



Artículo

Impacto de los sistemas de apoyo a la explotación (SAE) en la mejora de los servicios de transporte público urbano

Carmen de Pablos Heredero^{a,*}, Luis J. Perez Bermejo^b y Jose Luis Montes Botella^c

^a Departamento de Economía de la Empresa (Administración, Dirección y Organización), Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad Rey Juan Carlos, Paseo de los Artilleros, s/n, 28032, Madrid, España

^b Radiotrans, C/ Julio Palacios, 18, Ed. 5. P.I. Butarque, 28914, Leganés, Madrid, España

^c Departamento de Economía Aplicada 1, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad Rey Juan Carlos, Paseo de los Artilleros, s/n, 28032, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 9 de noviembre de 2009

Aceptado el 21 de junio de 2011

On-line el 16 de setiembre de 2011

Códigos JEL:

M1

R4

C5

Palabras clave:

Sistemas de ayuda a la explotación (SAE)

Sector transporte

Calidad de servicio

Modelo de ecuaciones estructurales

Bienestar social

R E S U M E N

Las autoridades locales dedican entre el 15 y el 20% de su presupuesto anual al transporte urbano. El excesivo crecimiento en los índices de motorización en los países desarrollados produce daños irreversibles en el medio ambiente y en la calidad de vida de los ciudadanos. El transporte público urbano puede contribuir a un mayor bienestar de las personas y a un desarrollo sostenido de las ciudades. Los sistemas de ayuda a la explotación (SAE) son sistemas de control integral que, aplicados a una red de transporte, pueden proporcionar los medios que se requieren para conocer, regular y gestionar en tiempo real los recursos disponibles. El principal objetivo de este trabajo consiste en examinar la relación que existe entre las inversiones en SAE y la mejora de la calidad del servicio en empresas que ofrecen servicios de transporte urbano en España.

© 2009 ACEDE. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

The impact of operational support systems (OSS) on improving urban public transport services

A B S T R A C T

Local authorities invest between 15 and 20% of their yearly budget in urban transport. The excessive increase in motorization indexes in developed countries produces irreversible damage to the environment and impairs citizens' quality of life. Urban public transport can help to improve people's wellbeing and achieve sustainable development in cities. Operations support systems (OSS) are integral control systems that, when applied to transportation networks, can provide the required means to identify, regulate and manage the available resources in real time. The main objective of this study was to examine the current relationship between investment in OSS and improvement in the quality of service in businesses providing urban transport services in local settings in Spain.

© 2011 ACEDE. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

1. Introducción

El transporte urbano presenta una gran influencia en el bienestar de los ciudadanos. Los atascos de tráfico afectan y tienen

un impacto directo en las personas que trabajan en ciudades y en las áreas metropolitanas de los países desarrollados (Gwillian, 2002). Aparte de los precios competitivos, el transporte público ha de ofrecer comodidad y seguridad a los pasajeros. El Informe COTEC (1998) indicaba ya que el transporte en el siglo XXI se centraría en un mejor servicio al usuario final. Además demandaría claras mejoras medioambientales y mayor competitividad. Estos requisitos han promovido una sistemática implantación de mejoras

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: carmen.depablos@urjc.es (C. de Pablos Heredero).

tecnológicas en las que las redes de comunicaciones han tenido un especial protagonismo. Las inversiones en nuevas infraestructuras de transporte necesitan cubrir las demandas actuales y potenciales de movilidad. Su uso efectivo es la única opción que permite cubrir la demanda de los movimientos de los ciudadanos (Bayliss y Fox, 2000). El nuevo paradigma de gestión de transporte se caracteriza por los siguientes atributos (Seguí y Martínez, 2004).

- Seguridad y comodidad para los usuarios.
- Efectividad, ofreciendo un control exhaustivo de la demanda y distribución de recursos.

Las administraciones públicas han desarrollado leyes que afectan a las formas en que se ofrece el servicio. Desde de estos mecanismos reguladores, desde el punto de vista tecnológico encontramos acciones específicas procedentes de las empresas que ofrecen servicios de transporte público urbano. Entre estas últimas se halla la implementación de los sistemas de ayuda a la explotación (SAE).

Los SAE son sistemas específicos de gestión que se basan en el uso intensivo de la utilización de tecnologías de información y comunicación para la gestión del tráfico. La aplicación de estos sistemas comienza en Europa en los años noventa, como una alternativa sostenible al problema creado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en áreas urbanas e interurbanas. De esta forma, a diferencia de las estrategias tradicionales —basadas en el aumento de las infraestructuras físicas y vehículos que pueden conducir hacia altos niveles de sostenibilidad económica y medioambiental—, el SAE ofrece una oportunidad para la movilidad sostenible (Seguí y Martínez, 2004).

El objetivo de esta investigación consiste en examinar las relaciones que pueden existir entre las inversiones en SAE y la eficiencia y mejora de la calidad del servicio en empresas operadoras de transporte urbano, públicas o privadas, en un entorno municipal. La elección del tema está motivada fundamentalmente por las siguientes razones:

- La práctica inexistencia de estudios relativos a los impactos de las implantaciones de tecnologías de información y comunicación (TIC) en el transporte público urbano, y en concreto los relacionados con los SAE, en comparación con los abundantes estudios relativos a otros sectores de actividad como son el bancario o el de seguros (Floyd y Wooldridge, 1990, Harris y Katz, 1989, Brown et al., 1995; Dos Santos y Peffers, 1995; Sircar et al., 2000; De Pablos, 2000; Farley, 2007).
- Existen también algunos estudios relacionados con el transporte y basados prácticamente en aspectos económicos derivados de la privatización y/o la regularización del sector, o centrados en los beneficios que se generan mediante la implantación de un transporte público sostenible.

- La nueva tendencia a disociar el bienestar social, en términos de PIB per cápita, con el uso intensivo del transporte privado en núcleos urbanos de ciudades occidentales relevantes, como Nueva York o Zúrich (Newman, 2000).
- Las afirmaciones provenientes del sector TIC (Asociación Española de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones [AETIC, 2006]) que defienden la existencia de una relación positiva entre el uso de las TIC y la productividad sectorial, específicamente para el sector transporte, sin que existan prácticamente estudios empíricos específicos que validen dichas afirmaciones.
- La falta de índices de medición satisfactorios que permitan relacionar de forma concisa la introducción de las TIC y la generación de eficiencias aplicadas al transporte público urbano, y en especial a los SAE.
- El interés que suscita tanto en el sector TIC, como en el sector del transporte público, conocer si la introducción de la tecnología SAE es capaz de proporcionar a las empresas rentabilidades superiores a la media del sector.

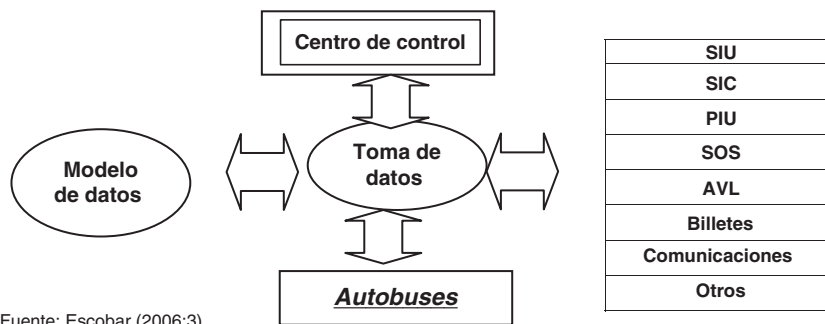
2. Los sistemas de ayuda a la explotación y su aplicación al sector del transporte urbano

Según Rubio (1993), los SAE constituyen un conjunto de elementos de hardware y software que utilizan las técnicas más avanzadas en los campos de la telecomunicación y la informática. Son, pues, sistemas de control integral que, aplicados a la red de autobuses de transporte público, proporcionan los medios necesarios para conocer, regular y gestionar en tiempo real el funcionamiento y los recursos disponibles. Es una de las aplicaciones más extendida en los transportes públicos.

Los primeros SAE se implantaron en Japón en la década de los setenta, y la introducción en Europa, tal como se conoce en la actualidad, tuvo lugar en la década de los noventa (Seguí y Martínez, 2004). Gracias a las herramientas de regulación disponibles, los SAE permiten actuar de manera continua sobre las líneas de autobuses con el objeto de mantener una alta calidad de servicio. Los datos almacenados en estos sistemas sirven para informar a los clientes, a los operadores y a los responsables del transporte público.

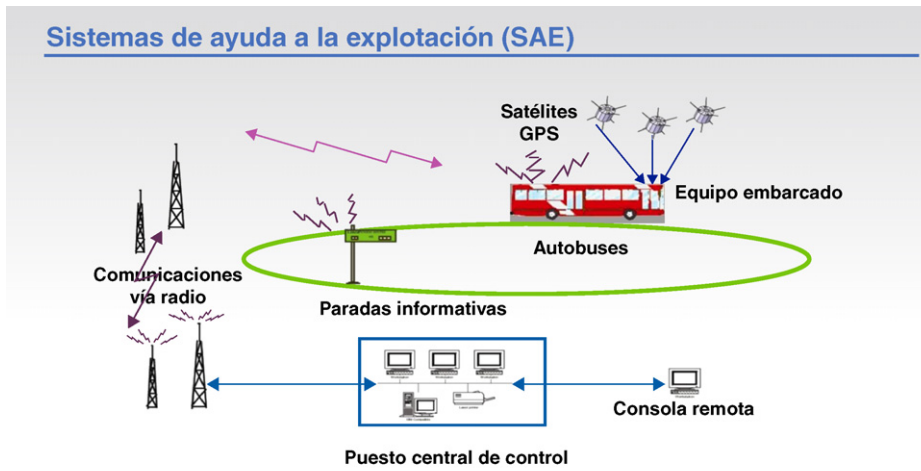
Los SAE se apoyan a su vez en distintos sistemas, como son los sistemas de información al usuario (SIU) embarcado, los sistemas de información al conductor (SIC), los puntos de información al usuario (PIU) en paradas, los sistemas de emergencia (SOS), los sistemas de localización de vehículos (GPS), los sistemas de expedición de billetes y los sistemas de comunicaciones. La figura 1 presenta los elementos principales del SAE, como sistema inteligente para el transporte.

