

APORTACIÓN DE LOS ITS A LA SOSTENIBILIDAD Y MEJORA DEL TRANSPORTE POR CARRETERA



ITS CONTRIBUTION TO SUSTAINABILITY AND IMPROVEMENT OF ROAD TRANSPORT

Recibido: 17/03/08

Aceptado: 12/05/08

Felipe Jiménez Alonso
Doctor Ingeniero Industrial.
Licenciado en Ciencias Físicas.
**Unidad de Sistemas
Inteligentes en Vehículos del
INSIA**

Francisco Aparicio Izquierdo
Doctor Ingeniero Industrial
**Instituto Universitario de
Investigación del Automóvil
INSIA**

make their quick and wide implementation difficult are analyzed.

Key words: Transport, intelligent systems, sustainability, cooperative systems

RESUMEN

El gran crecimiento del transporte por carretera frente a los demás modos ha acrecentado los problemas que amenazan su sostenibilidad: accidentes, contaminación, congestión, etc. Los *Sistemas Inteligentes de Transporte* (ITS) aportan soluciones basadas en la electrónica, el control automático y las tecnologías de las comunicaciones. Dentro de un entorno complejo, donde usuarios de muy diversos tipos comparten la misma infraestructura, se evalúa la mejora que provoca el empleo de dicha información en sistemas cooperativos (V2V, V2I y centros gestores). Por otra parte, también se analizan los principales obstáculos que dificultan una rápida y amplia implantación.

Palabras clave: Transporte, sistemas inteligentes, sostenibilidad, sistemas cooperativos

ABSTRACT

The road transport growth has increased those problems that threaten its sustainability: accidents exhaust emissions, congestion, etc. Intelligent Transport Systems (ITS) provide solutions based on electronics, automatic control and communications technologies. In this complex environment where users of different characteristics share the same infrastructure, improvements that cooperative systems (V2V, V2I and management centres) produce are evaluated. Furthermore, main obstacles that

1.- INTRODUCCIÓN. PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE POR CARRETERA

El transporte tiene una clara vinculación con el desarrollo económico. Sin embargo, el gran crecimiento de la movilidad en los últimos años, y sobre todo, la preponderancia del modo de transporte por carretera sobre los demás, lleva asociada una serie de efectos negativos en diferentes ámbitos: congestión, contaminación y accidentes, principalmente. En concreto, en el caso europeo:

- Aproximadamente, el 10 % de la red de carreteras está afectada de congestión diariamente.

- El transporte es el sector que más ha crecido en demanda energética de todos los sectores, correspondiendo el 83 % al transporte por carretera, lo que, a su vez, tiene una

relación directa con emisiones de CO₂.

- Los vehículos son la principal fuente de contaminación en las poblaciones y el 20 % de las ciudades sufren niveles no aceptables de ruido.

- En cada año, en la **Unión Europea**, se registran unos 40.000 muertos y 1.7 millones de heridos en accidentes de tráfico.

- En términos económicos, los efectos de la congestión suponen el 0.5% del PIB, el impacto medioambiental el 0.6 % y los accidentes el 1.5 %.

Por otra parte, dichos efectos negativos es previsible que sigan subiendo a causa del crecimiento de demanda, asociado al propio desarrollo. Dada la magnitud de los problemas, la **Unión Europea** ha marcado objetivos concretos como la reducción de las muertes en carretera a la mitad en el 2010 o la disminución de las emisiones contaminantes, a través de normativas cada más estrictas. En cuanto a la congestión, la construcción de nuevas infraestructuras proporciona una respuesta temporal, pero no suficiente para alcanzar la sostenibilidad del transporte. En su lugar, una política basada en una mejor gestión de la capacidad existente ofrece mayores beneficios a largo plazo.

Además, hay que considerar los requerimientos impuestos por los usuarios de los medios de transporte como la mejora de la eficiencia, el confort, la información, etc.

2.- SISTEMAS INTELIGENTES EN EL TRANSPORTE POR CARRETERA. SISTEMAS COOPERATIVOS

Sistemas Inteligentes de Transporte (convencionalmente conocidos por sus siglas anglosajonas, ITS) es la denominación genérica que reciben las aplicaciones que integran comunicaciones, control y procesamiento de información en los sistemas de transporte. De forma general, se definen 7 grandes ramas: gestión del tráfico, control de vehículos y sistemas de seguridad, operación de vehículos

comerciales, operación del transporte público, información al viajero, gestión de sistemas de emergencia y pago electrónico.

