



LA CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA

COORDINADORES:

José Ignacio Pérez Arriaga

Ana Moreno Romero

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA

LA CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA



LA CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE EN ESPAÑA

COORDINADORES:

José Ignacio Pérez Arriaga

Ana Moreno Romero

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA

© 2009 de los textos, los autores

COPYRIGHT DE ESTA EDICIÓN

© 2009, Real Academia de Ingeniería

Don Pedro, 10. 28005 Madrid

Tel.: 91 528 20 01. Fax: 91 364 55 48

E-mail: secretaria@real-academia-de-ingenieria.org

www.real-academia-de-ingenieria.org

REALIZACIÓN

Calamar Edición y Diseño

ISBN: 978-84-95662-18-7

DEPÓSITO LEGAL: M-27382-2009

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

Impreso en España - *Printed in Spain*

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	11
Aníbal Figueiras (Presidente de la Real Academia de Ingeniería)	
PRÓLOGO	13
José Ignacio Pérez Arriaga (Académico de la Real Academia de Ingeniería)	
PREÁMBULO	16
Ana Moreno (Universidad Politécnica de Madrid)	
CAPÍTULO 1. INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD	19
Javier Rui-Wamba (RAI) (Coordinador). César Lanza. Rosa Arce (UPM)	
Académico revisor: Javier Rui-Wamba	
1.1 Introducción	20
1.2 Sostenibilidad, ingeniería e innovación	22
1.3 Sobre desarrollo sostenible y modos de producción	25
1.4 Tecnología y sostenibilidad	31
1.5 Sostenibilidad y transporte	33
1.6 Colofón	35
CAPÍTULO 2. EL SECTOR DEL TRANSPORTE Y LA SOSTENIBILIDAD	39
José Ignacio Pérez Arriaga (RAI) (Coordinador). Julio Lumbreras (ETSII, UPM).	
Equipo del Ayuntamiento de Madrid	
Académico revisor: José Ignacio Pérez Arriaga	
2.1 Preámbulo	40
2.2 Una movilidad insostenible	42
2.3 Hacia una movilidad sostenible	49
2.4 El rol de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)	53

CAPÍTULO 3. LA MOVILIDAD ¿SIGNO DE PROGRESO? 59

Ana Moreno (UPM) (Coordinadora). Alberto Andreu (Telefónica). Antonio Castillo (Telefónica).
Tomás Sanjuán (Alcatel-Lucent). José Luis Hierro (Alcatel-Lucent). Equipo del Ayuntamiento de
Madrid. Equipo de Iberdrola Ingeniería

Académico revisor: Luís Alberto Petit

3.1 Panorámica sobre TIC y movilidad 60

Ana moreno (UPM)

3.2 Hacia una movilidad sostenible 68

Antonio Castillo (Telefónica). Alberto Andreu (Telefónica)

3.3 El tele-trabajo como incentivo para evitar desplazamientos 79

Tomás Sanjuán (Alcatel-Lucent). José Luis Hierro (Alcatel-Lucent). Ana Moreno (UPM).

Equipo de Iberdrola Ingeniería. Equipo del Ayuntamiento de Madrid

**CAPÍTULO 4. ENTRE EL MÉTODO CONVENCIONAL Y LOS SISTEMAS INNOVADORES
DE TRABAJO 91**

Pere Brunet (RAI) (Coordinador). Jaime Torroja (RAI). Javier Herrero (Clínica Teknon y Alma IT
y System). Fernando Alonso (Sener)

Académico revisor: Pere Brunet

4.1 Introducción 92

Pere Brunet (RAI)

4.2 Sistemas de visualización y actuación a distancia: la tele-medicina 96

Javier Herrero (Clínica Teknon y Alma IT y System)

4.3 Sistemas cooperativos de diseño y prototipado virtual basados en las TIC 101

Jaime Torroja (RAI). Fernando Alonso (Sener)

4.4 Conclusiones finales 114

CAPÍTULO 5. RETOS DE LA ENSEÑANZA A DISTANCIA: LOS SISTEMAS AVANZADOS 119

Javier Tafur (CEPADE) (Coordinador). Miguel Á. Feito (CEDDET). Gabriel Ferraté (RAI)

Académico revisor: Gabriel Ferraté

5.1 Introducción y contexto 120

5.2 La Universidad Politécnica de Madrid y la enseñanza a distancia: el caso CEPADE 127

Javier tafur (CEPADE)

5.3 El caso CEDDET 136

Miguel ángel feito (CEDDET)

5.4 Caso UOC 148

Gabriel Ferraté (RAI)

CAPÍTULO 6. HACIA UNA RED INTELIGENTE DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO 159

Ma Eugenia López Lambas (Centro de Investigación del Transporte TRANSyT-UPM) (Coordinadora).
Andrés Monzón (Centro de Investigación del Transporte TRANSyT-UPM). Isaac Barona (Telefónica I+D). Daniel García (Telefónica I+D). Francisco Jiménez (Telefónica I+D). Lucía Lavara (Telefónica I+D).
Iván Lequerica (Telefónica I+D). Carolina Pinart (Telefónica I+D)

Académico revisor: Luis Lada.

6.1 Panorámica conceptual	160
6.2 Las TIC en la operación de los servicios de transporte público	168
6.3 La coordinación intermodal y la interoperabilidad	180
6.4 Adecuación oferta-demanda: información para optimizar las decisiones de viaje	190

CAPÍTULO 7: EL FUTURO TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ACCIÓN 209

Joaquim Coello (RAI) (Coordinador). Ruth Carrasco (ETSII, UPM). Vicente Rallo (RENFE)

Académico revisor: Joaquim Coello

7.1 Panorámica conceptual: TIC, logística y sostenibilidad	210
Ruth Carrasco (ETSII, UPM)	
7.2 Las TIC y la logística	220
Joaquim Coello (RAI). Ruth Carrasco (ETSII, UPM)	
7.3 La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte de mercancías por ferrocarril en España	232
Vicente Rallo (Renfe)	

CAPÍTULO 8. EL VEHÍCULO Y LOS SISTEMAS BASADOS EN LAS TIC 245

Felipe Jiménez (INSIA) (Coordinador). Francisco Aparicio (INSIA). Fernando Acebrón (ANFAC).
Arancha García (ANFAC). José L. López Ruiz (RAI). Jesús López Díez (ETSIA). Jaime Torroja (RAI)

Académico revisor: Jaime Torroja

8.1 Panorámica conceptual sobre el vehículo y los sistemas basados en las TIC	246
Felipe Jiménez (INSIA)	
8.2 Transporte por carretera: comunicaciones para la adaptación de la marcha	251
Felipe Jiménez (INSIA). Francisco Aparicio (INSIA).	
8.3 Transporte por carretera: sistemas de navegación	262
Fernando Acebrón (ANFAC). Arancha García Hermo (ANFAC).	
8.4 Las TIC y los buques de transporte	275
Jaime Torroja (RAI)	
8.5 Las TIC y el transporte aéreo	286
José Luis López Ruiz (RAI). Jesús López Díez (ETSIA)	

CAPÍTULO 9. LA MARCHA ACELERADA HACIA LAS NUEVAS ESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE	305
Alberto García Álvarez (FFE) (Coordinador). Agustín Sánchez Rey (Ministerio de Fomento). Alberto Calvo (Indra Sistemas) <i>Académico revisor:</i> Andrés López Pita	
9.1 Las TIC y las infraestructuras del transporte: breve panorámica conceptual	306
Alberto García Álvarez (FFE)	
9.2 La carretera inteligente	309
Agustín Sánchez Rey (Ministerio de Fomento)	
9.3 Anticipación e integración como atributos de decisión para la optimización del tráfico ferroviario y aéreo	320
Alberto Calvo (Indra Sistemas)	
9.4 Interacción entre los vehículos de transporte y el sistema eléctrico	332
Alberto García Álvarez (FFE)	
CAPÍTULO 10. GESTIÓN DE LA MOVILIDAD PARA UN TRANSPORTE SOSTENIBLE Y SEGURO .	345
José Carlos Riveira (TELVENT) y Jesús Mallol (INDRA) (Coordinadores). Eduardo Bonet (INDRA). José Luis Añonuevo (INDRA). Juan Carlos González de Frutos (TELVENT). Carlos Acha (ALSA). Alberto Cillero (ALSA). Equipo del Ayuntamiento de Madrid <i>Académico revisor:</i> Ricardo Torrón	
10.1 Panorámica conceptual sobre las TIC y la gestión del transporte	346
10.2 Seguridad vial: gestión del exceso de velocidad	351
Eduardo Bonet (INDRA). José Luis Añonuevo (INDRA)	
10.3 Entornos colaborativos para la movilidad y la sostenibilidad	364
José Carlos Riveira (TELVENT). Jesús Mallol (INDRA)	
10.4 Reflexiones sobre las nuevas tendencias urbanas en transporte y sostenibilidad a través de las TIC en la ciudad de Madrid	377
Equipo del Ayuntamiento de Madrid	
10.5 Contribución de las tecnologías de gestión de flotas a la competitividad de las empresas de transporte por carretera	383
Carlos Acha (ALSA). Alberto Cillero (ALSA)	
CAPÍTULO 11. UNA NUEVA GENERACIÓN DE VEHÍCULOS: LOS ELÉCTRICOS	399
Miguel Ángel Sánchez Fornié (Iberdrola) (Coordinador). Francesc Andreu (NISSAN Iberia). Alberto Carbajo (REE). José Corera (Iberdrola). Juan Manuel Rodríguez (REE) <i>Académico revisor:</i> José Ignacio Pérez Arriaga	

11.1	Preámbulo	400
11.2	Vehículos eléctricos. Historia y fundamentos	402
11.3	Vehículos eléctricos. Eficiencia y sostenibilidad	405
11.4	Tipos de vehículos eléctricos. Características y regímenes de carga	409
11.5	Previsiones de penetración	414
11.6	Impacto sobre el sistema eléctrico	417
11.7	Modalidades de conexión y gestión	425
11.8	Medida y facturación de la carga	428
11.9	Funciones avanzadas: almacenamiento y generación de electricidad	429
11.10	Conclusiones	432

CAPÍTULO 12. INFLUENCIA DE LAS TIC EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN SOCIAL Y EN LA CONCIENCIACIÓN CIUDADANA SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE ... 435

Luis Miguel Uriarte (experto TIC) (Coordinador). Equipo de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (MITyC). Equipo del Ayuntamiento de Madrid

Académico revisor: José Luis Díaz Fernández

12.1	Comunicación y sensibilización ciudadana en la sociedad de la información. Fundamentos ..	436
12.2	TIC y concienciación ciudadana en la sostenibilidad del transporte. Los actores	440
12.3	Experiencias reales basadas en las TIC como herramienta de implicación de los ciudadanos ..	448

CAPÍTULO 13. LAS TIC Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA EDUCACIÓN DEL INGENIERO . 455

Carlos Mataix (UPM) (Coordinador). Jorge Pérez (UPM). Ana Moreno (UPM). José Ignacio Pérez Arriaga (RAI). Francesc Robusté (UPC)

Académico revisor: José Ignacio Pérez Arriaga

13.1	El papel de la universidad en el siglo XXI	456
13.2	La ingeniería, las TIC y la sostenibilidad	459
13.3	Las necesidades de formación de ingenieros para hacer frente a este desafío	460
13.4	Valoración de la formación superior en transporte en España	466
13.5	Las necesidades de investigación para contribuir a la sostenibilidad	470
13.6	El diálogo entre la universidad, la empresa y otros actores	472

SÍNTESIS E IDEAS PARA EL FUTURO 477

Coordinadores: José Ignacio Pérez Arriaga (RAI) y Ana Moreno Romero (UPM)

VISIÓN DE LOS PATROCINADORES 503

HAN COLABORADO 513



PRESENTACIÓN

Aníbal R. Figueiras Vidal

Presidente de la Real Academia de Ingeniería

La actual preocupación por los problemas de sostenibilidad está justificada, más que en capacidades de predecir, en la necesidad humana de control, que tan bien recogida se halla en nuestras conciencias. Hay suficientes indicios a favor de la hipótesis de que, en el pasado, poblaciones enteras desaparecieron a causa de colapsos originados por haber sobrepasado los márgenes de lo sostenible. Hoy, cuando la globalización acentúa gravemente ciertos riesgos, no debemos desatender esas llamadas a la prudencia, y así situarnos en las mejores condiciones para analizar, tomar decisiones y actuar de modo que se eviten potenciales desastres.

El sector del transporte –en los países desarrollados– resulta particularmente relevante desde el punto de vista de la sostenibilidad: vehículos e infraestructuras permiten una movilidad nunca sospechada anteriormente –y aparejan no pequeños beneficios–, pero gastos energéticos y presión sobre el medio ambiente son obvias contrapartidas que obligan a afanarse en

la tarea de encontrar firmes y estables puntos de equilibrio. Una importante ayuda cabe esperar de las que se conocen como Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, empleadas tanto como apoyo para aumentar la eficiencia del transporte cuanto como alternativa para reducir su uso innecesario.

Presentar datos y reflexiones en los dichos sentidos es el objetivo de este Estudio de la Real Academia de Ingeniería; su meta, contribuir al desarrollo de un debate público fundamental, y que, por serlo, es parte de uno de los fines de la corporación.

Fines que la Academia no podría alcanzar sin la generosa ayuda de muchas personas y entidades; personas y entidades que, aún restringiéndome a los que han participado en la elaboración del presente Estudio, no podría enumerar aquí sin incurrir en el delito de fatigar al lector con listas tan extensas como excusables, ya que sus nombres aparecen en otros apropiados sitios de esta publicación. Por ello, estoy seguro de que el lector com-



prenderá que limite en este prólogo mis menciones y agradecimientos a los autores de los capítulos de esta obra y a los responsables últimos de su coordinación: doña Ana Moreno Romero, editora colaboradora, y el Académico e Interventor de

la Real Academia de Ingeniería don José Ignacio Pérez Arriaga, editor. Su elogiado buen hacer es causa y resultado, consecutivamente, del buen hacer de todos los que han contribuido a hacer posible esta publicación.

PRÓLOGO

José Ignacio Pérez Arriaga

Presidente de la Sección de Actividades Científicas y Técnicas de la RAI.
Miembro de la Junta de Gobierno de la RAI

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han transformado significativamente la forma en la que nos relacionamos, trabajamos, realizamos gestiones, aprendemos o nos entretenemos. Las TIC han hecho posible Internet, los teléfonos móviles y una multitud de productos y servicios que forman parte de nuestra vida diaria y que no cesan de crecer de un día para otro. Las TIC han aumentado dramáticamente la productividad y han dado lugar a nuevos sectores de actividad económica con un elevado valor añadido.

El presente Estudio examina el potencial de las TIC para ayudar a mitigar el grave problema de falta de sostenibilidad del actual modelo de transporte. Este atractivo y desafiante planteamiento nace de la conjunción de algunas de las áreas de mayor interés propuestas por los Académicos de la RAI y por los miembros de la Fundación Pro Rebus Academiae en sondeos recientes. Estas ideas han sido posteriormente elaboradas por la Sección

de Actividades Científicas y Técnicas de la RAI y el tema del Estudio ha sido propuesto al Pleno de la Academia para su aprobación.

El Estudio se dirige a un sector de actividad en particular -el transporte-, y a una familia concreta de tecnologías -las tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC-, en el contexto de la acuciante preocupación por la sostenibilidad de nuestro modelo de desarrollo y desde una perspectiva española, por ser España el ámbito natural de actuación de la RAI. La relación entre la sostenibilidad del actual modelo de sociedad y el transporte es indudable. También son incuestionables las aportaciones que las TIC pueden realizar a las diversas tecnologías que configuran el transporte en sus distintos aspectos: diseño y operación de los vehículos, seguridad en los desplazamientos, mejora de las infraestructuras y de su relación con los vehículos que soporta y logística. Es asimismo evidente el impacto que las TIC tienen sobre la movilidad de las personas



por medio del trabajo y de la enseñanza a distancia. El desafío está en la conjunción de los tres elementos: ¿En qué forma se espera que las TIC podrán contribuir a un desarrollo más sostenible del sector del transporte? ¿Será significativa su contribución? ¿Qué puede hacerse para que las TIC puedan desarrollar plenamente este potencial, en España en particular? Estas son las grandes preguntas a las que el Estudio se ha propuesto dar respuesta.

Ante la diversidad de formas en las que las TIC pueden influir en la sostenibilidad del modelo de transporte, el planteamiento del Estudio ha sido el abordar el tema por partes, examinando cada una de las posibilidades por separado y aportando el punto de vista de los expertos en cada una de ellas, esperando que la visión de la totalidad de las partes permitiese alcanzar también alguna conclusión de conjunto.

El Estudio comienza con una reflexión sobre el rol de la innovación y de la sostenibilidad en la tarea del ingeniero. A continuación se caracteriza el sector del transporte en España y en el mundo, para dejar constancia de su importancia en el actual desarrollo social y económico y, por otro lado, de la falta de sostenibilidad del actual modelo, por su utilización de recursos energéticos y su impacto sobre el cambio climático. Los tres siguientes capí-

tulos examinan cómo la utilización de las TIC puede afectar directamente a los patrones de movilidad de las personas, por medio del tele-trabajo, de los entornos avanzados de trabajo colaborativo y de la enseñanza a distancia.

Se dedica después un conjunto de capítulos a las contribuciones de las TIC en diversos modos de transporte, en el propio vehículo y en las infraestructuras. Así, se analiza cómo el empleo de las TIC en el transporte urbano puede contribuir a reducir las congestiones, la contaminación atmosférica y el consumo de energía, así como facilitar la gestión del tráfico y mejorar el servicio en general. Análogamente para el transporte de mercancías, las TIC facilitan la intermodalidad y, apoyando a los sistemas logísticos, permiten reducir ineficiencias y optimizar en general los procesos. Las TIC son también parte integral de los sistemas avanzados instalados en los vehículos para mejorar la seguridad y la eficiencia, facilitando la interacción con las infraestructuras y con otros vehículos. Las infraestructuras están dejando de ser un soporte pasivo del transporte, y gracias a las TIC pueden mejorar notablemente sus prestaciones. Y las TIC son elementos esenciales de la gestión del tráfico en las distintas modalidades de transporte, potenciando la información disponible y la capacidad de deci-

sión de los usuarios, mejorando la seguridad vial y permitiendo reducir costes, consumo energético y emisiones. Asimismo, las TIC abren posibilidades totalmente novedosas para el transporte, que serían impensables sin su participación; el Estudio analiza el coche eléctrico enchufable a la red como notable caso ejemplo.

Los últimos capítulos del estudio están dedicados a la concienciación ciudadana y a la formación de los ingenieros. Las TIC, a través de los medios de comunicación social pueden desempeñar un papel decisivo en la concienciación de los ciudadanos, lo que es esencial para implicarlos en la aplicación de las medidas y cambios de patrones de conducta que habrán de tener lugar. Y la formación de los ingenieros, como ya va teniendo lugar puntualmente con algunas experiencias positivas, debe integrar los criterios de sostenibilidad en los currículos de las asignaturas y proporcionar una visión sistémica que permita comprender las implicaciones de la implantación de las distintas tecnologías.

Es de esperar que el Estudio ayude a hacer comprender mejor estas interdependencias y el rol que las TIC pueden desempeñar en encaminar el modelo del transporte hacia una trayectoria sostenible. Sería de desear que el Estudio fuese de utilidad en un debate público -en las

administraciones, universidades y empresas involucradas en este sector-, sobre la necesidad de innovar en la búsqueda de soluciones al impacto ambiental del transporte. Y finalmente, que permita reflexionar sobre el papel que juega la educación de los ingenieros en la generación de conocimiento y en la identificación de soluciones a este problema.

Como Académico responsable del Estudio en su conjunto quiero expresar mi agradecimiento a la Junta de Gobierno de la RAI por haber ayudado en la definición del tema a tratar y por haber apoyado su realización en todo momento; a los Académicos que, de una forma u otra, se han involucrado en el Estudio; a los autores y coordinadores de los distintos capítulos por la aportación de sus conocimientos, su paciencia y flexibilidad para adaptarse a limitaciones de espacio, estilo y plazos; a Ma^a Flora Herreros Hidalgo por la excelente labor de coordinación; y, muy especialmente, a Ana Moreno Romero y a Luí^s Alberto Petit Herrera, que han derrochado imaginación, tiempo y mano izquierda, y con sus admirables habilidades de gestión han hecho que este esfuerzo colectivo haya llegado a buen término.

PREÁMBULO

Ana Moreno Romero

Profesor de la UPM. Editora Colaboradora



La RAI como punto de encuentro para la gestión del conocimiento

La Academia de Ingeniería fue creada en el año 1994. En el Real Decreto de su constitución se destaca, entre las razones que conducen su creación, el hecho de que la ingeniería constituye hoy un campo de la actividad humana con influencia decisiva en el bienestar de la sociedad. Nace pues la Academia con la vocación de aconsejar y orientar en materias tecnológicas, con la mayor competencia, al Estado y a la sociedad.

Como parte de sus funciones, la RAI ha decidido poner en marcha estudios relativos a asuntos socialmente interesantes, generalmente examinando influencias cruzadas de tecnologías, que se realizan en cooperación con otras entidades, analizando datos y estableciendo conclusiones y recomendaciones. Se ha elegido como tema para este primer estudio “La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España”, por su coincidencia con las líneas identificadas de interés para la RAI, por su novedad y por la potencial

utilidad de un estudio en profundidad sobre este asunto.

El Estudio trata de alcanzar diversos objetivos. Por un lado analiza el papel que las TIC pueden tener en la mejora del impacto ambiental del transporte y de su falta de sostenibilidad en general. Además pretende lanzar un debate en las administraciones, universidades y empresas involucradas en este sector sobre la necesidad de innovar en la búsqueda de soluciones a este problema. Finalmente, reflexiona sobre el papel que juega la educación de los ingenieros en la generación de conocimiento y en la propuesta y realización de las medidas que se han identificado como necesarias.

El Estudio ha sido un trabajo cooperativo entre la RAI, empresas y diversas instituciones, con un conjunto de contribuciones de especialistas, seleccionadas y dirigidas por un Comité Gestor del estudio compuesto por académicos y representantes de algunas de las entidades participantes. Algunos expertos provienen del ámbito TIC, otros del transporte, otros de la sostenibilidad, la mayor parte de la con-

fluencia de dos de estas ramas de conocimiento. El desafío fundamental ha sido que cada uno aportase su experiencia con la triple perspectiva. Para ello se han celebrado numerosas reuniones de debate y tres encuentros globales.

Con esa confluencia de conocimiento previo, debate colectivo, análisis específicos y elaboración de informes, no había duda de que la materia prima estaba garantizada. Han contribuido 62 autores: 13 académicos, 13 profesores de universidad, 11 representantes de instituciones y 25 profesionales de empresas energéticas, del sector TIC y de transportes. Conseguir que el estudio reúna todas estas aportaciones con un adecuado hilo conductor, ha supuesto un ejercicio de creatividad y flexibilidad por parte de los participantes y, muy especialmente, de los coordinadores de capítulo.

Una parte fundamental del Estudio es la posibilidad de enriquecer los puntos de vista, que se recogen en los distintos capítulos, con experiencias prácticas provenientes de la Administración y de las empresas. El apoyo del Área de Innovación y Tecnología del Ayuntamiento de Madrid y de la Secretaria de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información del Ministerio de Industria, permite acercarse a las necesidades de la ciudadanía en lo referente al transporte, la

sostenibilidad y las TIC. Las experiencias de Alcatel, Telefónica, Iberdrola, REE, Alsa, Nissan, RENFE, Indra o Telvent, Cepade, UOC y Fundación Ceddet permiten ejemplificar las tendencias identificadas con casos prácticos reales que han ido abriendo camino.

