones tienen necesidades y desafíos diferentes.

En las áreas metropolitanas con altos volúmenes de tráfico, la movilidad es de vital importancia, con el objetivo principal de reducir la congestión, a través de un control eficaz del tráfico y de mantener informados a los conductores de las condiciones de viaje previstas a través de los sistemas ITS.

En las zonas rurales y tribales remotas, los desafíos son muy diferentes, ya que la falta de sistemas ITS, la seguridad vial de todos los usuarios de las carreteras (especialmente las VRU) y el tiempo de respuesta a los incidentes son los más preocupantes.

Después de haber discutido algunos de los desafíos, las oportunidades de desplegar la comunicación Vehicle-to-Infrastructure (V2I), Vehicle-to-Vehicle (V2V) y Vehicle-to-X ("X" - siendo usuarios vulnerables de la vía pública, es decir, peatones), también conocida como sistemas de transporte inteligente cooperativo (C-ITS), deben ser consideradas como una solución viable a estos desafíos del "mundo en desarrollo".

Oportunidades en las que el C-ITS podría ser beneficioso para hacer frente a los desafíos:

- La información recopilada a partir de los datos del C-ITS podría resultar muy valiosa en el ámbito de la seguridad vial y podría contribuir a la ejecución de un programa eficaz y eficiente de investigación y desarrollo en materia de seguridad vial para hacer frente a la elevada tasa de mortalidad en la red de carreteras del país.
- Mediante la captura de datos de colisión a través de C-ITS; datos de colisión precisos, completos y relevantes (es decir, ubicación y tendencia) que podrían ayudar a identificar posibles deficiencias en el diseño de la carretera para que se puedan implementar medidas correctivas.
- En el ámbito de la seguridad vial. El equipo de vigilancia, como los sistemas de videovigilancia por infrarrojos, podría desplegarse en zonas de seguridad conocidas, y cuando se detectan incidentes, se podrían comunicar alertas a los usuarios de la carretera en las inmediaciones, utilizando unidades C-ITS al borde de la carretera a través de una comunicación dedicada de corto alcance. Del mismo modo, la información se enviaría a los servicios encargados de hacer cumplir la ley para garantizar una respuesta rápida.
- Elaborar una estrategia para la detección y/o notificación de incidentes en zonas rurales y remotas utilizando tecnologías C-ITS. Esto también podría ayudar a que los equipos de respuesta, incluidos los servicios de emergencia, detecten y respondan con mayor rapidez a estos incidentes.
- Identificación de lugares peligrosos para peatones e implementación de sistemas C-ITS "inteligentes" para avisar con suficiente antelación tanto a los conductores como a los peatones. Los peatones podrían recibir advertencias a través de teléfonos móviles o dispositivos de pulsera.
- Identificación de los animales en movimiento y avisar con suficiente antelación a los conductores que se aproximan para advertirles del peligro inminente.
- Desarrollar aplicaciones tecnológicas e innovadoras para mejorar el comportamiento de los usuarios de la carretera. Los dispositivos inteligentes instalados en los vehículos para controlar el comportamiento de los conductores y

los conductores deben rendir cuentas; no obstante, debe tenerse en cuenta la protección de la intimidad.

- Comunicación de información - A través de C-ITS difundir mensajes que dan actualizaciones en tiempo real (es decir, cierres de carreteras e información sobre rutas alternativas). La comunicación es clave para lograr la satisfacción del cliente y, a su vez, proteger la percepción que el público tiene del operador de la carretera.
- Comunicación de información - Mediante el desarrollo por parte de C-ITS de información integrada al viajero usuario de la carretera que, entre otras cosas, proporciona información sobre la disponibilidad de los diferentes modos de transporte, los tiempos de viaje previstos y el transporte más cercano disponible.

