

# IDENTIFICACIÓN, MEDIANTE EL USO DE MAPAS CONCEPTUALES, DE LOS SERVICIOS DE VALOR AÑADIDO EN LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

M<sup>a</sup> del Carmen Díaz Fernández, [cardiaz@us.es](mailto:cardiaz@us.es), Universidad de Sevilla

M<sup>a</sup> del Rocío Martínez Torres, [rmtorres@us.es](mailto:rmtorres@us.es), Universidad de Sevilla

## RESUMEN

El desarrollo de la tecnología aplicada a los sistemas de transporte ha desarrollado un nuevo campo de investigación: los Sistemas Inteligentes de Transporte, permitiendo la aplicación y control de la información electrónica en el transporte. La evaluación de sus aspectos socioeconómicos es particularmente importante para las decisiones políticas gubernamentales a la hora de desarrollar pautas de evaluación apropiadas para los proyectos de los sistemas inteligentes de transporte (Zhang *et al.*, 1996). Sin embargo, la mayoría de estas guías no detallan cómo deberían ser medidos, valorados, o al menos, definidos sus impactos. Las metodologías más utilizadas a la hora de evaluar estos impactos socio-económicos son los análisis coste-beneficio (CBA), los análisis de efectividad del coste y las aproximaciones multi-criterio tales como el análisis envolvente o análisis de la frontera (DEA). Así pues, si bien son muchos los trabajos a partir de los que es posible identificar el rango de beneficios potenciales sin recurrir a la utilización de los costes en los proyectos ITS, no obstante, y desafortunadamente también, los resultados alcanzados son a menudo difíciles de comparar dado que los diferentes proyectos existentes adoptan distintas pautas de acción y de evaluación de los costes y los beneficios (Zhicai *et al.*, 2006).

Cabe mencionar también que los beneficios típicos de la implantación de Sistemas Inteligentes de Transporte están relacionados con los servicios de valor añadido que conlleva el empleo de las nuevas tecnologías. Esta investigación pretende utilizar una nueva perspectiva a la hora de valorar los Sistemas Inteligentes de Transporte, al utilizar, no una perspectiva de coste-beneficio, sino una perspectiva estratégica., pretendiendo, en cierta medida, que los resultados obtenidos sirvan de guía para futuras comparaciones de estos sistemas.

Con todo esto en mente, el objetivo inicial ha sido identificar los servicios de valor añadido que la aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte pudiera ofrecer. Para ello hemos hecho uso de una herramienta científica, basada en el proceso de elaboración de los Mapas conceptuales.

Los resultados obtenidos nos han permitido identificar seis servicios de valor añadido a tener en cuenta al tratar estos sistemas. Dichos servicios se podrían englobar en tres grandes áreas: Información, Seguridad y Gestión. De igual forma, se ha podido constatar también que aquellos servicios referidos a la mejora de la seguridad y al acceso de información sobre el tráfico son los más valiosos, en contraposición a aquellos referidos a información sobre puntos de interés, resultado, este último, consecuente con los obtenidos por Adler & Blue (1998) en investigaciones previas.

Este trabajo propone una clasificación de los servicios de valor añadido que estos sistemas pueden ofrecer, con el fin de facilitar sus evaluaciones y comparaciones futuras. La carencia en el ámbito de la evaluación y comparación de estos sistemas justifica la originalidad de este trabajo.

## **PALABRAS CLAVE**

Sistemas Inteligente de Transporte (ITS); Servicios de valor añadido; Mapas conceptuales

## **IDENTIFICATION OF VALUE ADDED SERVICES FROM INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS USING CONCEPT MAPS TECHNIQUE**

M<sup>a</sup> del Carmen Díaz Fernández, [cardiaz@us.es](mailto:cardiaz@us.es), Universidad de Sevilla

M<sup>a</sup> del Rocío Martínez Torres, [rmtorres@us.es](mailto:rmtorres@us.es), Universidad de Sevilla

### **ABSTRACT**

A new research area is appearing because of the development of the technology applied to transport systems. This new area is called: Intelligent Transportation Systems (ITS). Electronic information is applied and controlled in transport systems. The assessment of the socio-economic aspects is important for governments' public decision-making when developing guides for evaluating ITS projects (Zhang *et al.*, 1996). However, most of these guides do not specify the way in which the impacts should be measured, assessed or even defined. The most used methodologies have been Cost-Benefit Analysis (CBA), Cost Effectiveness Analysis, and multi-criteria approaches such as Development Efficiency Analysis (DEA). Although there are too much researches through which the potential benefits could be identified without using costs rates in ITS projects, their results are sometimes difficult to compare because of the use of different guides to assess costs and benefits (Zhikai *et al.*, 2006). The usual benefits derived from ITS refer to the value added services of these new technologies. Our research make use of a strategic view to assess ITS, instead of a cost-benefit view, in order to make easier the comparison among these systems.

The main objective of this research is to identify the value added services that ITS could offer. We have made use of Concept Maps Technique to achieve this objective.

Six value added services when working with these systems have been identified. These can be grouped into three regions: Information, Security & Safety, and Management. Moreover, those services referring to safety and to accessing to information on traffic are more valuable than those referring to security and information on point of interests. This result coincides with those from Adler & Blue (1998).

This research proposes a classification of the value added services that these systems could offer in order to make easier future evaluations and comparisons. The scarcity in this area is what justifies the originality of this research.