Desde un punto de vista técnico, los *Sistemas Inteligentes de Transporte* pueden ser entendidos como una cadena de información, lo que in-

formación de la infraestructura o de vehículos "flotantes" dotados de sensores adicionales, que transmiten variables del tráfico, de la calzada y meteorológicas

- Información proporcionada a los usuarios del transporte (usuarios del transporte público, seguimiento de

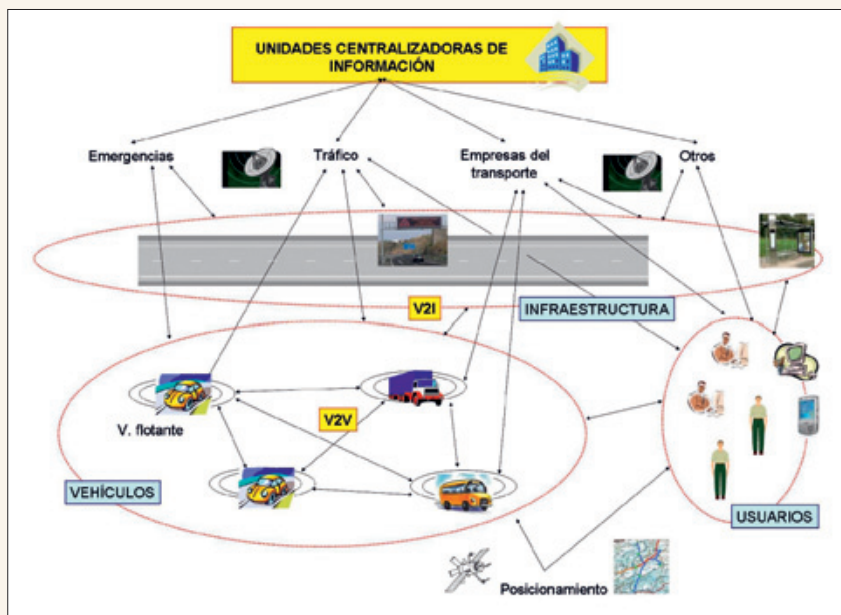


Figura 1: Esquema general de flujos de información en un entorno ITS

cluye su adquisición, comunicación, procesamiento, intercambio, distribución, y, finalmente, su utilización. La figura 1 esquematiza los flujos de información. En ella, se definen los siguientes elementos:

- Información captada por los sensores embarcados
- Comunicaciones intra-vehiculares (buses de comunicación)
- Posicionamiento de los vehículos, basado fundamentalmente en localización por satélite, aunque también se han desarrollado tecnologías de balizas
- Comunicaciones entre vehículos (V2V)
- Comunicaciones con la infraestructura (V2I) de forma bidireccional
- Unidades centralizadoras de información: gestión del tráfico, de flotas, sistemas de emergencia, etc.
- Comunicaciones con dichas unidades centralizadoras que reciben in-

mercancias, información previa al viaje, etc), fija o variable, ofreciéndose en puntos concretos (paneles variables en las carreteras o marquesinas de paradas de autobús, por ejemplo) o en el propio vehículo o al usuario directamente.

Estos sistemas están demostrando su utilidad para lograr la sostenibilidad y la mejora del transporte y, más específicamente, del transporte por carretera. Si bien los sistemas "autónomos" del vehículo (control de la dinámica del vehículo, reconocimiento exterior e interior, etc) son los más difundidos y conocidos, las aplicaciones cooperativas, en su mayor parte, emergentes o en proceso de desarrollo y pruebas en la actualidad, donde el vehículo y los usuarios, además de poseer datos propios, reciben información de otros vehículos, de la infraestructura o de centros gestores, pueden ofrecer una potencialidad mayor.

3.- BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS COOPERATIVOS

La evaluación de los beneficios que pueden reportar los ITS para mejorar la sostenibilidad del transporte por carretera es de difícil cuantificación, dada la fuerte interrelación entre

medidas y los efectos secundarios de las mismas. Sin embargo, estimaciones y ensayos reales han permitido establecer cifras orientativas de la potencialidad de las diferentes medidas. La tabla 1 muestra una síntesis de los efectos de los sistemas más repre-

sentativos donde, como criterios de efectividad se han seleccionado la mejora de la seguridad, la reducción del consumo, el aumento de la movilidad, la capacidad de las vías y la productividad, y el incremento de la satisfacción de los usuarios.