RETOS Y OPORTUNIDADES DESDE LA PERSPECTIVA SUDÁFRICANA

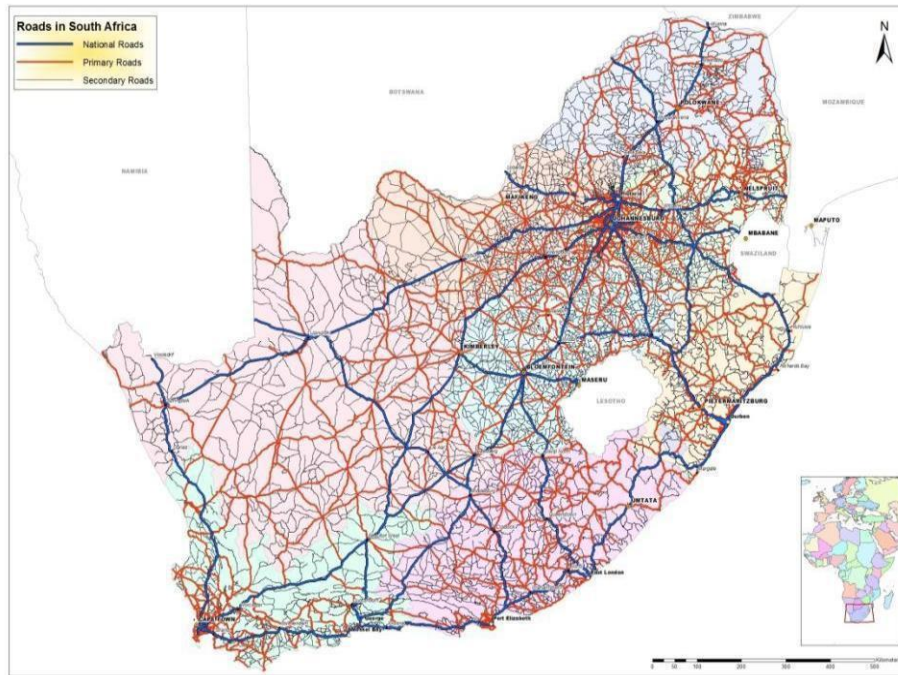
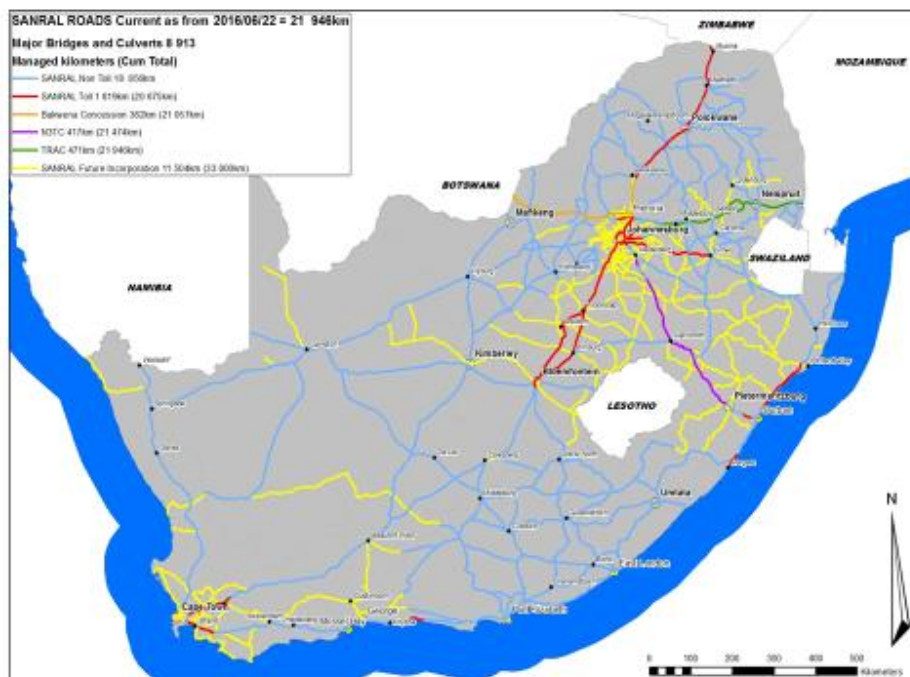