Han sido 11 meses de intenso trabajo, que se presenta como un estudio colectivo, y con el que la Real Academia de Ingeniería refuerza su compromiso de punto de encuentro del conocimiento técnico al servicio de la sociedad.

Como editora colaboradora de esta publicación de la RAI, llevada a cabo por la Sección de Actividades Científicas y Técnicas, cuyo actual académico responsable es José Ignacio Pérez Arriaga, y contando con la ayuda del Director Gerente, Luis Alberto Petit, y el personal de la Academia, quiero agradecer el conocimiento, el tiempo y el talento que los 62 autores han aportado a este estudio “La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España”.



INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

Javier Rui-Wamba

RAI. Coordinador

Rosa Arce

UPM

César Lanza

Académico revisor

Javier Rui-Wamba

1

1.1 INTRODUCCIÓN

Como tantos otros conceptos, la ingeniería no es fácil de definir y, en todo caso, su definición, que ha hecho correr arroyos de tinta, evoluciona con el tiempo y tiene también evidentes influencias geográficas y culturales. Las raíces de la ingeniería moderna se encuentran en la Ilustración y se hacen explícitas con la creación de la *Ecole des Ingenieurs de Ponts et Chaussées* de París. Más tarde, se reafirma en su variante inglesa, menos conceptual y más pragmática, asociada a la Revolución Industrial. La etimología de la denominación ilustrada proviene de *ingenio* y en la segunda acepción de *máquina*. Lo cierto es que, ahora, en la definición de *ingeniería* intervienen ingredientes nuevos y otros que, no lo son, pero han adquirido un protagonismo del que antaño carecían.

Se suele decir que la ingeniería consiste en la aplicación de conocimientos al desarrollo de métodos para usar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio del ser humano. En la actividad de ingeniería, por lo gene-

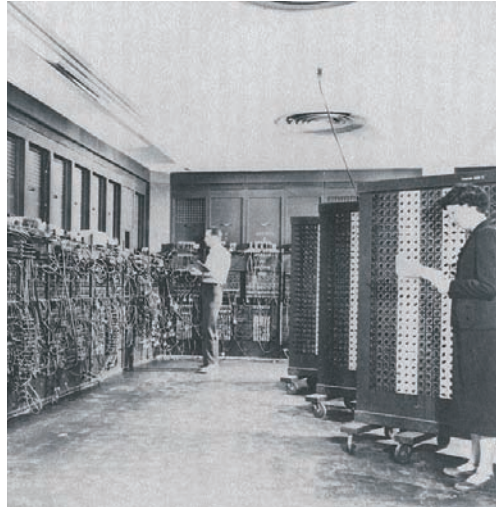
ral, el tiempo y los recursos están limitados, lo que requiere una cierta combinación de sabiduría e inspiración para modelizar cualquier sistema en la práctica y obtener resultados útiles.

Pero la ingeniería puede –y de hecho, debe– entenderse en estos momentos, de una manera más amplia como soporte intelectual de la organización de actividades físicas, en las cuales intervienen directamente la materia y los distintos campos que interactúan con ella, gravitatorios y electromagnéticos esencialmente. La aparición del computador en los años cuarenta y su generalización en las dos últimas décadas del siglo pasado han abierto la puerta a un nuevo campo de actuación, el de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), cuya importancia no es en absoluto desdeñable. Todo lo contrario.

La ingeniería ya no opera exclusivamente sobre la materia, sino que lo hace cada vez más intensamente sobre otro elemento sutil e incorpóreo, la información digital y la lógica que gobierna su procesamiento automatizado, el software. En el

mundo contemporáneo los “bits” y los átomos se han hecho presentes, y este hecho afecta a la ingeniería de manera profunda e irreversible. Las TIC, cuyos efectos ambientales directos son inferiores en varios órdenes de magnitud a los de las actividades de contenido físico, permean ahora cualquier tipo de actividad y su contribución al desarrollo no sólo se limita a mejorar la eficiencia económica de los procesos, sino también a hacerlos más sostenibles y además en un sentido amplio que trasciende la dimensión puramente ambiental.

Actualmente la contribución directa de las TIC a la economía de un país intermedio como España se sitúa en torno al 7% del PIB, a lo cual habría que añadir sus efectos indirectos sobre el resto de los sectores productivos, que son importantes desde hace ya tiempo en el sector servicios y crecen en resto



de las actividades de la economía tradicional: industria, construcción, etc. El siguiente estímulo para las TIC se extenderá posiblemente a medio plazo más allá de la creación de valor económico, para entrar de lleno en el ámbito de la sostenibilidad.

1.2 SOSTENIBILIDAD, INGENIERÍA E INNOVACIÓN



En cierto modo, las reflexiones anteriores ponen de manifiesto que el concepto de sostenibilidad, también de imprecisa definición, no puede dejar de estar presente en el hacer y el pensar de la ingeniería. Pero, a este respecto, no está de más recordar que es un concepto que siempre ha estado en la esencia de la buena ingeniería, de la que merece este nombre. Muchas de las infraestructuras que utilizamos hoy, ciertamente modernizadas, se crearon hace más de 100 años. Y continúan siendo útiles. Madrid no sería posible sin las infraestructuras del Canal de Isabel II que se gestaron hace más de 150 años. Barcelona y tantas ciudades portuarias nacieron y crecieron en torno a un puerto natural cuya huella se percibe con claridad, mucho tiempo después, en la configuración de las tramas urbanas que soportan las efervescencias ciudadanas actuales. Nueva York sería impensable sin el Puente de Brooklyn, que nació cuando aún no existían ni indicios de coches y

camiones que hoy son los que muy mayoritariamente utilizan aquella infraestructura que ha tenido la capacidad para adaptarse a cambios esenciales. Y así podríamos citar un sin fin de ejemplos que muestran que las infraestructuras son el paradigma de lo sostenible y que las que construimos hoy serán utilizadas por generaciones que aún no existen y a las que, ciertamente, estamos condicionando su futuro. Como nuestros mayores condicionaron el nuestro.

Una mirada siempre deseable al pasado –para recordar de dónde y por dónde venimos a un presente que es, en todo caso, tránsito fugaz hacia el futuro–, nos permite identificar rasgos destacables en las infraestructuras físicas, legales y de todo tipo, que han sido el soporte de la vida en sociedad y, por tanto, origen y fundamento del propio concepto de Sociedad. Por un lado, hay que subrayar la capacidad que han tenido para adaptarse. La adaptabilidad a circunstancias nuevas

está entre las cualidades esenciales de las infraestructuras que configuran nuestras formas de vida y cultura.

El concepto de eficiencia, tan rico en significados y referencias, está también muy próximo, y realmente integrado, en las formas de pensar y de hacer de la ingeniería. Hacer, con los menores recursos posibles, infraestructuras públicas que sean de utilidad para un gran número de usuarios que abarcarán no una sino incluso muchas generaciones siempre ha estado en la esencia de la ingeniería que merezca tal nombre. La cultura de lo estricto, el hacer con menos, ha presidido la formación y la práctica de los ingenieros.

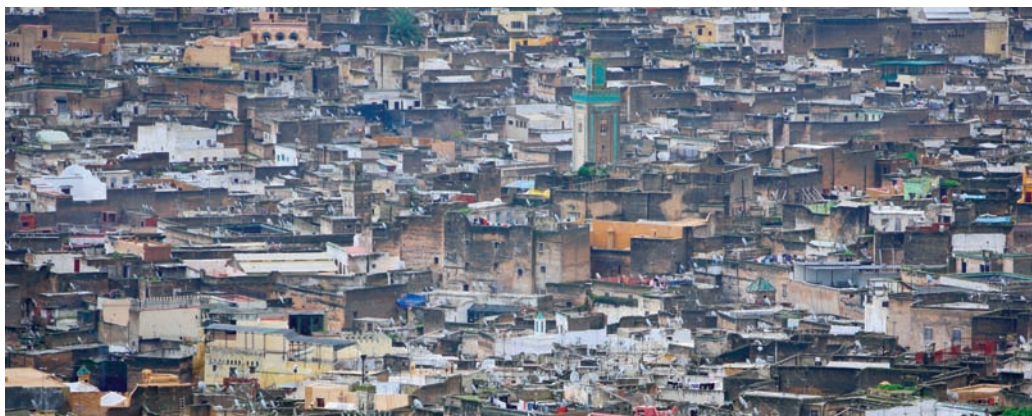
En los últimos tiempos, no demasiados, la eficacia parece haber desplazado a la eficiencia como actitud vital. La eficacia que se podría interpretar, para no tener que definirla, como el logro de objetivos a cualquier precio: el castizo “matar pulgas a cañonazos” puede ser ejemplo de eficacia. La eficacia es propia de sociedades opulentas y la crisis que nos está azotando nos traerá de nuevo la búsqueda de la eficiencia –que está en la esencia de toda forma de vida animal o vegetal–, en todos los procesos que configuran la vida de los seres humanos.

Y para lograrlo, para no hacer sino aquello que sea verdaderamente imprescindible. Aprovechar al máximo lo que ya

está construido para hacerlo reduciendo la utilización de materias primas, ocupando sólo el territorio indispensable y hacerlo con sensibilidad. Para no desperdiciar el tiempo (ese bien absolutamente escaso y esencial), para aumentar nuestras cotas de libertad –asociadas entre otras cosas al derecho a desplazarse con seguridad y en tiempos reducidos y fiables–, tenemos que innovar. Para ser más precisos, tenemos que continuar innovando. La innovación ha sido siempre motor de todo auténtico progreso. Y lo será aún más en el futuro, porque nos ayudará a disponer de instrumentos y modelos diferentes y más eficientes con los que lograr los objetivos posibles y deseables.

Desde 1950, la población mundial se ha duplicado y en la actualidad el número de habitantes ronda los 6.500 millones. Esa gran expansión demográfica tiene que ver con los cambios producidos a partir de la segunda mitad del siglo XVIII a causa de las revoluciones agraria, industrial y tecnológica. Estos cambios, basados en el desarrollo tecnológico, permitieron la obtención de excedentes alimenticios con los cuales disminuyó el hambre y liberaron mano de obra de las actividades agrarias para ocuparse de actividades industriales y terciarias. Aunque, por otra parte, el crecimiento de la población no ha sido geográficamente uniforme y, es constatable,





que los países y continentes con un mayor índice de crecimiento demográfico se encuentren entre los más pobres del planeta. Y que en los países tecnológicamente más avanzados la población se ha ido estabilizando.

Aún ahora algunos piensan que el desarrollo tecnológico proporcionará capacidades casi ilimitadas, y que el futuro aportará una mejor calidad de vida a una mayor cantidad de personas. Otros se inquietan, y ponen en primer término de sus reflexiones, los problemas que el desarrollo ha provocado: los cambios en el clima de la Tierra, la extinción de especies, la degradación de los ecosistemas o los problemas causados por los residuos radioactivos, y otros contaminantes peligrosos que amenazan seriamente las oportunidades de las generaciones futuras.

Entre ambos extremos, es probable que habite la verdad. El ingenio humano, y su capacidad para crear nuevos conceptos e instrumentos que le permiten hacer frente a los avatares del progreso en cada época, ha sido una de las claves esenciales en el desarrollo evolutivo de nuestra especie. La innovación tecnológica, con lo que supone de génesis de nuevas ideas, métodos y soportes científico-técnicos de la intervención de la ingeniería en el mundo, no se mantendrá indiferente a los dilemas ambientales y demás manifestaciones preocupantes que inciden en la sostenibilidad. Las TIC, como vector de esta nueva ingeniería de bits y átomos que empieza a tomar entidad, se encuentran muy posiblemente en el núcleo de las posibles soluciones, y ello parece especialmente prometedor en el caso del transporte.

1.3 SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MODOS DE PRODUCCIÓN

Como es bien sabido, el término “desarrollo sostenible” aparece por primera vez en 1987, cuando se crea la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de Naciones Unidas para realizar un examen general sobre la problemática ambiental del planeta. Las conclusiones de este estudio dieron lugar al informe “Nuestro futuro común” (Informe Brundtland), donde se recoge el término de desarrollo sostenible, que marca las pautas de actuación en materia medioambiental hasta nuestros días y trasciende incluso la actuación medioambiental para denominar un nuevo tipo de desarrollo:

“Desarrollo sostenible es aquél que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”.

Desde que en 1987 el informe Brundtland acuñase esa denominación e impulsase su

aplicación, se ha ido transformando e integrando en los modelos de comportamiento de la sociedad. La Declaración de Río de 1992 asumió esa definición e incorporó un conjunto de principios que asocian la Sostenibilidad a un nuevo modelo de desarrollo.

Las dos ideas principales que presiden el desarrollo sostenible son las siguientes:

- El desarrollo tiene una triple dimensión: económica, social y ambiental y sólo será sostenible si se logra el equilibrio entre los distintos factores que influyen en la calidad de vida.
- La generación actual tiene la obligación frente a las generaciones futuras “de dejar suficientes recursos para que puedan disfrutar, al menos, del mismo grado de bienestar que ellos”.

En un sistema dinámico, como la sociedad humana y sus interacciones con los ecosistemas, la sostenibilidad es una cuestión de



mantenimiento, a lo largo del tiempo, del equilibrio entre diversos factores, entre pobres y ricos, entre la generación actual y las futuras, entre la humanidad y la naturaleza. No es algo fácilmente medible, ya que es dinámico, un proceso; no un objetivo fijo, y a veces, incluso, los indicadores de sostenibilidad, utilizados para definir y medir la sostenibilidad son, más bien, medidas de insostenibilidad.

Con este concepto, en palabras de Dahl (1995), introducimos el tiempo en los indicadores económicos. Muchos balances económicos excluyen las reservas de recursos y los flujos de externalidades, y, además, no se mide su evolución en el tiempo, en particular, las implicaciones futuras de la situación presente. Sin embargo, hay que tener la conciencia de que nada es permanente en este planeta. La riqueza se crea y se destruye; la energía se degrada; la información útil aumenta y luego se pierde o se convierte en inútil u obsoleta; objetos y materiales tienen una vida útil y luego se convierten en residuos que tienen un coste de eliminación o reciclado, las nuevas tecnologías sustituyen a las antiguas...

El desarrollo sostenible supone una equilibrada combinación de un crecimiento económico que favorezca el progreso y la cohesión social y que respete el medio ambiente, dimensiones de la sosteni-

nibilidad que deben ser tratados de forma integrada, como principio básico.

Se suele representar como un balance entre los tres lados de un triángulo: crecimiento y eficiencia económica, equidad social y limitación del deterioro ambiental. Complementariamente, la noción de eficiencia en la asignación y la gestión de los recursos cruza los tres elementos básicos, los tres lados del triángulo.

En la gestión empresarial, este balance sobre el que se basa el desarrollo sostenible se conoce como el de "las tres p's", en inglés: People-Planet-Profit: las Personas, el Planeta y el Beneficio.

En esta concepción, la satisfacción de las necesidades humanas, sociales y económicas está en el centro de los objetivos del desarrollo. Pero sólo será desarrollo sostenible si va acompañada de una protección medioambiental y una gestión de los recursos naturales tal que se logre un equilibrio inter temporal, en el que tanto las generaciones actuales como las futuras no vean afectado su acceso eficiente a los bienes ambientales y naturales. Y, a la vez, que exista un umbral de desarrollo humano y equidad social, incluyendo la educación, la igualdad de género y la mejora de la salud pública, así como el respeto a la diversidad étnica y cultural.

En los últimos años, las soluciones propuestas para paliar el consumo intensivo de recursos y abordar el problema más general de cómo desacoplar la actividad humana de los impactos negativos se han centrado fundamentalmente en “producir más con menos” y la integración de criterios de sostenibilidad en las decisiones económicas (Williams et al., 1993; Hart, 1997).

Los países industrializados se propusieron como meta reducir en el largo plazo su intensidad en el uso de materiales por un factor de 10. Es decir, adelantar un proceso de “desmaterialización” de la economía basándose en mejores diseños, en la investigación y desarrollo de procesos industriales más eficientes en términos del consumo de recursos y en el desarrollo de equipos y de bienes de bajo impacto ambiental. Los estudios liderados por Adriaanse hacia 1997 sobre este tema han utilizado el concepto de la Demanda Total de Materiales (DTM) de una economía, que se define como el total de flujos de recursos naturales primarios y los flujos indirectos que ellos implican, tanto locales como importados, incluyendo las alteraciones deliberadas del paisaje.

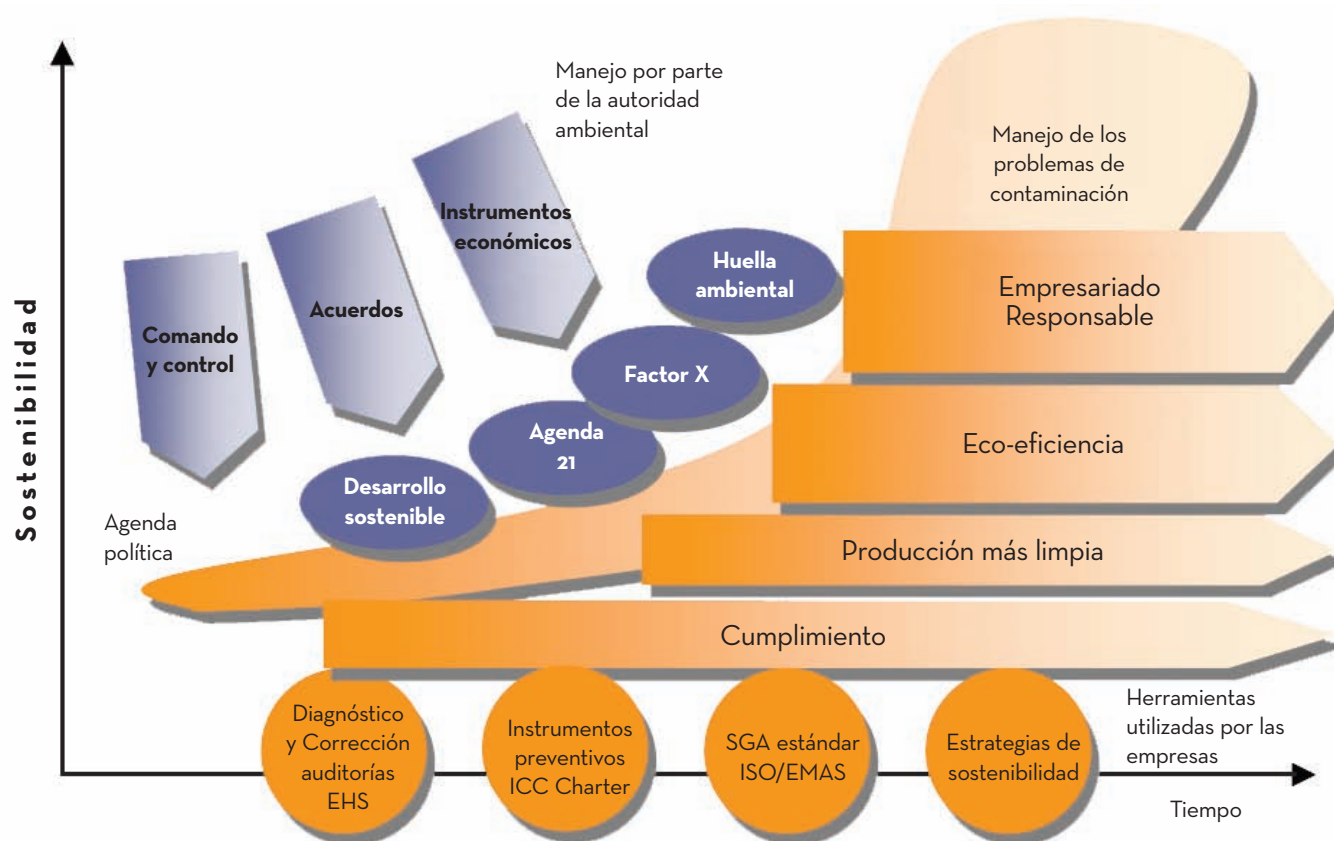
Se busca un doble desacoplamiento: desacoplar el desarrollo económico del uso de los recursos; y, en segundo lugar, desacoplar el uso de los recursos de su impacto ambiental.

En los últimos años, un concepto nuevo ha venido a sumarse a esta tendencia: la *ecoeficiencia*. El World Business Council for Sustainable Development, impulsor del término, dice de ella:

- La ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro, a precios competitivos, de bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra. En pocas palabras, se relaciona con crear más valor con menos impacto.
- La ecoeficiencia debe estimular la creatividad y la innovación, la búsqueda de nuevas maneras de hacer las cosas y no debe estar limitada a las áreas de la empresa, como la producción o la administración de la planta, debe abarcar a las actividades aguas arriba y aguas abajo de la planta, e involucrar el suministro y las cadenas de valor del producto.

Consecuentemente, puede ser un gran reto para los ingenieros, compradores, administradores del portafolio de productos, especialistas en marketing y hasta para especialistas en finanzas y control. Las oportunidades de eco-eficiencia pue-





Fuente: World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2000

den aparecer en cualquier punto a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

En la figura se puede apreciar la evolución del tratamiento de los temas ambientales en las empresas, y cómo han ido, en paralelo a la agenda política, del Cumplimiento estricto, a la Producción más Limpia, pasando por la Eco-eficien-

cia hasta el Empresariado Responsable, que se traduce en que el sector privado trata de equilibrar los tres pilares de la sostenibilidad.

Entre tanto, la agenda política también ha ido evolucionando desde la idea inicial de Desarrollo Sostenible, que pasó a concretarse en un programa de acción

con la Agenda 21. Posteriormente, se habló del Concepto del Factor X, que pedía metas cuantificadas de mejora en la ecoeficiencia y en la reducción de impactos sobre toda la economía. El cuarto paso fue la noción de la *Huella Ecológica* (en la figura, *Ambiental*), que sostiene que el espacio disponible para la actividad humana es limitado y debe ser distribuido más equitativamente.

Con respecto al enfoque de las autoridades ambientales, desde la simple aplicación de la legislación (lo que en la figura se representa como Comando y Control), hasta los Acuerdos Voluntarios o la puesta en marcha de Incentivos Económicos se ha ido evolucionando para superar las políticas meramente “punitivas” y reforzar las positivas y de incentivos.

Limitar el impacto por unidad de producción es deseable, pero no limita el crecimiento del consumo, que contribuye enormemente a la insostenibilidad. Las buenas prácticas, como la producción limpia y la ecoeficiencia, son insuficientes para conseguir los objetivos de sostenibilidad.

De hecho, algunos estudios muestran evoluciones negativas en el consumo total de recursos incluso aun cuando los logros individuales en eficiencia son elevados. Por ejemplo, la mejora en la eficiencia energética de los televisores se multiplicó por 3,5 entre 1970 y 1995. Durante los mis-

mos años, el consumo agregado de energía debida a los televisores se multiplicó por dos. Eso mismo ha sucedido en el transporte, aunque los vehículos son más eficientes, y emiten menos contaminantes, el volumen de transporte se incrementa cada año, con lo cual tanto el problema del consumo de energía como el de la contaminación siguen aumentando. Además, la fuente de energía más consumida en el sector transporte es el conjunto de derivados del petróleo, que generan el 98,7% de la energía total empleada en el sector, una fuente claramente no renovable.

El World Business Council for Sustainable Development, consciente de ello, incluye en la lista de buenas prácticas ligadas a la ecoeficiencia aumentar la durabilidad de los productos e intensificar el servicio contenido en los bienes, no solamente reducir el consumo de recursos. Pero, como es lógico, esto tiene implicaciones económicas que hacen difícil su aplicación porque en palabras de DiSimone: “No es probable que la durabilidad convenza a los fabricantes, algunos de los cuales creen que la salud de su cuenta de resultados depende de una repetida y habitual compra de sus productos”.