### **KEYWORDS**

Intelligent Transportation Systems (ITS); Value added services; Concept Mapping

## 1. INTRODUCCION

Los Sistemas Inteligentes de Transporte o ITS (Intelligent Transportation Systems) son una iniciativa mundial “relacionada con la aplicación y control de la información electrónica en el transporte” (Slinn, *et al.*, 2005), como por ejemplo, para el control de vehículos (advertencia de salidas, control del progreso y de la velocidad), el control del estado del conductor (alcoholemia, somnolencia, enfermedades), o el control de la fluidez de la circulación vial (sistemas automáticos de actuación sobre puntos negros) (Jagtman *et al.*, 2006). Su especialización, la eficiencia en costes alcanzada con sus operaciones de valor añadido y el rápido incremento de los problemas derivados de la congestión del tráfico han generado nuevas oportunidades de negocio y han promovido su empleo (Hameri & Paatela, 2005). Las primeras investigaciones en el tema aparecieron casi simultáneamente en la Unión Europea, en Estados Unidos y en Japón, a finales de los 80, siendo el principal objetivo implantar el uso de las nuevas tecnologías en el área del transporte por carretera, para incrementar y, de alguna forma, garantizar tanto la seguridad vial como la eficiencia de las mismas. Nociones como vehículo inteligente, autopista inteligente (AHS) o monitorización y control del tráfico en tiempo real son introducidos por primera vez para expresar el incremento del término *inteligencia* en la naturaleza dinámica de los sistemas (Giannopoulos, 2004).

La principal razón de ser de ITS es ofrecer una variedad de soluciones tecnológicas para resolver el crecimiento de los problemas del transporte experimentado cada vez en más ciudades. Así pues, ITS constituye un conjunto de nuevas tecnologías potenciales diseñadas para aliviar la congestión e incrementar la capacidad vial de las carreteras, principalmente, por medio de una redirección de las rutas y de la fluidez del tráfico. La creación de sistemas inteligentes para mejorar el viaje está en el corazón de los ITS. Seis tipos de componentes definen ampliamente las tecnologías de los ITS: **ATIS** (Sistemas de Información avanzado de viajeros), **AVCS** (Sistemas avanzados de control del vehículo), **CVO** (Sistemas operativos de vehículos comerciales), **ATMS** (Sistemas de dirección del tráfico avanzados), **ARTS** (Sistemas de transporte rurales avanzados) y **APTS** (Sistemas de transporte público avanzados) (Adler & Blue, 1998, Kanninen, 1996; NG, Barfield & Mannering, 1995, Hameri & Paatela, 2005).

Actualmente, las investigaciones en ITS se encuentran simultáneamente en distintas etapas: exploración, desarrollo, validación. Los nexos de unión entre las nuevas tecnologías y las teorías del transporte crecen fuertemente con el paso del tiempo (Kanninen, 1996). La literatura relacionada con los sistemas de transporte centra sus esfuerzos en la aplicación de tecnologías de la comunicación y el uso de los PCs para solventar problemas relacionados con el transporte, evaluando los resultados atendiendo a criterios de coste-beneficio.

Los sistemas inteligentes de transporte conllevan un problema transversal con implicaciones en muchas áreas: tecnológica, social, medioambiental, etc. Así, por ejemplo, al tratar de incrementar la capacidad real de la carretera a través del uso de las tecnologías, debemos tener en cuenta el impacto social de estas tecnologías (Kanninen, 1996: 2) y los costos medioambientales. Debemos pues empezar a pensar comprensivamente sobre una mezcla global de políticas de transporte que encaucen tanto las ineficiencias socioeconómicas como sistémicas (Kanninen, 1996: 8-9). Por ello se hace necesario adoptar una nueva perspectiva identificando los servicios de valor añadido que ITS pudiera ofrecer para así poder desarrollar dichas políticas de transporte.

El objetivo de esta investigación ha sido identificar los servicios de valor añadido que los sistemas inteligentes de transporte pudieran ofrecer. Para ello se ha utilizado la técnica de elaboración de los Mapas Conceptuales.

El resto del trabajo es organizado de la siguiente forma. En el siguiente apartado se analiza la evolución del análisis de los sistemas inteligentes de transporte. A continuación se presenta la metodología utilizada en nuestra investigación, basada en la técnica de elaboración de los Mapas Conceptuales. Posteriormente se ofrecen los resultados obtenidos en la investigación para, finalmente, abordar las conclusiones a las que hemos llegado.

## 2. MARCO TEÓRICO

La investigación sobre la aplicación de las tecnologías de la información en la conducción se remonta a la década de los cincuenta (Adler & Blue, 1998), centrándose principalmente en el uso de dispositivos automáticos capaces de proporcionar a los conductores información sobre las condiciones del tráfico (Weinberg *et al.*, 1966). El avance tecnológico fue empleado para mejorar la utilidad de estas operaciones, permitiendo una coordinación centralizada de las autopistas a partir de la implantación de sistemas de seguimiento del tráfico en tiempo real y de estrategias de control (Nenzi & Anglisant, 1974). El interés por los aspectos relacionados con los factores humanos aumentó, llegando a ser importante para ayudar a mejorar el diseño de los dispositivos visuales usados en intersecciones y rampas de acceso en los grandes núcleos urbanos (Pretty *et al.*, 1971). También se iniciaron esfuerzos para desarrollar sistemas de orientación en el vehículo (Rosen *et al.*, 1970). La elección de la ruta y el comportamiento seguido por el conductor fueron, por un tiempo, las principales materias de estudio en la literatura de ITS. Un considerable número de estudios empíricos sobre la conducta de los conductores en carretera indicaron que éstos usan numerosos criterios para la planificación del viaje (NG *et al.*, 1995, Kanninen, 1996; Adler & Blue, 1998 o Yang & Meng, 2001; Chen & Ting, 2007), destacando de entre ellos la minimización del tiempo empleado, según Wardrop (1952). A finales de los ochenta muchos de los sistemas de guía de rutas ubicados en vehículos (IVRGS) fueron testados, especialmente en Japón (Shibano *et al.*, 1989), Europa (Karlsson, 1988) y Estados Unidos (Rillings, 1991).