El SAE es un sistema que combina la informática embarcada en cada uno de los autobuses y un sistema de comunicaciones, con capacidad para enviar de forma cíclica un gran volumen de información y procesarla en un centro de control, a través de algo-



Fuente: Escobar (2006:3)

Figura 1. El SAE, un sistema inteligente para el transporte.



Fuente: Martínez (2007:11)

Figura 2. Sistema de ayuda a la explotación.

ritmos complejos, posibilitando la gestión en tiempo real de la red de transporte. En la figura 2 se observa de forma esquematizada el funcionamiento de un SAE

El proceso de funcionamiento de un SAE es el siguiente: a través de los GPS (sistema de satélites) se localiza de forma continua la red de autobuses. Los sistemas de comunicaciones por radiofrecuencia envían la posición del autobús, previamente determinada por el sistema GPS, al puesto central de control. En el puesto central de control se efectúa la regulación y explotación de toda la red de autobuses. El funcionamiento del sistema, como hemos indicado, se basa en cuatro procesos: localización, comunicación, regulación e información. La localización es la función básica de un SAE, y se realiza a través de un GPS que transmite su posición mediante un sistema de comunicaciones al ordenador central, desde donde se procede a efectuar los ajustes en la explotación del sistema, si estos fueran necesarios. Actualmente los SAE se utilizan, además de en el transporte público de viajeros, en sectores como la logística (transportes nacionales e internacionales), en los cuerpos y

fuerzas de seguridad (policiales, protección civil, compañías privadas de seguridad), en el transporte de fondos, en el transporte de mercancías peligrosas, en el transporte de productos perecederos, en barcos y en servicios marítimos, etc. Los SAE son sistemas que permiten controlar todas las áreas relacionadas con la flota de vehículos de una empresa. Los objetivos básicos que tanto las empresas de transporte público urbano como las administraciones públicas pretenden cubrir mediante la implantación de un SAE son: la mejora en el servicio ofrecido a los usuarios, la mejora en la gestión de la empresa, y la imagen de la Administración Pública y de la empresa en particular.

3. Antecedentes teóricos y empíricos del tema

A continuación presentamos de forma resumida las aportaciones más relevantes de la revisión de la literatura realizada para esta investigación. Existen algunos estudios de carácter genérico, sin validación empírica, que hacen mención a ciertas influencias

IMPACTO POSITIVO EN	VEHICULOS PARTICULARES			TRANSPORTE PÚBLICO			MANEJO FLOTAS DE TRANSPORTE			AUTORIDAD GOBIERNO		MEDIO AMBIENTE			
	TIEMPO DE VIAJE	COMFORT	SEGURIDAD	TIEMPO DE VIAJE	COSTOS DE OPERACION	CALIDAD DE SERVICIO	SEGURIDAD	TIEMPO DE VIAJE	COSTOS DE OPERACION	CALIDAD DE SERVICIO	SEGURIDAD	CALIDAD DEL AIRE	ENERGÍA		
APLICACIONES TELEMÁTICAS															
<i>Información vial y de tráfico</i>															
VMS, (VARIABLE MESSAGE SIGN)	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	★	★	✓	✓
<i>Transporte público</i>															
LOCALIZACION DE VEHICULOS, GPS GIS				★	✓	★	★					★	★		
PRIORIDAD AL TRANSPORTE PUBLICO				★	✓	★	★					✓		✓	✓
INFORMACION AL PASAJERO				✓	✓	★	✓					★	★		
REGULACION DE FRECUENCIAS				★	✓	★	✓					★	★	✓	✓
<i>Pagos automáticos</i>															
TARJETAS INTELIGENTES PARA EL TRANSPORTE COLECTIVO				✓	✓	★	★					★	★		
PEAJES AUTOMATICOS URBANOS Y CONTROL DE ACCESO A ZONAS	★	✓		★		✓		★				★	✓		
CONTROL DE ESTACIONAMIENTOS, PAGO Y UBICACION DE ESPACIOS DISPONIBLES	★	★	✓	✓				✓				✓	✓	✓	✓
<i>Manejo eficiente de flotas</i>															
LOCALIZACION DE VEHICULOS, GPS GIS, SISTEMAS DE COMUNICACION MOVIL								★	★	★	★		✓	✓	✓
<i>Asistencia al conductor</i>															
NIGHT VISION Y MAPAS DIGITALES	★	★	★					★	✓	✓	★		★		

VACIO: SIN IMPACTO O DE POCA IMPORTANCIA ✓ : IMPACTO IMPORTANTE ★ : GRAN IMPACTO

Fuente: adaptado de Pérez (2001)

Figura 3. Impacto de las aplicaciones telemáticas en el transporte urbano.

Gasto en Libras esterlinas	1984-1985	1994-1995
Coste por milla recorrida	444	270
Coste por pasajero y milla	29	22
Ingreso por autobús y milla	263	241
Ingreso por pasajero y milla	17	20
Subvención por autobús y milla	182	29
Subvención por pasajero y milla	12	2

Fuente: adaptado World Bank, 2002

Figura 4. Efectos de la competencia en el transporte por autobús (Londres).

de las TIC en la mejora de la gestión de tráfico en las grandes ciudades (Finquelievich, 1996), o que relacionan la implantación de los sistemas inteligentes de transporte (SIT) con incrementos de productividad (OCDE (2004). Perez (2001) analiza, como se resume en figura 3, el impacto que producen las aplicaciones telemáticas en el transporte urbano en relación con los vehículos particulares, en el transporte público, en la gestión de flotas, en la relación con las autoridades municipales y con el medio ambiente, y cuantifica el impacto en una escala de tres valores: 1) sin impacto o de poca importancia; 2) impacto importante, y 3) gran impacto.

Según el análisis de Perez (2001), la implantación de aplicaciones telemáticas en el transporte urbano generaría un impacto positivo en la operativa de la gestión del transporte público (gestión de flotas), en la percepción que los usuarios tienen de las autoridades municipales y en el medio ambiente. Los impactos positivos derivados de la implantación de aplicaciones telemáticas estarían relacionados con la mejora de los costes de operación, en la calidad del servicio, en la seguridad, en la mejora medioambiental y en la disminución del consumo de energía. Ciertos estudios, como el de Berechman (1993), analizan los efectos producidos por la regulación en la eficiencia del transporte público municipal al introducir concesiones administrativas. En concreto, este autor se centra en las ventajas que se obtienen con la mejora en los costes de cobertura al introducir concesiones bajo regímenes de competencia. Asimismo, el Banco Mundial, en su informe monográfico sobre el transporte del año 2002 (World Bank, 2002), analiza los efectos producidos por la introducción de la competencia en el sistema municipal de transportes de la ciudad de Londres entre el periodo 1984-1985 y 1994-1995. Estos efectos muestran, tal como se especifica en la figura 4, mejoras en los costes por milla recorrida cercanos al 65%, lo cual lógicamente deriva en una disminución de los costes de subvención del transporte público urbano próximos al 90%.

Otros estudios centrados asimismo en la regulación del sector transporte (Ongkittikul, 2006) indican que los cambios impulsados por la implantación de las nuevas tecnologías influyen de forma positiva en el funcionamiento del transporte público. Los cambios vendrían determinados por una mejora generalizada en la calidad del servicio. Las tecnologías deberían mejorar la eficiencia de los sistemas de transporte. También existen estudios específicos relativos a las eficiencias energéticas concernientes al sector del transporte en general (Kenworthy et al., 1997; Newman, 2000).

Para relacionar investigaciones específicas relativas a la generación de eficiencias derivadas de inversiones en TIC y la implantación de los SAE en el transporte público urbano, conviene observar cuáles son los objetivos más relevantes de estos sistemas. Para definirlos, adoptamos los que hemos considerado más relevantes y que son admitidos de forma generalizada por los profesionales en el sector transporte. Tomando en consideración los objetivos que se definen en el apartado 12 (Innovaciones Telemáticas para Empresas de Transporte) del documento COTEC sobre Oportunidades Tecnológicas

(COTEC, 1998) y los marcados por De la Rosa y Núñez-Flores (1993), la implantación de un SAE redundaría en una mayor seguridad operativa de la gestión del transporte público urbano, en una mejora en la satisfacción de clientes (usuarios) y conductores, y en un incremento de la demanda real, basado en un esquema de oferta más competitivo. No obstante, recogemos los puntos esenciales de cada una de las dos aportaciones. De acuerdo con el apartado 12 (Innovaciones Telemáticas para Empresas de Transporte) del documento COTEC sobre Oportunidades Tecnológicas (COTEC, 1998), los objetivos que se persiguen mediante la instalación de un SAE son:

1. Incremento de la calidad del servicio por la vía de mejora de la regularidad, mayor adaptabilidad de la oferta a la demanda, mayor información on line al cliente.
2. Disminución de los costes de explotación y de las inversiones necesarias para optimizar la oferta del servicio, menos autobuses para un mismo nivel de oferta, menor número de conductores.
3. Mayor eficiencia de la estructura de gestión de tráfico, disminución de recursos humanos, mayor fiabilidad en la toma de decisiones, mayor flexibilidad y mayor transparencia.
4. Mejor control técnico de la flota, menor número de averías, menor número de accidentes, menor impacto ambiental.