Afortunadamente, la búsqueda de eficiencia que propicia la propia búsqueda de la sostenibilidad va a favor del coste de

los productos. Sin embargo, hoy por hoy, no siempre la evolución del mercado está determinada por la reducción del coste de los productos, sino que para muchos es la rapidez de puesta en el mercado lo que determina su éxito.

Algunos autores destacan el hecho de que el aumento de la demanda lleva a unas mayores economías de escala en la producción, que reducen los costes y contribuyen a la rebaja de los precios, lo que aumenta la demanda. A ello se une el que se demanda más bienes cada vez más rápidamente y se acumulan bienes que solapan sus funciones. Al estar los modos de consumo vinculados a los modos de producción, contradictoria y paradójicamente, la tecnología favorece la sostenibilidad y, al mismo tiempo, contribuye a perjudicarla.

Así ocurre que, aunque se han hecho considerables progresos en los últimos años en minimizar el impacto ambiental, reducir los residuos de la fabricación y aumentar la eficiencia, el consumo de recursos *per cápita* sigue aumentando.

Aún más, algunos autores sostienen que, contra lo que podría parecer, la ter-

ciarización de las sociedades o el uso generalizado de los diversos aparatos y servicios asociados a las tecnologías de la información y las comunicaciones (ordenadores, comercio electrónico, Internet, etc.) no garantizan tampoco por sí solos un menor deterioro ecológico, ya que generan costes ambientales no despreciables en relación con los antiguos productos y materiales que vienen a sustituir, provocando en muchos casos el efecto paradójico, que denomina de “rebote”, que transforma la eficiencia y el ahorro en un mayor consumo de recursos posterior, como hemos visto.

La propia Unión Europea defiende que desvincular el deterioro ambiental y el consumo de recursos del desarrollo económico y social requiere una reorientación profunda de las inversiones públicas y privadas hacia nuevas tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Por otra parte, en tiempo de crisis como el que vivimos, la crisis puede ser vista como una oportunidad para repensar y reconducir los hábitos de consumo y los niveles de consumo de los recursos que no se daría fácilmente en períodos de bonanza económica.

1.4 TECNOLOGÍA Y SOSTENIBILIDAD

La ciencia y la tecnología ¿son las poderosas herramientas que esperamos para lograr una mayor sostenibilidad?

Es obvio que sobre el desarrollo tecnológico depositamos grandes esperanzas, y hay sectores cuyo desarrollo supondrá una mejora sustancial en el camino de la sostenibilidad. Quizá el más representativo en los últimos tiempos sean los avances en el uso de fuentes de energía renovables y, si miramos al transporte, esa parece una mejora fundamental. Evitar las fuentes no renovables y minimizar las emisiones lograrían un enorme avance hacia la sostenibilidad del transporte, complementada con una minimización de la congestión, un menor riesgo de accidentes y una mejora en la producción de los vehículos.

Podemos preguntarnos ¿Qué es un uso sostenible de los recursos?; y pensar, como Bringezu (2006), que tiene relación con los siguientes aspectos:

- Un abastecimiento seguro y adecuado y un uso eficiente de los recursos materiales, energía y suelo.

- No sobrecargar o destruir la capacidad de reproducción o regeneración de los recursos de la naturaleza y de la absorción de los residuos.
- Contribuir a salvaguardar la coexistencia entre la humanidad y la naturaleza.
- Minimizar los riesgos para la seguridad nacional e internacional y la confusión económica debido a la dependencia de los recursos.
- Contribuir a un reparto equilibrado del uso de los recursos y de las cargas asociadas.
- Minimizar los problemas que surgen entre los diferentes entornos, tipos de recursos, sectores económicos, regiones, generaciones...
- Dirigir los cambios tecnológicos e institucionales en una dirección que proporcione beneficios económicos, pero también sociales.

Sería interesante especular bajo qué condiciones una capacidad de producción que realmente satisface las necesidades de los consumidores de una forma razonable llevará a un descenso



en el consumo de productos. Para que el desarrollo de las tecnologías de los sistemas de producción tienda a la sostenibilidad, será preciso que las estrategias en las que trabajen se concentren más en un uso más intensivo de los productos que en un mayor consumo de productos.

En la práctica, no se puede olvidar la idea de implantar el concepto de ecoeficiencia en las organizaciones empresariales. Este concepto es muy sugerente, ya que propone, sobre todo, la búsqueda de oportunidades, a través de cuatro áreas de trabajo vinculadas totalmente con la innovación:

- Reingeniería de procesos, para reducir el consumo de recursos, reducir la contaminación y evitar riesgos, al tiempo que ahorran costos.
- Adicionalmente, por medio de la cooperación con otras empresas, muchas orga-

nizaciones han encontrado maneras creativas para revalorizar sus subproductos. Esforzándose por lograr cero residuos han encontrado que los que en sus procesos son residuos pueden tener valor para otras empresas.

- Rediseño de productos.
- Algunas compañías innovadoras no solamente rediseñan sus productos, sino que encuentran nuevas maneras de satisfacer las necesidades de sus consumidores, aportando nuevos servicios y productos.

Estas ideas, además, no son aplicables solamente a las grandes empresas transnacionales, sino también a las pequeñas y medianas. De igual forma, son tan aplicables en los países en desarrollo y economías emergentes como en las naciones industrializadas.

1.5 SOSTENIBILIDAD Y TRANSPORTE

En el marco de una sociedad globalizada, donde la capacidad de interrelación y la accesibilidad son requisitos básicos para la competitividad, la función de transportar bienes y personas es fundamental para el desarrollo económico y la satisfacción de los derechos sociales.

La ambigüedad de la definición de desarrollo sostenible hace que sea muy difícil incluso su evaluación. No existe una definición de *transporte sostenible*. Algunos autores, como Nijkamp, hasta dudan de que tal cosa pueda existir. Pero sí podemos definir lo que marca las tendencias hacia la sostenibilidad o no. Si pensamos en el transporte, hemos de tener en cuenta que hay que incidir en diversas facetas para que éste mejore su sostenibilidad:

- Un sistema de transporte que cumple sus objetivos y que asigna sus recursos de manera óptima en el sentido económico en cuanto a reparto modal, atribución de medios y selección de tecnologías.
- Un sistema de transporte que logra la eficiencia en el uso y consumo de recursos a una tasa renovable.

- Un sistema de transporte que es seguro, es decir con bajos índices de accidentalidad y mortalidad.
- Un sistema de transporte que minimiza las afecciones urbanísticas o territoriales de los sistemas de movilidad y transporte.
- Un sistema de transporte que minimiza la huella ecológica, y en particular de la emisión de CO₂ y demás gases de efecto invernadero en el transporte.
- Un sistema de transporte que mitigue otras externalidades negativas de consecuencias preocupantes: congestión, irregularidad de los tiempos de viaje, contaminación acústica, polución por vertidos, etc.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones pueden contribuir positivamente a la consecución de los objetivos anteriores en un doble sentido. En primer lugar, mediante una internalización eficiente de las mismas por parte de los actores fundamentales que intervienen en la cadena de valor de los procesos económicos que demandan transporte de mer-

cancias y movilidad de personas. La gestión de las operaciones logísticas y del transporte debe abordarse de una manera diferente en un contexto de relocalización geográfica de la producción como el que vivimos como consecuencia de la lógica de la globalización, y es ineludible tratar de armonizar virtuosamente desde una perspectiva sostenible los flujos físicos y los digitales. En ello las TIC como instrumento, y -lo que es más importante- la ingeniería como sistema de conceptualización, han de jugar un papel muy importante. La idea que subyace al concepto de *declaración de impacto ambiental* que se ha introducido hace ya algunos años en lo que se refiere a las obras, debería extenderse a otros contextos como el diseño de las operaciones y los servicios, que son las actividades que realmente causan efectos continuos en el tiempo.

Por otra parte, las transformaciones sociológicas y del comportamiento humano que propician las TIC en el estilo

de vida del conjunto de la población, los usos y las modas, puede que ayuden a reforzar este imperativo del desarrollo sostenible si se logra que actúen a favor de una nueva racionalidad que modifique los patrones de crecimiento de la demanda de transporte y movilidad. Este tema es menos inmediato y más incierto que el anterior; y de hecho algunas intuiciones que se adelantaron en su día sobre los efectos beneficiosos que en ese sentido podrían tener las nuevas redes de comunicaciones han demostrado ser producto de una cierta ingenuidad más que de un análisis realista. Es cierto que este tipo de cuestiones no caen exclusivamente dentro del dominio de la ingeniería, pero bajo ningún concepto deberían ser ajenas al debate de los ingenieros sobre las consecuencias de nuestros actos, y dar lugar al desarrollo de nuevas actitudes consistentes con los signos de este tiempo, azaroso pero pleno de estímulos para la creatividad sustante.

1.6 COLOFÓN

Innovación y Sostenibilidad son conceptos profundamente arraigados en el ser y en el estar de la Ingeniería auténtica. Éstos son tiempos de crisis; tiempos, por tanto, de cambios. Hay que hablar menos de sostenibilidad y practicarla más. Hay que reivindicar de nuevo la eficiencia y rechazar actitudes, sin futuro, que han nacido en el seno de nuestras opulentas sociedades. Tal vez, el recurso más abundante y menos aprovechado de nuestro planeta es el cerebro de seres humanos que tendemos a concentrarnos en algunos lugares de este planeta y tenemos abandonados extensos territorios, humanamente desertizados.

Las tecnologías de la información y de la comunicación son armas cargadas de futuro, que tenemos ya a nuestro alcance. La información, por otra parte, debe ser escalón ineludible para alcanzar el conocimiento por el que se puede acceder a la

sabiduría. La ingeniería es también un sueño. Como lo son todos los proyectos que nacen en la mente de los seres humanos antes de hacerse, algunos, realidad.

El paso del tiempo, en las sociedades opulentas, conformistas y temerosas, generan estructuras sociales rígidas y anquilosadas, que dificultan, cuando menos, el progreso auténtico.

La deseable especialización, en el mejor de los casos, tiene en ella sus nichos. Pero la especialización no es suficiente. Lo que se requiere es permeabilizar el tejido social, crear flujos transversales que irriguen el conjunto y permitan brotar cuantas iniciativas útiles puedan surgir de una sociedad dinámica, innovadora y sostenible; es decir de la sociedad del conocimiento en la que la ingeniería tiene una misión esencial y debe tener una presencia destacada.

BIBLIOGRAFÍA

- ADRIAANSE, A. et al. Resource Flows (1997): *The Material Basis of Industrial Economies*. World Resources Institute. Washington DC, USA. Wuppertal Institute. Wuppertal, Federal Republic of Germany. Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning, and Environment. The Hague, Netherlands. National Institute for Environmental Studies. Tsukuba, Japan.
- ARCE-RUIZ, R. et al (2007): *Las tecnologías de la información y las comunicaciones y el medio ambiente*. Ed. Fundación Gas Natural y Fundación EOI.
- AYRES, R. U. (1996): *Limits to the growth paradigm*. *Ecol. Econ.* 19, 117-134.
- BRINGEZU, S. (2006): *Materializing Policies for Sustainable Use and Economy-wide Management of Resources*. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- CARPINTERO, O. (2003): *Los costes ambientales del sector servicios y la nueva economía: entre la desmaterialización y el "efecto rebote"*. *Economía Industrial* Nº 352.
- DAHL, A. L. (1995): *Towards Indicators of Sustainability*. Comunicación presentada en el Scope Scientific Workshop on Indicators of Sustainable Development. Wuppertal. Disponible en internet: <http://earthwatch.unep.ch/about/docs/ind-dahl.htm>
- DISIMONE, L. D., POPOFF, F. (1997): *World Business Council for Sustainable Development. Eco-Efficiency: the Business Link to Sustainable Development*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- GOETZ, A.R., GRAHAM, B. (2004): *Air transport globalization, liberalization and sustainability: post-2001 policy dynamics in the United States and Europe*. *Journal of Transport Geography* 12 265-276.
- JUNTA DE ANDALUCIA (2008): *Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA 2007-2013)*. Sevilla.
- LANZA SUÁREZ, César (2005): *In purezas. Miscelánea sobre temas de ingeniería contemporánea*. Ed. Fundación Esteyco.
- LANZA SUÁREZ, César (2003): *Modernidad e ingeniería contemporánea*. Ed. Fundación Esteyco.
- MULDER, K. editor (2006): *Sustainable Development for Engineers: A Handbook and Resource Guide*. Greenleaf.
- NIJKAMP, P. et al. (2001): *Sustainable Mobility. Serie Research Memoranda*. R.M. 2001-8. Department of Spatial Economics, Free University Amsterdam. Disponible en internet: <http://en.scientificcommons.org/8639881>

RUI-WAMBA MARTIJA, Javier (2004):
Autopías. Ideologías i reflexiones viarias. Ed.
Fundación Esteyco.

SONNTAG, V. (2000): *Sustainability – in light
of competitiveness*. Ecological Economics
34. 101-113.

WBCSD (2000): *World Business Council for
Sustainable Development Eco-Efficiency:
Creating more value with less impact*.
Accesible en internet: [http://
www.wbcsd.org/web/publications/eco_
efficiency_creating_more_value-spanish.pdf](http://www.wbcsd.org/web/publications/eco_efficiency_creating_more_value-spanish.pdf)



EL SECTOR DEL TRANSPORTE Y LA SOSTENIBILIDAD

José Ignacio Pérez Arriaga

RAI. Coordinador

Equipo del Ayuntamiento de Madrid

Julio Lumbreras

ETSII, UPM

Académico revisor

José Ignacio Pérez Arriaga

2

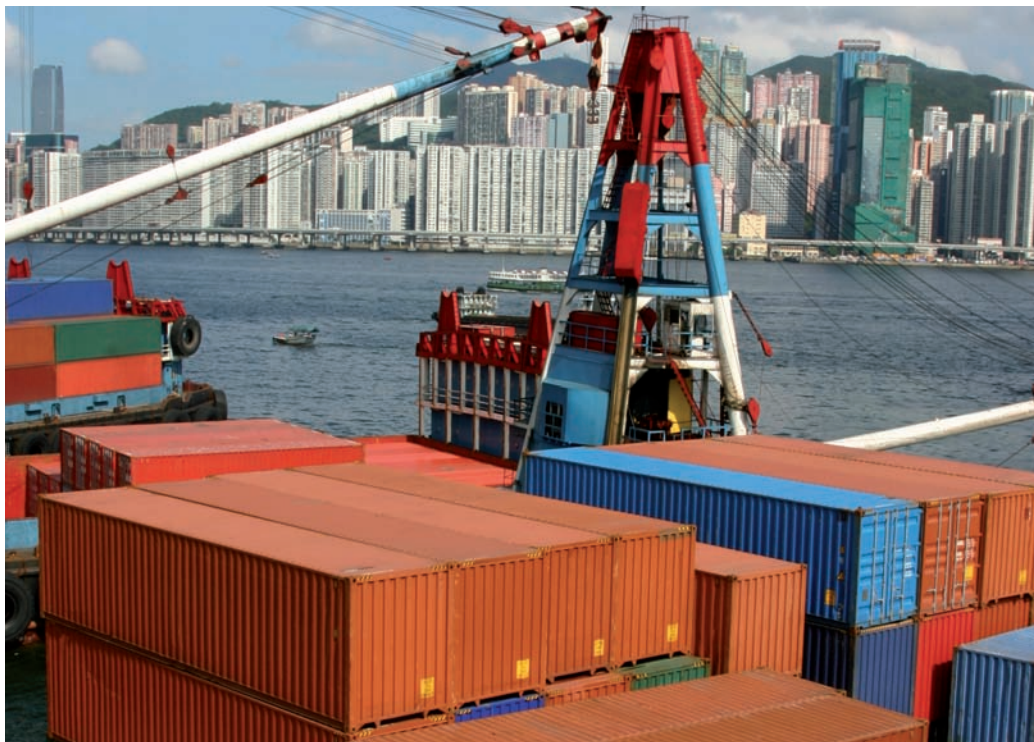
2.1 PREÁMBULO

El concepto de sostenibilidad fuerza, como ningún otro, a adoptar una perspectiva global en el análisis del modelo actual de desarrollo. Los desafíos para reconducir este modelo a una senda sostenible son múltiples y formidables: crecimiento de la población y su justa aspiración a un nivel de vida digno, agotamiento de recursos energéticos fósiles asequibles, impacto ambiental de las actividades de producción y consumo de bienes y servicios, falta de equidad en el acceso y disfrute de la riqueza, instituciones políticas inadecuadas para abordar un problema de esta envergadura y falta de formación e interés de la población en general y de los líderes en particular para hacerse cargo de su magnitud e implicaciones a largo plazo.

Como se ha expuesto en el capítulo anterior, se espera que la ciencia y la tecnología contribuyan significativamente al necesario proceso hacia un desarrollo sostenible, y se han presentado las condiciones generales para ello. En este capítulo la atención se concen-

tra en un sector de actividad en particular, el transporte, en una familia concreta de tecnologías –las tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC– y en el caso específico de España. Sin ignorar la incuestionable perspectiva global del problema, es patente que en la práctica se le debe atacar por partes. Nunca mejor que aquí es de aplicación el conocido lema “piensa global, actúa local”. Porque el sector del transporte es esencial para el desarrollo y es un factor clave en su falta de sostenibilidad. Porque las TIC son omnipresentes en el mundo de hoy y su enorme potencial sólo ha comenzado a aflorar. Y porque España es tan buen sitio como cualquier otro –mejor que muchos, como se verá más adelante– para experimentar hasta donde se puede llegar aplicando las TIC para conseguir un transporte más sostenible. Y es el ámbito natural de actuación de la Real Academia de Ingeniería.

En este capítulo se presentarán primero algunos datos básicos para comprender la magnitud del fenómeno de la movilidad de personas y mercancías, así



como sus implicaciones económicas, sociales y medioambientales, y se pondrá en evidencia la alarmante falta de sostenibilidad del actual modelo de transporte. A continuación se indicarán brevemente los distintos medios que

podrían utilizarse para tratar de reconducir este modelo a una senda de mayor sostenibilidad. Y finalmente se apuntarán algunas ideas acerca de cómo las potentes y ubicuas TIC podrían facilitar esta esencial tarea.

2.2 UNA MOVILIDAD INSOSTENIBLE

La movilidad de personas y de bienes está inextricablemente asociada al desarrollo de los pueblos y a la interacción social. Sin sistemas de transporte eficientes no podrían existir las ciudades ni el comercio. Una movilidad elevada y en aumento creciente debe considerarse como uno de los principales elementos definitorios de la sociedad actual¹. Las pautas de movilidad tienen muy importantes implicaciones sobre el modelo energético, el consumo y la eventual escasez de reservas de petróleo a precios asequibles, las emisiones de contaminantes atmosféricos, que tienen efecto sobre la calidad del aire urbano, las emisiones de gases de efecto invernadero, que son causa principal del calentamiento global, y el importante consumo de recursos de suelo y agua, además de la energía. Los medios de transporte están estrechamente relacionados con el modo de vida de las distintas sociedades humanas: dependen de, y a la vez condicionan, su estructuración espacial y el modo de vida de sus habitantes². Además de un medio de transporte, el coche es para muchos un sím-

bolo de estatus y un instrumento que proporciona una sensación de libertad e independencia. Un volumen creciente de viajes, todavía mayoritariamente en coche pero cada vez más en avión, proviene de las actividades turísticas y de ocio en general. Y no puede olvidarse aquí el escalofriante número de víctimas -muertos y heridos- que son consecuencia de las actividades de transporte.

¿Cómo contribuye el sector del transporte, tanto en el ámbito mundial como en el estrictamente español, a la sostenibilidad del modelo de civilización actual? Adelantando una respuesta -que después se tratará de justificar con datos y opiniones autorizadas recientes- y dejando aparte, por obvia, la indiscutible contribución positiva del transporte al desarrollo económico y social, la actividad del transporte es uno de los factores de mayor peso en la falta de sostenibilidad del actual modelo, sobre todo bajo el punto de vista de utilización de recursos energéticos e impacto sobre el cambio climático. Y España es un caso paradigmático dentro de los países industrializados.

1. Ver el capítulo 5 del Informe España 2008 de la Fundación Encuentro.

2. Es interesante advertir que las TIC son, crecientemente, otro de los elementos configuradores de la realidad social.

2.2.1 El transporte en el contexto mundial³

El sector del transporte desempeña un papel crucial, y además creciente, en el uso de la energía a escala mundial y en las emisiones de gases de efecto invernadero, GEI. El 95% de la energía que el transporte necesita proviene del petróleo, con las conocidas implicaciones de agotamiento del recurso y emisiones de GEI. El transporte es responsable del 23% (6,3 GTCO₂) de las emisiones de GEI asociadas a la energía, correspondiendo un 75% de este 23% al transporte rodado.

En principio se estima que el volumen de la actividad del transporte continuará aumentando en el futuro, mientras el desarrollo económico requiera más transporte y a su vez la disponibilidad de medios eficientes de transporte promueva el crecimiento, facilitando el comercio y la especialización. Además, la mayoría de la población mundial no dispone actualmente de vehículo propio, y muchos ni siquiera tienen acceso a cualquier forma de transporte motorizado.

Esta situación está cambiando rápidamente. A no ser que tenga lugar algún cambio radical en la utilización del transporte, se estima que el consumo mundial de energía para el transporte crecerá aproximadamente al 2% anual, hasta alcanzar en 2030 un 80% más que el valor

actual. Durante la última década las emisiones de GEI ocasionadas por el transporte han crecido más rápido que las de cualquier otro sector con un uso significativo de energía. Y el crecimiento es más acentuado en los países en vías de desarrollo: el porcentaje de las emisiones de GEI del transporte que proviene de los países en vías de desarrollo es actualmente del 36%, pero se estima que crezca al menos hasta el 46% para 2030.

2.2.2 El sector del transporte en España: el marco económico

El sector del transporte (que incluye tanto el transporte de mercancías y viajeros como las actividades anexas al transporte) es también en España una actividad de gran relevancia, tanto desde el punto de vista económico, como social y ambiental.

Según los últimos datos disponibles de la Contabilidad Nacional, el sector aportó en 2004 el 4,8% del Valor Añadido Bruto nacional a precios corrientes (VABpb). Igualmente, cabe destacar la ocupación del sector que, según la Encuesta de Población Activa, en el año 2006 fue de 858.800 personas (el 4,3% de la población ocupada nacional).

En el conjunto del sector, el “transporte terrestre (carretera y ferrocarril) y por tubería” es el más importante, ya que

³. Véase, por ejemplo el capítulo 5 del Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group III, Mitigation, IPCC 2007.

le corresponde el 51,7% del VABpb, emplea al 62,7% del personal del sector (538.600 personas) y en 2006 ha transportado, en el ámbito interior e interurbano, el 84,6% de las mercancías (en toneladas-Km.) y el 88,8% de las personas (en viajeros-Km.). En el “transporte terrestre y por tubería” el mayor peso lo tiene el transporte por carretera. A modo de ejemplo, en el año 2001 el transporte por ferrocarril representó solamente el 6,9% del VABpb del transporte terrestre. Además, el transporte por carretera ha crecido muy por encima de otros sectores, como se desprende de los datos del Observatorio de Mercado del transporte de mercancías por carretera, que estima el incremento medio anual de la demanda en el periodo 1996-2005 en un 8,6%; a su vez el crecimiento del indicador viajeros-Km. por carretera osciló en torno al 4% anual. También ha aumentado su contribución al empleo pasando de representar el 59,0% de los ocupados del sector “transporte” en 1980 al 62,7% en 2006.