Paralelamente a esta línea de investigación surgen otras relacionadas con los sistemas de dirección del tráfico y/o la seguridad vial. La primera aparece, tanto en áreas urbanas como en autopistas, para analizar y controlar la congestión del tráfico (Chang, 1997; Chen *et al.*, 2001). En los primeros sistemas la investigación estuvo fundamentada en aspectos teóricos sustentados en los resultados obtenidos tanto a través de planes establecidos para solventar situaciones predefinidas, como a través de la recolección de datos sobre el tráfico realizadas a partir de los sensores colocados en las carreteras. Sin embargo, este enfoque no hacía frente a la gran diversidad en tiempo y espacio de situaciones que podían acontecer en la red de carreteras (Cuenca *et al.*, 1995). Es por ello que se introdujeron sistemas más adaptativos, como SCOOT, SCATS, OPAC, PRODY o UTOPIA, constituyendo un primer paso en la evaluación más general de los análisis locales realizados hasta el momento (Cuenca *et al.*, 1995). No obstante, la falta de recursos y el alto coste efectivo asociado a la construcción de carreteras condujeron a que no fuera una solución al problema.

La congestión del tráfico va unida al problema de la seguridad vial. En muchas investigaciones se pensó que, utilizando tecnologías avanzadas para mejorar la capacidad de las autopistas, se podría incrementar y garantizar la seguridad vial. Consecuencia de ello son los sistemas automáticos de las autopistas (AHS) (Chang, 1997). Sin embargo, el comportamiento del conductor al volante es tan esencial en el desarrollo de las tecnologías ITS como el estudio de la fluidez del tráfico en carretera. Para recoger información al respecto se emplearon instrumentos electrónicos en carreteras regulares (Chakroborty & Kikuchi, 1999). Sin embargo los estudios en relación a los beneficios factibles de AHS no han sido del todo concluyentes.

Los vínculos entre las nuevas tecnologías y las teorías de transporte están creciendo muy rápidamente (Taylor, 2004), ya que el desarrollo e implantación de estas nuevas tecnologías están abriendo las puertas a nuevos desarrollos teóricos. La aparición de nuevos fenómenos en el entorno asociados con el transporte ha originado nuevas posibilidades para investigar, medir y analizar, requiriendo incluso el desarrollo de teorías capaces de explicar este elevado consumo tecnológico. En este sentido podemos encontrar en la literatura de ITS investigaciones como las de Goldman y Gorham (2006), las cuales examinan la intensificación reciente de la escala de motorización y la movilidad de la demanda en el este de Asia frente a Europa y sus principales consecuencias: reducción de la energía e intensidad de la polución (contaminación).

Durante los últimos años, una revisión general del impacto socio-económico de ITS ha sido presentada en la literatura del transporte (Fitzgerald *et al.*, 2000), siendo todavía los análisis coste-beneficio el método dominante para la evaluación de proyectos en Europa y EEUU (Zhang et al, 1996). Sin embargo, la mayoría de estas guías no detallan cómo medir los impactos, siendo por tanto difícil valorar y comparar sus efectos y consecuencias (Zhicai et al, 2006). Ya que los procedimientos de evaluación socioeconómicos no son directamente adecuados para otra medición o evaluación, muchos de los impactos de los esquemas ITS son puestos en práctica para mejorar.

En resumen se podría decir que las actividades de ITS se encuentran en varios estados de investigación, desarrollo y validación (Kanninen, 1996). Ello puede ser motivado, primero, porque el empleo de nuevas tecnologías en tráfico puede producir un rango de desviaciones desconocidas e imprevistas las cuales requieren atención, y en segundo lugar, porque la planificación del mantenimiento y rehabilitación de actividades para facilitar el transporte utiliza información para facilitar las condiciones a partir de dos recursos: la medición y el pronóstico. Ambos recursos están caracterizados por la presencia de una significativa incertidumbre, la cual también tiene importantes implicaciones en el ciclo de vida de los costes (Madanat, 1993). Todos estos elementos previos han originado un interés sustancial en la modelización del comportamiento de ITS y en una evaluación de sus componentes al objeto de determinar la fiabilidad, los beneficios y los riesgos de cada una de estas tecnologías (Yang & Meng, 2001), que se pueden clasificar, según la literatura de tráfico (Messmer, Papageorgiou & Mackenzie, 1998; Golob & Regan, 2002; Lo & Szeto, 2002; Kuo & Chen, 2006), en los siguientes grupos:

1. Tecnologías de la comunicación: Sistemas de infra-rayos, sistemas de banda lateral a través de radio frecuencias, servicios de Mobile a través de satélites, teléfonos, radio frecuencias, redes de datos, sistemas inductivos, sistemas de radio frecuencias para camiones
2. Tecnología de ensayo: VFDs, CRTs, LCDs, HUD
3. Tecnologías de navegación: GPS, GPRS

Finalmente, resaltar que el conocimiento de las tecnologías ITS hacen referencia no sólo a la capacidad de medición de la efectividad de estos sistemas. Los investigadores de las tecnologías de información vial han dedicado durante los últimos cuarenta años un gran esfuerzo a la creación de sistemas de vigilancia y control del tráfico en los núcleos urbanos. Aunque las tecnologías han avanzado, no obstante, los resultados alcanzados en relación a la mejora que proporcionan a los conductores se sigue concentrando en tres puntos: una mejor dirección de la fluidez del tráfico, una mejora en las operaciones de conducción, y de la seguridad vial (Adler & Blue, 1998). Es necesario diseñar estrategias que nos proporcionen información beneficiosa (Mahmassani & Liu, 1999). El desarrollo de nuevas tecnologías tales como la radio-telecomunicación, el móvil o el comercio a través

del móvil (M-comercio), y el incremento de la congestión del tráfico, la conducción temeraria o los accidentes de tráfico da lugar a que los sistemas inteligentes de tráfico adquieran un interés importante. Los ITS son visionados para ser útiles y adaptables a las necesidades y comportamientos individuales de los usuarios. Ello puede ser desarrollado de muchas formas, variando de las capacidades y peculiaridades de los distintos mercados (Adler & Blue, 1998). Es más, dado que el empleo de las tecnologías ITS han madurado, son fácilmente disponibles, su utilización no será considerado un lujo, llegando a formar parte del día a día como cualquier otro tipo de tecnología (Hameri & Paatela, 2005).