Tabla 1: Beneficios más significativos de los sistemas cooperativos

	Comunicaciones	Seguridad	Consumo	Movilidad	Capacidad	Productividad	Satisfacción
GESTIÓN DEL TRÁFICO							
Prioridad en semáforos de transporte colectivo	CG -V2I						
Prioridad de vehículos emergencia	CG -V2I						
Control adaptativo de semáforos	CG - V2I						
Control de acceso a ciertas zonas	CG - V2I						
Control de vehículos especiales	V2I						
Gestión de aparcamiento	CG - V2I						
SISTEMAS EN VEHÍCULOS							
Información en vehículo	CG						
Guiado de ruta adaptativo	(CG) - V2I						
Información dinámica de velocidad y condiciones	CG - V2I - V2V						
Detección de obstáculos	V2V - V2I						
Asistencia cambio de carril	V2V						
Aviso de colisión por alcance	V2V						
Aviso en intersecciones	V2V						
GESTIÓN DE FLOTAS							
Rutas dinámicas de flotas	CG - V2V						
Gestión de flotas: mantenimiento	CG						
Gestión de flotas de mercancías	CG						
Comunicaciones para reparto	CG - V2V						
INFORMACIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA							
Información antes del viaje	CG						
Información en ruta	CG						
Mensajes dinámicos	CG - V2I						
Limites variables de velocidad	(CG) - V2I						
Información de condiciones meteorológicas	CG - V2I						
Control de tráfico en condiciones adversas	CG - V2I						
Información de tramos especiales	CG - V2I						
OTROS							
Detección de incidentes	CG						
Respuesta a incidentes	CG						
Cobro automático de peaje	V2I						

Comunicaciones:

- V2V: comunicaciones vehículo - vehículo
- V2I: comunicaciones vehículo - infraestructura
- CG: centro de gestión (público/privado, genérico/específico) y comunicaciones con infraestructura o vehículos (bidireccional)
- Entre paréntesis, los casos en los que la gestión se puede hacer con o sin centro de control

Nivel de impacto:

- Amarillo: Muy positivo
- Azul: Positivo
- Blanco: Efecto no significativo



Medidas de gestión del tráfico

Los sistemas de gestión de tráfico, basados en el tratamiento de la información monitorizada del tráfico (por medio de circuitos cerrados de TV, sensores inductivos en la calzada o por la información transmitida desde los vehículos), y orientados principalmente a la mejora de la movilidad, tienen efectos positivos asociados sobre la capacidad de las vías y la reducción de consumo y emisiones. Como sistemas más significativos, cabe indicar que pruebas realizadas de control adaptativo de semáforos permiten alcanzar mejoras en la movilidad de hasta el 42 % y aumentos de la capacidad del 20%. En la misma línea, el control de accesos aporta unas mejoras en dichos campos del 26% y el 10%, respectivamente. Ello redundará en reducciones del 6 % en el consumo y del 5 % en las emisiones contaminantes. Además, la priorización del paso de vehículos de trans-

tivos para el resto de usuarios (incremento en el tiempo del viaje inferior al 2%).

Sistemas en vehículos orientados a la mejora de la seguridad

Los sistemas cooperativos destinados a la mejora de la seguridad se basan principalmente en la utilización de un “horizonte electrónico” más extenso que el “horizonte visual” y aprovechar informaciones en tiempo real de los tramos siguientes de carretera (reducciones de velocidad, congestiones próximas, aproximación de otros vehículos, supervisión de los ángulos muertos, etc). Así, la comunicación entre vehículos permite a cada usuario anticiparse a ciertas situaciones de riesgo. En la tabla 2, se identifican las situaciones en las que pueden reportar efectos positivos, sobre datos estadísticos de la *Dirección General de Tráfico* de accidentes con víctimas en **España**.

reducción de las emisiones y el consumo de combustibles fósiles, complementando otras estrategias, como la mejora de los motores de combustión interna actuales, de los carburantes e introducción de otros nuevos, del tratamiento de gases de escape, de la cadena de transmisión, reducción del peso y de las resistencias al avance (rodadura y aerodinámica) o los nuevos sistemas de propulsión (vehículos eléctricos, híbridos, de pila de combustible, etc). En concreto, el conocimiento de variables del tráfico y el entorno permite adecuar la velocidad sin aceleraciones y deceleraciones bruscas ni cambios frecuentes de marcha o velocidad. Su influencia ha sido analizada mediante simulación y se ha estimado que, para avisos de zonas de congestión y velocidad limitada, los ahorros de consumo pueden ser considerables (-21.1 %), sin penalizar, en exceso, el tiempo de viaje (+5.4%). Estas reducciones son semejantes a las que pro-

Sistema	Situaciones objetivo
- Información dinámica de velocidad y condiciones de carretera y meteorología	- 23.3 % de los accidentes en carretera tienen como factor concurrente la velocidad inadecuada a las condiciones existentes. - 11.0 % de los accidentes se producen con condiciones atmosféricas adversas.
- Aviso de presencia de obstáculos o vehículos estacionados en la calzada	- 3.0 % de los accidentes son contra vehículos estacionados o averiados en la calzada o con obstáculos.
- Asistencia para cambio de carril (supervisión del ángulo muerto)	- 7.5 % de los accidentes son laterales.
- Aviso de colisión por alcance con antelación	- 18.6 % de los accidentes son por alcance.
- Aviso en intersecciones (cooperación entre vehículos que se aproximan a un cruce)	- 21.4 % de los accidentes en carretera se producen en intersecciones.