Los datos anteriores confirman la importante repercusión socioeconómica del sector, tanto directa como indirecta, siendo una actividad estratégica para sectores básicos en la economía como la industria, el comercio o el turismo, que, sin la participación del transporte, no podrían disponer de materias primas adecuadas, dar salida a sus productos, o recibir a sus clientes.

2.2.3 El sector del transporte en España: consumo energético

A las innegables contribuciones positivas se contraponen los efectos ambientales negativos derivados del transporte de viajeros y mercancías, entre los que cabe destacar el agotamiento de los recursos ligados al consumo energético y a la fabricación de vehículos, la contaminación atmosférica (con consecuencias sobre la salud humana y el deterioro de los ecosistemas mediante la alteración de la calidad del aire, especialmente en el ámbito urbano) y el incremento de la emisión de los gases de efecto invernadero.

Según datos de Eurostat, el consumo energético del sector transporte representó en el año 2005 el 40,6% del consumo total nacional, frente al 31,9% de la industria y el 27,5% de usos diversos (residencial, servicios y agricultura).

Por lo que respecta al consumo de energía final por modos de transporte, según el Ministerio de Fomento, el transporte por carretera supuso en el año 2006 el 65,26% del total de la energía consumida en España en la actividad de transporte. De este consumo, según estimaciones propias, en el año 2006 el 52% del consumo total correspondió al vehículo privado, el 44% al transporte de mercancías y el 4% al transporte colectivo de viajeros.

Del resto de los modos de transporte, el marítimo supuso en 2006 el 22,69% del consumo de energía final mientras que el aéreo alcanzó el 11,13%, el ferrocarril el 0,61%, el transporte por tubería el 0,20% y el metro, el 0,11%.

Además, la práctica totalidad del consumo de energía en el transporte en España es a partir de combustibles fósiles (no renovables) que deben importarse del exterior, lo que es un factor contribuyente a la falta de sostenibilidad del modelo energético nacional.

2.2.4 El sector del transporte en España: impacto medioambiental

Entre los impactos ambientales, cabe destacar la importancia relativa del sector en la emisión de diversos contaminantes atmosféricos. Según el último Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera publicado por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, las emisiones del transporte supusieron, en 2006, un 60,2% de las emisiones nacionales de partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), que son las que tienen un mayor impacto en el deterioro de la salud humana, un 32,7% de las emisiones de CO_2 , un 50,5% de las de óxidos de nitrógeno (causantes de lluvia ácida, eutrofización y formación de ozono tro-

posférico), un 33,2% del monóxido de carbono y un 71,7% de las de cobre.

Entre los distintos modos destaca el transporte por carretera, que supuso en 2006 un 24,6% de las emisiones nacionales de $PM_{2,5}$ y un 26,5% de las emisiones de CO_2 . Aún mayor fue su contribución a las emisiones nacionales de otros contaminantes como los óxidos de nitrógeno (31,7%), el monóxido de carbono (30,5%) y el cobre (68,4%).

La evolución temporal de algunas de las emisiones del transporte por carretera ha seguido una curva creciente de pendiente elevada, como en el caso del dióxido de carbono, cuya generación se ha incrementado un 88,6% en el periodo 1990-2006. Sin embargo, la emisión de otros compuestos, ligados a mejoras tecnológicas, ha experimentado una estabilización o, incluso, una reducción a pesar de los grandes incrementos de movilidad que se han producido en España (por ejemplo, los NO_x se han reducido un 4,3%). Para un análisis más detallado se puede consultar la publicación “Desarrollo de una herramienta integral para el cálculo de proyecciones de emisión de contaminantes en el transporte por carretera (EmiTRANS)” (Lumbreras et al., 2008).

Todos estos datos confirman la enorme trascendencia del transporte por carretera a la hora de diseñar políticas



que conduzcan de manera efectiva, desde un punto de vista del análisis coste-beneficio, a la reducción de la emisión de contaminantes atmosféricos a nivel nacional.

Además, el transporte rodado es fuente de otras presiones sobre el medio ambiente como la generación de residuos. Entre ellos, muchos son peligrosos (aceites lubricantes y baterías), mientras que otros requieren de una gestión especial, como los propios vehículos al final de su vida útil o los neumáticos usados.

Por último, otro impacto ambiental relevante del transporte es el ruido. De hecho, la revisión intermedia del libro blanco del transporte ha puesto énfasis en la atención que se debe prestar a la generación de ruido tanto del transporte por carretera como de otros modos de transporte. En 1999, la Agencia Europea de Medio Ambiente estimó que el 32% de la población total de la UE estaba expuesta a un nivel de ruido por tráfico rodado en la fachada de las casas superior a 55 L_{den} 4dB, el 10% lo estaba por impacto del ferrocarril y otro 10% por el tráfico aéreo. En 2008, la Comisión Europea ha informado que el número de personas afectadas por el ruido del tráfico aéreo (especialmente nocturno) se ha incrementado desde 2002 debido al aumento generalizado del número de movimientos y predice que este

número continuará creciendo en los próximos años.

El impacto ambiental adquiere su mayor importancia en el contexto urbano. En el Municipio de Madrid el sector del transporte representa el 40,1% del consumo de energía final, con un valor estimado de 1.481 toneladas equivalentes de petróleo⁵. El diagnóstico de emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad de Madrid asigna al transporte el 52,7% de las emisiones directas, que representa 5.126 toneladas equivalentes de CO_2 ⁶. En lo que respecta a las emisiones contaminantes con una influencia directa sobre la calidad del aire a escala local, el transporte es responsable del 84,1% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y del 78,3% de las emisiones de partículas en suspensión (PM)⁷. El papel que desempeña el transporte en las grandes ciudades en lo que respecta al consumo energético y generador de emisiones justifica la necesaria integración de las políticas de movilidad como uno de los principales ejes vertebradores de las estrategias ambientales y de sostenibilidad urbana.

2.2.5 El sector del transporte en España: pérdida de capital social y otros impactos

Uno de los problemas sociales más preocupantes asociados al transporte y circulación

4. L_{den} : indicador de ruido día-tarde-noche calculado según el Anexo I de la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Un valor superior a 55 dB implica serias molestias.

5. Fuente: Balance energético del municipio de Madrid. Año 2006. Área de Gobierno de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Madrid 2008.

6. Fuente: Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del cambio Climático de la Ciudad de Madrid 2008-2012. Área de Gobierno de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Madrid 2008.

7. Fuente: Estrategia Local de Calidad del Aire de la Ciudad de Madrid 2006-2010. Área de Gobierno de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Madrid 2006.

de vehículos son los accidentes de tráfico. Según el perfil ambiental de España 2007, en el periodo 1989-2006 la media anual de fallecidos por esta causa en España se situó en 5.528 personas. Desde 1989, año en el que murieron 7.188 personas, se aprecia una tendencia a la reducción de este número, llegando a 4.104 víctimas mortales en 2006. No obstante, esta reducción no debe enmascarar, en ningún caso, la cifra tan alta de víctimas que se siguen produciendo y que supuso una media de más de 11 fallecidos por día en 2006.

En este período, además de haber disminuido de forma importante la siniestralidad, el decrecimiento ha sido mayor en el número de fallecidos que en el número de accidentes. Esta situación se explica, en parte, por las medidas de seguridad existentes en los vehículos (cinturón de seguridad, airbag, sistemas de retención infantil, etc.). Sin embargo, todavía existen circunstancias y conductas en la conducción responsables del alto número de accidentes que se siguen produciendo (exceso de velocidad, imprudencias, distracciones por el uso del teléfono móvil, somnolencia, conducción bajo los efectos del alcohol, etc.).

La situación en Europa es similar a la española. Según se describe en la Carta Europea de la seguridad vial de la Comisión, en el año 2005 murieron 41.274

personas en las carreteras de la UE27, de las cuales el 53,4% ocupaban un turismo o un taxi y el 19,6% un ciclomotor o motocicleta. Además, resultaron heridas, aproximadamente, 1,9 millones de personas. Los daños económicos causados por los accidentes de tráfico se cifran en 200.000 millones de euros, lo que representa aproximadamente el 2% del producto nacional bruto europeo. En comparación con el transporte por carretera, que alcanzó la cifra de 42.953 fallecidos en 2006, las muertes de otros modos de transporte son muy inferiores (65 en las vías de tren y una muerte en operaciones aéreas durante ese año).

Otro impacto del transporte es la congestión del tráfico. El crecimiento sostenido de la movilidad, unido a un crecimiento inferior en la construcción de infraestructuras, da lugar a embotellamientos en corredores que cruzan zonas densamente pobladas o en el entorno de las ciudades (tanto a las entradas/salidas como en el interior de las mismas). Para un análisis más detallado, se puede consultar el anexo 2 de COMPETE (2006), "Studies, harmonised approach and panorama of congestion in Europe and US". Este estudio ofrece una estimación de la congestión en las ciudades usando un índice de tiempo de transporte (ratio entre la velocidad media real y la teórica sin congestión).





Este índice es elevado para grandes ciudades europeas como, por ejemplo, para París Ile de France que es 1,34, para el área metropolitana de Copenhague: 1,40 o para el área metropolitana de Londres: 1,84 (siendo la media para el resto de ciudades del Reino Unido de 1,32).

Tampoco se debe olvidar el impacto derivado de la construcción de las infraestructuras del transporte, especialmente por carretera y ferrocarril, tanto por la ocupación del suelo (las infraestructuras de transporte suponen hasta el 40% de la superficie artificial construida en algunas regiones de España) como por los impactos ambientales derivados de la fase de construcción (uso de recursos, movimiento de tierras, emisiones atmosféricas).

Por último, cabe destacar las implicaciones mutuas sobre el modo de vida y el diseño de las ciudades. La disponibilidad de un transporte accesible, económico y con altos grados de confort ha configurado la forma de estructurar las ciudades (centros comerciales y de ocio separados de los núcleos de población, estructuras urbanas dispersas, edificios de oficinas alejados de los domicilios, etc.). Además, las nuevas estructuras están favoreciendo un crecimiento progresivo de la movilidad. Por este motivo, los análisis que se realicen para mejorar la sostenibilidad del transporte deben ir acompañados, para incidir de forma efectiva en su resolución, de análisis de su relación con la planificación urbanística.

2.3 HACIA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE

Hace ya más de tres décadas, en un informe oficial del Reino Unido se afirmaba⁸ que “el acceso (la accesibilidad) y no el movimiento (la movilidad) es el objetivo del transporte [...]. En una ciudad bien dotada una persona puede tener acceso a una amplia gama de servicios con muy pequeños desplazamientos. Aunque posiblemente sea menos móvil en el sentido ordinario del término que alguien que recorre mayores distancias... dicha persona puede a pesar de todo estar mejor situada, ya que la acción de desplazarse... es algo que habitualmente se prefiere evitar”. Por consiguiente, el objetivo de una política de transportes debiera ser la creación de proximidad o cercanía, mejorando la accesibilidad y reduciendo en lo posible la “producción de transporte”, con sus costes medioambientales, sociales y económicos.

Por otro lado, los límites impuestos por las consideraciones de impacto medioambiental y la escasez de recursos asequibles van a exigir una profunda modificación en los vectores energéticos para el transporte y los medios de produ-

cirlos y utilizarlos, en la eficiencia de los vehículos y en la gestión de las flotas y del tráfico.

2.3.1 Las líneas de actuación

Diversos estudios recientes, realizados por instituciones de incuestionable prestigio, han señalado la gravedad de la situación actual y las líneas posibles de actuación para mejorar la sostenibilidad del modelo de transporte⁹. Las estimaciones con un horizonte de unos 25 años coinciden en señalar que, en ausencia de cambios drásticos que actualmente no parecen probables aunque sean posibles, continuará la casi total dependencia actual del transporte respecto a los combustibles fósiles. Si por escasez del petróleo convencional hubiese que recurrir a las arenas bituminosas o a la conversión de gas o carbón en combustibles líquidos, el impacto en términos de emisiones de GEI se agravaría significativamente, aumentando la urgencia de transitar hacia un modelo de transporte más sostenible. Los distintos estudios coinciden en lo fundamental, y

⁸. Citado en el referido Informe España 2008 de la Fundación Encuentro

⁹. Véase, por ejemplo: a) el capítulo 5 del Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group III, Mitigation, IPCC 2007; b) “On the Road in 2035”, MIT Laboratory for Energy and the Environment, July 2008, <http://web.mit.edu/sloan-auto-lab/research/beforeh2/otr2035/>; c) International Energy Agency (IEA), “Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios & strategies to 2050”, OECD/IEA, 2008.

señalan un conjunto reducido de áreas en las que deben concentrarse los esfuerzos, por sus efectos esperados positivos en términos sociales, económicos y medioambientales:

- **La mejora de la eficiencia energética** es una excelente oportunidad para reducir los impactos negativos del transporte en el horizonte hasta 2030. Por ejemplo, las mejoras tecnológicas en los turismos, apoyadas por regulaciones fuertes que garanticen que estas mejoras se apliquen a reducir el consumo y no a aumentar la potencia y otras prestaciones, se estima que podrían conseguir reducciones en las emisiones de GEI hasta del 50% para 2030. Esto se conseguiría por medio de la utilización de nuevos materiales, reducción de peso y tamaño, diseños avanzados del motor y de la transmisión, mejoras aerodinámicas e hibridación con electricidad. Regulaciones estrictas de la eficiencia de los vehículos privados, utilizando incentivos fiscales, estándares e información a los consumidores serán imprescindibles para conseguir estos objetivos. Principios semejantes son de aplicación a los camiones ligeros de transporte de mercancías y a los autobuses. El transporte por ferrocarril es eficiente, aunque puede aún mejorar mucho más (peso, coeficientes aerodinámicos, frenado regenerativo y mejora en

los sistemas de propulsión). El problema es su escasa utilización. Una parte importante del transporte de mercancías de larga distancia por carretera, y muchos de los viajes de entre 500 y 1.000 Km. por avión, podrían desviarse al ferrocarril, aunque esto requeriría fuertes inversiones en infraestructura y mejoras logísticas. El transporte marítimo se estima que crecerá significativamente con el comercio internacional. Con nuevos diseños y combustibles se espera reducir fuertemente el consumo y las emisiones de GEI. Los aviones de pasajeros actuales son 70% más eficientes en el consumo de combustible que los construidos hace 40 años y se esperan avances significativos en las próximas décadas, en buena parte motivados por el incentivo a reducir este importante capítulo de costes en las aerolíneas.

- **También hay amplio espacio para ganancias en eficiencia en la operación de los vehículos.** Para los turismos los progresos se estima que tendrán lugar en los hábitos de conducción; en los factores de utilización de los vehículos; en su mantenimiento; en los neumáticos; en las ayudas tecnológicas a la conducción; en la gestión del tráfico; y en la logística de las flotas para la optimización de los recorridos de forma que se reduzcan los tiempos de espera, el consumo de energía y las emi-

siones de GEI. Otro aspecto a considerar aquí son las medidas, tanto regulatorias como físicas, para aumentar la seguridad de los viajeros ante accidentes, en cualquiera de los modos de transporte, aunque el terrestre por carretera es aquí, con mucho, el dominante.

- **Los biocombustibles tienen el potencial de sustituir una parte sustancial de petróleo actualmente utilizado en el transporte**, pero en concreto el porcentaje depende fuertemente de la futura disponibilidad de tecnologías eficientes para su producción a partir de celulosa. También las pilas de combustible de hidrógeno podrán alimentar los motores eléctricos de los futuros vehículos y, dependiendo del procedimiento utilizado para obtener el hidrógeno, se podrían obtener reducciones importantes de las emisiones de CO₂. Pero no se espera una penetración apreciable de esta tecnología hasta al menos 2030, pues hay todavía importantes aspectos tecnológicos y logísticos por resolver. Mucho más cercana parece una penetración significativa de vehículos híbridos enchufables a la red o incluso de vehículos exclusivamente eléctricos con baterías. Al menos para los primeros no parecen existir barreras tecnológicas relevantes y los aspectos logísticos son mucho más leves que para el caso del

hidrógeno. Cómo será de positiva la contribución a la mitigación del cambio climático de los coches híbridos enchufables o de los eléctricos, dependerá de las emisiones de CO₂ asociadas a la producción de la electricidad que consumirían estos vehículos. El coste del vehículo será un factor importante para determinar el nivel de penetración que se podrá alcanzar y, de nuevo, el apoyo regulatorio podría ser decisivo. Hay que tener en cuenta un retraso típico en la sustitución de la flota de vehículos existente de unos 10 años. Se ha estimado que con un escenario muy agresivo de penetración de vehículos eléctricos e híbridos muy eficientes se podría reducir el consumo de combustible en un 40% para 2035¹⁰.

- **La futura disponibilidad de tecnologías que permitan capturar eficientemente el CO₂ emitido en grandes instalaciones de combustión, y almacenarlo en forma segura**, será un elemento que condicione a su vez la viabilidad y los méritos relativos de unas tecnologías u otras, en particular las basadas en hidrógeno, en el uso de electricidad almacenada en baterías o en combustibles líquidos sintéticos.
- **La provisión de sistemas de transporte público y la promoción del transporte no motorizado**, junto con el desarrollo de las infraestructuras asociadas, se estima que pueden contribuir significativamente a

¹⁰. Ver "On the Road in 2035", MIT Laboratory for Energy and the Environment, July 2008, <http://web.mit.edu/sloan-auto-lab/research/beforeh2/otr2035/>

conseguir un transporte más sostenible. Lo anterior depende mucho de las condiciones locales de configuración urbanística y de ordenación del territorio, y a su vez influye sobre éstas. Un aspecto importante para la eficiencia del transporte público es el acceso cómodo y eficaz a la información por los usuarios.

- **Si verdaderamente se cree en que la accesibilidad y no la movilidad es el objetivo del transporte**, entre las estrategias para un transporte sostenible deben ocupar un lugar relevante los sistemas de trabajo, comunicación, gestión y educación a distancia.
- **Llevar a cabo y con celeridad la mayor parte de las actividades que se acaban de describir requiere un importante y urgente esfuerzo de investigación, desarrollo e implantación.** En algunas de estas áreas la investigación es esencial para conseguir que la tecnología alcance un nivel de aplicabilidad práctica, como es el caso de las pilas de hidrógeno, los biocombustibles de segunda generación o las baterías de altas prestaciones para

los coches eléctricos o híbridos enchufables a la red.

Todas estas líneas de actuación requieren la formación de profesionales competentes y la investigación necesaria para desarrollar las nuevas tecnologías que se acaban de citar (con un apoyo público explícito, en muchos casos, ya sea en forma económica o regulatoria). Además se precisa una acción deliberada por parte de la Administración para la concienciación de la población sobre la situación actual del sector del transporte, las implicaciones sobre la sostenibilidad que aquí se han comentado, las líneas de actuación previstas y lo que le corresponde contribuir a cada uno.

El resto de los capítulos de este estudio exponen en detalle la mayoría de estas líneas de actuación, poniendo de relieve la contribución de las TIC en su planteamiento, diseño y despliegue. Pero antes se justificará –a continuación– que las TIC tienen aquí verdaderamente un papel importante que desempeñar.

2.4 EL ROL DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC)

Los grandes cambios que serán necesarios para reconducir el modelo de transporte a una senda de sostenibilidad tendrán que pasar por una “descarbonización” de los combustibles, una mayor eficiencia en los vehículos y un cambio en la utilización de los diversos modos de transporte y en el propio planteamiento del territorio y del modo de vida. En definitiva, vehículos más eficientes, patrones más sostenibles de movilidad y sustitución de los actuales vectores energéticos.

En una primera aproximación pudiera parecer que las TIC no estarían directamente involucradas en estos cambios. Sin embargo, como se expondrá a largo de este estudio, las TIC serán imprescindibles como una herramienta necesaria para que muchos de estos cambios –ya sea en la gestión de flotas, sistemas inteligentes de control del tráfico, suministro eficaz de información que facilite la inter-modalidad, logística integral del transporte de mercan-

cías y viajeros, “e-navigation” más eficiente y segura, la “tele-presencia” que permite transportar información en vez de las personas que han de colaborar o aprender de otros, o la gestión de la interacción de millones de coches híbridos enchufables a la red con el centro del control del sistema eléctrico, entre otras muchas aplicaciones– puedan llegar a realizarse.

Las TIC han transformado cómo se vive, se trabaja y se juega. Durante la última década las TIC han facilitado productos como los teléfonos móviles, los ordenadores portátiles o Internet, que forman parte integral de la vida diaria de una parte importante de la humanidad. Las TIC han aumentado sistemáticamente la productividad y han contribuido al crecimiento económico, tanto en los países industrializados como en los países en vías de desarrollo.

En relación con el sector del transporte, en una primera impresión se podría pensar que el mayor impacto de las TIC

debería ser el transformar la vida diaria convirtiéndola en más “virtual”, al facilitar el tele-trabajo, las compras “on-line” y las comunicaciones. Un reciente estudio acerca del impacto de las TIC sobre la sostenibilidad¹¹ cuestiona este supuesto, indicando que un impacto aún mayor de las TIC será el de hacer posibles determinadas mejoras de eficiencia de procesos y aparatos, que anteriormente no eran ni siquiera planteables. Se razona que los consumidores y las empresas no pueden gestionar aquello que no conocen o que no pueden medir. Y que las TIC proporcionan soluciones eficientes y prácticas que permiten conocer las emisiones y el consumo energético en tiempo real, lo que permite actuar para optimizar el funcionamiento de procesos y sistemas.

Aunque las propias TIC dan directamente lugar a consumos energéticos y emisiones de GEI, los ahorros que su aplicación permite conseguir en otros sectores económicos son muy superiores a aquellos gastos¹². En particular se ha encontrado que las oportunidades más atractivas de aplicación de las TIC para reducir emisiones de GEI son las siguientes¹³:

- **La desmaterialización de los procesos productivos**, sustituyendo productos y actividades que suponen un elevado consumo energético o de materiales, o bien un alto impacto ambiental, por otras equi-

valentes de bajo impacto. Ejemplos son la banca electrónica –que elimina gran parte del trasiego de papeles y desplazamientos personales–, el tele-trabajo o las videoconferencias.

- **Los motores eléctricos inteligentes**, consiguiendo mejoras de eficiencia al adaptar la capacidad y la potencia del motor a la función a realizar. La utilización de estos motores en la industria y también en la vida diaria es tan generalizada que pequeñas mejoras de eficiencia pueden suponer ahorros gigantescos. Las TIC pueden fácilmente proporcionar información sobre la utilización real de los motores, simulación de condiciones optimizadas de trabajo y comunicación de los motores con sus centros de control.
- **Los sistemas logísticos avanzados**, que pueden por ejemplo ser aplicados a la optimización del transporte integral de mercancías, lo que comprende las actividades de empaquetado, transporte propiamente dicho –incluyendo por ejemplo la combinación de los modos de transporte por ferrocarril y carretera, almacenamiento, entrega al cliente y gestión de residuos–. El sistema logístico integra hardware y software para supervisar, optimizar y gestionar la operación completa, con el fin de reducir la capacidad necesaria de almacenamiento y las distancias reco-

11. “SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age”, The Climate Group, 2008, www.theclimategroup.org.

12. Se estima que unas cinco veces superiores. El citado estudio calcula que las TIC pueden dar lugar en 2020 a reducciones de emisiones de GEI de cerca de 8 GtCO_{2e} (del orden del 15% de las emisiones en un escenario “Business as usual”) y un ahorro energético valorado en unos 600 mil millones de €.

13. Otra interesante visión integral puede encontrarse en “Las tecnologías de la información y las comunicaciones y el medio ambiente”, Arce Ruiz, Rosa M., Aizpurúa Giraldez, N.; del Rey Tapia, J.; González Valls, J.M. y Rojas Marrero, G. (2007): Fundación Gas Natural.