### 3. METODOLOGÍA

La evaluación de los aspectos socioeconómicos es particularmente importante para las decisiones políticas gubernamentales a la hora de desarrollar pautas de evaluación apropiadas para los proyectos ITS (Zhang et al, 1996). Sin embargo, la mayoría de estas guías no detallan como deberían ser medidos, valorados, o al menos, definidos los impactos de estos sistemas. Las metodologías más utilizadas a la hora de evaluar estos impactos socio-económicos son los análisis de coste-beneficio (CBA), los análisis de efectividad del coste y las aproximaciones multi-criterio tales como el análisis envolvente o análisis de la frontera (DEA). Considerables esfuerzos han ello posible identificar el rango de beneficios potenciales sin recurrir a los costes en los proyectos ITS. Desafortunadamente los resultados alcanzados son a menudo difíciles de comparar, dado que los diferentes proyectos existentes adoptan distintas pautas de acción y de evaluación de los costes y los beneficios (Zhicai et al, 2006).

Los beneficios típicos de la implantación de ITS están relacionados con los servicios de valor añadido que conlleva el empleo de nuevas tecnologías (Gong *et al.*, 2006; Khendek & Zheng, 2008). De acuerdo con los resultados alcanzados por Adler y Blue (1998), los beneficios más frecuentes y fáciles de alcanzar pueden ser agrupados en cinco grupos:

1. Reconocimiento, elección, comunicación y aprendizaje en la conducción
2. Reducción de la congestión o mejora de la fluidez del tráfico
3. Decremento del nivel de polución de las emisiones y efectos positivos sobre el entorno
4. Mejora de la productividad
5. Incremento de la seguridad vial

Esta investigación se centra en la identificación de los servicios de valor añadido que la aplicación de ITS puede ofrecer. Para alcanzar este propósito nos serviremos de la técnica de elaboración de los Mapas Conceptuales.

Un mapa conceptual es una forma de conceptualización estructurada que puede ser usada por grupos para desarrollar estructuras conceptuales para guiar una evaluación, un ejercicio, un plan, etc. (Trochim, 1989). Al comienzo de su elaboración, los participantes generan información a través de un *brainstorming* o tormenta de ideas. Seguidamente, los datos son estructurados, cuantificados y analizados utilizando métodos estadísticos que incluyen el escalamiento multidimensional y el análisis clúster. El Mapa Conceptual muestra las principales categorías de ideas matemáticamente determinadas derivadas de los inputs de los participantes. Cada bloque de ideas es representado en un mapa a través de clusters. Esos clusters propios de cada estudio están directamente relacionados. Los mapas representan la opinión de los participantes en el estudio. Y aunque el procedimiento

recae sobre la opinión de los expertos el tratamiento estadístico de datos garantiza que las conclusiones son el resultado de la conceptualización grupal (Toral Marín *et al.*, 2006).

El procedimiento para desarrollar los Mapas Conceptuales consta de las siguientes fases (Trochim, 1989):

1. Selección y preparación de los participantes
2. Brainstorming o tormenta de ideas
3. Estructuración y ponderación de las ideas
4. Representación de las ideas en forma de mapas
5. Interpretación de los mapas

## 4. RESULTADOS

La técnica de elaboración de los Mapas Conceptuales ha sido aplicada para identificar los servicios de valor añadido que ITS podría ofrecer. El procedimiento general para su desarrollo, descrito en los siguientes sub-epígrafes, consta de las cinco fases anteriormente mencionadas.

### 4.1. Selección y preparación de participantes

Una de las tareas más importantes en el desarrollo de un Mapa Conceptual es decidir quién participará en el proceso. La experiencia demuestra que la conceptualización es mejor cuando se incluye en el proceso un amplio número de personas expertas en la materia a tratar (Martínez-Torres, *et al.*, 2005). Una amplia y heterogénea participación asegura en cierta medida que se tengan en cuenta distintos puntos de vista, con lo que estimula a “construir” el marco conceptual correcto.

En este estudio participaron 16 personas con experiencia contrastada en trabajar con ITS (investigadores, diseñadores, usuarios, autoridades públicas, controladores de tráfico). Este número de participantes se encuentra dentro de los límites aconsejados por Trochim (1989).

### 4.2. Generación de ideas

La siguiente fase consistió en identificar una lista de servicios de valor añadido que los sistemas inteligentes de transporte podrían ofrecer. Haciendo uso de un Brainstorming o Tormenta de Ideas, el grupo de trabajo identificó 72 servicios (ver Tabla 1)

**Tabla 1 Lista de servicios de valor añadido identificados**

1. Gestión de cobro en vehículos públicos
2. Gestión de rutas en sistemas de transporte, mercancías, personas.
3. Gestión de rutas para vehículos de emergencia
4. Localización y alarmas de vehículo frente a robos
5. Botón de pánico frente a robos, secuestros
6. Solicitud automática de auxilio
7. Servicio de Información en Móvil, PDA's, Internet
8. Detección de rutas mas cortas con datos de tráfico
9. Alarma anti-colisión (en movimiento)
10. Detección de obstáculos (aparcar)
11. Pago electrónico en peajes / parking