Figura 1: Red de carreteras de Sudáfrica



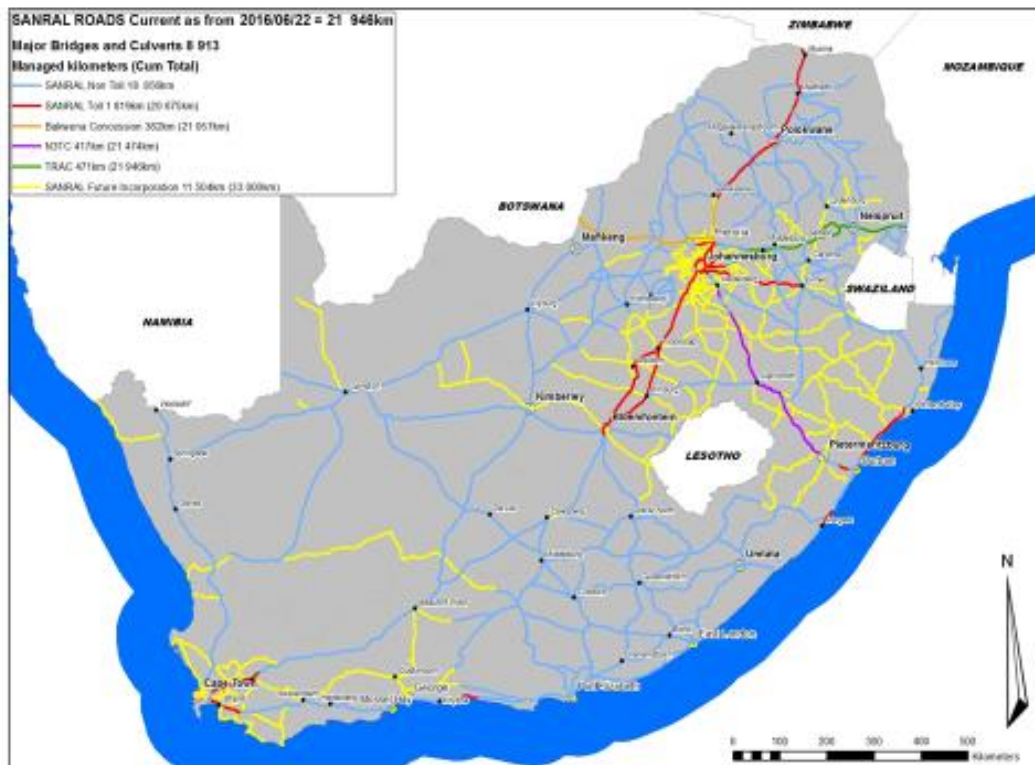


Figura 2 Actual red de carreteras SANRAL

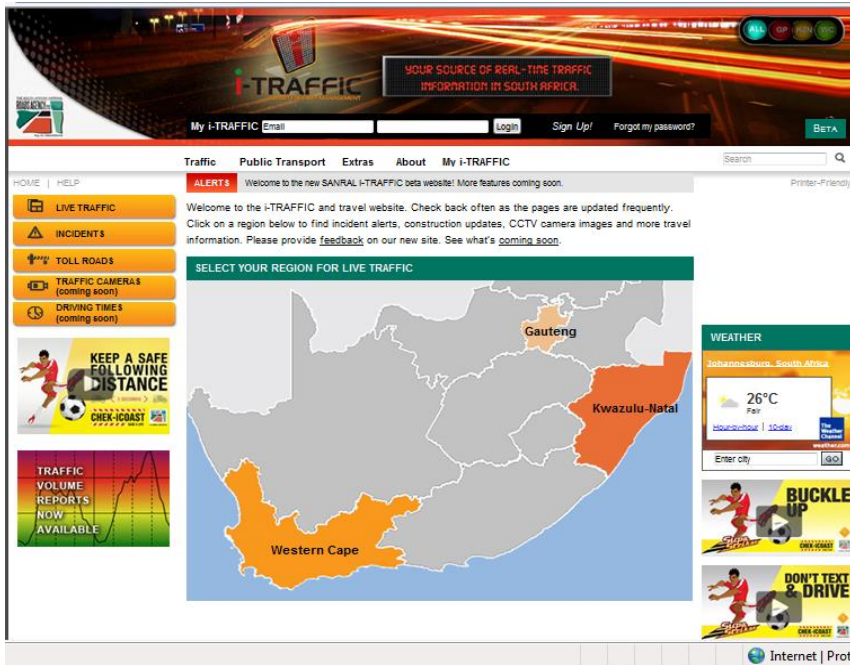


Figura 3 SANRAL i-Traffic Página Web

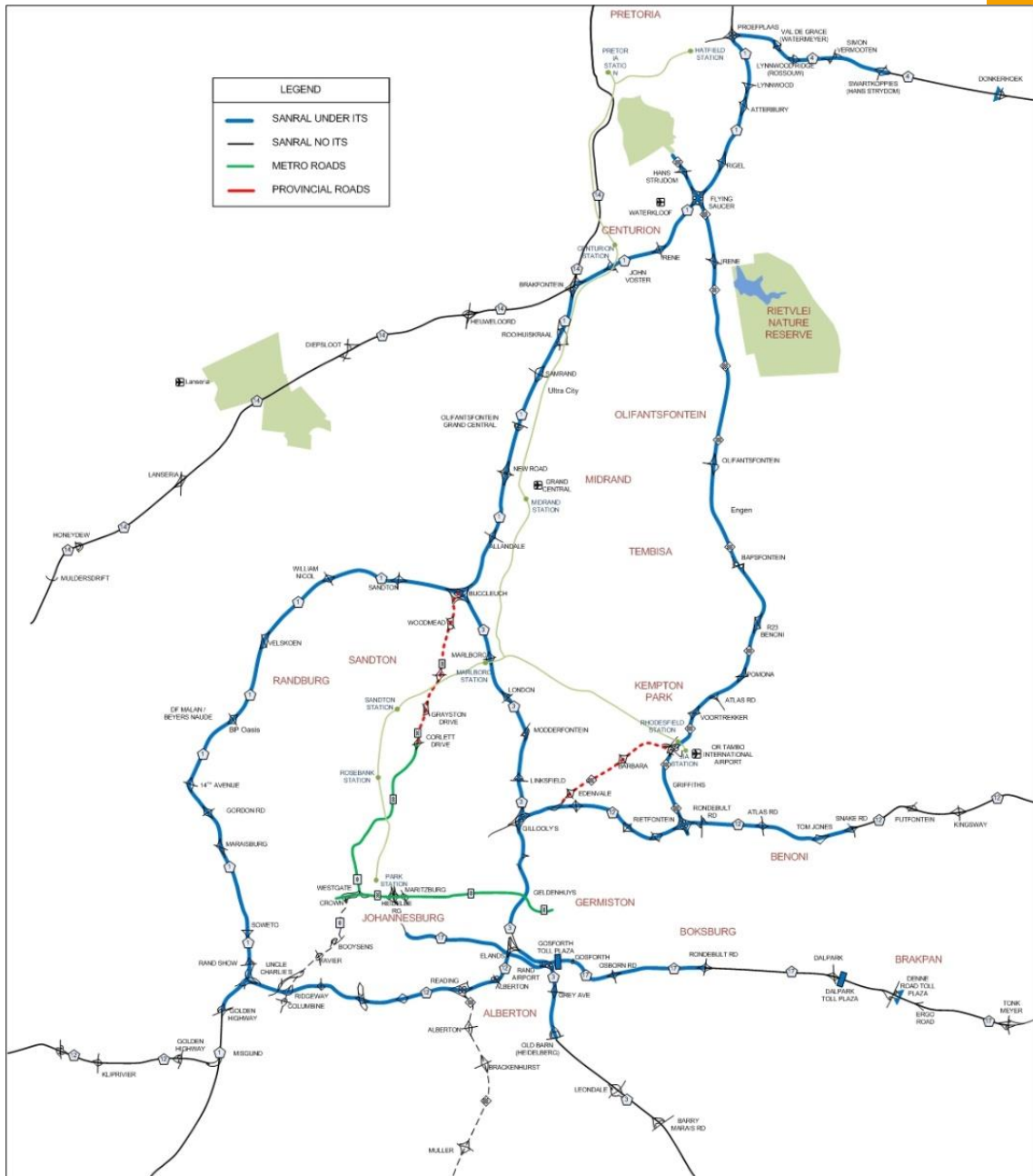