Tabla 2: Efectos sobre la seguridad

porte colectivo o vehículos de emergencia supone beneficios importantes para dichos sectores (hasta del 20%) con efectos negativos poco significa-

Aunque el interés original de los sistemas anteriores se focalizó en la reducción de los accidentes, también se ha observado su aplicabilidad a la

porcionaría el uso de vehículos híbridos en ámbitos urbanos, según se ha concluido de simulaciones sobre diversos ciclos de conducción estándar.

...la comunicación entre vehículos permite a cada usuario anticiparse a ciertas situaciones de riesgo

Flotas de vehículos de transporte de viajeros y mercancías

Según la norma UNE-EN 13816:2003 aplicada al transporte público de viajeros, se definen ocho criterios de calidad: servicio ofertado en cuanto a horarios, frecuencia, etc, accesibilidad, información, tiempo para programar y efectuar los desplazamientos, atención al cliente, confort, seguridad e impacto ambiental. Los ITS ofrecen posibilidades para elevar los índices de calidad en muchos de estos criterios:

- Se proporciona información en tiempo real, más accesible y mucho más extensa, precisa y personalizada sobre horarios, vehículos en ruta, combinaciones con otros modos (fomento de la intermodalidad),...
- La información se ofrece antes del viaje (planificación) y durante el mismo
- La flota puede optimizarse de tal forma que la calidad del servicio se mantenga con menores costes de operación.
- Los sistemas de gestión de tráfico pueden priorizar el paso de vehículos de transporte público, facilitando el cumplimiento de horarios.

En cuanto al transporte de mercancías, a pesar de las mejoras en el sistema logístico, todavía se presentan aspectos sin resolver completamente como el gran número de operaciones sin coordinación realizadas por flotas de pequeño tamaño, la capacidad de transporte infrautilizada por los recorridos en vacío o los retrasos. Cada vez se persigue más alcanzar el 'just in time', así como ofrecer servicios adicionales al cliente como el seguimiento de cargas. Este

seguimiento de mercancías y vehículos también resulta de gran utilidad para las propias empresas de transporte para optimizar su operación y encontrar anomalías que corregir. Así, los sistemas telemáticos, basados en sistemas de posicionamiento global GPS, localización dentro de sistemas de información geográfica GIS, sistemas inalámbricos de transmisión digital de datos, y aplicaciones de gestión, pueden dar respuesta, entre otras, a las siguientes demandas:

- Cálculo de una mejor secuencia de reparto (ahorro de tiempo y combustible)
- Posicionamiento de vehículos para la planificación de transportes (optimización de la capacidad de la flota)
- Comunicación entre el conductor y la central por medio de dispositivos portátiles que permiten intercambiar mensajes y automatizar procesos administrativos como la confirmación de entrega, lo que supone un servicio que da valor añadido ('infomobility')

4.- BARRERAS A LA IMPLANTACIÓN

Sin embargo, a pesar de los beneficios detectados, la introducción de estas medidas no está siendo lo rápida que cabría esperar. Esto es debido a diversos factores, entre los que destacan:

A) ASPECTOS TÉCNICOS

- Alto número de comunicaciones simultáneas
- Problemas en el análisis y procesamiento de la información proveniente de sensores y comunicacio-

nes, la identificación fiable de escenarios de un entorno complejo, interacción de muchos usuarios de diferentes características en un entorno reducido, etc.

- Discriminación de información válida de las falsas señales
- Necesidad de un número mínimo de usuarios equipados con la tecnología para ser operativos (comunicaciones entre vehículos para evitación de colisiones, envío de señales del estado del tráfico y la carretera por vehículos "flotantes", etc).
- Necesidad de contemplar la interacción entre vehículos dotados de sistemas inteligentes con otros que no los tienen
- Desarrollo, mejora y abaratamiento de las tecnologías implicadas.