12. Control de velocidad media del vehículo entre dos puntos (en autopistas con información a la policía).
13. Información al conductor sobre señales de tráfico
14. Información al conductor sobre aparcamientos cercanos (precio, distancia)
15. Información al conductor sobre estado de las carreteras
16. Información al conductor sobre cambios de trazado en rutas, obras
17. Limitación automática de velocidad en vehículos en zonas de riesgo
18. Identificación electrónica del vehículo en zonas de acceso restringido
19. Detección e indicación de paso automático de vehículos de emergencia
20. Detección del nivel de ocupación de vehículos públicos (autobuses) y aviso de reparto homogéneo
21. Servicios de información adaptados a colectivos con minusvalía
22. Información sobre rutas con accesibilidad a minusválidos
23. Información a vehículos no motorizados y peatones
24. Ubicación de servicios de emergencia más próximo
25. Petición de taxi con localización automática del lugar de petición
26. Iluminación automática en vehículos
27. Gestión automática de la iluminación pública
28. Gestión automática de colas en semáforos
29. Detección de incidentes y gestión automática
30. Sistema de gestión inteligente de grandes eventos públicos
31. Sistema de información a turistas
32. Sistema de información al ciudadano local
33. Información automática del vehículo sobre su mantenimiento
34. Niveles de polución por calle
35. Información sobre nivel de polución generado por el vehículo privado
36. Trazabilidad electrónica de vehículos comerciales
37. Trazabilidad electrónica de vehículos especiales
38. Detección de estados de somnolencia
39. Auto detección de la señalización
40. Gestión dinámica de carriles reversibles
41. Sistemas de vigilancia con detección automática de vehículos y personas.
42. Gestión inteligente de los ciclos de semáforos para facilitar el paso de vehículos de transporte público o vehículos de emergencia
43. Gestión adaptativa de los ciclos de semáforos en función de las condiciones de tráfico.
44. Gestión dinámica de los límites de velocidad en vías urbanas o interurbanas, en función de las condiciones de tráfico y la hora del día.
45. Detección de personas y/o ciclistas para la gestión de semáforos.
46. Gestión variable del precio del transporte público según la hora del día.
47. Detección automática de vehículos pasando en rojo.
48. Detección automática de vehículos que no se detiene en señal de STOP.



49. Información al conductor sobre condiciones de visibilidad por niebla, lluvias.
50. Encendido automático de luces en condiciones de visibilidad escasa.
51. Caja negra sobre los indicadores del vehículo y las acciones realizadas previas a un accidente.
52. Reconocimiento de personal autorizado para conducir un vehículo.
53. Seguimiento remoto de las rutas y posiciones de vehículos comerciales.
54. Comunicación remota de vehículos comerciales y centro de aprovisionamiento o de destino.
55. Monitorización del estado de la carga y sus condiciones ambientales para vehículos de mercancías.
56. Control automático de la estabilidad de vehículos.
57. Sistemas de ayuda para la el acoplamiento de vehículos comerciales o con zonas de carga y descarga.
58. Información al conductor sobre distancias entre vehículos.
59. Sistemas de visión nocturna.
60. Avisos de colisión en intersecciones.
61. Sistema de aviso y ayuda al conductor en cambios de carriles.
62. Planificación de un viaje
63. Planificación y coordinación de un viaje multi-transporte (combina autobús, avión, tren, etc.)
64. Información de servicios
65. Información sobre atracciones (parques, circos, cine, etc.)
66. Servicio de petición de citas
67. Información sobre el estado de las carreteras
68. Mejora de las capacidades sensoriales humanas (visibilidad nocturna, con niebla, en oscuridades, etc.)
69. Acceso a información sobre hospitales y servicios médicos de urgencia
70. Información en tiempo real del estado de congestión del tráfico
71. Selección dinámica de rutas
72. Acceso a un directorio de servicios

#### 4.3. Estructuración de ideas

Una vez que se tiene un conjunto de ítem que describe el dominio conceptual para un tema dado, se necesita proporcionar información sobre cómo éstos están relacionados entre sí y su ponderación en relación al tema a tratar. Ambas tareas constituyen la fase de “Estructuración de ideas” en el proceso de elaboración de un mapa conceptual.

La primera de estas tareas consiste en realizar agrupaciones en base a su afinidad con respecto a algún concepto común. Cada participante aplicó su propia experiencia personal para definir el número de grupos y sus componentes. Consecuencia de estas agrupaciones es una matriz binaria, llamada Matriz Individual de Similitud,  $S_{n \times n}$ , que recoge los pares de ideas que fueron agrupadas juntas. Los componentes de esta matriz son “0”, indicando que el par de ideas no fue colocado por el participante en el mismo montón, o “1”, indicando que el par de ideas fue colocado en la misma agrupación. Sumando las matrices individuales de todos los participantes, se obtiene la Matriz Total,  $T_{n \times n}$ .

La segunda de las tareas a realizar en esta etapa consistió en ponderar cada idea (en nuestro caso, servicios) en base a su generación de valor añadido, utilizando una escala definida previamente. Normalmente se utiliza una escala de tipo Likert 1-5, siendo para nuestro caso “1 = poca generación de valor añadido” y “5 =

mucha generación de valor añadido”. No es posible el valor “generación nula de valor añadido” puesto que en el brainstorming se pidió explícitamente que se identificaran servicios que generaran valor añadido en mayor o menor medida. Por tanto, por pequeña que sea, existe alguna generación de valor añadido.

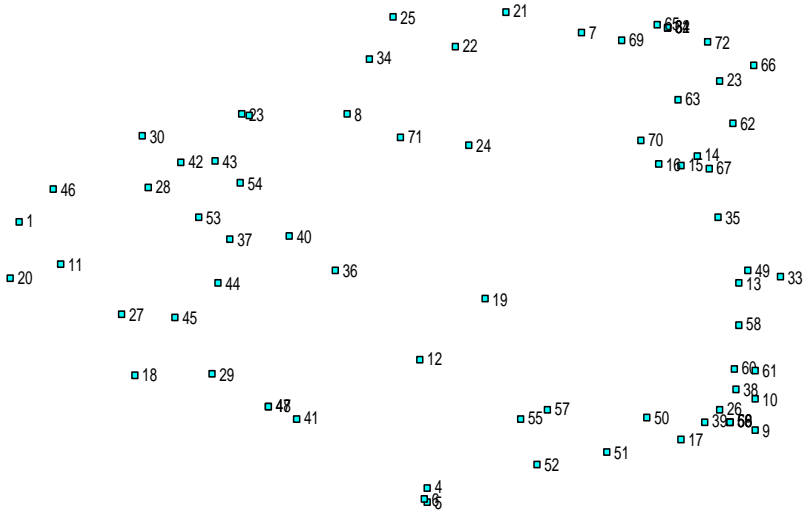
#### 4.4. Representación de ideas

A continuación se llevó a cabo un doble tratamiento de los datos: escalamiento multidimensional y análisis cluster. Para este doble análisis de los datos se empleó el paquete estadístico MATLAB.