Figure 4 Gauteng - Red ITS

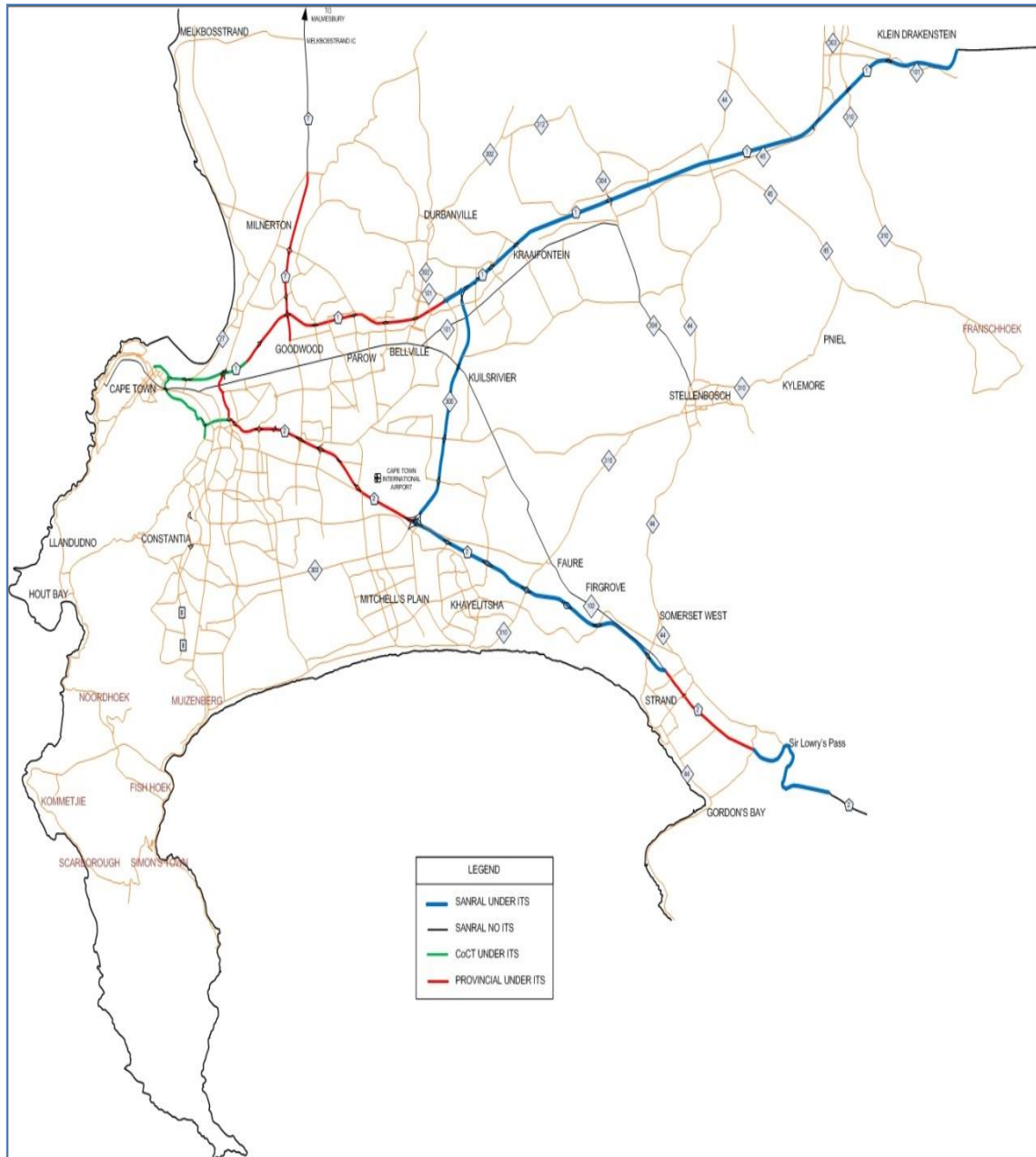


Figure 5 Western Cape – Red ITS

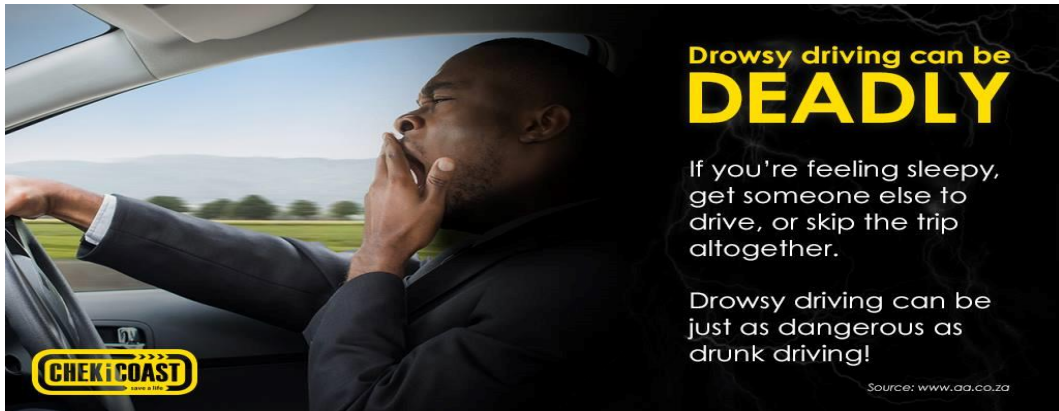


Figure 7 Campaña de prevención Check-i-Coast de SANRAL



NO SELFIES BEHIND THE WHEEL!

Being distracted by your phone puts your life, and the lives of those around you, in danger!



Figure 8 Campaña de sensibilización Check-i-Coast de SANRAL



Figura 9 Campaña de sensibilización Check-i-Coast de SANRAL



Figura 10 Escolares (VRUs) caminando en carreteras nacionales



Figura 10. VRUs utilizando instalaciones proporcionadas



Figura 11 Parada de taxi en la carretera (ver urbanización adyacente a la Carretera Nacional)



Figura 12 Animal itinerante (ver desarrollo cerca de la carretera - área tribal)