De la Rosa y Núñez-Flores (1993) indican que los objetivos que se deben alcanzar mediante la implantación de un SAE, son los siguientes:

1. Incremento de la calidad del servicio mediante una importante mejora de la regularidad y de una mayor adaptación entre las condiciones de la demanda y las posibilidades de la oferta.
2. Reducción de los costes de explotación sobre la base de una mejor adecuación de la flota en términos de tamaño y optimización de los servicios.
3. Disminución del consumo energético.
4. Incremento de la eficiencia en la gestión de tráfico.
5. Incremento de la fiabilidad en la toma de decisiones y proveer de mayor flexibilidad y transparencia al sistema.
6. Mejora del control técnico de la flota.
7. Disminuir el número de accidentes y proveer de mayor seguridad a los usuarios y conductores.
8. Disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente generados por los efectos de la combustión y del ruido.

Bakos y Treacy (1986), al igual que Hitt y Brynjolsson (1996), enriquecen las formas tradicionales hasta ese momento para medir los beneficios procedentes de la introducción de las TIC en las organizaciones. Aparte de la reducción de costos operativos y/o por incrementos en la capacidad productiva, las TIC aportan otro tipo de beneficios, especialmente los relacionados con la estrategia interna (eficiencia, mejoras en la atención al cliente, mayor calidad en productos y servicios, apoyo para acometer cambios de procesos y

mayor flexibilidad), los relacionados con la estrategia competitiva (habilidad para superar a los competidores) y los relacionados con la estrategia de negocio (efectos sobre el sector).

Las premisas de los puntos 1, 2, 3 y 4 del documento COTEC (1998), por un lado, y las marcadas en los puntos 1, 2, 4, 5, 6 y 7 de los objetivos definidos por De la Rosa y Núñez-Flores (1993), serían congruentes con las afirmaciones de Bakos y Treacy (1986) y de Hitt y Brynjolsson (1996).

Bharadwaj et al. (1999) muestran de forma ilustrativa algunos valores intangibles procedentes de las inversiones en TIC, como pueden ser: la mejora en la calidad de los productos y servicios, la mejora en la relación de servicio al cliente, la creación de activos de conocimiento y, por último, la mejora en la coordinación y la potenciación de la sinergia. Estos aspectos serían, asimismo, congruentes con los puntos 1, 2, 3 y 4 del documento COTEC (1998) y con los puntos 1, 4, 5, 6, y 7 de De la Rosa y Núñez-Flores (1993).

Según Porter (2001), integrar las iniciativas de las TIC en la estrategia general del negocio mejora las habilidades de las empresas a la hora de desarrollar productos, diferentes contenidos propietarios, procesos distintivos, y un buen servicio. Estas afirmaciones muestran también coherencia con los puntos 1, 2 y 3 del documento COTEC (1998) y con los puntos 1, 2, 4, 5 y 6 de De la Rosa y Núñez-Flores (1993).

Centrándonos específicamente en el sector transporte, Kenworthy et al. (1997) realizan un estudio de investigación en 37 ciudades de Norteamérica, Europa y Asia. Consideran que la eficiencia energética por pasajero es el factor predominante en la rentabilidad empresarial del transporte público. La eficiencia energética vendría determinada por un conjunto de variables, tales como: grado de ocupación de vehículos, frecuencia de recorridos y distancias medias por recorrido. En base a sus propias consideraciones, una mejora en la eficiencia energética de los costes de explotación del transporte público, que en Europa se sitúa en torno al 54% (Newman, 2000). Asimismo, una mejora en la eficiencia energética tendría como consecuencia una disminución en la emisión de gases contaminantes y, por lo tanto, un efecto positivo sobre el medio ambiente.

Si relacionamos las afirmaciones de los estudios de Kenworthy et al. (1997) con los objetivos marcados en el documento COTEC (1998) y los indicados por De la Rosa y Núñez-Flores (1993), observamos una clara coincidencia entre los fines que determinan dichos objetivos y los resultados obtenidos en el citado estudio. Las afirmaciones de Kenworthy et al. (1997) estarían en línea con los puntos 1, 2, 3 y 4 del documento COTEC (1998) y con los puntos 1, 2, 3, 4, 7 y 8 de De la Rosa y Núñez-Flores (1993).

Basándonos en lo anterior podría afirmarse que, de cumplirse los objetivos marcados para un SAE en el documento COTEC (1998) y por De la Rosa y Núñez-Flores (1993), la implantación del mismo:

- Incrementaría la calidad del servicio.
- Disminuiría los costes de explotación.
- Generaría una mayor eficiencia de la estructura de gestión de tráfico y un mayor control técnico.

Todos esos aspectos redundarían en un aumento de la actividad real, lo cual incrementaría los ingresos de explotación, conjuntamente con una disminución de los costes, aumentando consecuentemente la cobertura.

Como argumentación adicional, podemos citar también los datos procedentes del Informe anual del 2005 (edición 2006) de la Asociación Española de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones (AETIC, 2006), que afirma que los sectores con inversiones intensivas en TIC, entre los cuales se encuentra el del transporte, obtienen rentabilidades superiores a la media. Esta afirmación se fundamenta y valida a través de una medición indirecta, como es

el indicador propio de AETIC, denominado DMR (toma el mismo nombre de la empresa consultora que le ha desarrollado), que es una ratio que define el nivel de introducción de nuevas tecnologías en las empresas mediante la utilización de TIC, la penetración de internet y las prácticas de comercio electrónico en ellas. También los SAE, una vez instalados —y de forma similar a lo ocurrido con los sistemas de reserva de billetes de las compañías aéreas (Duliba et al., 2001)—, generarían costes de sustitución muy elevados, de tal forma que una vez implantado el SAE, sería muy costoso cambiar el sistema. Estos sistemas, además, y posteriormente a su puesta en marcha, pueden generar aplicaciones específicas más sofisticadas y ofrecer servicios adicionales, tales como pago por tarjeta inteligente, proyecciones futuras de ocupación de vehículos, etc. Estos desarrollos continuos y adicionales permiten a los gestores de sistemas tecnológicos de sustituir estos recursos en valiosos, raros, difíciles de imitar y/o de sustituir, lo cual derivaría en ventajas competitivas sostenibles.

3.1. Planteamiento de las hipótesis

Teniendo en consideración las aportaciones señaladas en el apartado anterior, enriquecidas por algunos puntos de vista adicionales que se destacan a continuación, planteamos a efectos de esta investigación las siguientes hipótesis.

H1. La implantación de un SAE mejora la eficiencia económica de las empresas de transporte público urbano por autobús.

Los objetivos marcados por el documento COTEC (1998) y por De la Rosa y Núñez-Flores (1993) en los cuales se sustentaría esta hipótesis son los siguientes: disminución del número de autobuses para un mismo nivel de demanda, reducción de los costes de operación y disminución del consumo energético. Bakos y Treacy (1986) afirman que la introducción de las TIC en las organizaciones mejora la eficiencia operativa y la eficacia funcional. Hitt y Brynjolsson (1996) destacan que las TIC incrementan la capacidad productiva, y por consiguiente la eficiencia en las organizaciones. Kenworthy et al. (1997) y Newman (2000) confirman que el incremento en el uso del transporte público disminuye el consumo energético en las ciudades. En su trabajo sobre transporte público, Pérez (2001) afirma que la introducción de las TIC en empresas de transporte incrementa la calidad del servicio, la regularidad y la puntualidad de los recorridos. Thatcher y Oliver (2001) afirman que las TIC influyen en la rentabilidad y la productividad de las organizaciones. Sieber y Valor (2005) corroboran que la introducción de las TIC disminuyen los costes operativos de las empresas.

H2. La implantación de un SAE mejora la calidad del servicio en empresas de transporte público urbano por autobús.

Los objetivos marcados por el documento COTEC (1998) y por De la Rosa y Núñez-Flores (1993) en los cuales se sustentaría esta hipótesis son los siguientes: mejora en la regularidad del servicio, mayor y mejor información al usuario del transporte público, mejor adaptación de la oferta a la demanda, percepción positiva por los usuarios (menor número de accidentes y averías). Algunos estudios apoyarían y avalarían a priori los resultados del estudio empírico. Así, Mukhopadhyay et al. (1997) afirman que las TIC incrementan la calidad, y ese incremento revierte a su vez en un mayor incremento de la productividad. Bharadwaj et al. (1999) también muestran de forma ilustrativa que ciertos valores intangibles, procedentes de las inversiones en TIC, incidirían en la mejora de ciertos aspectos que enumeramos a continuación: mejora en la calidad de los productos, mejora en la calidad de los servicios, mejora en la relación del servicio al cliente. Porter (2001) destaca que la implantación de las TIC

en las organizaciones mejora la calidad y el servicio diferenciado al cliente. En su trabajo sobre transporte público, *Perez (2001)* afirma que la introducción de las TIC en empresas de transporte mejora la calidad del servicio, así como la regularidad de las frecuencias de transporte preestablecidas. *García-Canal et al. (2007)* afirman que la introducción de las TIC en las organizaciones mejora la atención al cliente.

H3. La implantación de un SAE mejora la gestión del personal en empresas de transporte público urbano por autobús.

Los objetivos marcados por el documento *COTEC (1998)* y por *De la Rosa y Núñez-Flores (1993)* en los que se sustentaría esta hipótesis son: mejora en la productividad del personal y optimización de servicios. Los siguientes estudios apoyarían y avalarían a priori los resultados del estudio empírico: *Harris y Katz (1989)* apoyan la teoría de que las inversiones en TIC mejoran la productividad de las empresas. *Dedrick et al., 2003* indica en su estudio que la función más importante de las TIC es la de reducir los costes de coordinación de las actividades económicas dentro de las organizaciones, así como mejorar los procesos y la organización de las empresas. *Sircar et al. (2000)* afirman que, conjuntamente, las inversiones en TIC y la formación de personal aportan ventajas competitivas a las organizaciones. *Gargallo y Galve (2005)* corroboran que la cualificación de los trabajadores es un aspecto fundamental para conseguir un mejor aprovechamiento de las inversiones en TIC.