El escalamiento multidimensional es una herramienta matemática que utiliza las proximidades entre objetos, sujetos o estímulos para producir una representación espacial de las ideas en base a la cuantía de similitud o disimilitud entre pares. Para ello se utiliza el algoritmo de Shepard-Kruskal (Fahrmeir & Hamerle, 1984). El objeto es representar en un plano de dos dimensiones las distancias entre los ítem o ideas originales identificadas en la etapa de brainstorming, de manera que ideas representadas de manera cercana entre sí son conceptualmente similares e ideas alejadas entre sí son conceptualmente diferentes.

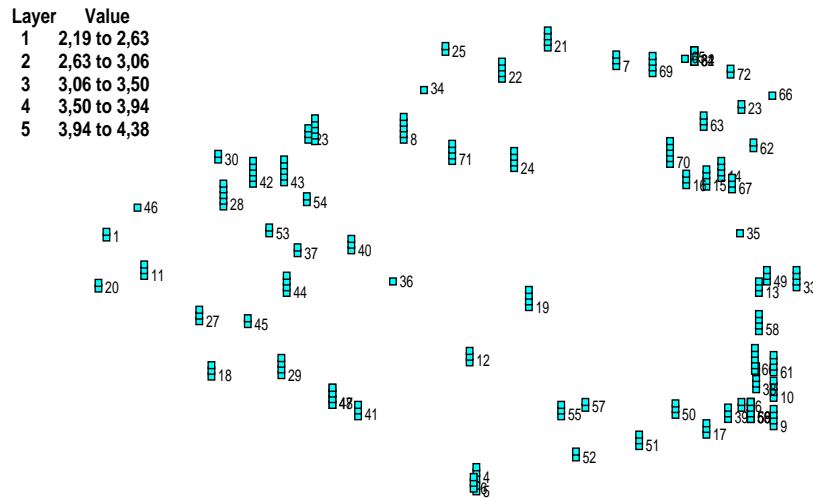
En el caso de estudio, el escalado multidimensional proporcionó el mapa de puntos (ver Figura 1). Cada punto representa cada una de las 72 ideas identificadas en la sesión de brainstorming y que se muestran en la Tabla 1. Se puede observar como puntos cercanos representan ideas conceptualmente relacionadas y puntos alejados representan ideas no relacionadas conceptualmente.

**Figura 1. Mapa de puntos**



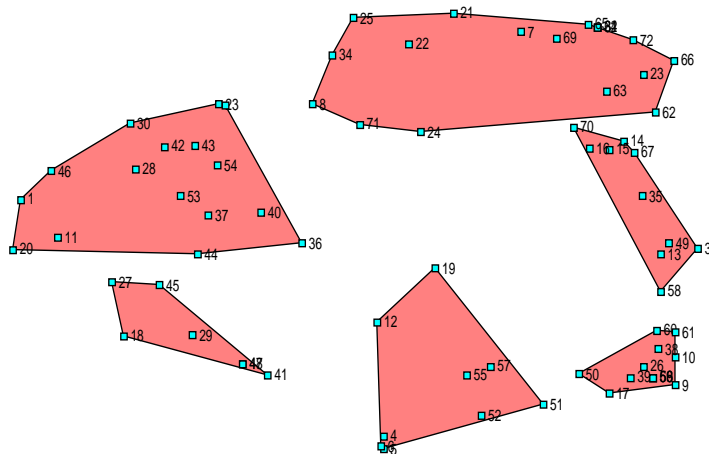
La Figura 2 muestra el mapa de puntos ponderado, que incluye la ponderación media de cada idea y, por tanto, refleja en qué medida el servicio ofrecido por los Sistemas Inteligentes de Transporte generará mayor valor añadido.

**Figura 2. Mapas de puntos ponderados**



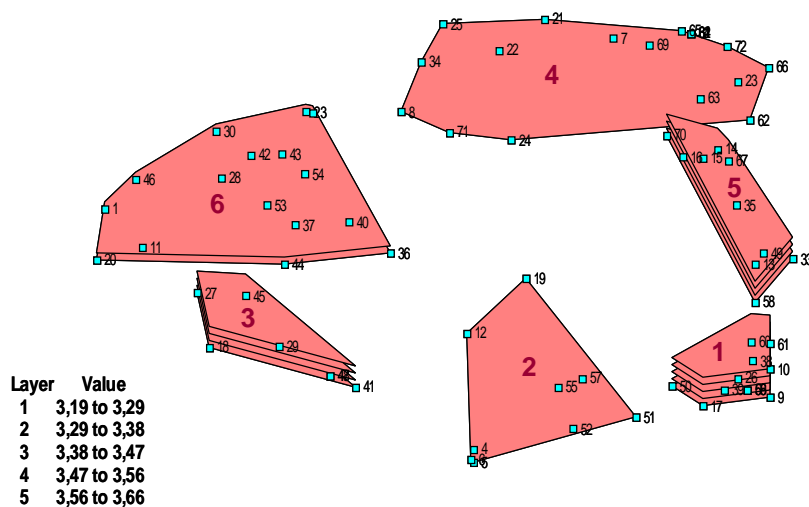
Una vez obtenida la representación bidimensional de los 72 ítem, es necesario clasificarlos en grupos homogéneos para definir los input de los servicios de valor añadido. Esta categorización se lleva a cabo a través de un análisis cluster, que organiza la información proveniente del escalamiento multidimensional y no de la Matriz de Similitud (Everitt, 1993). Se utiliza el algoritmo de Ward para ello (Ward, 1963). Los resultados obtenidos del análisis cluster se muestran en la Figura 3. Los clusters identificados definen los servicios de valor añadido que un Sistema Inteligente de Transporte podría ofrecer.