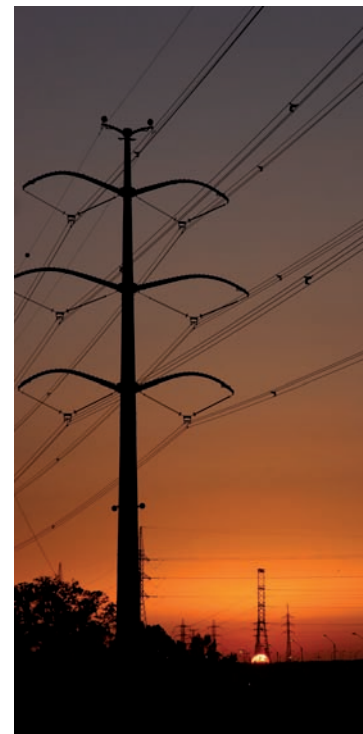
rridas por los vehículos, a la vez que aumentar su factor de carga.

- **Los edificios inteligentes**, con sistemas que permiten gestionar eficientemente la climatización, los electrodomésticos u otros dispositivos, de acuerdo a las necesidades de los usuarios y a las condiciones reales del sistema eléctrico o del clima. Los sistemas de gestión de edificios permiten la toma de datos para identificar oportunidades de mejora, así como el modelado del comportamiento energético del edificio, de forma que son de utilidad a lo largo de su ciclo completo de vida, desde el diseño hasta la construcción, uso y demolición. A través de iniciativas como el proyecto Better Place (ver más adelante), estos sistemas pueden también integrar las necesidades de transporte de sus usuarios, conjuntamente con el uso de redes inteligentes.
- **Las redes inteligentes de transporte y distribución de electricidad** pueden permitir la reducción de pérdidas, una mejor utilización de la capacidad disponible, la mejora de la seguridad de suministro y la provisión de servicios adicionales basados en una comunicación bidireccional entre los usuarios y los centros de control. Las redes inteligentes permiten la integración del suministro y el consumo de electricidad en un único sistema que reacciona conjunta y eficientemente ante los cam-

bios en las condiciones tanto externas como internas. Estas redes harán posible, en un futuro posiblemente cercano, el despliegue masivo de coches eléctricos o híbridos que puedan conectarse a ellas, tanto para cargar las baterías como para inyectar energía cuando se necesite.

Para hacerse una idea de la variedad de posibilidades de aplicación de las TIC en el sector del transporte, y de las implicaciones sobre su evolución más sostenible, basta con leer el índice del presente estudio. El lector encontrará en los capítulos que siguen una detallada exposición del potencial existente y de muchas realizaciones ya en funcionamiento.

Pero el mayor atractivo de las TIC, y donde reside su extraordinario potencial, es que abren posibilidades totalmente novedosas, impensables sin su participación¹⁴. Véase por ejemplo el revolucionario concepto de transporte terrestre Better Place que propugna Shai Agassi¹⁵, al que ya se ha apuntado su país nativo Israel y que está suscitando tantas adhesiones como controversia en otros países. Se trata ni más ni menos que de asimilar el transporte privado terrestre a las comunicaciones telefónicas, en un sentido ni mucho menos simbólico. El usuario de una compañía telefónica no compra un “teléfono” sino “minutos de comunicación”. El



14. “The catalyst for this future transportation system, where more Choice prevails, will be electronic and gireles Communications systems. These information technologies make possible more and smarter travel choices.”, D. Sperling & D. Gordon, “Two billion cars”, Oxford University Press, 2009.

15. <http://www.betterplace.com/>

aparato telefónico es lo de menos para la mayoría de los usuarios, aunque muchos no sean indiferentes a sus prestaciones adicionales, ya que el verdadero coste para los consumidores y la ganancia para las empresas está en la venta de minutos de comunicación. De la misma manera, el usuario de transporte en Better Place no compraría “un coche” sino “kilómetros” de desplazamiento. El vehículo podría opcionalmente ser facilitado por la empresa suministradora a muy bajo coste o incluso gratuitamente. El verdadero negocio estaría en la venta de kilómetros de recorrido... al recargar la batería del coche en los enchufes convenientemente situados en todos los lugares habituales de aparcamiento o al reemplazar una batería sin apenas energía por otra bien cargada. Las baterías serían propiedad de la empresa suministradora del servicio de transporte, esto es, de proporcionar los kilómetros que se pueden recorrer con la energía eléctrica almacenada. Futuras mejoras tecnológicas en las baterías se irían incorporando en las nuevas baterías disponibles para su utilización, sin que esto suponga preocupación alguna para el usuario.

En este mundo futuro de coches puramente eléctricos –aunque los vehículos híbridos enchufables a la red también tendrían cabida en este escenario futuro– lo que se vendería realmente es electrici-

dad convenientemente empaquetada en baterías cargadas o entregadas en los momentos más oportunos para el sistema eléctrico a los coches cuando están, como casi siempre, aparcados. Los sistemas TIC instalados en los vehículos estarían en contacto con los sistemas TIC de las empresas suministradoras del servicio de transporte, que a su vez se entenderían con el sistema de control de la compañía eléctrica, para decidir el momento más adecuado para cargar cada coche atendiendo al precio de la electricidad en cada momento, a las costumbres y necesidades específicas del usuario. A través del sistema de comunicación del vehículo, el usuario estaría informado en tiempo real sobre las plazas de aparcamiento con enchufe que están libres en las cercanías del lugar al que se dirige, y también sobre cuándo y dónde le resultaría más conveniente ir a sustituir la batería en los casos –típicamente desplazamientos muy largos– en los que tuviese que hacerlo.

¿Impacto sobre la sostenibilidad del transporte privado terrestre así concebido? Todo depende de cómo se produzca la electricidad que alimentaría a las baterías de los coches. Según aumentase la penetración de estos vehículos recargables desde la red, se eliminaría progresivamente la dependencia del petróleo del transporte terrestre privado, y todo quedaría en manos de un vector energético muchísimo

más flexible –la electricidad– que puede generarse de diversas formas, muchas de ellas –y muy prometedoras renovables. Y todavía más, al dejar el proceso de carga del conjunto de todas las baterías en manos de las compañías eléctricas, éstas adquieren una poderosa herramienta de la antes carecían¹⁶: la capacidad de no utilizar la energía eléctrica disponible en un cierto momento –cuando el viento sopla, el sol

brilla y la demanda es baja y almacenarla para su uso más adelante– cuando ocurre todo lo contrario. En los futuros sistemas eléctricos, con una elevada presencia de generación intermitente de carácter renovable, el almacenamiento en las baterías de los coches eléctricos e híbridos conectables a la red habrá de ser un elemento indispensable para un control eficiente y seguro¹⁷.

BIBLIOGRAFÍA

Banco público de indicadores ambientales del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. (2008).

Comisión Europea (2001): Libro blanco: *La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. COM 370 final.

Comisión Europea (2008): *Impact assessment on the internalisation of external costs*. Commission staff working document.

COMPETE (2006): *Annex 2: studies, harmonised approach and panorama of congestion in Europe and the US*.

European Environment Agency (1999): *Towards a transport and environment reporting mechanism (TERM) for the EU - Part I and II*.

Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat/>

Instituto Nacional de Estadística (2008): *Contabilidad Nacional de España. Base 1995*.

LUMBRERAS, et al. (2008): *Desarrollo de una herramienta integral para el cálculo de proyecciones de emisión de contaminantes en el transporte por carretera (EmiTRANS)*. Servicio de publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid.

Ministerio de Fomento (2008): *Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera*. Boletín nº 15.

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2008a): *Inventario Nacional de Emisiones Atmosféricas. Serie 1990-2006*.

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, (2008b): *Perfil ambiental de España 2006, Informe basado en indicadores. Apartado 2.11 (Transporte)*.

16. Excepto por la existencia de las centrales hidráulicas de bombeo, pero los emplazamientos adecuados son, en general, muy escasos.

17. Estos comentarios no deben interpretarse como un respaldo al proyecto Better Place como la mejor alternativa para la introducción de la electricidad como vector energético en el transporte privado, sino como una muestra del potencial transformador de las TIC como sustento de nuevos paradigmas de transporte. En cualquier caso habrá que comparar con rigor las distintas alternativas, teniendo en cuenta los impactos en todo el ciclo de vida de los combustibles, de las tecnologías energéticas y de los vehículos utilizados.



LA MOVILIDAD, ¿SIGNO DE PROGRESO?

Ana Moreno

UPM. Coordinadora

Alberto Andreu

Telefónica

Antonio Castillo

Telefónica

Tomás San Juan

Alcatel-Lucent

José Luis Hierro

Alcatel-Lucent

Equipo del Ayuntamiento de Madrid

Equipo de Iberdrola Ingeniería

Académico revisor

Luis Alberto Petit

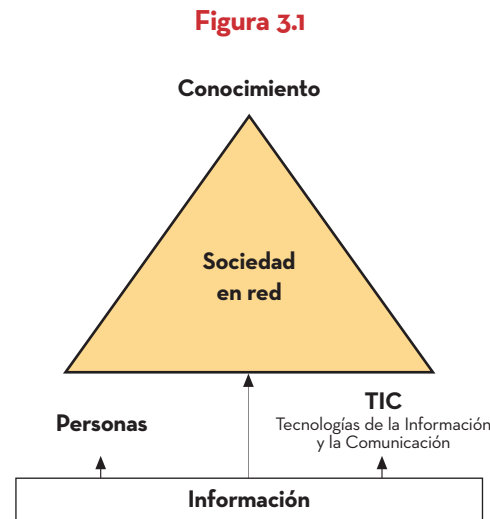
3

3.1 PANORÁMICA SOBRE TIC Y MOVILIDAD

Ana Moreno, UPM

3.1.1 Un nuevo contexto profesional y personal: la sociedad en red

La actividad cotidiana de las empresas, de sus profesionales y de la ciudadanía cada vez se ve más afectada por este nuevo entorno que supone la sociedad en red.



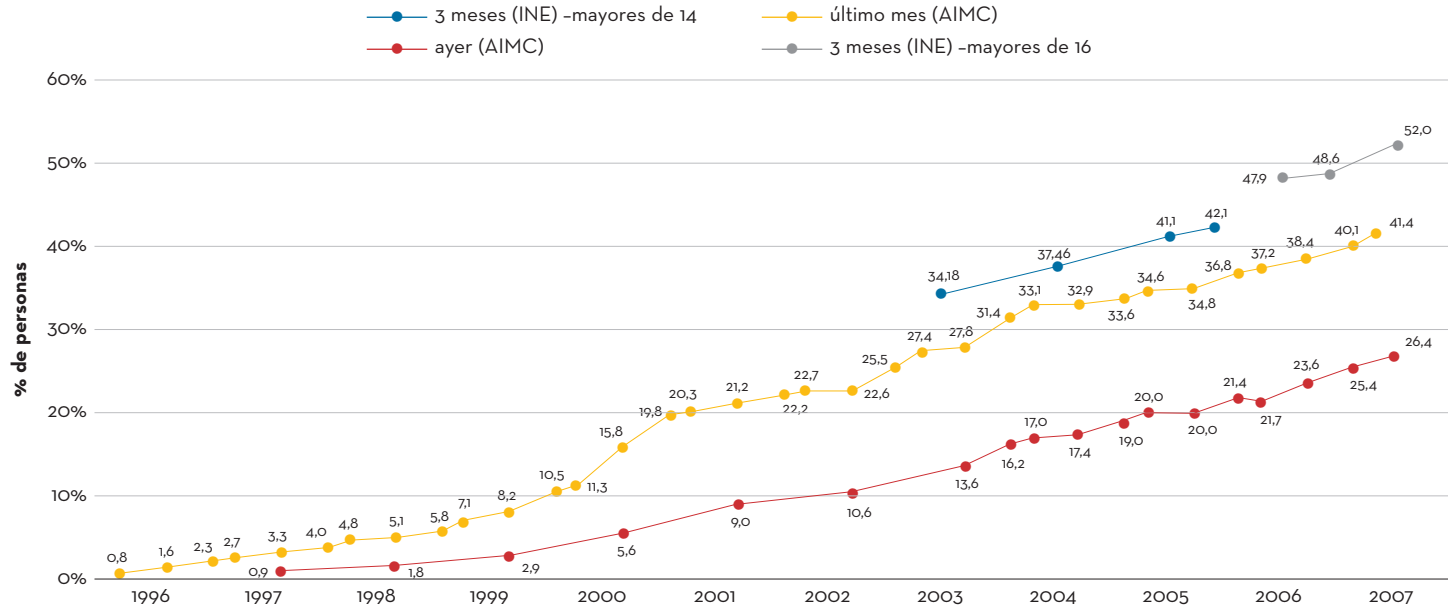
Este nuevo marco en el que se desarrollan las organizaciones podría caracterizarse gráficamente por un triángulo cuyos vértices son el **conocimiento**, materia

prima esencial para los profesionales; las **Tecnologías de la Información y las Comunicaciones**, herramienta de trabajo que permite manejar la información en formatos cada vez más amigables (multimedia) y compartibles (conectividad); y las personas, la sociedad, ciudadanos, trabajadores y trabajadoras protagonistas de esta nueva era de la información. En la base de este modelo simplificado se encuentra la información, insumo básico que las TIC procesan y las personas transformamos en conocimiento.

Los conceptos de sociedad de la información, sociedad del conocimiento y sociedad en red se utilizan para marcar estas tendencias del modelo post-industrial. Muchas veces se utilizan como sinónimos, si bien representan distintos grados de madurez de un mismo proceso de transformación.

La sociedad de la información se centra en el despliegue de las TIC y, con ellas, las oportunidades que ha proporcionado a la sociedad en los últimos años, caracterizándose por poner a nuestra disposición una gran cantidad de información y múltiples posibilidades de

Figura 3.2. Evolución de usuarios de Internet



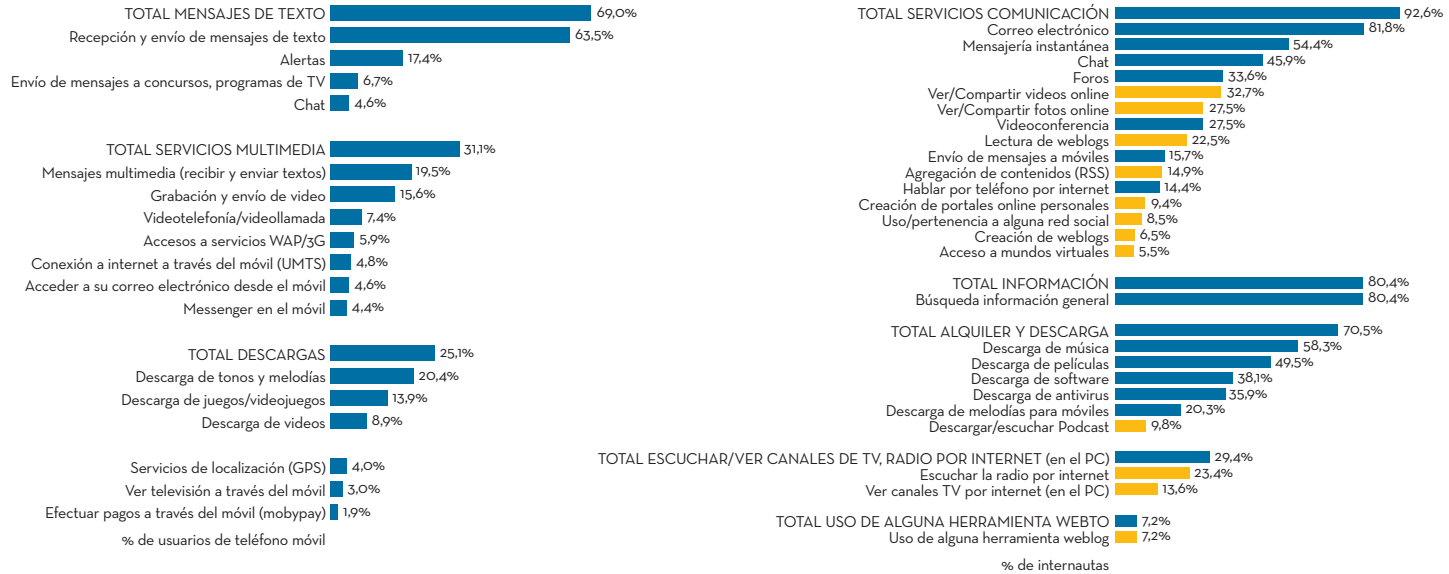
acceso a ella. La información se ha transformado en un bien extremadamente accesible.

La sociedad del conocimiento significa ir un paso más allá. "... implica la explotación de la información en un determinado contexto para la acción, para provocar un conjunto de cambios que establecen diferencias con todo lo anterior. En la sociedad del conocimiento existen nuevas empresas, como las punto com, que se relacionan de otra manera con proveedores y clientes; existen comunidades virtua-

les y nuevos roles; existen nuevas culturas de uso y nuevas formas de comunicación entre los jóvenes; y existe, constatando que efectivamente se trata de otra sociedad, una renovación de elites, donde lo que prima es el conocimiento". (Pérez, 2005).

A su vez, y como consolidación de estas nuevas formas de relación, se puede hablar de la sociedad en red. Manuel Castells la ha conceptualizado como el sistema social de la era de la información, estructurado en redes que se apoyan sobre tecnologías de la información y las

Figura 3.3. Evolución de usuarios de móvil



comunicaciones (TIC), como instrumentos que potencian esta forma de relación, que no es nueva (Castells, 1998).

Las figuras 3.2 y 3.3 (del informe de “La Sociedad de la Información en España, 2007” de Telefónica), muestran la evolución de usuarios de Internet y de usos y servicios de Internet y de móvil.

Este nuevo contexto tiene diversos impactos sobre el medioambiente. Desde la Dirección General de la Sociedad de la Información de la Comisión Europea la estrategia sobre esta sociedad en red y el impacto en la calidad de vida, cuanta con un eje sobre el medioambiente “La socie-

dad de la información representa un cambio de una economía intensiva en energía, altamente contaminante y basada en bienes, a una más desmaterializada y basada en el conocimiento” (web ITC for sustainability).

3.1.2 Movilidad sostenible

La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España, objeto general de este informe, puede enfocarse desde muy diversos puntos de vista. Las TIC son instrumentos que multiplican las capacidades de cálculo, de

comunicación, de operación... La informática, las telecomunicaciones, Internet, el correo electrónico son herramientas presentes en todos los sectores económicos y han traído, en los últimos 20 años, profundos cambios en los procesos productivos, en las cadenas de distribución y comercialización, en los sistemas de atención al cliente y en la gestión de los recursos humanos de las organizaciones.

En última instancia, todos estos procesos de innovación tecnológica y de procesos han permitido, por un lado, un refuerzo de las capacidades de gestión del transporte, y, por otro lado, la sustitución de algunos desplazamientos por la posibilidad de usar canales electrónicos alternativos para ciertas actividades.

Existen multitud de estudios que recogen los avances y las líneas de innovación en marcha para que las TIC mejoren los vehículos, las infraestructuras, la gestión del tráfico y la inter-modalidad. El Libro Verde *“Hacia una nueva cultura de movilidad urbana”* (2007) y el Libro Blanco *“La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”* (2002) de la Unión Europea son sólo una muestra de ello.

Quizás, hasta ahora, se ha prestado menos atención a la potencialidad de las TIC en la sustitución o disminución de desplazamientos, sin menoscabo de la

accesibilidad. En 1970 el ciudadano medio de la Unión Europea (con 6 miembros) tenía una movilidad de 17 Km./día. En el año 2004 en la Unión Europea (con 15 miembros) dicha movilidad media diaria era de 25 km. El Libro Verde recoge una idea que podría dar cabida a la modificación de los hábitos cotidianos de desplazamiento: *“Las consultas han puesto de manifiesto que, para crear una nueva “cultura de movilidad urbana” en Europa, hace falta crear asociaciones. Los nuevos métodos y herramientas de planificación también pueden desempeñar un papel importante en esta nueva cultura de movilidad urbana. Una educación, formación y concienciación mayores también desempeñan un importante papel”*.

Recientemente, la publicación del estudio *“SMART 2020: permitiendo la economía baja en carbono en la era de la información”*, elaborado por The Climate Group con el Global eSustainability Initiative (GeSI) introduce la desmaterialización de la economía como uno de los 5 ejes de mejora en la sostenibilidad a través de las TIC, no la principal, pero sí relevante *“Cuando empezamos el análisis, esperábamos que las TIC podrían hacer nuestras vidas “más verdes” haciéndolas más virtuales -compras online, tele-trabajo, comunicación remota- con el consiguiente cambio de hábitos. Si bien éste es*

un aspecto importante de las soluciones TIC, el primer y más significativo rol de las TIC es permitir la eficiencia". Este informe analiza el impacto en la eficiencia de motores, logística, edificios y redes.

La desmaterialización de actividad se analiza en este estudio, ligándola a una nueva movilidad derivada del paradigma TIC (presente capítulo), que se impulsará más por la constante innovación tecnológica (capítulo 4) e innovación organizativa (capítulo 5 y epígrafes que siguen en este capítulo), y que, como recomienda el Libro Verde de la UE, busca una nueva cultura de movilidad urbana apoyándose en la concienciación a través de las TIC (capítulo 12).

3.1.3 ¿Evitan las TIC desplazamientos o los potencian?

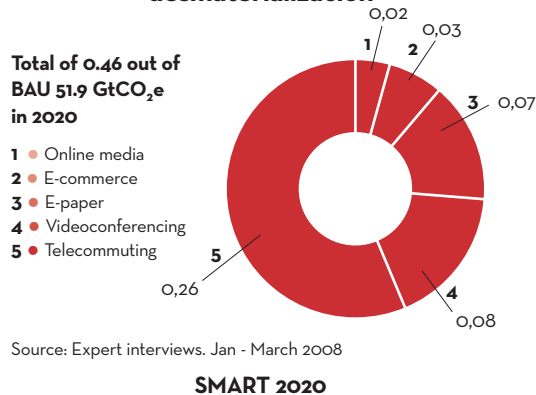
Lo cierto es que los datos recogidos en los capítulos anteriores permiten ver que, a pesar de estar ya plenamente inmersos en la sociedad de la información, los desplazamientos no han cesado de aumentar y, efectivamente, de los datos recogidos en el presente estudio se desprende que la movilidad va en aumento.

El mayor o menor avance del cambio de hábitos para hacer cierto este potencial de movilidad virtual, dependerá de la capacidad de trabajadores, ciudadanos y

usuarios de servicios de modificar los hábitos tradicionales. Las TIC pueden influir en los desplazamientos de manera diferente (Douma, 2003): sustituyéndolos, modificando horarios y rutas, generando nuevos desplazamientos vinculados a relaciones que las TIC permiten y que sin ellas no existirían, y con efecto neutro. La resultante de la disminución de emisiones por sustitución y modificación, y el aumento por nuevos desplazamientos, no está suficientemente estudiada. Este autor analizó el efecto de los viajes de trabajo y compras y confirma las dificultades de obtener resultados concluyentes.

El estudio SMART2020 hace un detallado análisis sobre la contribución del sector TIC a la sostenibilidad, estimando la huella ecológica de su actividad, productos y servicios y los ahorros derivados de la desmaterialización y mejora de eficiencia. En un esquema de continuidad, las emisiones del sector TIC pasarían de las 0,53 billones de toneladas (GT) de CO₂ equivalente (CO₂e) a 1,43 GtCO₂e. Pero las líneas de mejora identificadas permitirían una reducción 5 veces superior a las emisiones del sector, 7,8 GtCO₂e, que es el 15% de las emisiones en 2020 sin cambios. De entre estos ahorros en emisiones, los correspondientes a la desmaterialización de la economía se recogen a continuación:

Figura 3.4. Impacto de la desmaterialización



Estos datos, junto con otros recogidos en el informe, permiten afirmar que el impacto de la modificación de los hábitos de movilidad a través de las TIC puede llegar a ser positivo.