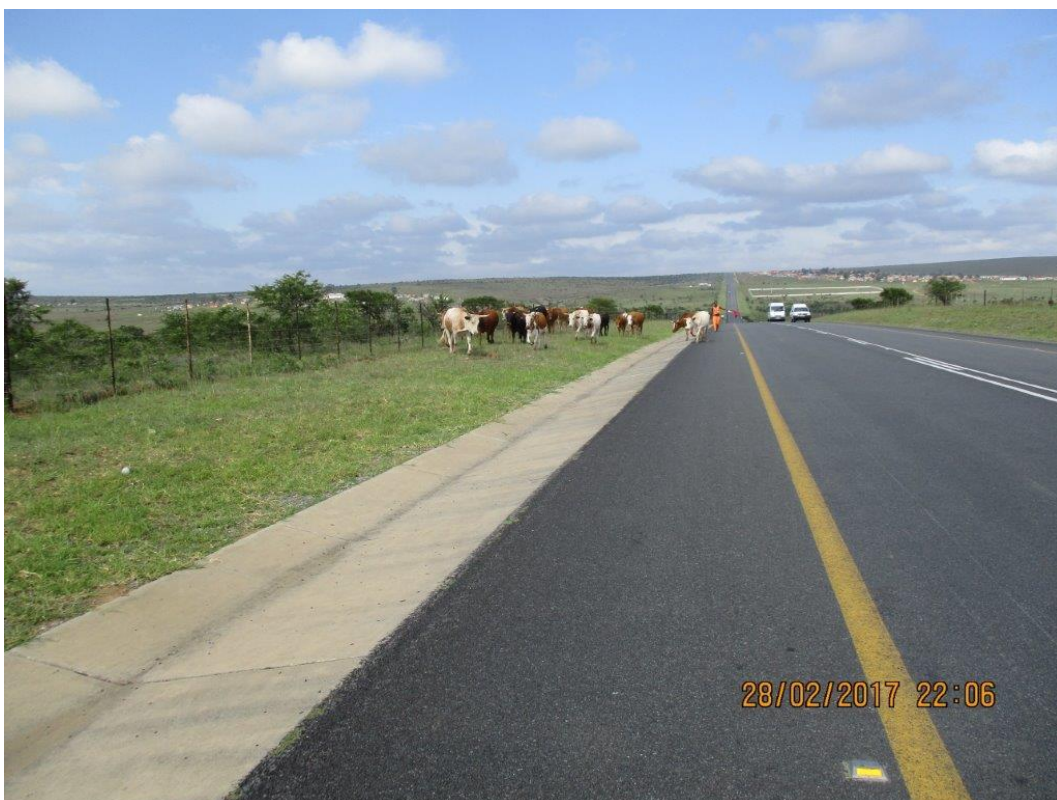


Figure 13 Animales itinerantes (Pastor atendiendo a los animales - raramente el caso)



Figura 14. Instalación peatonal ejecutada



Figura 15 Peatón que cruza ilegalmente una carretera de alta intensidad circulatoria



Figura 16 Transporte público (Taxi) 10 fallecidos



Figura 17 Transporte público (Taxi) 7 fallecidos

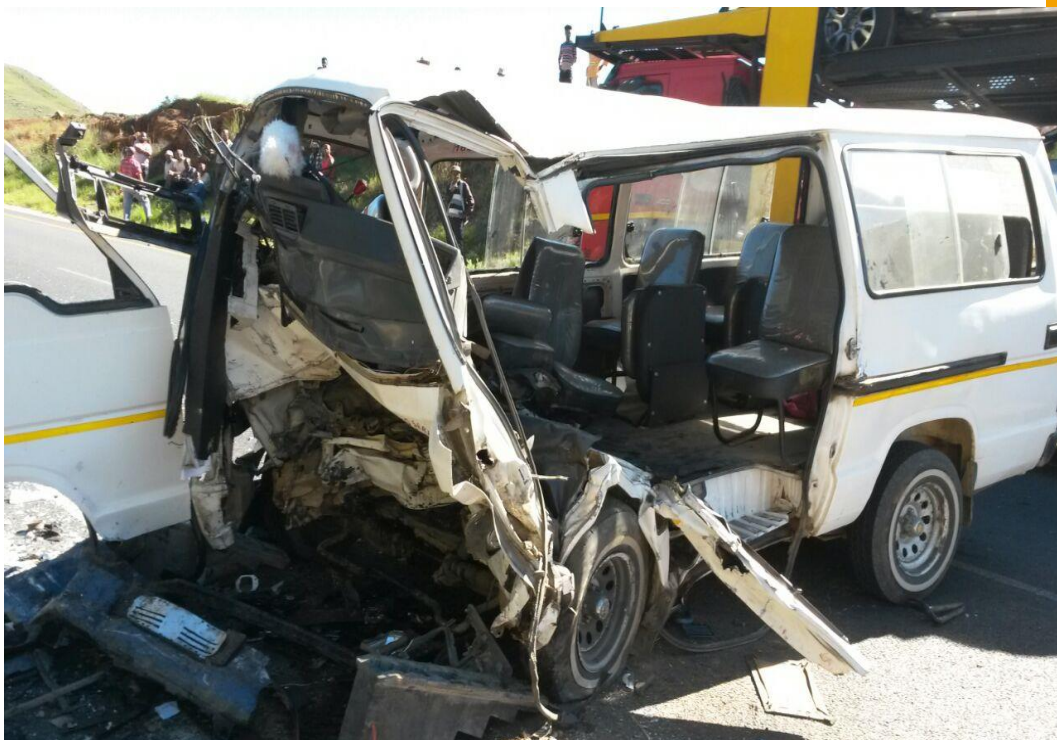


Figura 18 Transporte Público (Taxi) 5 fallecidos



Copyright Asociación Mundial de la Carretera. Todos los derechos reservados.

Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)

La Grande Arche, Paroi Sud, 5e niveau

F-92055 La Défense cedex

ISBN : 978-2-84060-523-2

Portada © Université Polytechnique des Hauts-de-France