**Figura 3. Mapa de clusters**



El análisis final requiere tener en cuenta la ponderación media de cada cluster, generándose el mapa de clusters ponderado. En el caso estudiado, la inclusión de las ponderaciones para cada cluster nos lleva a la representación de la Figura 4.

**Figura 4. Mapa de clusters ponderado**



#### 4.5. Interpretación de los mapas

Con el fin de interpretar los mapas se organizó un último grupo de trabajo. Generalmente, los resultados derivados del análisis cluster son más difíciles de interpretar que los del escalamiento multidimensional. A veces, a uno le gustaría “adaptar visualmente” los cluster en partes sensitivas de manera que el espacio multidimensional pudiera ser interpretado más fácilmente. La clave está en mantener la integridad de los resultados del escalamiento multidimensional, alcanzando una solución que no permita el solapamiento de los clusters. Se debe llegar a un acuerdo en el nombre dado a cada cluster, utilizando como punto de partida aquellos nombres dados a los grupos por los participantes.

Al analizar el mapa de la Figura 3, podemos identificar tres grandes regiones, incluidas en la Tabla 2.

**Tabla 2 Nombre de Regiones y Clusters**

Región	Cluster	Nombre
Región 1: Seguridad	Cluster 1	Elementos de seguridad en vehículos
	Cluster 2	Sistemas anti-delito en vehículo
	Cluster 3	Seguridad frente a terceros
Región 2: Información	Cluster 4	Gestión de rutas y servicios (información sobre puntos de interés)
	Cluster 5	Información al usuario sobre cuestiones de tráfico (estado de carretera, congestión, visibilidad, cambios de rutas)
Región 3: Gestión de ITS	Cluster 6	Gestión inteligente de infraestructuras públicas

La primera región, situada en la parte inferior de la Figura 3, se refiere a aquellas herramientas diseñadas para garantizar la seguridad, no sólo para prevenir a los conductores de accidentes y robos, sino también para pedir ayuda sin necesidad de localizar un teléfono, de saber el número de teléfono apropiado o de conocer la localización exacta del accidente. Esta región se denominó “Seguridad”, e incluye los clusters recogidos en la Tabla 2.

La segunda región, situada en la parte superior de la Figura 3, se refiere a aquellas herramientas que permiten al conductor acceder a información sobre el tráfico, rutas, servicios, etc. Con el fin de hacer los trayectos más eficientes. Esta región se denominó de forma genérica “Información” y está formado por dos clusters, como se muestra en la Tabla 2.

La última región se sitúa en la parte inferior izquierda de la Figura 3. Se refiere a aquellas herramientas que podrían ayudar a las autoridades a gestionar el tráfico y los servicios de transporte público. Esta región se denominó “Gestión de ITS” y está formada por un único cluster (ver Tabla 2).

Finalmente, a partir del mapa de clusters ponderado de la Figura 4, se puede obtener el peso relativo de los distintos servicios de valor añadido que los Sistemas Inteligentes de Transporte pueden ofrecer. En la esquina inferior izquierda de esta figura se muestra el significado de cada nivel. Los valores más bajos se corresponden con el cluster 2, “Sistemas anti-delito en vehículo”, y el cluster 4, “Gestión de rutas y servicios (información sobre puntos de interés)”. El resto de los clusters son altamente valorados en relación a los anteriores. Esto se debe a que éstos se refieren a la seguridad relacionada con la prevención de accidentes. El peso relativo de cada cluster puede ser utilizado como punto de partida para decidir sobre qué servicio de valor añadido invertir.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo hace referencia al empleo de un método científico para identificar los servicios de valor añadido que un Sistema Inteligente de Transporte podría ofrecer. La metodología empleada garantiza que se tengan en cuenta distintos puntos de vista en el resultado final. Esto se debe a la participación en el proceso empleado de personas pertenecientes a distintas áreas involucradas con el tema estudiado (académicos, diseñadores de sistemas de tráfico, conductores, etc.). Además, hay que tener en cuenta que estas personas son conocedoras del entorno estudiado, por lo que son capaces, a su vez, de proporcionar soluciones a situaciones concretas que se puedan presentar.

Con todo esto en mente, se ha obtenido una lista de distintos servicios de valor añadido que los Sistemas Inteligentes de Transporte podrían ofrecer. Esta lista se podría agrupar en seis servicios de valor añadido, incluidas en tres áreas distintas: Seguridad, Información y Gestión. También se ha podido constatar que aquellos servicios referidos a la mejora de la seguridad y al acceso de información sobre el tráfico son los más valiosos, en contraposición a aquellos referidos a información sobre puntos de interés. Este resultado es consecuente con los obtenidos por Adler & Blue (1998) en investigaciones previas.

## 6. REFERENCIAS

- Adler, J. & Blue, V. (1998): “Toward the design of intelligent traveller information system”, *Transportation Research, Part C*, 6 (3), 157-172
- Chakroborty, P. & Kikuchi, S. (1999): “Evaluation of the General Motors based car-following models and proposed fuzzy inference model”, *Transportation Research, Part C*, 7 (4), 209-235
- Chang, T. (1997): “Analysis of characteristics of mixed traffic flow autopilot vehicles and manual vehicles”, *Transportation Research, Part C*, 5 (6), 333-348
- Chen, C. & Ting, C. (2007): “Combining Lagrangian heuristic and Ant Colony System to solve the Single Source Capacitate Facility Location Problem”, *Transportation Research, Part E*, in Press