B) ASPECTOS SOCIALES:

- Aceptación por parte de los usuarios dado el innato recelo a lo novedoso
- Posible uso incorrecto de los nuevos sistemas, redundando en efectos negativos (adopción de conductas de mayor riesgo al considerar que se disponen de más medidas de seguridad, inatención, etc).
- Adaptación de los sistemas a los requerimientos reales de la demanda



...a pesar de las mejoras en el sistema logístico, todavía se presentan aspectos sin resolver completamente como el gran número de operaciones sin coordinación realizadas por flotas de pequeño tamaño, la capacidad de transporte infrautilizada por los recorridos en vacío o los retrasos

C) ASPECTOS LEGALES:

- La responsabilidad debe quedar completamente definida en caso de fallo de un sistema
- La protección de datos puede verse amenazada al manejar un gran flujo de información diversa que atañe a usuarios concretos
- El desarrollo de normativas y reglamentos suele seguir un proceso lento

D) ASPECTOS POLÍTICOS Y DE ORGANIZACIÓN:

- La escasa estandarización existente en protocolos de comunicación, que impide sinergias en el desarrollo de sistemas.
- Se requiere la coordinación entre muchos estamentos, públicos y privados
- La implantación de una medida dentro del marco de los ITS implica un análisis coste-beneficio complejo, dado que es difícil desagregar las causas de algunos efectos, así como identificar todas las partes directa o indirectamente implicadas en dichos efectos.
- El reparto de costes e ingresos ajustado entre las entidades involucradas resulta complejo dada la cooperación necesaria.
- Las inversiones requeridas en infraestructura pueden llegar a ser elevadas y su implantación es lenta.

5.- CONCLUSIONES

Los sistemas cooperativos han demostrado su utilidad para la mejora

del transporte por carretera, haciendo frente a los grandes problemas que amenazan su sostenibilidad. Prueba de este hecho, es el interés que se les presta a nivel internacional en proyectos de investigación, desarrollo e implantación (*GST, PREVENT, CVIS, Vehicle Safety Communications VSC*), consorcios de grandes fabricantes (*Car2Car Consortium*), grupos de discusión (*eSafety Forum*), etc.

Cabe indicar, por último, que, si bien las medidas analizadas están enfocadas hacia la mejora del modo de transporte por carretera, las políticas de sostenibilidad del transporte pasan por fomentar la intermodalidad como se pone de manifiesto en el *Libro Blanco* de la **Unión Europea**. En este sentido, los sistemas y servicios inteligentes también ofrecen soluciones, basadas, en su mayor parte, en la captación, procesamiento, compartición y distribución de información entre todos los agentes implicados en la cadena del transporte.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- ELVIC, Rune y VAA, Truls. *The handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier. 2006.
- ESAFETY FORUM. *eSafety compendium*. Bruselas. eSafety Support, 2006.
- EUROPEAN COMMISSION (2001). White Paper: European Transport policy for 2010: time to decide.
- EUROPEAN COMMISSION EUROSTAT (2004). European Union energy and transport in figures. EC DG-TREN.

- HERNÁNDEZ BAJO, Antonio. "Gestión integral de flotas en modo ASP por medio de plataformas de servicios web: Moviloc". DYNA Enero-Febrero 2007. Vol. LXXXII-1, pag 13-16.

- HUBER, Werner, LÄDKE, Michael y OGGER, Rainer. "Extended floating-car data for the acquisition of traffic information". Proceedings of the 6th Congress on ITS, Toronto (Canadá), Noviembre, 1999.

- MANZIE, Chris, WATSON, Harry y HALGAMUGE, Saman. "Fuel economy improvements for urban driving: Hybrid vs. intelligent vehicles". Transportation Research Part C, 2007 Vol 15, pag 1-16.

- MCDONALD, Mike, KELLER, Hartmut, KLIJNHOUT, Job, MAURO, Vito, HALL, Richard, SPENCE, Angela, HECHT, Christoph y FAKLER, Oliver. *Intelligent transport systems in Europe. Opportunities for Future Research*. World Scientific, 2006.

- MILES, John C. y CHEN, Kan. *ITS Handbook*. 2ª ed. PIARC, 2004.

- MORAGUES, José Luis. "Avances hacia el desarrollo sostenible del sistema del transporte". DYNA Octubre 2003. Vol. VXXVIII-9, pag 20-22.

- UNE-EN 13816:2003 "Transporte, logística y servicios, transporte público de viajeros, definición de la calidad del servicio, objetivos y mediciones" Madrid. AENOR.

- VILAS IGLESIAS, José Manuel. "Innovación y tecnología electrónica en el automóvil". DYNA Junio 2006. Vol. 81-5. pag. 38-44 ■