H4. La implantación de un SAE mejora la información relativa a datos de interés del negocio en empresas de transporte público urbano por autobús.

Los objetivos marcados por el documento *COTEC (1998)* y por *De la Rosa y Núñez-Flores (1993)* en los que se sustentaría esta hipótesis son los siguientes: mayor fiabilidad en la toma de decisiones, mayor flexibilidad y transparencia, mejor control técnico de la flota e incremento en la eficiencia en la gestión de tráfico. Los siguientes estudios apoyarían y avalarían a priori los resultados del estudio empírico: *Ragowsky et al. (2000)* afirman que las inversiones en TIC focalizadas en procesos específicos de las organizaciones son

fuentes generadoras de ventajas competitivas. *Siau (2003)* afirma que las TIC generan ventajas competitivas uniendo los procesos de flujos de información entre organizaciones o entre diferentes unidades administrativas dentro de las propias organizaciones. *Hu y Quan (2005)* indican en su trabajo de investigación que las TIC son fuentes de generación de eficiencias al tener la facultad de mejorar los procesos existentes. Esta mejora se facilita al disponer de información precisa y actualizada. La *OCDE (2004)* indica que las TIC aportan un nivel de información relevante para el negocio de todas las empresas. *Segu y Martínez (2004)* afirman que la introducción de los SAE mejora todos los procesos de gestión y distribución del transporte de viajeros, aportando información instantánea relativa sobre información de tráfico y viajes, gestión del transporte público, gestión del tráfico urbano, gestión de la demanda, asistencia al conductor y planificación de los viajes.

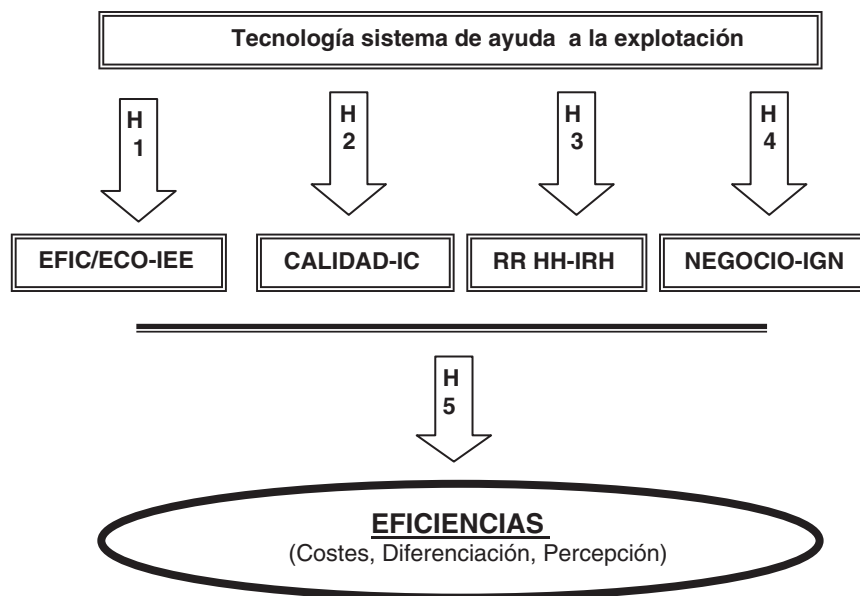
H5. La implantación de un SAE genera un mayor desempeño en empresas de transporte urbano por autobús.

La verificación de esta hipótesis sería consecuencia de la verificación previa de las hipótesis H1, H2, H3 y H4.

4. Estudio empírico

La técnica de análisis aplicada al estudio empírico se basa en la utilización de ecuaciones estructurales con variables latentes y errores de medida. En el modelo propuesto se considera que el desempeño final conseguido (EF) es la resultante de una serie de factores que aparecen medidos a través de indicadores de eficiencia y económicos (IEE), indicadores de calidad (IC), indicadores de recursos humanos (IRH) e indicadores de negocio (IGN). En la *figura 5* se expone de forma gráfica el modelo de análisis propuesto.

Tal como se ha defendido en el planteamiento de las hipótesis, se afirma que los SAE producen eficiencias medidas por un conjunto de indicadores económicos (H1), de calidad (H2), de recursos humanos (H3) y de negocio (H4), lo que a su vez genera un mayor desempeño evaluado a través de la consecución de un conjunto de eficiencias (costes, diferenciación y percepción) (H5).



Fuente: elaboración propia (2006)

Figura 5. Modelo de análisis.

FICHA TÉCNICA
UNIVERSO: Operadores de transporte público urbano por autobús en capitales de provincia de España
ÁMBITO GEOGRÁFICO: todo el territorio nacional
DISEÑO DEL CUESTIONARIO: Los investigadores sobre la base de entrevistas en profundidad, el informe del Banco Mundial y el informe de cuentas de la cámara de Andalucía
TAMAÑO MUESTRAL: 53 Empresas operadoras de transporte público urbano
ERROR MUESTRAL: +/- 10% (P=Q=50)
NIVEL DE CONFIANZA: 95,5% (2 sigma)
DISEÑO MUESTRAL: Una encuesta por empresa
TRABAJO EN CAMPO: Los investigadores
FECHA REALIZACIÓN: enero–junio 2007

Fuente: elaboración propia (2008)

Figura 6. Ficha técnica.

4.1. Metodología aplicada al estudio empírico

La base de datos empleada en este trabajo, como ya se ha citado, proviene de una encuesta realizada a todas las empresas concesionarias del transporte urbano por autobús en capitales de provincia de España. La inexistencia de estudios relativos a este tema hacía especialmente difícil elaborar un cuestionario que sirviera de base para el estudio empírico de este trabajo de investigación. Este obstáculo se ha superado mediante un método que denominamos de «aproximación continua». Es decir, primero se ha realizado una entrevista en profundidad a un responsable de una compañía de transporte público. Como resultado de la misma, y basándose en dicho criterio de «World Bank» (World Bank, 1986, 1996) y del Informe de la Cámara de Cuentas de Andalucía, 2005 (Colinas, 2005), se ha elaborado un cuestionario muy amplio y se lo enviamos a otros tres responsables de compañías de transporte público. Finalmente, una vez depurado el cuestionario anterior, se procedió a enviar de forma generalizada a todas las compañías de transporte público urbano por autobús un cuestionario más reducido, que recogía las observaciones de los responsables citados. En la figura 6 se presentan las características relevantes que hay que considerar, como el universo, el ámbito geográfico, el tamaño muestral y otras que constituyen la ficha técnica.

En el cuestionario se incluyen preguntas relativas a las siguientes variables:

- **Información general.** Motivos por los cuales se tomó la decisión de instalar el SAE, y el tiempo que este sistema lleva instalado.
- **Datos generales.** Datos relativos al nombre de la empresa, ubicación e información relativa a la ciudad, así como la duración de la concesión.
- **Indicadores de eficiencia.** Factores relativos al incremento o disminución de velocidad, de personal, de consumo de energía, etc.
- **Indicadores económicos y de calidad.** Incrementos o disminuciones de recaudación, grados de satisfacción, incremento o disminución del número de pasajeros transportados, etc.
- **Indicador de recursos humanos.** Disminución o incremento medio de la plantilla, costes de personal, etc.
- **Datos específicos del SAE.** Aportaciones específicas del SAE al negocio, tales como flexibilidad, coste de implantación, tipo de beneficios observados, etc.

Para el análisis de la fiabilidad del modelo se ha utilizado el índice alfa de Cronbach, y se han conseguido los siguientes indicadores para cada grupo de variable.

- Variable IEE, indicador de eficiencia y económico: 0,850.
- Variable IC, indicador de la calidad: 0,869.
- Variable IRH, indicador de recursos humanos: 0,659.
- Variable IGN, indicador del indicador general de negocio 0,67.

Para el tratamiento de datos se ha utilizado un modelo de ecuaciones estructurales. Relaciona cada variable latente con las correspondientes variables que las miden (factores o dimensiones en nuestro caso), asumiéndose que existe una estructura causal entre dichas variables latentes. Del mismo modo que en el modelo estructural anterior, se incluyen los errores de medida para toda variable en el proceso de estimación.

El modelo ecuacional se define (Jöreskog, 1993) mediante un sistema de ecuaciones lineales estructurales, cuya representación matricial es:

$$\eta = \alpha + B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

en donde η ($m \times 1$) y ξ ($n \times 1$) son vectores aleatorios de, respectivamente, variables latentes dependientes e independientes; α es un vector ($m \times 1$) representando las intersecciones con los ejes; B ($m \times m$) es la matriz de coeficientes de las variables latentes endógenas representando los efectos directos de las variables ξ en las variables η ; y ζ es un vector ($m \times 1$) indicativo de las perturbaciones aleatorias en la ecuación. Se asume que $E(\eta) = 0$, $E(\xi) = 0$, $E(\zeta) = 0$.

Las variables observadas (medibles) están representadas por los vectores y ($p \times 1$), en donde p es el número de indicadores de ξ , y x ($q \times 1$), siendo q el número de indicadores de η que están relacionados con las variables latentes mediante las ecuaciones:

$$y = \tau_y + \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (2)$$

$$x = \tau_x + \Lambda_x \xi + \delta \quad (3)$$

siendo ε ($p \times 1$) y δ ($q \times 1$) los vectores de los términos de error. Se asume que ε está incorrelacionado con η , ξ y δ ; y que δ está incorrelacionado con η , ξ y ε . Λ_y ($p \times m$) y Λ_x ($q \times n$) son matrices que contienen los coeficientes estructurales λ_{ij} , que relacionan las variables latentes y medibles (observadas), y τ_y ($p \times 1$) y τ_x ($q \times 1$) son los vectores de los términos de intersección constantes.