- Chen, T.; Chang, H. & Tzeng, G. (2001): “Using a weight-assessing model to identify route choice criteria and information effects”, *Transportation Research, Part A*, 35 (3), 197-224
- Cuenca, J.; Hernández, J. & Molina, M. (1995): “Knowledge-based models for adaptive traffic management systems”, *Transportation Research, Part C*, 3 (5), 311-337.
- Everitt, B.S. (1993): *Cluster Analysis*. New York: Halsted.
- Fahrmeir, L. & Hamerle, A. (1984): *Multivariate Statistische Verfahren*. Berlin, Germany. De Gruyter
- Fitzgerald, J. Shaunese D. & Stern, S. (2000): “The effect of education programs on paratransit demand of people with disabilities”, *Transportation Research, Part A*, 34, 261-285
- Giannopoulos, G. (2004): “The application of information and communication technologies in transport”, *European Journal of Operational Research*, 152, 302-320
- Goldman, T. & Gorham, R. (2006): “Sustainable urban transport: Four innovative directions”, *Technology in Society*, 28, 261-273
- Golob, T.F. & Regan, A.C. (2002): “The perceived usefulness of different sources of traffic information to trucking operations”, *Transportation Research Part E*, 38 (2), 97-116
- Gong, C.; Sarac, K.; Daescu, O.; Raghavachari, B. y Jothi, R. (2006): “Load-balanced agent activation for value-added network services”, *Computer Communications*, 29, 1905-1916
- Hameri, A. & Paatela, A. (2005): “Supply network dynamics as a source of new business”, *International Journal of Production Economics*, 98, 41-55
- Jagtman, H.; Hale, A. & Heijer, T. (2006): “Ex ante assessment of safety issues of new technologies in transport”, *Transportation Research, Part A*, 40, 459-474
- Kanninen, B. (1996): “Intelligent Transportation Systems: an economic and environmental policy assessment”, *Transportation Research, Part A*, 30 (1), 1-10
- Karlsson, T. (1988). PROMETHEUS- the European research program. Presented at the 67<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Khendek, F. & Zheng T. (2008): “Modeling and analysis of value added services using message sequence charts”, *Journal of Network and Computer Applications*, 31 (3), August, 338-356
- Kuo, Y & Chen, P. (2006): “Selection of mobile value-added services for system operators using fuzzy synthetic evaluation”, *Expert Systems with Applications*, 30, 612-620.
- Lo, H. & Szeto, W. (2002): “A methodology for sustainable traveller information services”, *Transportation Research, Part B*, 36 (2), 113-130
- Madanat, S. (1993): “Optimal infrastructure management decisions under uncertainty”, *Transportation Research, Part C*, 1 (1), 77-88
- Mahmassani, H. & Liu, Y. (1999): “Dynamics of commuting decision behaviour under advanced traveller information systems”, *Transportation Research, Part C*, 7 (2-3), 91-107
- Martínez-Torres, M.R., Barrero García, F.J., Toral Marín, S.L., Gallardo Vázquez, S. (2005): “A Digital Signal Processing Teaching Methodology Using Concept-Mapping Techniques”, *IEEE Transactions on Education*, 48 (3), 422-429
- Messmer, A.; Papageorgiou, M. & Mackenzie, N (1998): “Automatic control of variable message signs in the interurban Scottish highway network”, *Transportation Research, Part C*, 6 (3), 173-187

- Nenzi, R. and Anglisant, G., “Real-Time Computer systems Controls Naples Today”, *Traffic Engineering and Control*, Vol. 15, pp. 470-473, (1974).
- NG, L. Barfield, W. & Mannering, F. (1995): “A survey-based methodology to determine information requirements for advance traveller information systems”, *Transportation Research, Part C*, 3 (2), 113-127
- Pretty, R., Cleveland, D., Kletitsch, K. & Myrie, W. (1971): “Improving the level of service of a freeway corridor through a dynamic information and control system”, HSRI Report TrS-5.
- Rillings, J. (1991): The TravTek project. Presented at the 70<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Rosen, D.A., Mammano, F.J., and Favor & R., “An Electronic Route Guidance System for Highway Vehicles”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-19, (1970).
- Shibano, Y., Narikane, T., Iwai, T. & Yamada, M. (1989): Development of mobile communication system for RACS. Proceedings of Vehicle Navigation and Communication Systems Conference, Toronto, Canada.
- Slinn, M.; Matthews, P. & Guest, P. (2005): *Traffic Engineering Design*, Second Edition, Principles and Practice, pp. 209-217.
- Taylor, M. (2004): “Intelligent transport systems: emerging technologies and methods in transportation and traffic”, *Transportation Research, Part C*, 12, 167-169
- Toral Marín, S.L., Martínez Torres, R., Barrero García, F.J., Gallardo Vázquez, S., Vargas, E., González Ayala, V. (2006): “Planning a Master’s level Curriculum according to Career Space Recommendations Using Concept Mapping Techniques”, *International Journal of Technology and Design Education*, 16 (3), 237-252
- Trochim, W.M.K. (1989): “An introduction to concept mapping for planning and evaluation”, *Evaluation Program Planning*, 12 (1), 1-16.
- Ward, J. H. (1963): “Hierarchical grouping to optimize an objective function”, *J. Amer. Statistical Assn.*, 58, 236-244.
- Wardrop, J.G., “Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research”, Proceedings of the Part II, Chapter 1, pp. 325-378, (1952).
- Weinberg, M.; Deleys, N.J. & Schneeberger, R.F. (1966): “Surveillance methods and ways and means of communicating with drivers”, *Highway Research Board*, NCHRP report No. 28
- Yang, H. & Meng, Q. (2001): “Modeling user adoption of advanced traveller information systems: dynamic evolution and stationary equilibrium”, *Transportation Research, Part A*, 35 (10), 895-912.
- Zhang, X; Kopener, P; Sexton, B; Maltby, D & Morello, S (1996): *Guidebook for Assessment of Transport Telematics Applications*, Deliverable DVQ 5.1, Version 2.0, CONVERGE, Project TR 1101, 1996.
- Zhicai, J.; Jianping, W & McDonald, M. (2006): “Socio-Economic Impact Assessment of Intelligent Transport Systems”, *Tsinghua Science and Technology*, 11 (3), 339-350.