3.1.4 Los ejes de innovación organizativa

Los procesos de cambio que las TIC y las organizaciones en red permiten se encuentran con barreras sociales y culturales que ralentizan los posibles avances. La potencial disminución de los desplazamientos diarios (tele-trabajo, e-administración, e-aprendizaje, e-compra), de los desplazamientos laborales no diarios (reuniones sin viajes) o desplazamientos del entorno personal esporádicos (tele-asistencia, apoyo a viajes de ocio con grupos de comunicación electrónica...) sólo es

posible con actuaciones integradas. La planificación, sensibilización a usuarios, apoyo tecnológico, mejora de competencias y acompañamiento para el establecimiento de nuevos hábitos son los ingredientes de los proyectos que hoy funcionan. Uno de los ejemplos mejor estudiados es el tele-trabajo.

El impacto del nuevo marco de referencia, la sociedad de la información, en los modelos laborales, visto desde el punto organizativo, se produce tanto en los modelos de relación internos de la organización (trabajadores móviles, tele-trabajo...) como hacia fuera (organización virtual). Una organización virtual es aquella en la que sus miembros trabajan superando las fronteras del espacio, del tiempo y de la organización: son multi-sitio, multi-organizacionales y dinámicas. Son, esencialmente, organizaciones en red.

En sus orígenes, el objetivo de sustituir desplazamientos fue una de las primeras razones impulsoras del tele-trabajo en EEUU. En palabras del propio Nills (1994): *“Telecommuting significa que empleados que trabajan en oficinas usan las telecomunicaciones para trabajar en sus casas o en una oficina alternativa del barrio, algunos días a la semana. Telecommuting es la aplicación de las telecomunicaciones con mayor reconocimiento por el ahorro de viajes que supone”*.

El avance del tele-trabajo, del trabajo en red, es imparable y puede ser un motor y aliado para el desarrollo de la sostenibilidad, centrado sustancialmente en que estamos ante un paradigma totalmente nuevo en la organización de tiempos y espacios, mucho más flexible. Utilizar esta flexibilidad para evitar desplazamientos diarios a los centros de trabajo y los habituales en el puesto de trabajo, es una oportunidad para la mejora de impacto de los desplazamientos laborales en el medioambiente. En la segunda monografía de este capítulo se profundiza en el tele-trabajo.

Además, el trabajo en red, permite potenciar los esquemas de colaboración inter organizativa. Hasta hace relativamente poco, las relaciones entre fabricantes -p.ej. en el caso de los automóviles- y sus proveedores eran objeto de múltiples intercambios de información por vía telefónica o a través de correo convencional. Pero en muchas ocasiones, tales relaciones se establecían por vía de desplazamientos personales cuyos sujetos eran altos ejecutivos de las empresas implicadas. También en este campo, los desplazamientos han disminuido gracias al apoyo de las TIC. Nos referimos, en concreto, al intercambio electrónico de datos (EDI), a la planificación de los recursos de todo tipo de la empresa

(ERP), a las gestiones con los proveedores (SCM), etc.

3.1.5 Los no desplazamientos y la calidad de vida

Una última reflexión en torno a la nueva cultura de movilidad tiene que ver con la relación con la calidad de vida de los ciudadanos. Los tiempos dedicados a los desplazamientos, especialmente si el tráfico no es fluido, son fuente de estrés y pérdida de eficiencia personal.

Uno de los motores para el avance del tele-trabajo y de algunos otros de los cambios que se describen en este capítulo, es, precisamente, la búsqueda de la conciliación entre la vida profesional, la familiar y la personal. La flexibilidad que permiten las TIC está en el corazón de las políticas de conciliación que muchas empresas y administraciones ya tienen marcha.

Como contenidos centrales de este capítulo, se profundiza en los dos aspectos que se han considerado más relevantes de entre los expuestos.

En la primera monografía se hace un repaso de las muchas facetas de la vida profesional, personal y ciudadana que pueden ver modificados los esquemas de desplazamiento gracias a las TIC. Las compras electrónicas, las gestiones administrativas en línea, las redes sociales... se



analizan como potenciales mejoras de la sostenibilidad.

En la segunda monografía se profundiza en el tele-trabajo, como uno de los ejemplos de mayor impacto, desde experiencias de éxito, fundamentalmente en Alcatel-Lucent. También se recogen otras iniciativas de conciliación de la vida profesional y personal a través del trabajo en red, de Iberdrola, y el proyecto Aulas Madrid Tecnología que, desde el Ayuntamiento de Madrid, aporta formación y acceso para que más personas puedan tele-trabajar.

3.2 HACIA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE

Alberto Andreu, Telefónica

Antonio Castillo, Telefónica

3.2.1 Introducción

La importancia social, económica y ambiental del transporte es indiscutible. La sociedad valora cada día más la movilidad y tiene un efecto significativo en su nivel de vida.

Un sistema de transporte adecuado es el eje fundamental de la economía, más aún cuando estamos inmersos en un mercado global, en el que es sencillo, y a veces más barato, comprar a miles de kilómetros que a la vuelta de la esquina.

Las mejoras en la movilidad han traído consigo también el crecimiento del tráfico. Las políticas de transporte reconocen la necesidad de restringir su crecimiento. Las actuaciones para mejorar la movilidad no están dirigidas exclusivamente a crear nuevas infraestructuras, que vuelven a estar congestionadas en un periodo más o menos largo, sino a diseñar un sistema de movilidad sostenible, social y ambientalmente, que mejore su eficiencia, pero que evite en lo posible los desplazamientos innecesarios.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) pueden tener

dos repercusiones importantes en el transporte, una, mediante la incorporación de vehículos y sistemas de control de tráfico, y otra, a través de la reducción de la demanda de desplazamientos con el uso de servicios apoyados en las tecnologías de la información.

El tele-trabajo, la educación a distancia y el control remoto de las instalaciones pueden reducir las necesidades de transporte, ofreciendo un servicio sin precisar de un desplazamiento físico. Otros servicios, como el comercio electrónico, pueden tener una repercusión aparentemente negativa, ya que ponen al alcance de nuestra mano artículos que deben ser transportados hasta nosotros largas distancias, pero cuyo desplazamiento se realiza a través de medios compartidos que pueden resultar más eficientes que los desplazamientos personales específicos.

El transporte no es un fin en sí mismo, sino que permite obtener un servicio (educación, sanidad, trabajo, ocio...). Las tecnologías de la información permiten obtener ese servicio sin un desplazamiento físico.

El transporte diario a los Centros de Trabajo ocupa a muchos de los que viven en las grandes ciudades mucho de su tiempo y paciencia. En Madrid se pierde a lo largo de la vida media unos ocho años equivalentes en desplazamientos y diariamente del orden de una hora y media en el traslado al centro de trabajo¹.

En las áreas urbanas especialmente congestionadas ha comenzado a aumentar el número de tele-trabajadores, y se ha empezado a valorar su efecto sobre el tráfico. La Universidad de Munich estimó que en ausencia de tele-trabajo el tráfico en el área del Gran Munich aumentaría un 2%. La reducción de desplazamientos y la disminución de la congestión se traducen en la reducción de la contaminación asociada. En 2005, en Hewlett Packard, había 11.400 tele-trabajadores que trabajaban exclusivamente desde sus hogares. Se estimó una reducción de gases de efecto invernadero asociado de más de 24.000 toneladas de CO₂.

La posibilidad de realizar gestiones por vía telemática, la formación “en red” y la tele-asistencia médica son también algunos de los servicios que ofrecen las tecnologías de la información, que pueden evitar desplazamientos innecesarios. En estos casos es la información la que viaja de un punto al otro haciendo inútil es desplazamiento físico. Algunas estimaciones con-

cluyen que en términos energéticos, una video-conferencia de 4 horas entre dos usuarios supone un impacto ambiental 30 veces menor que si uno de ellos se desplaza en coche una distancia de 100 Km. y 500 veces menor que si el desplazamiento se realizara en avión y la distancia fuera de 1000 Km.

Sin embargo es verdad que en particular Internet y el comercio electrónico están teniendo una repercusión importante en el transporte aéreo. Las ventas de billetes de avión por Internet han propiciado en parte la aparición de compañías de bajo coste y el abaratamiento y sencillez de obtención del servicio con el consiguiente incremento en el uso de este medio de transporte. Así las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al transporte aéreo internacional crecieron un 73% de 1990 a 2003, a pesar de las mejores técnicas incorporadas.

Las diferentes generaciones, tanto pasadas como actuales y futuras de los sistemas de comunicaciones electrónicas se desarrollan para satisfacer las necesidades vitales del ser humano tanto de forma individual como colectiva. Así, los sistemas de comunicaciones móviles de los años ochenta empezaron proporcionando una movilidad sin restricciones a los usuarios a través de una mera intercomunicación vocal mientras que los sistemas de nueva



1. Gastamos al día aproximadamente un quinto (90 minutos) de la jornada laboral (8 horas). La duración de la vida laboral está en 40 años (de los 25 a los 65). La quinta parte de 40 años son ocho años equivalentes.

generación UMTS han progresado paulatinamente en el cumplimiento de objetivos de mayor cobertura de las necesidades, proporcionando nuevos formatos de comunicación multimedia, más rica en información y con mayor disponibilidad de usos y aplicaciones. En un mundo sin comunicaciones electrónicas, los sujetos se ven obligados a desplazarse para poder satisfacer una serie de necesidades que les imponen los hábitos y obligaciones de la vida en sociedad. Pero las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones han construido un nuevo punto de encuentro para la Sociedad: la Red. En la Red, como decía Miguel Unamuno del desaparecido Café Boulevard en Bilbao, “la gente se encuentra porque se cita o no se cita porque se encuentra.”

3.2.2 Las TIC y la vida en sociedad

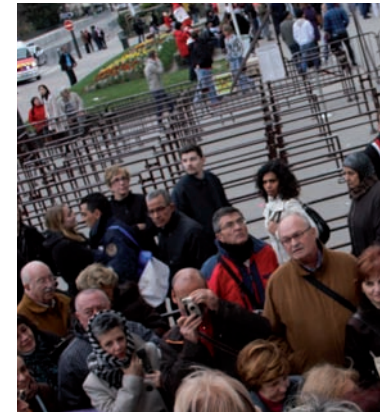
Sin comunicaciones electrónicas los individuos o los colectivos deben moverse para desarrollar una actividad productiva (trabajar) en lugares especialmente diseñados para la realización de sus tareas de forma eficaz y eficiente junto a otros miembros de un determinado colectivo con los que se relacionan para llevar a cabo su labor. También se desplazan a espacios “reales” de “encuentro” donde se realizan transacciones de conocimiento en un proceso

colectivo al que hemos dado en denominar educación, donde discentes y docentes se dan cita para realizar este intercambio y evaluación de capacidades formativas, conocimientos y aprendizajes. La escuela, el Instituto y la Universidad son actualmente espacios reales que soportan la actual infraestructura del conocimiento. De la misma forma la integración en un grupo social, la búsqueda de la interacción con otros miembros del colectivo y el deseo de proximidad hacia familiares y amigos nos llevan a desplazarnos a lugares específicamente concebidos para el ocio y el entretenimiento colectivo, tanto si trata de espectáculos en directo como de la participación en eventos de diversión en grupo. En muchos casos el acceso a la provisión de servicios vitales como la administración de cuidados sanitarios o el cumplimiento de nuestras obligaciones como ciudadano o individuo socializado nos obliga a acudir a lugares como ambulatorios, hospitales, oficinas públicas de la administración especialmente diseñadas para atender las largas colas de peticiones para satisfacer toda una serie de necesidades perentorias desde un punto donde se han concentrado todas las capacidades especializadas disponibles para atender cualquier eventualidad. Por supuesto en una sociedad como la actual basada en la comercializa-

ción de productos, en la cual “se da algo a alguien”, resultaría evidente la necesidad de desplazarse al lugar donde se realiza la transacción es decir al “mercado” (plataforma tradicional del comercio) donde se expone la mercancía y se comercia con ella, para adquirirla y transportarla al lugar de consumo. Sin embargo hoy en día existe una tendencia cada vez más definida hacia transformar nuestra sociedad hacia un nuevo modelo donde “se hace algo para alguien”. Es decir donde fundamentalmente se comercializan servicios. Hoy en día se venden por igual, “a tanta potencia o tanta capacidad por hora”, las redes de telecomunicación como las aeronaves. Ahora mismo las compañías de ferrocarriles ya no compran vagones de tren sino “kilómetros por pasajero”. En este nuevo modelo de sociedad industrial de servicios los nuevos mercados se estructuran en torno a plataformas electrónicas de comunicaciones, donde la exhibición de las mercancías y la provisión de los servicios se realiza en la Red y el transporte de la mercancía hasta el lugar de consumo constituye un servicio más sujeto a transacción. A veces, los actuales suministradores de servicios para los consumidores eran antes fabricantes de productos, pero en otras ocasiones han surgido para completar la cadena de valor hasta el consumidor final, abriéndose paso

mediante ganancias de eficiencia que se traducen en reducciones de coste y de precios. En otras ocasiones en nuevos comercializadores agregan componentes de producto y de servicio para proporcionar una solución completa de extremo a extremo que pone a disposición del consumidor final un producto un producto “puerta a puerta”.

El ciudadano del siglo XXI es un hombre integrado en un mundo administrativo y requiere una interacción frecuente con los sistemas administrativos tanto públicos como privados para realizar actos administrativos que exigen su presencia para acreditar su identidad para la obtención de un servicio, la tramitación de un permiso o autorización, la ejecución de un actuación gubernamental o la inscripción y acceso en registros o archivos. En los actos administrativos estamos representados por algún documento que nos identifica unívocamente. Nuestra identidad digital, hoy en día bajo el formato aún elemental de DNI electrónico puede representarnos con toda precisión, fidelidad, seguridad y confiabilidad ante cualquier institución pública o privada. Esta identidad digital podrá dar fe, mediante la firma digital, de nuestros compromisos, avalar la adquisición de nuevos compromisos en mi nombre o certificar mi presencia en cualquier Acto Jurídico Documentado.



No me veré así obligado a entregar físicamente ante una ventanilla una documentación que hubiera podido viajar perfectamente junto a mi identidad digital por la red de comunicaciones electrónica, ser registrada electrónicamente en un horario permanente de 365 días al año, 7 horas a la semana, 24 horas al día y surtir así los mismos efectos. Podré, mediante mi identidad digital, multiplicar mi eficiencia administrativa sin desplazarme de mi lugar de residencia o desde mi emplazamiento habitual en subastas públicas, actuaciones concursales en varios lugares sin tener que desplazarme a su lugar de ejecución. Mi identidad digital me representará a distancia, evitando así mi desplazamiento a una ventanilla, aunque sea de proximidad para llevar a cabo mis obligaciones ciudadanas tanto individuales, como colectivas o empresariales. Así la presentación de declaraciones de impuestos, altas y bajas de actividad, modificaciones en nuestro perfil administrativo como la dirección fiscal o la obtención de cualquier documentación que certifique nuestra situación administrativa ante cualquier institución pública o privada podrán conseguirse, sin desplazamiento alguno, a través de la Red. La administración electrónica permite así obtener una administración mucho más cercana donde nuestros derechos y obligaciones se ven representados por nues-

tra identidad digital que nos representa plenamente como ciudadano individual o como apoderado de una empresa o colectivo.

De la misma forma están surgiendo paulatinamente otras identidades digitales que nos identifican y representan, a través de nuestro perfil digital específico en otros entornos como el sanitario o el académico. Así nuestra relación con el entorno sanitario vendrá establecida mediante una tarjeta sanitaria electrónica que recoge nuestro perfil médico permanente y nuestra situación sanitaria actualizada permitiendo así a los facultativos de cualquier lugar acceder a la información sanitaria pertinente para determinada actuación médica. Ya no es necesario duplicar desplazamientos para recoger resultados de exploraciones médicas, análisis, radiografías, etc.... Toda esta información viaja y se almacena en toda seguridad, en formato electrónico junto a los datos de nuestra “tarjeta sanitaria electrónica”. Los enfermos crónicos o con largos tratamientos prescritos por el facultativo podrán obtener de esta forma los medicamentos necesarios acudiendo directamente a cualquier farmacia donde identificándose digitalmente obtendrán con toda garantía los medicamentos necesarios. De la misma forma los alumnos de Institutos, colegios y Universidades podrán ejercer

buena parte de sus derechos académicos y cumplir con sus obligaciones académicas de forma electrónica sin desplazarse expresamente para obtener o trasladar expedientes académicos debidamente certificados, realizar matriculaciones, obtener calificaciones o acceder a material didáctico que ya, en estos momentos, está al alcance de sus dedos mediante un “click” en donde quiera que esté, en cualquier momento y en cualquier formato. Así la relación entre los docentes y los discentes o sus familiares y representantes legales cobra nuevas dimensiones gracias a las comunicaciones electrónicas y las nuevas redes sociales que hacen compatible la vida familiar y laboral de padres con la necesaria supervisión y vigilancia de las actuaciones académicas de los hijos sin multiplicar las visitas y reuniones con los profesores con quienes tienen que compartir el seguimiento del aprovechamiento académico de sus hijos.

Así nuestro “Yo digital” nos representa legal y jurídicamente ante todas las Instituciones sin necesidad de nuestra presencia física para acreditar nuestra identidad y sin necesidad de realizar un desplazamiento innecesario para conseguir un objeto que existe en formato electrónico, para ejercer un derecho que me puede ser reconocido electrónicamente u obtener un servicio que así mismo puede ser

prestado u otorgado electrónicamente. Nuestra identidad digital y en muchos casos una identidad suministrada por una Agencia de Acreditación (y hasta a veces nuestro simple Teléfono Móvil con cifrado inviolable de clave pública) nos habilita para obtener a distancia la prestación de servicios de las Administraciones Públicas, nos representa ante las actuaciones de las Agencias Estatales y nos capacita a acceder a los documentos registrados que nos conciernen con toda seguridad y privacidad. De esta forma la e-Sanidad, la e-Educación, el e-comercio, la Administración Electrónica, el acceso ubicuo a los e-contenidos o las bases de datos y aplicaciones empresariales, así como las nuevas facilidades compuestas por las salas de videoconferencia o telepresencia ahorran al individuo tanto en su vida privada como en su faceta empresarial múltiples desplazamientos con el consiguiente ahorro de tiempo y de recursos.

3.2.3 Las TIC, Accesibilidad, Cercanía y Redes Sociales

El acceso instantáneo al “contenido adecuado” en el “momento adecuado” y su provisión de forma inmediata resultan determinantes para que los usuarios acepten con “entusiasmo” modificar sus hábitos



a la hora de recibir servicios sin desplazarse a través de unos medios y en un formato que se consideren seguros y que protegen perfectamente su privacidad y su seguridad. En ciertos casos será el usuario quién acceda a la información mientras que en otros será la información quien busque al usuario a través de su perfil digital individual o familiar y “acceda” a él. Siempre la información llegará al usuario aprovechando los dispositivos que constituyen el entorno cercano del usuario y que componen su red privada o familiar. La utilización de estos medios resulta cada vez más intuitiva y recurre cada vez menos a habilidades técnicas especiales y su utilización resulta cada vez más segura y confiable. Pero su verdadera ventaja radica en los costes, tanto de capital como de operación, cada vez más competitivos de una red compuesta por los Operadores de red y los Proveedores de servicios, aplicaciones y contenidos y por la cadena de valor que constituyen.

Pero hoy en día la Red se ha hecho social y en muchos casos el formato electrónico de estos contenidos permite que estos sean generados y compartidos, bajo el control del usuario inicial, inmediata o posteriormente, con terceros sin tener que recurrir a desplazamientos adicionales. En un futuro cada vez más cercano estos

contenidos, que constituyen los nuevos objetos de transacción, tendrán una base multi-sensorial, utilizando para su elaboración los cinco sentidos humanos y capturando adecuadamente toda la información del contexto, como el estado de ánimo, el estado de salud y los datos del entorno exterior. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se alían con otras ciencias y tecnologías como la biología, la medicina, la psicología, la sociología, las ciencias sociales y la nanotecnología y otros sectores industriales como las industrias del transporte, la automoción, la logística e incluso la industria de la confección penetrando en todos los ámbitos tecnológicos para construir una nueva plataforma de e-movilidad. Esta nueva plataforma trata de revolucionar el concepto de interactividad mediante una nueva concepción de la proximidad y la cercanía, permitiendo construir entornos virtuales donde desaparece la noción de separación física. Estas nuevas plataformas de e-movilidad o si preferimos de no-movilidad permiten evitar desplazamientos innecesarios y optimizar la eficiencia de los imprescindibles. Esta nueva plataforma de e-movilidad es el resultado de la convergencia de las nuevas capacidades de las comunicaciones móviles con los nuevos conceptos de Internet plasmados en lo que se ha

dado en denominar la Internet de las cosas y la Internet de los Servicios. Lógicamente esta nueva versión integral de la movilidad requiere de una contribución multi-disciplinar que atraviese las fronteras actuales entre sectores y transforme los hábitos y costumbres de la sociedad. Una sociedad que cada vez muestra una mayor dependencia de las comunicaciones electrónicas en todos y cada uno de los aspectos de la vida diaria hasta llegar a convertirlas en un elemento esencial e indispensable de nuestra existencia.

Hoy en día las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y la Sociedad han establecido un mutua influencia donde los cambios sociales y sus expectativas latentes se han convertido en la justificación de las nuevas generaciones de tecnología que sólo encuentran su razón de ser en satisfacer las actuales y futuras tendencias en la sociedad, en la forma en la que trabajan, se educan y se relacionan los individuos, en como comercian y se relacionan entre sí y en los medios que utilizan para prestarse servicios tanto públicos como privados sean sanitarios, administrativos o de ocio. La Sociedad hoy en día pide mayor flexibilidad y libertad de planteamientos y espera de la tecnología que aporte soluciones para derribar las barreras que nos

impiden satisfacer unas obligaciones públicas, empresariales y privadas desde cualquier lugar y en cualquier momento. La inmediatez e instantaneidad con que hoy en día la Sociedad demanda estas prestaciones, lleva a realizar estas funciones con el menor retraso posible reduciendo al máximo los desplazamientos y planificando la distribución geográfica de los recursos para que todo esté disponible en todo momento y accesible virtual y físicamente desde cualquier lugar.

Los hábitos de vida están cambiando desde una situación donde los papeles tradicionales tanto individuales como colectivos estaban claramente definidos hacia unos patrones de comportamiento mucho más complejos y sofisticados donde las fronteras entre las vidas profesionales y privadas cada vez resultan más borrosas y la distinción entre lugar de trabajo y hogar es cada vez menos obvia. Estamos asistiendo debido a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones a un rápido cambio social y participamos en un entorno social cada vez más diverso en todos los aspectos de nuestra vida diaria. Desde el punto de vista tecnológico el reto consiste en apoyar y sostener el ritmo de cambio y en aportar soluciones a una amplia gama de necesidades de interacción del ser humano.