De otro modo:

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & & & \\ & 0 & & \\ & & 0 & \\ & & & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \vdots \\ \zeta_m \end{bmatrix}$$

$$(m \times 1) \quad (m \times m) \quad (m \times 1) \quad (m \times n) \quad (n \times 1) \quad (m \times 1)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \vdots \\ \eta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix}$$

$$(p \times 1) \quad (p \times m) \quad (m \times 1) \quad (p \times 1)$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \vdots \\ \delta_q \end{bmatrix}$$

$$(q \times 1) \quad \in (q \times n) \quad (n \times 1) \quad (q \times 1)$$

La hipótesis fundamental de los sistemas de ecuaciones estructurales es $\Sigma = \Sigma(\theta)$, donde Σ es la matriz covarianzas de la población y $\Sigma(\theta)$ la matriz de covarianzas del modelo, escrita como función

de un vector de parámetros de éste θ . Las estimaciones de los parámetros se obtienen minimizando una función de ajuste:

$$F(\theta) = F\left(S, \hat{\Sigma}(\theta)\right)$$

Una vez han sido estimados los parámetros del modelo, la matriz de covarianzas de este se compara con la matriz de covarianzas de los datos, y si la diferencia entre ambas matrices es estadísticamente aceptable, el modelo de ecuaciones estructurales propuesto se reconoce como una explicación plausible de la realidad.

5. Resultados

Para validar las hipótesis propuestas se presenta a continuación el esquema del modelo de ecuaciones estructurales obtenido (fig. 7).

Los parámetros del modelo fueron estimados aplicando el método de máxima verosimilitud con información completa, y comprobados aplicando estimación bayesiana, obteniéndose resultados similares. La relativa complejidad del sistema de ecuaciones, cuyos parámetros se trata de estimar, hace que el número de datos (26) disponible resulte, según los estándares comunes, insuficiente. Sin embargo, dado que los 26 casos considerados constituyen, la

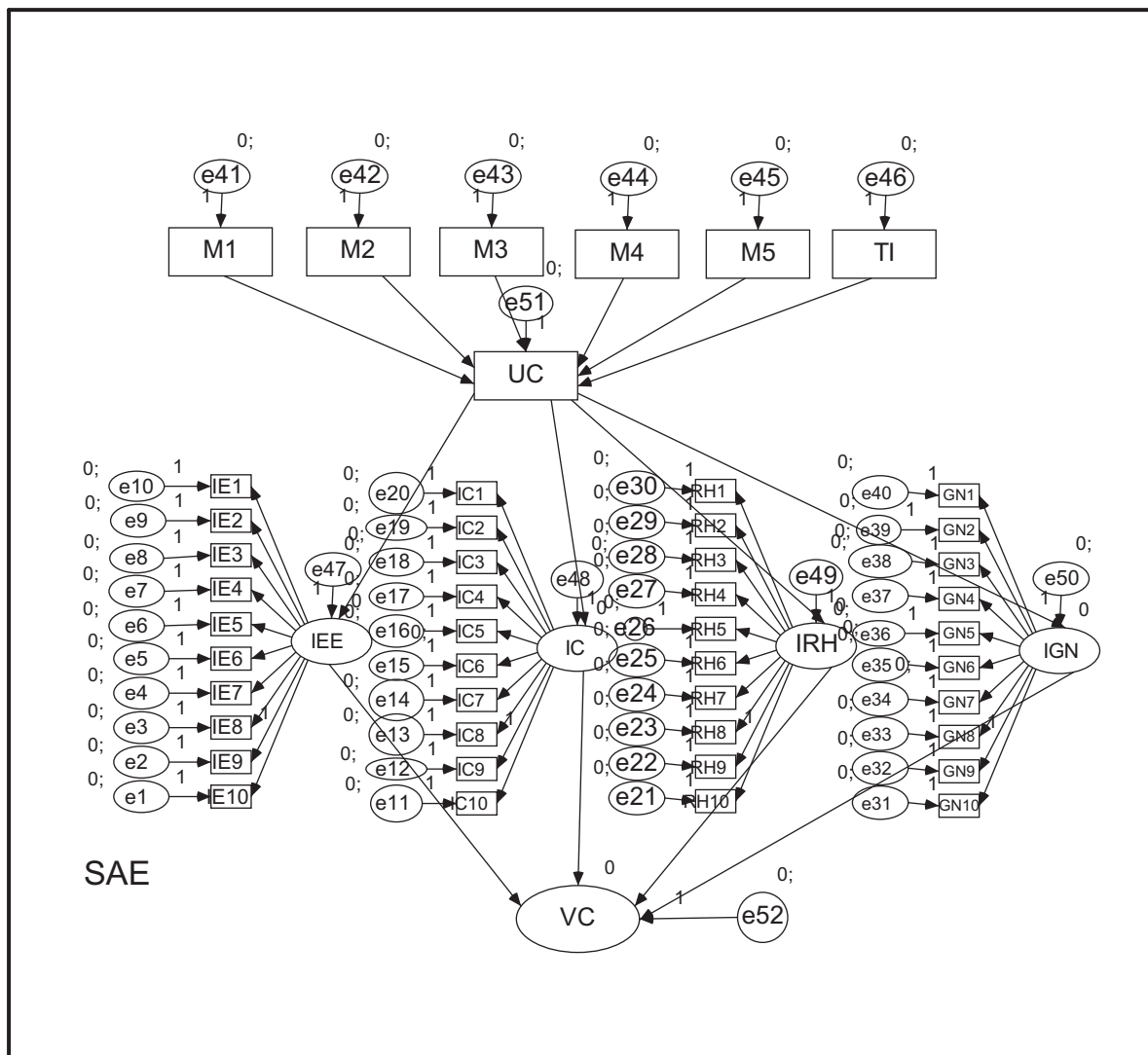


Figura 7. Esquema del modelo de ecuaciones estructurales.

VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS (H1)

La implantación de un SAE mejora la eficiencia en empresas de transporte público urbano por autobús

El valor obtenido (peso estandarizado) para el parámetro que relaciona la variable IEE con la generación de eficiencias es 1.635.

Hipótesis (H1) = validada ($p < 0,001$)

La continua adecuación, en base a los datos obtenidos por el sistema, de la oferta a la demanda, implica que se incrementa el número de pasajeros, y por lo tanto la recaudación, que asociado a la disminución de los costes de coordinación, lleva consigo un incremento de la eficacia y por ende de la rentabilidad.

Fuente: Elaboración propia (2008)

Figura 8. Validación de la hipótesis 1.

mayoría de las empresas de transporte que operan en las capitales de provincia, no constituyen propiamente una muestra, sino el colectivo relevante a efectos de este estudio. Por tanto, los resultados son plenamente válidos para el colectivo. Otro problema en el que puede influir la escasez de datos es la dificultad matemática en la identificación del modelo, pues la aplicación informática utilizada emplea un método similar al empleado por McDonald y Krane (1977). Como verificación de parámetros a los resultados obtenidos mediante la estimación de parámetros a través del método de máxima verosimilitud con información completa, se procedió a la una nueva estimación utilizando estimación bayesiana a partir de una distribución a priori difusa, salvo para los valores de los parámetros ligados a las variables latentes, con el fin de hacer posible la identificación del modelo. Los resultados obtenidos, que se presentan en el anexo 1, son enteramente compatibles con los obtenidos previamente.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada una de las hipótesis planteadas en nuestro estudio.

H1. La implantación de un SAE mejora la eficiencia en empresas de transporte público urbano por autobús (fig. 8).

El valor obtenido para el parámetro que relaciona la variable indicador de eficiencia económica (IEE) con desempeño es 1,635 positivo, con nivel de confianza por encima del 99% ($p < 0,001$). Empíricamente se verifica que existe una asociación positiva entre la implantación de un SAE y la mejora en la eficiencia en empresas de transporte público urbano por autobús. El resultado de esta relación es coincidente con diversos estudios relacionados con las inversiones en TIC, así como con los objetivos fundamentales que se persiguen mediante la implantación de un SAE. Los resultados obtenidos del estudio empírico estarían avalados por diversos estudios previos, como son el de Bakos y Treacy (1986), Hitt y Brynjolsson (1996), Thatcher y Oliver (2001) y Sieber y Valor (2005), los cuales constatan respectivamente que la introducción de las TIC en las organizaciones mejora la eficiencia operativa y la eficacia funcio-

nal, e incrementa la capacidad productiva, y por consiguiente la eficiencia y la rentabilidad de las organizaciones.

Asimismo, otros trabajos de investigación focalizados exclusivamente en el transporte público, como el de Kenworthy et al. (1997), el de Newman (2000) y el de Perez (2001), estarían alineados con los resultados obtenidos. Kenworthy et al. (1997) y Newman (2000) concluyen que específicamente para el sector del transporte público el incremento del número de usuarios disminuye el consumo energético en las ciudades, y Perez, 2001 afirma que la introducción de las TIC en empresas de transporte incrementa la regularidad y la puntualidad de los recorridos. Además, este resultado es consistente con los objetivos que persigue la implantación de un SAE definidos tanto en el documento COTEC (1998) como por De la Rosa y Núñez-Flores (1993). Según ambos informes, la implantación de un SAE llevaría consigo una disminución del número de autobuses para un mismo nivel de demanda, asociada a una reducción del número de conductores y, por ende, a una reducción de los costes de operación y del consumo energético.

H2. La implantación de un SAE mejora la calidad del servicio en empresas de transporte público urbano por autobús (fig. 9).

El valor obtenido para el parámetro que relaciona la variable IC (indicador de calidad) con las eficiencias es 1,861, es igualmente positivo y con nivel de confianza por encima del 99% ($p < 0,001$). Empíricamente se verifica que existe una asociación positiva entre la implantación de un SAE y la mejora en la calidad del servicio en empresas de transporte público urbano por autobús. El resultado de esta relación es coincidente con diversos estudios relacionados con las inversiones en TIC, así como con los objetivos fundamentales que se persiguen mediante la implantación de un SAE. Los resultados obtenidos del estudio empírico estarían avalados por diversos estudios previos, como el de Mukhopadhyay et al., 1997, que afirma que las TIC incrementan la calidad, y ese aumento revierte a su vez en una mayor productividad. El estudio de Bharadwaj et al. (1999) constata que ciertos valores intangibles, procedentes de las inversiones en TIC, tienden a mejorar la calidad de productos, de los

VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS (H2)

La implantación de un SAE mejora la calidad del servicio en empresas de transporte público urbano por autobús

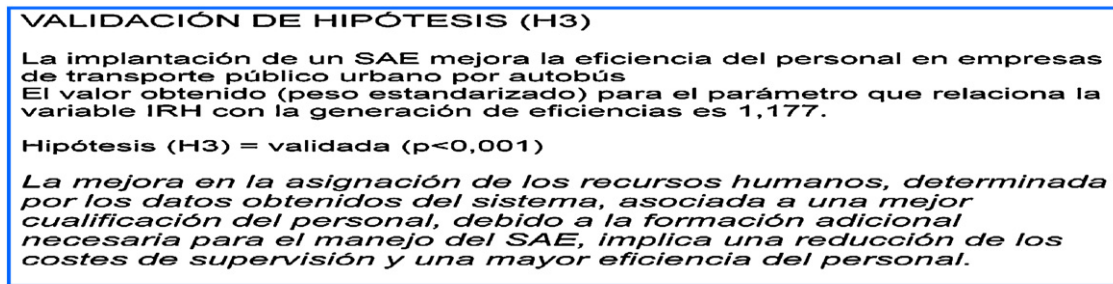
El valor obtenido (peso estandarizado) para el parámetro que relaciona la variable IC con la eficiencia es 1,861.

Hipótesis (H2) = validada ($p < 0,001$)

El continuo acceso a información detallada del servicio, tales como tiempos de espera, tiempos de llegada, mayor adecuación de la oferta a la demanda, etc., hace que los usuarios perciban un mejor valoración del transporte público y de la imagen municipal.

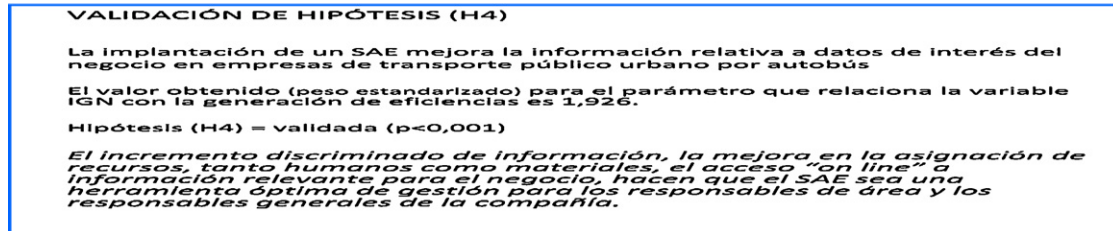
Fuente: Elaboración propia (2008)

Figura 9. Validación de la hipótesis 2.



Fuente: Elaboración propia (2008)

Figura 10. Validación de la hipótesis 3.



Fuente: Elaboración propia (2008)

Figura 11. Validación de la hipótesis 4.

servicios y de la atención al cliente. También Porter (2001) destaca que la implantación de las TIC en las organizaciones mejora la calidad y el servicio diferenciado al cliente, y Perez (2001), en su trabajo de especímenes de transporte público, afirma que la introducción de las TIC en empresas de transporte mejora la calidad del servicio. García-Canal et al. (2007), por último, afirman que la introducción de las TIC en las organizaciones mejora la atención al cliente. Además, este resultado es consistente con los objetivos que persigue la implantación de un SAE definidos tanto en el documento COTEC (1998) y por De la Rosa y Núñez-Flores (1993). Según ambos informes, la implantación de un SAE llevaría consigo una mejora en la regularidad del servicio, una mayor y mejor información al usuario del transporte público, una mejor adaptación de la oferta a la demanda y, por ende, una percepción positiva en los usuarios (menor número de accidentes y averías).

H3. La implantación de un SAE mejora la eficiencia del personal en empresas de transporte público urbano por autobús (fig. 10).

El valor obtenido para el parámetro que relaciona la variable IRH (indicador de recursos humanos) con las eficiencias es 1,177, positivo y con un nivel de confianza por encima del 99% ($p < 0,001$). Empíricamente se verifica que existe una asociación positiva entre la implantación de un SAE y la mejora en la eficiencia de los recursos humanos en empresas de transporte público urbano por autobús. El resultado de esta relación es coincidente con diversos estudios relacionados con las inversiones en TIC, así como con los objetivos fundamentales que se persiguen mediante la implantación de un SAE. Los resultados obtenidos del estudio empírico estarían avalados por diversos estudios previos, como el de Harris y Katz (1989), que constatan que las inversiones en TIC mejoran la productividad en las organizaciones, o el de Dedrick et al. (2003), que afirman que reducir los costes de coordinación más importantes de las TIC es la de reducir los costes de coordinación de las actividades económicas dentro de las organizaciones, y mejorar los procesos y la organización de las empresas. Por otro lado, Sircar et al. (2000) afirman que, conjuntamente, las inversiones en TIC y la formación de

personal aportan eficiencia a las organizaciones. También Gargallo y Galve (2005) corroboran que la formación de los trabajadores es un aspecto fundamental para conseguir un mejor aprovechamiento de las inversiones en TIC.

Además, este resultado es consistente con los objetivos que persigue la implantación de un SAE, definidos tanto en el documento COTEC (1998) como por De la Rosa y Núñez-Flores (1993). Según ambos informes, la implantación de un SAE llevaría consigo una mejora en la productividad del personal y una optimización de los servicios.

H4. La implantación de un SAE mejora la información relativa a datos de interés del negocio en empresas de transporte público urbano por autobús (fig. 11).

El valor obtenido para el parámetro que relaciona la variable indicador general de negocio (IGN) con las eficiencias es 1,926, positivo y a un nivel de confianza por encima del 99% ($p < 0,001$). Empíricamente se verifica que existe una asociación positiva entre la implantación de un SAE y la información relativa a datos de interés del negocio en empresas de transporte público urbano por autobús.

El resultado de esta relación es coincidente con diversos estudios relacionados con las inversiones en TIC, así como con los objetivos fundamentales que se persiguen mediante la implantación de un SAE. Los resultados obtenidos del estudio empírico estarían avalados por diversos estudios previos, como son el de Ragowsky et al. (2000), que afirman que las inversiones en TIC orientadas a procesos específicos de las organizaciones pueden ser fuentes generadoras de ventajas competitivas, o el de Siau (2003), que constata que las TIC generan eficiencias uniendo los procesos de flujos de información entre diferentes unidades administrativas dentro de las propias organizaciones. También Hu y Quan (2005) validan su trabajo de investigación que las TIC son fuentes de generación de ventajas competitivas al tener la facultad de mejorar los procesos existentes. Esta mejora se traduce en una información más precisa y actualizada. Por otro lado, la OCDE (2004) indica que

RESULTADOS DE LAS ESTIMACIONES DEL MODELO GENERAL		
	Estimación	P-v
IC <= EFICIENCIAS	199.353	0.000
IRH <= EFICIENCIAS	2.905	0.000
IGN <= EFICIENCIAS	1.000	0.000
IEE <= EFICIENCIAS	1.853	0.000

Fuente: Elaboración propia (2008)

Figura 12. Resultados de las estimaciones de la hipótesis 5.

las TIC aportan un nivel de información relevante para el negocio de todas las empresas, y Seguí y Martínez (2004) afirman que la introducción de SIT colaboran en todos los procesos de gestión y distribución del transporte de viajeros, aportando información instantánea relativa a la información de tráfico y viajes, a la gestión del vehículo, a la información del tráfico y consistente y a la planificación de los viajes. Además, este resultado es consistente con los objetivos que persigue la implantación de un SAE definidos tanto en el documento COTEC (1998) y por De la Rosa y Núñez-Flores (1993). Según ambos informes, la implantación de un SAE llevaría consigo una mayor fiabilidad en la toma de decisiones, una mayor flexibilidad y transparencia, un mejor control técnico de la flota y, por ende, un incremento en la eficiencia en la gestión de tráfico.

H5. La implantación de un SAE genera eficiencias en empresas de transporte urbano por autobús (fig. 12).

La verificación de esta hipótesis es consecuencia de la verificación de las hipótesis H1, H2, H3 y H4.

Los cuatro hipótesis considerados tienen valores positivos, cuando la hipótesis H5, central en esta investigación, de que la implantación de un SAE genera mejor desempeño en empresas de transporte público urbano por autobús.

Por todo lo indicado anteriormente, podemos reiterar que la inversión en SAE en empresas de carácter público y privado concesionarias del transporte público urbano en capitales de provincia en España genera eficiencias en el tiempo.

6. Conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación

6.1. Conclusiones

Los actuales índices de contaminación y el coste de la energía hace necesario contar con un transporte sostenible y eficiente en el siglo XXI. Es por ello que, tanto las administraciones públicas como los sectores relacionados con el transporte y las nuevas tecnologías estén realizando importantes esfuerzos en fomentar la movilidad ciudadana, basada en una mayor utilización del transporte público, del que las ciudades son su mayor exponente.

Este trabajo se centra en explorar y validar empíricamente si la utilización de una tecnología determinada, los SAE, genera eficiencias en un escenario regulado como es el sector del transporte urbano por autobús en capitales de provincia de España.

Este tipo de análisis resulta importante, puesto que no existen investigaciones concretas que relacionen y validen de forma empírica los efectos de las TIC aplicadas a la gestión del transporte público en general, y en particular a la implantación de SAE en empresas de autobuses urbanos.

Los resultados de este trabajo son coincidentes con diversos estudios que relacionan las TIC y la creación de eficiencias en otros sectores de actividad (banca, seguros, etc.).

Se muestran evidencias empíricas concluyentes en relación a las hipótesis relacionadas con *eficiencias económicas, calidad e información relevante para el negocio*, y menos acentuadas en relación a la hipótesis relacionada con los efectos producidos en la *eficiencia de los recursos humanos*.

Tanto los resultados de este trabajo de investigación son importantes para el sector TIC como para el sector de transporte público urbano por autobús, ya que avalan y justifican el incremento experimentado en la implantación de estos SAE.

Para esta investigación hemos elegido una muestra formada por todas las empresas operadoras de transporte público municipal por autobús en capitales de provincia de España. El total de empresas consultadas asciende a 53, de las cuales hemos recibido un 81% de respuestas.

Las conclusiones básicas de este estudio, apoyadas en las diferentes hipótesis, son las siguientes:

- Los SAE mejoran la eficiencia económica en empresas de transporte público urbano por autobús (H1).
- Los SAE incrementan la calidad del servicio y la imagen del transporte público en empresas de transporte público urbano por autobús (H2).
- Los SAE mejoran la eficiencia en la gestión de los recursos humanos en empresas de transporte público urbano por autobús (H3).
- Los SAE incrementan y mejoran la información relevante concerniente a la explotación de las empresas de transporte público urbano por autobús (H4).
- Por último, podemos afirmar, basándonos en la validación empírica, que la inversión en SAE en empresas de carácter público y privado concesionarias del transporte público urbano en capitales de provincia en España genera eficiencias en el tiempo.

Por tanto, la mejora de la eficacia, el incremento del número de pasajeros, la disminución de costes de coordinación y de supervisión, el acceso continuo a información específica relevante, la correcta adecuación de la oferta a la demanda, las mejoras en la asignación de recursos humanos y materiales y la mejora de la gestión del personal implican que la implantación de un SAE genere eficiencias en el tiempo.

6.2. Limitaciones del estudio

Debido al escaso margen de tiempo transcurrido entre las primeras implantaciones de SAE a escala mundial y la realización de este trabajo, podría destacarse que la limitación más significativa es la práctica inexistencia de publicaciones (libros, tesis doctorales, artículos, etc.) acerca de este tipo de sistemas.

También es preciso indicar que los indicadores relativos a la cuantificación de las distintas preguntas del cuestionario son de tipo cualitativo (percepción), determinados a través de una escala de Likert (1-5), lo que siempre añade cierta subjetividad en la recogida de información.

6.3. Futuras líneas de investigación

Conscientes de las limitaciones encontradas en la investigación, y a la vista de las conclusiones obtenidas, creemos conveniente sugerir futuras líneas de investigación, entre las que destacamos las siguientes:

- Profundizar en el análisis del estudio utilizando medidas de tipo cuantitativo.
 - Sería interesante estudiar el incremento experimentado en el número de pasajeros analizando trayectos concretos, antes y después de haber implantado un SAE.
 - Analizar el incremento de la variación de los ingresos por transporte, antes y después de haber implantado un SAE.
 - Comprobar estadísticamente la posible mejora producida en los consumos de carburante por pasajero, debido exclusivamente a la optimización de recorridos y flotas.
- Ampliar el ámbito del estudio, incluyendo en el mismo, además del transporte público urbano por autobús en capitales de provincia, el de otros municipios que dispongan de ese tipo de transporte, así como el transporte interurbano.
- Realizar análisis comparativos o *benchmarking* con otras ciudades europeas en las que la implantación de este tipo de sistemas se haya realizado con anterioridad a la media española.

Anexo 1. Resultados del estudio

Resultados obtenidos mediante el método de máxima verosimilitud con información completa

Resultados de la regresión del modelo generado

			Estimación	S.E.	C.R.	P
UC	<←	M1	0,217	0,111	1,953	0,051
UC	<←	M2	0,247	0,104	2,379	0,017
UC	<←	M3	-0,136	0,123	-1,106	0,269
UC	<←	M4	0,485	0,175	2,769	0,006
UC	<←	M5	0,546	0,244	2,232	0,026
UC	<←	TI	0,118	0,048	2,481	0,013
IEE	<←	UC	0,173	0,089	1,956	0,050
IC	<←	UC	0,113	0,086	1,304	0,192
IRH	<←	UC	0,062	0,059	1,041	0,298
IGN	<←	UC	0,362	0,146	2,479	0,013
IE10	<←	IEE	1,000			
IE9	<←	IEE	0,923	0,605	1,526	0,127
IE8	<←	IEE	0,889	0,466	1,909	0,056
IE7	<←	IEE	1,050	0,472	2,222	0,026
IE6	<←	IEE	1,190	0,504	2,359	0,018
IE5	<←	IEE	1,295	0,472	2,740	0,006
IE4	<←	IEE	1,154	0,488	2,366	0,018
IE3	<←	IEE	0,716	0,417	1,715	0,086
IE2	<←	IEE	0,564	0,358	1,575	0,115
IE1	<←	IEE	1,617	0,581	2,784	0,005
IC10	<←	IC	1,000			
IC9	<←	IC	1,075	0,564	1,906	0,057
IC8	<←	IC	1,202	0,642	1,873	0,061
IC7	<←	IC	1,439	0,746	1,930	0,054
IC6	<←	IC	1,505	0,724	2,079	0,038
IC5	<←	IC	1,386	0,677	2,047	0,041
IC4	<←	IC	0,706	0,452	1,562	0,118
IC3	<←	IC	0,986	0,643	1,535	0,125
IC2	<←	IC	0,911	0,487	1,872	0,061
IC1	<←	IC	0,977	0,505	1,935	0,053
RH10	<←	IRH	1,000			
RH9	<←	IRH	-0,421	1,148	-0,367	0,714
RH8	<←	IRH	0,266	1,058	0,251	0,801
RH7	<←	IRH	1,710	1,533	1,116	0,265
RH6	<←	IRH	3,623	2,964	1,222	0,222
RH5	<←	IRH	-0,024	0,680	-0,036	0,971
RH4	<←	IRH	2,731	2,269	1,204	0,229
RH3	<←	IRH	2,054	1,955	1,051	0,293
RH2	<←	IRH	2,687	2,218	1,212	0,226
RH1	<←	IRH	3,123	2,519	1,240	0,215
GN10	<←	IGN	1,000			

			Estimación	S.E.	C.R.	P
GN9	<←	IGN	0,740	0,289	2,557	0,011
GN8	<←	IGN	0,638	0,303	2,102	0,036
GN7	<←	IGN	0,166	0,256	0,651	0,515
GN6	<←	IGN	0,511	0,274	1,860	0,063
GN5	<←	IGN	0,685	0,250	2,745	0,006
GN4	<←	IGN	0,268	0,299	0,896	0,370
GN3	<←	IGN	0,071	0,332	0,214	0,830
GN2	<←	IGN	0,782	0,257	3,045	0,002
GN1	<←	IGN	0,457	0,282	1,621	0,105
VC	<←	IEE	0,127			
VC	<←	IC	0,099			
VC	<←	IRH	0,134			
VC	<←	IGN	0,087			

Correlaciones en el modelo generado

			Estimación	S.E.	C.R.	P
M1			3,115	0,279	11,160	***
M2			2,346	0,298	7,862	***
M3			1,692	0,253	6,694	***
M4			4,577	0,177	25,870	***
TI			5,423	0,652	8,317	***
M5			4,462	0,127	35,168	***
UC			-2,361	1,465	-1,611	0,107
IE10			2,314	0,382	6,064	***
IE9			3,136	0,480	6,537	***
IE8			3,006	0,370	8,122	***
IE7			3,049	0,376	8,102	***
IE6			2,492	0,402	6,195	***
IE5			2,612	0,377	6,923	***
IE4			2,708	0,389	6,958	***
IE3			2,432	0,332	7,337	***
IE2			2,844	0,284	10,000	***
IE1			2,622	0,462	5,671	***
IC10			3,015	0,396	7,608	***
IC9			3,982	0,331	12,014	***
IC8			3,925	0,377	10,406	***
IC7			3,511	0,438	8,012	***
IC6			3,828	0,424	9,035	***
IC5			3,920	0,397	9,864	***
IC4			3,954	0,266	14,851	***
IC3			3,291	0,379	8,688	***
IC2			4,170	0,286	14,578	***
IC1			3,910	0,297	13,175	***
RH10			4,294	0,278	15,453	***
RH9			4,180	0,339	12,332	***
RH8			3,896	0,318	12,271	***
RH7			2,428	0,316	7,672	***
RH6			1,691	0,535	3,161	0,002
RH5			3,083	0,207	14,900	***
RH4			2,140	0,421	5,087	***
RH3			3,036	0,429	7,072	***
RH2			1,958	0,407	4,816	***
RH1			2,159	0,437	4,944	***
GN10			2,373	0,616	3,853	***
GN9			2,515	0,431	5,833	***
GN8			2,739	0,460	5,953	***
GN7			2,531	0,400	6,334	***
GN6			3,306	0,419	7,885	***
GN5			3,324	0,369	9,012	***
GN4			3,153	0,467	6,759	***
GN3			2,436	0,521	4,679	***
GN2			3,340	0,363	9,209	***
GN1			3,845	0,433	8,878	***