3.2.4 Las TIC y la mundialización

Pero también es verdad que la sociedad y la economía se han mundializado gracias a la penetración global de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones multiplicando así las ocasiones de establecer nuevas relaciones económicas o amistosas que exigen desplazamientos más frecuentes para atender personalmente el desarrollo de estas nuevas relaciones. Estos viajes aumentan el “nomadismo” y provocan en la sociedad la necesidad de poder replicar el entorno de trabajo, o de ocio allí donde nos movemos y acceder al entorno familiar. El deseo de inmediatez para disponer de la información, los servicios y contenidos habituales obedece a la necesidad de obtener una mayor eficiencia en el desplazamiento y optimizar los resultados. El desplazamiento pasará a tener un nuevo significado que va más allá de mera interacción con otros entornos para cumplir con obligaciones o ejercer derechos. Así, en un entorno digitalizado y con cobertura de banda ancha prácticamente universal, el comercio electrónico cambiará los hábitos de compra y la orientación de tiendas y almacenes transformándolos de lugares de transacción en salas de demostración donde el cliente o futuro se ve sometido “en directo” a la experiencia de

usar un producto o un servicio y donde el vendedor será un agente comercial experto capaz de asesorar al cliente, resolver sus dudas o mejorar el grado de satisfacción del potencial usuario y convencerle para que realice la compra posteriormente a través de la Red, cuando le resulte más cómodo, a través del agente de su preferencia y estableciendo las condiciones de la entrega en términos de pago, fecha y lugar.

Los nuevos sistemas basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se diseñan tomando al usuario y a sus necesidades como centro de la aplicación para proporcionarles acceso sin barreras a cualquier información o contenido desde cualquier lugar y en cualquier momento a través de cualquier dispositivo o red de acceso, independientemente de la cobertura radioeléctrica existente, utilizando los perfiles definidos por el usuario y su dispositivo y la información disponible sobre el contexto. La información accesible por los usuarios no se limitará en el futuro a la existente en las bases de datos y repositorios de contenidos sino que incluirá la que se vaya generando instantáneamente y capturada por redes multi-sensoriales y aplicaciones interactivas de inteligencia ambiental que agregarán los datos para suministrar informaciones contextuales en

tiempo real que nos permitirán ir tomando decisiones a lo largo de nuestro desplazamiento y en función de nuestro mejor conocimiento de la ruta o de nuestro destino. En un futuro muy próximo, los propios dispositivos móviles/portátiles explorarán el entorno que rodea al usuario en movimiento, detectarán la propia ubicación de los viajeros y les ofrecerán nuevas posibilidades ampliando sus capacidades como transeúntes en nuevos espacios. El “espacio personal del usuario” se interconectará con el mundo circundante a través de interfaces multi-modales, detectores de todo género, actuadores, diversas redes de acceso y nuevos sistemas de control para proporcionar una visión más precisa y rica de los nuevos espacios visitados y entregará la información o contenido correspondiente en función de la red donde se encuentre. La convergencia tecnológica y geográfica de las redes móviles de nueva generación y la penetración casi universal del acceso de banda ancha se traducirá en tecnología “invisible” y “omnipresente” que nos recubrirá allí donde estemos. La conectividad sin barreras proporcionará a los usuarios que se desplacen una nueva experiencia de disponer de todas las posibilidades que le ofrece su entorno personal en el lugar de su elección. El nuevo lema de las Redes de Información y Comunicación del futuro

será “Siempre disponibles allí donde esté” (“Always on”, “Always here”). Este nuevo don de la ubicuidad deberá ir acompañado de nuevas funcionalidades tecnológicas que garanticen que el entorno personal que viaja con otros nos proporciona una privacidad, seguridad y protección contra el fraude y nos libere de nuestros tradicionales temores cuando abandonamos nuestro entorno físico personal donde nos sentimos protegidos, seguros y a salvo de ataques fraudulentos.

3.2.5 Conclusiones

Las Tecnologías de la Información constituyen una nueva plataforma de encuentro para la oferta y la demanda de los servicios que demanda la Sociedad. Su capacidad para proporcionar una relación interactiva con atributos virtuales de proximidad, accesibilidad instantánea y cercanía emocional permite erradicar de las costumbres sociales una serie de desplazamientos innecesarios y sustituir prácticas individualmente ineficientes por servicios industrializados que aprovechan la economía de escala y nos acercan a entornos sociales sostenibles.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tienen un amplio potencial para mejorar la gestión del tráfico, principalmente en los núcleos mas

congestionados. El control remoto reduce los desplazamientos del personal para la actuación en las vías y los vehículos inteligentes son capaces de mejorar la seguridad y hacer más eficiente el consumo de combustible.

La posibilidad de trabajar, acceder a los servicios de educación, asistencia sanitaria o gestión administrativa, desde casa

o desde centros cercanos a sus domicilios mejora la calidad de vida de los ciudadanos, les ayuda a conciliar su vida personal y laboral, y a aprovechar mejor su tiempo. Además, puede contribuir a hacer ciudades más sostenibles: reducir los desplazamientos en horas punta, las necesidades de aparcamiento y la contaminación ambiental y acústica.

3.3 EL TELE-TRABAJO COMO INCENTIVO PARA EVITAR DESPLAZAMIENTOS

Tomás San Juan, Alcatel-Lucent

José Luis Hierro, Alcatel-Lucent

Ana Moreno, UPM

Equipo de Iberdrola Ingeniería

Equipo del Ayuntamiento de Madrid

3.3.1 Introducción

El trabajo realizado de forma no presencial surge en las sociedades occidentales más avanzadas, en los albores de la década de los noventa, como una iniciativa para facilitar a ciertos trabajadores especializados el poder realizar tareas de forma remota, lográndose con ello una cierta conciliación entre la vida privada y la profesional.

Este fenómeno no se ha desarrollado de igual manera en todas las partes del mundo, sin embargo, a lo largo de la última década han aparecido numerosos factores que han contribuido al desarrollo del tele-trabajo como tal. Además de las razones originales ya mencionadas, han ido surgiendo nuevas necesidades empresariales de reducción de espacio de oficinas, ahorro de costes del transporte y reducciones de gastos por empleados dentro de las ofi-

cinas, acompañadas en muchos casos de incentivos fiscales tanto para las empresas como para los trabajadores. Asimismo, las directivas mundiales asumidas por la mayoría de las sociedades occidentales sobre control energético, reducciones de contaminación y reducciones de transporte público y privado en horas pico, han favorecido en los últimos años un desarrollo más acelerado del tele-trabajo.

En algunos países -Estados Unidos, Canadá, Japón y Norte de Europa- se han observado desarrollos del mercado de tele-trabajo más rápidos, mientras que en otros casos están siendo retrasados a causa de deficientes infraestructuras tecnológicas o por razones relacionadas con aspectos culturales o ligadas a políticas y estilos de gestión de recursos humanos.

Los elevados niveles de contaminación en las grandes ciudades, los crecimientos desmesurados de población tra-

bajadora alrededor de los grandes núcleos urbanos, la incapacidad de las redes de transporte público para facilitar el desplazamiento rápido de los trabajadores hasta sus lugares de trabajo, el encarecimiento y uso inadecuado de los combustibles, junto con otros factores similares están inclinando tanto a los gobiernos, como a las empresas y también a los ciudadanos/trabajadores a tomar medidas tendentes a solucionar o paliar los efectos negativos que todo lo anterior produce.

Según estudios recientes, el transporte es el sector que provoca el mayor nivel de gases de efecto invernadero, un 23% del total. En España, según estimaciones de GMV, el 84% de los españoles se desplazan a diario e invierten de media en ello una hora. El tele-trabajo y las videoconferencias, con escasa presencia en España frente al 13% de usuarios en Europa, pueden ayudar a reducir no sólo el volumen de desplazamientos, sino también tener un efecto positivo en la fluidez del tráfico en horas punta, lo que redundaría en grandes ahorros de combustible y menor contaminación, ya que se estima que el 50% del consumo de combustibles se produce en las retenciones de tráfico. Según estimaciones de la Unión Europea, cada año, la economía europea pierde, debido a este fenómeno de congestión de tráfico, en torno a cien mil millones de

euros, lo que representa un 1% del PIB de la UE.

Parece evidente que los gobiernos deben lanzar iniciativas que ayuden a las empresas a promocionar y favorecer el tele-trabajo como una de las medidas que ayuden a resolver los temas antes indicados. En este sentido, a principios de 2008 el Parlamento Europeo aprobó un conjunto de medidas para lograr una movilidad más sostenible en las ciudades europeas y mitigar el impacto del transporte urbano sobre el medio ambiente. Entre esas medidas se encuentra el fomento del tele-trabajo, así como el establecimiento de horarios más flexibles en oficinas y escuelas.

A pesar de que sólo un 5% de los ocupados en España son tele-trabajadores (frente al 13% de media de la UE), algunas multinacionales llevan ofreciendo a sus empleados desde hace años la posibilidad de trabajar desde casa. Además el concepto de trabajo en red, más amplio que el de tele-trabajo, está permitiendo nuevos esquemas de organización que facilitan la conciliación.

A continuación se recogen dos experiencias de tele-trabajo en empresas privadas: la de Alcatel-Lucent, que se analiza en detalle, la de Iberdrola Ingeniería y Construcción, y una pública de promoción y apoyo al tele-trabajo, del Ayuntamiento de Madrid.

EJEMPLO DE CONCILIACIÓN DE IBERDROLA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Iberdrola Ingeniería y Construcción, estableció entre sus objetivos estratégicos el análisis y la posterior implantación de nuevos mecanismos de desarrollo de la actividad laboral remunerada, objetivos que permitieran impulsar la captación y retención de talento, la mejora de la productividad, la reducción de costes operativos y la aportación de mejoras medioambientales. Es aquí donde la compañía (pionera en el sector de referencia) sitúa la implantación del denominado tele-trabajo, sistema que puede permitir alcanzar estos objetivos y que supone una indudable mejora en el ámbito de la conciliación laboral, familiar y personal.

Para su implantación, la compañía ha optado por desarrollar, como paso previo a su implantación definitiva, un Proyecto Piloto, presentado y aprobado por el Comité de Dirección de la compañía, cuya duración se ha extendido durante seis meses, periodo en el cual se ha realizado un seguimiento exhaustivo de todos los elementos y del que se ha hecho partícipe a todas las partes implicadas (colaboradores, responsables, área de sistemas informáticos, prevención de riesgos laborales, comunicación y área de relaciones laborales, representación social, ...).

Los resultados están siendo a priori muy positivos, tanto en lo que tiene que ver con la satisfacción de los colaboradores, de los responsables, así como de las diferentes áreas que han intervenido en el proceso de aplicación y en el cumplimiento de los objetivos que se perseguían. En este sentido, se detecta una mejora en el grado de motivación provocado por la inversión en factores como son la responsabilidad y la autonomía en el trabajo, de la orientación a resultados y de la propia imagen de la compañía tanto internamente como hacia el exterior, factores que permiten aventurar una mejora en la captación y retención del talento. Por otro lado, los niveles de rotación en un mercado con profesionales altamente cualificados y muy demandados, se han reducido de forma considerable. Nuestra rotación no forzada, a 31/12/08 es del 5,2, cuando en el sector de Ingeniería y de Construcción, supera los dos dígitos.

Desde un principio, la Dirección de Organización y Recursos Humanos de la compañía, apostó por la implantación de un sistema mixto (supone la presencia física en oficina algún/os días de la semana) y flexible para el desarrollo del tele-trabajo, de tal forma que teniendo como punto de referencia el acuerdo individual de condiciones que firman las partes, el sistema permite alterar su distribución en función de la necesidad de uno u otro. De este modo la compañía pretende evitar por parte de los empleados, posibles sentimientos de aislamiento y mantener el contacto y trabajo en equipo.

En el proceso de implantación se han regulado aspectos como:

- Definición del Acuerdo Individual de Condiciones.
- Definición e implantación de herramientas de trabajo y plataformas de comunicación a través del área de Sistemas.
- Formación en movilidad y en Prevención de Riesgos Laborales (Ergonomía).
- Definición del sistema de seguimiento y control de productividad.
- Definición sistemas de apoyo.
- Confidencialidad y Seguridad en los datos...

En el reciente informe SMART 2020 de “The Climate Group”, se recalca el papel fundamental de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el logro de los objetivos medioambientales, mediante la denominada “desmaterialización” facilitada por el tele-trabajo, estimándose que se pueden alcanzar ahorros anuales en emisiones de dióxido de carbono de 260Mt, comparables con las reducciones que se podrían alcanzar mediante el uso de vehículos con alta eficiencia.

3.3.2 Experiencias de tele-trabajo en Alcatel-Lucent

Desde hace ya tiempo, en Alcatel-Lucent ha existido una gran aceptación del tele-trabajo como extensión natural de los procesos implantados para el trabajo “colaborativo” en el seno de organizaciones globales, cuyos miembros con frecuencia se encuentran repartidos entre varias sedes y geografías. Este tipo de organizaciones presenciales pero distribuidas geográficamente han requerido una definición específica de procesos de comunicación, asignación de tareas, seguimiento y métricas de consecución de objetivos que pueden extenderse fácilmente a entornos de tele-trabajo.

Cuando la sociedad empezó a demandar nuevas fórmulas laborales por

motivos relacionados con la conciliación entre vida familiar y laboral, unidos a potenciales mejoras de la productividad mediante la optimización de tiempos y recursos, así como a sus efectos beneficiosos sobre el medio ambiente debidos a la reducción de desplazamientos y el impacto positivo tanto en fluidez del tráfico como en menor contaminación, en Alcatel-Lucent se pasó del tele-trabajo como fenómeno ocasional sustentado por los procesos distribuidos asociados a las organizaciones globales, al tele-trabajo estructurado mediante mecanismos y acuerdos laborales específicos.

En el caso de Alcatel-Lucent, al ser ésta una empresa de tecnología e innovación, se han desarrollado experiencias pioneras muy útiles para demostrar el potencial que aportan nuestras soluciones y servicios de banda ancha.

Experiencia en Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los mercados pioneros del tele-trabajo, donde ya en los años ochenta y noventa se favoreció el desarrollo de estas iniciativas por parte de las empresas y administraciones públicas.

En Alcatel-Lucent se definieron en aquel momento unas normas que apoyaban el tele-trabajo. El requerimiento podía

surgir tanto por parte del empleado como por la empresa, siendo las líneas maestras:

- Atraer y retener empleados con talento y maximizar la diversidad.
- Cumplir los estándares ambientales locales y federales descritos en el U.S. Clean Air Act y otras regulaciones globales.
- Mejorar la productividad para determinados puestos de trabajo y empleados.
- Entender mejor y poder captar cuota de un mercado de productos y servicios en crecimiento, a través de una experiencia interna.
- Reducir costes operativos, como por ejemplo espacio de oficina.

De la misma forma, si algún término o cláusula de la normativa tenía algún conflicto con alguna norma local, federal o estatal, entonces, esta última norma prevalecía sobre la de la empresa en el caso de que un empleado se sintiera afectado.

La normativa indicaba en sus primeros capítulos algunas definiciones:

- *Tele-trabajo formalizado*: cuando los empleados trabajan toda o casi toda su jornada laboral en casa de forma regular, por ejemplo de lunes a viernes o de martes a viernes y trabajan los lunes en las oficinas.
- *Oficina Virtual*: localización independiente al entorno de trabajo, que dispone de red de acceso de banda ancha a

la red interna de la empresa, y permite a los empleados trabajar desde cualquier lugar y a cualquier hora, por ejemplo en aeropuertos, en dependencias de cliente, en vehículos, etc.

- *Tele-trabajo ocasional*: cuando a los empleados se les pide trabajar una parte o la totalidad de su jornada semanal en casa o en otra localización debido a circunstancias excepcionales, por ejemplo por razones meteorológicas.
- *Tele-trabajo por emergencias del negocio*: cuando a los empleados se les pide trabajar una parte o la totalidad de su jornada semanal en casa o en otra localización, por un periodo corto de tiempo, debido a estrategias o directivas de la empresa o bien por causa de una emergencia.
- *Acuerdo del Tele-trabajador*: es el documento que refleja los acuerdos específicos sobre el modelo de tele-trabajo entre el trabajador y su supervisor.

Con respecto a los aspectos relacionados con desplazamientos, se fomentó la contención en dichos desplazamientos al no cubrirse los gastos de transporte entre el lugar de tele-trabajo y las oficinas en el caso de un trabajador que disponga de espacio asignado en las oficinas. Solamente puede reclamar aquellos gastos derivados del uso del vehículo,

tanto combustible como parking y peajes, para kilometrajes en exceso al trayecto ida y vuelta entre su localización remota y su oficina. En el caso de trabajadores que no tengan espacio asignado en oficina el cálculo se efectúa para el exceso entre su localización remota y primera parada de negocio, ida y vuelta.

El acuerdo estableció, con gran flexibilidad, que sólo se requería la presencia del empleado en la oficina un día a la semana, fundamentalmente para compartir información, “hacer equipo”, mantener reuniones para intercambio de ideas, etc. Esta aproximación tuvo un efecto radical sobre las necesidades de desplazamiento de los trabajadores.

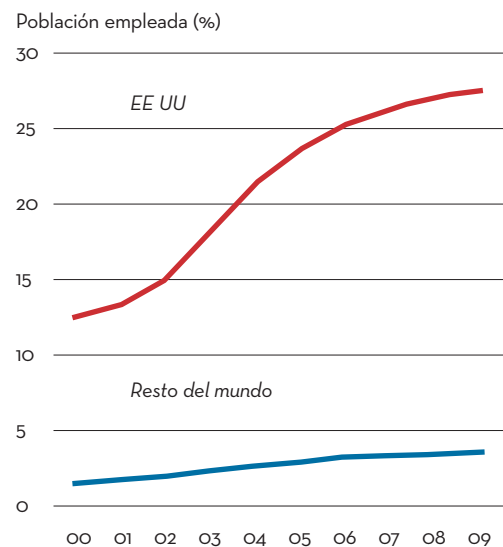
La política fiscal en la mayor parte de EE.UU. ayuda a promocionar el teletrabajo, pudiéndose deducir los gastos de teléfono e Internet como gastos de trabajo.

Afortunadamente, el soporte al teletrabajo demostrado por Alcatel-Lucent en EE.UU. no es un hecho aislado, existiendo una gran concienciación social a este respecto.

En análisis realizados recientemente en EE.UU. por Gartner, se estima que más de 14 millones de trabajadores teletrabajarán más de 8 horas a la semana en 2009.

Figura 3.5. Previsión de la teleconexión

Para 2009, el 27,5% de los norteamericanos serán teletrabajadores, según el análisis de Gartner Dataquest



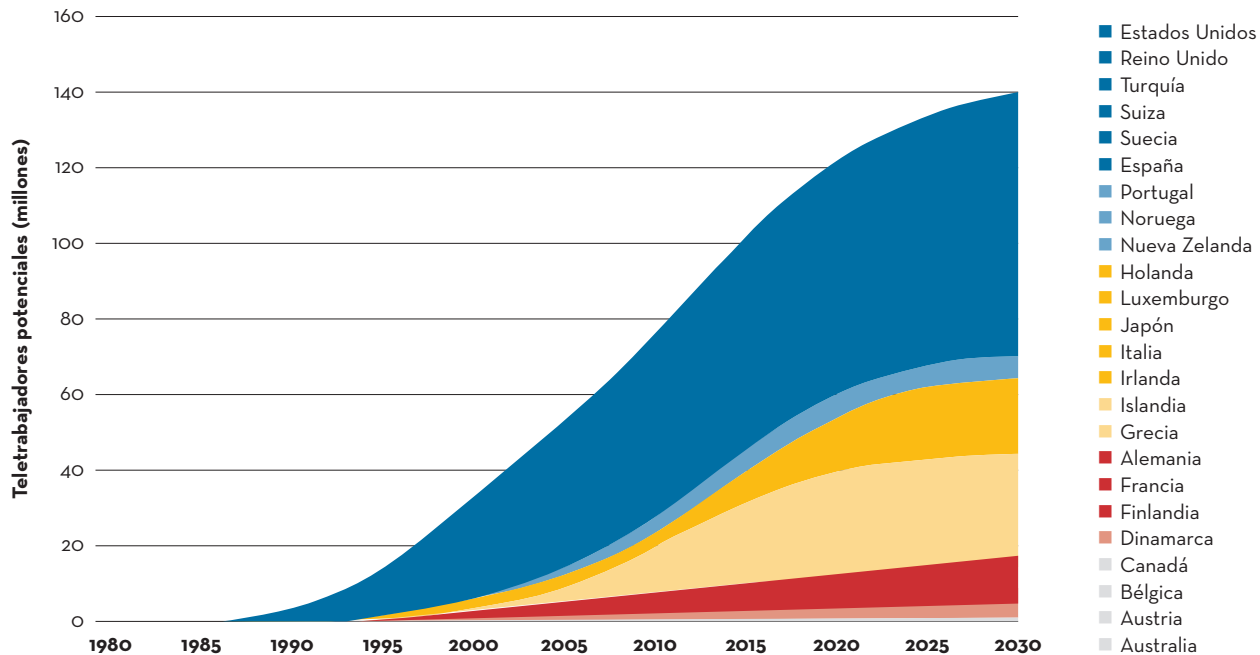
Fuente: Gartner Dataquest (April 2007) MSNBC

Experiencias en Europa

Como se comentó anteriormente, existe una gran concienciación social en Europa sobre temas medioambientales y una actitud positiva frente a mecanismos que contribuyan a disminuir el tráfico y aumentar su fluidez.

En el caso de Alcatel-Lucent Holanda, la normativa de tele-trabajo desarrollada desde hace una década tiene muchas similitudes con el de Estados Unidos, especialmente en los objetivos y

Figura 3.6. Previsión de crecimiento del teletrabajo en los países de la OECD



ambiciones del plan tanto para los trabajadores como para la empresa y las administraciones. Alcatel-Lucent Nederland ofrece a sus empleados la opción de trabajo remoto uno o dos días a la semana.

A diferencia con el caso anterior y debido a la peculiaridad de la limitación a un máximo de dos días por semana, en el caso holandés existe una regulación que obliga al “cumplimiento” del mismo número de horas de trabajo que se recoge en el acuerdo de trabajo en oficina, con la salvedad que se

acuerda con el supervisor su cumplimiento en horarios extendidos y de fin de semana.

En los capítulos de gastos cubiertos por el acuerdo y acondicionamiento del área de trabajo no existen mayores diferencias en relación al caso de los Estados Unidos.

Experiencia en España

La última experiencia sobre la que queremos realizar un breve análisis es nuestra propia experiencia en España, donde Alcatel-

Lucent ha recibido un premio de Expansión & Empleo a la Innovación en Recursos Humanos. El proyecto ha tenido una enorme aceptación entre los empleados por su flexibilidad y adaptabilidad, de modo que permite una buena y personalizada conciliación de la vida familiar y laboral.

La experiencia iniciada en 2004 ha supuesto un enorme aprendizaje, habiéndose fijado hasta dos días de tele-trabajo por semana, como en el caso Holandés. Con el propósito de analizar el desarrollo de la experiencia, se escogieron diversas posiciones y perfiles tanto laborales como personales, y se ha realizado un seguimiento de las relaciones entre compañeros incluidos en el plan y compañeros localizados en la sede de la empresa así como reuniones, interacciones, relaciones personales, e impacto en la vida familiar.

Una de las conclusiones más relevantes tras la finalización del proyecto ha sido que la mejora en la motivación y la confianza depositada en el trabajador hace que éste se implique más en los resultados de la empresa. La experiencia ha contribuido también a fidelizar y retener a profesionales con talento, ya que se ha mejorado la imagen de la compañía, percibiéndose como un lugar atractivo profesionalmente.

Las enseñanzas obtenidas con la experiencia piloto se han aplicado posteriormente para extender las opciones de

tele-trabajo de forma estructurada dentro de la empresa, habiéndose alcanzado en la actualidad una gran implantación, estando aproximadamente un tercio de la plantilla realizando tele-trabajo al menos un día por semana. Una de las claves de éxito del programa sigue siendo la enorme flexibilidad con la que se aplica, de modo que los periodos de tele-trabajo siguen siendo esporádicos, fijos, a elección del empleado, por emergencias, siempre de común acuerdo entre el empleado y el supervisor con la asesoría del departamento de Recursos Humanos.