Varianzas en el modelo generado

			Estimación	S.E.	C.R.	P
e41			1,948	0,551	3,536	***
e42			2,226	0,630	3,536	***
e43			1,598	0,452	3,536	***
e44			0,783	0,221	3,536	***
e45			0,402	0,114	3,536	***
e46			10,629	3,006	3,536	***
e51			0,601	0,170	3,536	***
e47			0,130	0,096	1,355	0,175

	Estimación	S.E.	C.R.	p
e48	0,143	0,142	1,007	0,314
e49	0,032	0,052	0,618	0,537
e50	0,287	0,189	1,514	0,130
e1	0,438	0,129	3,394	***
e2	1,026	0,295	3,485	***
e3	0,481	0,140	3,434	***
e4	0,367	0,109	3,349	***
e5	0,347	0,106	3,281	0,001
e6	0,107	0,043	2,500	0,012
e7	0,321	0,098	3,277	0,001
e8	0,442	0,128	3,464	***
e9	0,352	0,101	3,480	***
e10	0,118	0,056	2,111	0,035
e11	0,855	0,244	3,500	***
e12	0,214	0,064	3,368	***
e13	0,321	0,094	3,396	***
e14	0,331	0,099	3,340	***
e15	0,035	0,023	1,521	0,128
e16	0,090	0,029	2,786	0,005
e18	0,731	0,209	3,495	***
e19	0,186	0,055	3,398	***
e20	0,148	0,044	3,333	***
e21	0,518	0,148	3,504	***
e22	0,987	0,279	3,533	***
e23	0,880	0,249	3,534	***
e24	0,404	0,118	3,415	***
e25	0,362	0,126	2,872	0,004
e26	0,379	0,107	3,536	***
e27	0,334	0,106	3,146	0,002
e28	0,935	0,270	3,461	***
e29	0,271	0,088	3,064	0,002
e30	0,086	0,053	1,611	0,107
e31	0,816	0,253	3,218	0,001
e32	0,359	0,114	3,137	0,002
e33	0,564	0,168	3,351	***
e34	0,625	0,177	3,524	***
e35	0,524	0,154	3,409	***
e36	0,212	0,072	2,946	0,003
e37	0,828	0,236	3,514	***
e38	1,092	0,309	3,534	***
e39	0,101	0,051	1,966	0,049
e40	0,609	0,176	3,449	***
e17	0,346	0,099	3,492	***
e52	1,000			

C.R.: razón crítica; P: p-valor.

***Variable estadísticamente significativa.

Bibliografía

- AETIC, 2006. Las tecnologías de la información en la Empresa Española 2005. AETIC, Asociación de empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España, p. 1–112.
- Bakos, J.Y., Treacy, M.E., 1986. Information technology and corporate strategy: A research hypothesis. *Management Information Systems Quarterly*, 107–119.
- Bharadwaj, A.S., Bharadwaj, S.G., Konsynski, B.R., 1999. Information technology effects on firm performance as measured by Tobin's q. *Management Science* 45, 1008–1024.
- Bayliss, D., Fox, H., 2000. Competition in urban public transport. *Urban Transport Strategy Review* (4), 26–39.
- Berechman, J., 1993. *Public Transit Economics and Deregulation Policy*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Brown, R.M., Gatian, A.W., Hicks, J.O., 1995. Strategic information systems and financial performance. *Journal of Management Information Systems* 11, 215–248.
- Colinas, F., 2005. La auditoría horizontal de un servicio público municipal: el transporte urbano. *Auditoría Pública* 35, 27–38.
- COTEC, 1998. Documento COTEC sobre Oportunidades Tecnológicas (1998), Apartado 12, Innovaciones Tecnológicas para Empresas de Transporte.
- De Pablos, C., 2000. Determinantes organizativos de la capacidad de adopción de tecnologías de información en el sector asegurador español. Servicio de publicaciones de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- De la Rosa, J.C., Núñez-Flores, J., 1993. Sistema de ayuda a la Explotación. SAE. En: *Actas del I Simposium sobre Ingeniería de los Transportes*, Sevilla.

- Dedrick, J., Gurbxani, V., Kraemer, K., 2003. Informe sobre el comercio electrónico y el desarrollo 2003. Ediciones de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Dos Santos, B.L., Peffers, K., 1995. Rewards to investors in innovative information technology applications: First movers and early followers in ATMs. *Organization Science* 6, 241–259.
- Duliba, K.A., Kauffman, R.J., Lucas, H.C., 2001. Appropriating value from computerized reservation system ownership in the airline industry. *Organization Science* 12, 702–728.
- Farley, P., 2007. Retos a los que se enfrentan las instituciones financieras, y el valor diferencial de la tecnología. En: *Cuadernos de Conferencia TIC en el Sector Financiero; Banking 07*, Madrid.
- Finkelievich, S., 1996. ¿Ciberciudades? *Informática y gestión local*. Ediciones del CBC, Madrid.
- Floyd, S.W., Wooldridge, B., 1990. Path analysis of the relationship between competitive strategy, information technology, and financial performance. *Journal of Management Information Systems* 7, 47–64.
- García-Canal, E., Rialp-Criado, A., Rialp-Criado, J., 2007. Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y Crecimiento de la Empresa. ICE, Nuevos productos, nuevos mercados y nuevas formas de internalización. ICE 838, 125–145.
- Gargallo, A., Galve, C., 2005. Impacto de las Tecnologías de la Información en la productividad de las empresas españolas. Facultad de ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Zaragoza, Documento de trabajo (2004–2005).
- Gwillian, K., 2002 Agosto. Cities on the move. World Bank Urban Transport Strategy Review, 1–183.
- Harris, S.E., Katz, J.L., 1989. Predicting organizational performance using information technology managerial control ratios. *Proceedings of the Twenty-second annual Hawaii International conference on Systems Sciences* 4, 197–204.
- Hitt, L., Brynjolsson, E., 1996 Junio. Productivity, business profitability and consumer surplus: Three different measures of information technology. *Management Information Systems Quarterly*, 121–142.
- Hu, Q., Quan, J., 2005. Evaluating the impact of IT investments on productivity: A causal analysis at industry level. *International Journal of Information Management* 25, 39–53.
- Informe de la Cámara de Cuentas de Andalucía (2005), Cámara de Cuentas de Andalucía, Diciembre.
- Informe COTEC, 1998. *Innovaciones Tecnológicas*. Madrid.
- Jöreskog, K.G., 1993. Modelado de ecuaciones estructurales. Euskadiko, Guipúzcoa.
- Kenworthy, J., Laube, F., Newmann, P., Barter, P., 1997. Indicators of transport efficiency in 37 global cities. A report for the World Bank, Perth.
- McDonald, R.P., Krane, W.R., 1977. A note on local identifiability and degrees of freedom in the asymptotic likelihood ratio test. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 30, 198–203.
- Mukhopadhyay, T., Rajiv, S., Srinivasan, K., 1997. Information technology impact on process output and quality. *Management Science* 43, 1645–1659.
- Newman, P., 2000. *Transportation Energy in Global Cities: Sustainable Transportation Comes From the Cold*. Institute for Science and Technology Policy, Murdoch University, Perth, Australia.
- OCDE - OECD, 2004. *Information Technology Outlook*. Edition 2004.
- Ongkittikul, S., 2006. Innovation and Regulatory Reform in Public Transport. T2006/5, September, TRAIL Thesis Series, The Netherlands.
- Perez, G., 2001. Nuevas Tecnologías de Información y Telecomunicaciones en el Sector Transporte. Boletín de CEPAL, Naciones Unidas, 177. FAL.
- Porter, M., 2001. Strategy and the Internet. *Harvard Business Review*, 63–58.
- Ragowsky, A., Stern, M., Adams, D., 2000. Relating benefits from using is to an organization's operating characteristics: interpreting results from two countries. *Journal of Management Information Systems* 16, 175–194.
- Rubio, F., 1993. Los sistemas de comunicaciones en la gestión del transporte público rodado. En: *Actas del I Simposium sobre Ingeniería de los Transportes*, Sevilla, 419–423.
- Seguí, J.M., Martínez, M.R., 2004. *Geografía de los Transportes*. UIB, Palma de Mallorca.
- Siau, K., 2003. Interorganizational systems and competitive advantages-lessons from history. *Journal of Computer Information Systems*, 33–39.
- Sieber, S., Valor, J., 2005. Las TIC como agente de cambio en la empresa española. Situación actual y tendencias de futuro. Cuadernos del e-business Center PwC & IESE.
- Sircar, S., Turnbow, J.L., Bordoloi, B., 2000. A framework for assessing the relationship between information technology investment and firm performance. *Journal of Management Information Systems* 16, 69–97.
- Thatcher, M.E., Oliver, J.M., 2001. The impact of technology investments on a firm's production efficiency, product quality, and productivity. *Journal of Management Information Systems* 18, 17–45.
- World Bank, 2002. *Cities on the move*. Review of Urban Public Transport Competition [consultado 23/6/2007]. Disponible en: <http://www.worldbank.org/transport>.
- World Bank, 1996. Sustainable transportation: Priorities for policy reform. Development in Practice. The World Bank, Washington, D.C.
- World Bank, 1986. *Urban Transport*. Review of Urban Public Transport Competition [consultado 4/5/2008]. Disponible en: <http://www.worldbank.org/transport>.