Como empresa líder en innovación tecnológica, nuestro conocimiento de las soluciones de banda ancha y comunicaciones asociados a la experiencia de tele-trabajo ha contribuido al éxito del proyecto, habiéndolo utilizado de banco de pruebas para tecnologías de última generación así como para determinar las necesidades y soluciones idóneas para asegurar la calidad de las redes de acceso, la seguridad, el control del software de la planta de ordenadores portátiles, etc.

El proyecto ha reforzado igualmente nuestra cultura de trabajo por objetivos. Los empleados están inmersos en un proceso de trabajo por objetivos independiente a la permanencia en la oficina, y esto supone un elevado grado de satisfacción profesional y hace que los empleados se impliquen de

forma decidida en los procesos de negocio y los objetivos de la empresa.

La estimación de ahorro en desplazamientos es significativa, habiéndose reducido el kilometraje de los tele-trabajadores en un 40%, con el correspondiente impacto positivo en el medioambiente, en la fluidez del tráfico y en los costes energético.

La evolución del tele-trabajo en Europa situaba en el 13% el número de tele-trabajadores, según un estudio de la Universidad Carlos III que hace una estimación a partir de los últimos datos de 2003 del Observatorio Europeo de Tele-trabajo. En España la cifra se sitúa en un 4,9%. En USA, según el informe de “Telework Trendlines” (2006) de WorldatWork, el número de tele-trabajadores es del 8%, lo que supone 12,4 millones de personas. Otro dato que muestra las tendencias de trabajo en red y que está consolidado a nivel mundial es el número de los empleados que acceden a redes corporativas de forma remota, y que se sitúa alrededor del 12% (Everis, 2008), dato que muestra un estancamiento respecto a 2007.

Desde las Administraciones Públicas se trabaja para garantizar que las ventajas de la sociedad de la información, como es la posibilidad de tele-trabajar, están al alcance de todos los ciudadanos. Se podría decir que son, en parte, impulsoras del tele-trabajo y que facilitan los recursos para poder desarrollarlo.

3.3.3 Ejemplo Aula Madrid Tecnología

Si se piensa que el tele-trabajo va a seguir avanzando, la mejora en el impacto medioambiental por la eliminación de desplazamientos o de alejamiento de horas punta, puede ser significativa. Alcanzar mayores cifras de penetración del tele-trabajo y de otros beneficios de la sociedad en red, requiere ayudar a que los ciudadanos y profesionales accedan a las tecnologías y a las competencias para utilizarlas adecuadamente. Luchar contra la brecha digital es un objetivo social y de calidad de vida y, en la medida en que facilita el acceso a los e-servicios, a la e-formación y al tele-trabajo, puede ser también un objetivo para la sostenibilidad.

El Ayuntamiento de Madrid tiene en marcha una estrategia, denominada Madrid Tecnología (www.madridtecnologia.es), para acercar las TIC y sus utilidades a los ciudadanos y empresas con más dificultades para beneficiarse de ellas.

Madrid Tecnología representa el esfuerzo del Ayuntamiento de Madrid por vencer la barrera que supone la brecha digital fomentando el uso de las TIC entre los ciudadanos y empresas de la Ciudad de Madrid.

La Dirección General de Innovación y Tecnología, integrada en el Área de Gobierno de Economía y Empleo del

Ayuntamiento, es la responsable de la gestión de este proyecto. El objetivo principal de Madrid Tecnología es la adopción de las tecnologías de la información y las comunicaciones para lograr la implantación de la sociedad de la información en la Ciudad de Madrid.

Madrid Tecnología dispone actualmente de 26 aulas digitales –al menos una por cada distrito de la ciudad– y un equipo propio de asesores tecnológicos. Desde su creación, en el año 2004, son muchos los ciudadanos y empresarios madrileños que han acudido a las aulas para recibir asesoramiento tecnológico, formación o para conectarse a Internet.

Los ejes estratégicos de Madrid Tecnología son:

- La lucha contra la exclusión digital como prioridad social.
- El apoyo decidido a la creación de un modelo de infraestructuras básicas de la sociedad de la información hecho a la medida de Madrid.
- La introducción de las modificaciones normativas necesarias para hacer posible los objetivos anteriores.
- La creación y consolidación de un núcleo dinamizador de la sociedad de la información.
- Hacer evidente este esfuerzo para la ciudad, como es la creación de las Aulas Madrid Tecnología”.

El impacto de trasladar la experiencia adquirida durante el trabajo de difusión de la Sociedad de la Información entre los ciudadanos a nuevos modelos de gestión entre las Pymes de la ciudad permiten marcar ambiciosos objetivos como la extensión del tele-trabajo entre aquellos sectores productivos que pueden aprovecharse de sus ventajas. La incorporación de actividades de divulgación enfocadas en este sentido, y extendidas a través de la extensa red de aulas que dispone Madrid Tecnología, permitirán incorporar de manera significativa el tele-trabajo en la sociedad de una gran ciudad como Madrid.

Las Aulas MT, se transforman así en un centro de recursos tecnológicos, de difusión y de formación en competencias red, que facilita el trabajo en red a pymes y autónomos. En esta medida, contar con estrategias que promueven la e-inclusión, es un objetivo social y ambiental.

Este ejemplo de e-inclusión, cierra esta reflexión sobre el potencial del tele-trabajo para la mejora de la sostenibilidad. En esta monografía se constata que el tele-trabajo es ya una realidad, y que en la medida en la que se extienda al conjunto de las organizaciones y la puedan incorporar más trabajadores, contribuirá de forma significativa a la optimización de desplazamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTELLS, M. (1998): *La era de la información. Economía sociedad y cultura. Vol. 3. Fin del Milenio*, Madrid, Alianza Editorial.
- Comisión Europea (2002): *Libro Blanco. La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*.
- Comisión Europea (2007): *Libro Verde. Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*.
- DOUMA, F.; WELLS, K.; HORAN, T. y KRIZEK, K. (2003): *ICT and travel in the twin cities metropolitan area: enacted patterns between Internet use and working and shopping trips*.
- European Telework (2002): *New ways to work 2000*. ETO.
- FOREM (ed.) (1996): *Teletrabajo. De lo inevitable a la oportunidad*, Madrid, Fundación Formación y Empleo.
- MORENO, A. (2004): *¿Qué habilidades de trabajo en red son necesarias para el éxito del teletrabajo y cómo se pueden adquirir?* En Casado, R., Moreno, A. et al., *Trabajar y Vivir la Red*, Madrid. Telefónica I+D.
- NILLS, J. (1994): *Beyond telecommuting: a new paradigm for the effect of telecommunications on travel*. Global Telematics.
- PÉREZ, J. (2005): *Hacia un nuevo modelo para las telecomunicaciones*. En *Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información*, Ministerio de Industria Turismo y Comercio, *La Sociedad de la Información en el Siglo XXI: Un Requisito para el Desarrollo*. Vol. Madrid. <http://www.desarrollosi.org>.
- SÁNCHEZ, R. (2008): *Productividad y nuevas formas de organización del trabajo en la sociedad de la información*. Fundación Alternativas.
- Telefónica (2008): *La sociedad de la información en España. Informe 2007*. Ariel.
- The Climate Group, Global e-sustainability initiative (2008): *Smart 2020: enabling the low carbon economy in the information age*. Creative Commons.
- Worldatwork, *Telework trendlines for 2006*, Worldatwork. (2007). www.everis.es
- www.ec.europa.eu/information_society/tl/qualif/env/index_en.htm
- www.ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/index_en.htm



ENTRE EL MÉTODO CONVENCIONAL Y LOS SISTEMAS INNOVADORES DE TRABAJO

Pere Brunet

RAI. Coordinador

Fernando Alonso

Sener

Javier Herrero

Clínica Teknon, Alma IT y System

Jaime Torroja

RAI

Académico revisor

Pere Brunet

4

4.1 INTRODUCCIÓN

Pere Brunet, RAI

El volumen anual de transporte es creciente en todo el mundo. En Europa, su ritmo de crecimiento es bastante paralelo al del Producto Interior Bruto. En la última década los volúmenes de transporte en la UE aumentaron de manera constante, aproximadamente a una tasa similar o superior a la del crecimiento económico: casi el 20% en el caso de pasajeros y en torno al 30% en el caso de mercancías. El transporte por carretera y el aéreo crecen con mayor rapidez que el resto.

El transporte utiliza modos muy diversos, aunque en España el transporte por carretera ha adquirido una gran importancia, probablemente excesiva. Ésta no es una buena noticia para la sostenibilidad, ya que este tipo de transporte requiere un consumo energético significativo.

El abaratamiento de algunos modos de transporte (junto con la globalización y otros factores) ha sido uno de los elementos que se encuentran en la raíz del fuerte incremento del transporte en las últimas décadas. Las personas se desplazan cada vez con más frecuencia y por motivos muy diversos. Aunque muchos de estos motivos están más relacionados con

el ocio que con el trabajo, este capítulo se centra en el análisis del transporte en relación al trabajo y en cómo el uso de las TIC puede contribuir a su racionalización y sostenibilidad. Actualmente el transporte es la mayor fuente de emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera: el transporte rodado acapara el 65% de las emisiones y en el transporte aéreo produce más del 10% de las emisiones.

En el ámbito del trabajo, se puede hablar de transporte de personas, de mercancías y de información y documentos. Las TIC, como se verá a continuación, pueden contribuir a una reducción significativa del transporte de personas y están ya contribuyendo a una fuerte reducción del transporte de información y documentos, que van migrando del soporte papel a los documentos electrónicos. Si no se avanza más en este último aspecto es básicamente por razones de seguridad e impedimentos legales, que en algunos casos se muestran lentos en admitir y aceptar los nuevos sistemas tales como certificaciones y firmas electrónicas.

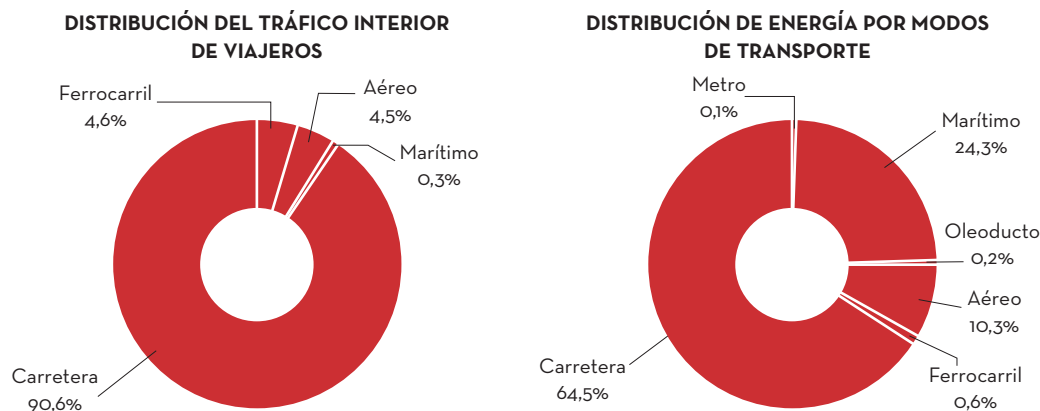
Por lo que respecta al transporte de mercancías, las TIC pueden contribuir en

Figura 4.1. Incremento del transporte por carretera.



Figura 4.2. Distribución del tráfico interior de viajeros y de energía por modos de transporte

Fuente: M. Fomento (2004)



parte a su sostenibilidad a través de la logística, organización y racionalización del mismo. Pero hay aspectos en los que el factor preponderante proviene de elementos socioeconómicos y de decisiones en las que las nuevas tecnologías no pueden intervenir. El 70% de la ropa que se utiliza en España se fabrica en países en vías de desarrollo como Marruecos, China o la India: los países industrializados localizan allí sus plantas de producción para no verse obligados por legislaciones ambientales o laborales, que en la Unión Europea se consideran básicas para el bienestar de las personas y el mantenimiento del entorno. La ropa de algunos hoteles del primer mundo se transporta a países no desarrollados para ser lavada y

transportada de nuevo a los hoteles de origen. Y la fruta se transporta desde los confines del mundo para que en los países más afluentes podamos disfrutar de ella en todo momento y en cualquier época del año. Es evidente que el comercio y el transporte de mercancías son imprescindibles, pero la desmesura es siempre insostenible.

Volviendo al transporte de personas en el ámbito del trabajo, se pueden clasificar las distintas posibilidades según su finalidad. Ésta puede ser:

1. La gestión y el control del trabajo.
2. La toma (conjunta) de decisiones.
3. El trabajo colaborativo para el análisis de datos (o experimentos, modelos etc.) y la comprensión conjunta de los mismos.



4. El trabajo colaborativo para el diseño o la creación conjunta de una obra o producto.
5. El asesoramiento, tutoría y aprendizaje.
6. La actuación sobre el entorno.
7. La captura y tratamiento de datos.

El trabajo colaborativo se diferencia del asesoramiento en que el primero supone una relación entre iguales, mientras que en el segundo caso se trata de una relación que se podría calificar de “maestro-discípulo”.

En los primeros casos, del 1 al 5, la finalidad del desplazamiento es reunirse o encontrarse con otras personas para luego realizar una tarea común, mientras que en el caso 6, la persona se desplaza para ir al lugar donde se encuentra el elemento que permitirá su actuación. Ésta puede ser una reparación, una modificación o mejora en un equipo industrial o doméstico, una intervención u operación quirúrgica en el caso de la medicina, etc.

Los desplazamientos relacionados con la gestión y el control del trabajo son los más conocidos [Greve'08], [Heen'08] y aquéllos en los que existen más soluciones ya implementadas, siendo objeto de otro capítulo de este estudio. Una experiencia concreta, la de la administración de carreteras de Noruega [Heen'08], se mostró especialmente útil por el hecho de aplicarse sobre una estructura empresarial

dispersa y distribuida con el objetivo de incrementar la eficiencia en base a la responsabilización y a la descentralización. Dada la lejanía espacial de los directores de la empresa, los empleados experimentaron una mayor independencia y eficiencia con la consecuente satisfacción por parte de los jefes.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la distancia geográfica, tanto entre los empleados como entre líderes y subordinados, puede crear ciertos problemas, que generalmente se categorizan como problemas de comunicación, confianza, o problemas culturales. En estos casos es necesario planificar reuniones presenciales de forma periódica, para construir las relaciones humanas en base a una confianza difícil de obtener mediante técnicas no directas. No siempre es posible sustituir el desplazamiento de personas por el transporte de información y datos. En ciertos momentos, y sobretodo en la fase inicial de los proyectos, es conveniente planificar reuniones físicas para que los integrantes del equipo puedan “conocerse las caras”.

Los casos indicados en la clasificación anterior habitualmente no aparecen de forma disgregada. En el caso de la captura de datos, la recogida de información es previa a la toma de decisiones y a las ulteriores actuaciones, y la necesidad de realimenta-

ción para conocer los resultados post-actuación puede conducir a un proceso iterativo que incluye estos tres elementos. Lo mismo ocurre en un buen número de ejemplos relacionados con el diseño en arquitectura, urbanismo o patrimonio cultural.

Un buen número de actividades, por tanto, permiten eliminar el desplazamiento y transporte de personas, substituyéndolo por el transporte de información y datos. En estos casos, las TIC ayudan a la sostenibilidad del transporte físico porque lo eliminan, lo transforman en transporte de información a través de la red. La dificultad en cada uno de los casos depende básicamente de los tipos de datos a transmitir y/o compartir. Según los requisitos de la aplicación concreta, se puede encontrar la necesidad de compartir:

- Información y medidas numéricas.
- Información visual.
- Información acústica.
- Información geométrica 3D.
- Información volumétrica de campos escalares o vectoriales.
- Información 3D variable en el tiempo.
- Modelos perceptivos (por ejemplo, hápticos).
-

Y todo ello, con requerimientos específicos de precisión, tolerancias, calidad, velo-

cidad de refresco y por tanto, de ancho de banda.

El uso de las TIC para la gestión y el control del trabajo o para la toma conjunta de decisiones se limita habitualmente al envío y transmisión de datos, documentos electrónicos e información visual. En cambio, el trabajo colaborativo para el análisis de datos (provenientes de experimentos y modelos), la cooperación en el diseño y creación conjunta de una obra o producto y el asesoramiento, tutoría y aprendizaje, pueden requerir el análisis simultáneo y a distancia de información mucho más compleja, sólo abordable desde la perspectiva de las técnicas y algoritmos actuales proporcionadas por las TIC. Éste es el caso de la información geométrica 3D y la información volumétrica de campos escalares o vectoriales (en las aplicaciones de tele-medicina y de diseño industrial cooperativo), la información 3D variable en el tiempo (en el caso, por ejemplo, de la meteorología) o los modelos perceptivos avanzados (sistemas hápticos) para las aplicaciones de telecirugía y en general de actuación a distancia sobre el entorno.

Los dos apartados siguientes presentan dos ejemplos muy distintos de cómo las TIC permiten reducir el transporte y los desplazamientos en el campo de la medicina y en el del diseño industrial.



Figura 4.3

4.2 SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN Y ACTUACIÓN A DISTANCIA: LA TELE-MEDICINA

Javier Herrero, Clínica Teknon, Alma IT y System

En este apartado se presenta un ejemplo de actividad en la que los sistemas de visualización y actuación a distancia basados en las TIC permiten actuar y resolver problemas sin necesidad de desplazamiento. El ejemplo se concreta en el campo de la medicina, y en concreto en las técnicas de tele-medicina, que presentan unas amplísimas posibilidades de futuro en campos tan diversos como el diagnóstico, la planificación o el guiado y asesoramiento a distancia.

4.2.1 Introducción. Herramientas. Historias clínicas digitales

Es una realidad que la telemedicina (o e-salud, término más adecuado) ya contribuye a la sostenibilidad en los elementos de transporte, tanto de personas, datos o documentos. Las NTICS (nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en medicina), están acercando la excelencia médica al paciente, evitando que

sea éste el que deba desplazarse a los centros hospitalarios. Asimismo, las NTICS modifican radicalmente la gestión de la propia enfermedad representada en su historia clínica. La HCD (Historia Clínica Digital), no solo mejora una compleja y costosa logística en el manejo de abultadas carpetas, sino que ofrece una instantaneidad en la atención del paciente, que muestra una vez más cómo la tecnología mejora, optimiza y abarata los procesos en los que sustituye a sistemas no digitalizados. La HCD permite que la trayectoria del paciente por diferentes especialistas se marque a partir de sus intereses y de la propia enfermedad del paciente y no por imperativos de gestión.

En la actualidad se sabe que la informatización de todos los datos de un paciente es de vital importancia y provoca una cascada de beneficios. Pero no es sencillo el proceso de transformación digital, ya que se produce un flujo de trabajo muy diverso y de vital importancia que no

puede ser fácilmente modificado. Así y todo, ha sido la radiología la primera especialidad en comprender la importancia de la colaboración con la ingeniería para la optimización de su trabajo. Esta especialidad en apenas diez años se ha convertido en un centro de conocimiento vital y en parte se ha debido a la digitalización de su conocimiento y con ello su distribución. En un servicio de radiología, diversos sistemas (TACS, RM, mamógrafos, radiología convencional, etc.) captan imágenes del paciente que son archivadas digitalmente. El especialista recupera dicha información no solo como imagen; en el caso de los cirujanos, y con software específico, reciben modelos del órgano del paciente, gracias al cual pueden planificar y orientarse en sus cirugías. Estos modelos, también servirán en el caso de la cirugía a distancia de la se tratará posteriormente.

4.2.2 Telediagnóstico y teleayuda

El diagnóstico y la teleayuda son dos especialidades muy diferentes las que protagonizan la implantación de los diagnósticos a distancia, repercutiendo una vez más en la eliminación de los transportes ordinarios. Otra vez es la radiología la que desde hace años ofrece este servicio en España, donde múltiples pacientes evitando están ahorrando unos desplazamientos desde la

periferia a hospitales de referencia y donde el trabajo de especialistas de alto nivel se optimiza hasta tal punto que muchos de ellos ya trabajan desde sus propios domicilios.

En el otro extremo de la medicina se encuentra la psiquiatría. El seguimiento médico-paciente se ha convertido en una herramienta de primer orden gracias a los nuevos sistemas que permiten tener localizado al enfermo. Pero dichas aplicaciones no sólo son válidas para pacientes psiquiátricos: los programas de e-salud a domicilio están aportando una ayuda inestimable a diversos tipos de pacientes, cuyo traslado para su control es siempre dificultoso (2). Éste es el caso de pacientes dependientes y ancianos, pacientes afectados de enfermedades crónicas, incapacidad física o sensorial, personas en situación de riesgo y, últimamente, también personas afectadas de malos tratos. En todo este gran grupo de población, las herramientas de trazabilidad y monitorización de su entorno de actuación les suponen un importante beneficio. Los sistemas conectados a la línea telefónica e instalados en el domicilio del usuario, no solo sirven como alarma, sino que pueden transmitir una serie de datos de sus constantes básicas. Esta nueva atención al paciente lleva al interesante concepto de inteligencia ambiental.

El telediagnóstico también cobra una importancia vital, cuando se refiere a la traumatología, que permite la ayuda (sobre todo en áreas rurales o de difícil acceso) de una atención experta en colaboración con los equipos de rescate. Otras especialidades, como la dermatología o la anatomía patológica, también se están incorporando rápidamente a especialidades con indicaciones a distancia.

4.2.3 Teleconsulta y reuniones clínicas a distancia

No sólo la transmisión de información o el ahorro en el transporte se realiza desde centros de excelencia a áreas rurales o del médico al paciente. La interoperatividad que ofrecen las TIC permite un intercambio de información entre diferentes actores, que posibilita la realización de proyectos científicos multicéntricos, donde participantes de alto nivel en diferentes disciplinas con trabajos muy absorbentes, se pueden coordinar sin necesidad de desplazamientos innecesarios. Las teleconferencias, cada vez más implantadas en medicina, permiten acortar tiempos de decisión o modificar los rumbos en el desarrollo de un proyecto de una forma inmediata. Así mismo, los especialistas consultan información con colegas situados en diferentes puntos del planeta.

4.2.4 La telecirugía

No hace más de diez años que se realizó la primera intervención quirúrgica a distancia (19 de septiembre de 2001) y, en la actualidad, los modelos del órgano a intervenir obtenidos a partir de imágenes radiológicas se están implantando como base de los sistemas de planificación quirúrgica a distancia. Sobre dichos modelos, los ingenieros, en el caso de la neurocirugía, marcan las líneas llamadas blancas, por donde el cirujano avanzará, las áreas de riesgo y la localización exacta del tumor (en su caso), ofreciendo al cirujano una inestimable ayuda a pesar de hallarse en diferentes ubicaciones.

La telepresencia, gracias a telebots que pueden ser manipulados a distancia, ofrece la posibilidad de realización de actos quirúrgicos donde el cirujano experto manipula los instrumentos ayudando a un paciente situado en otro hospital, pero la e-cirugía se está implantando gracias al “teleméntoring”, donde el trabajo técnico de un cirujano novel está supervisado por un cirujano experto, mediante un interfaz donde este cirujano puede marcar, señalar y realizar anotaciones sobre la imagen de la cirugía real, marcando de esta sencilla forma el camino a seguir.



Figura 4.4. Interfaz y sistemas hápticos preparados para la realización de una cirugía a distancia en el laboratorio del Prof Dr. Sci. Dr Eng & Dr. Med. Naoki Suzuki, del Institute for high dimensional medical imaging de la Jikei University School of Medicine Tokio, Japón.

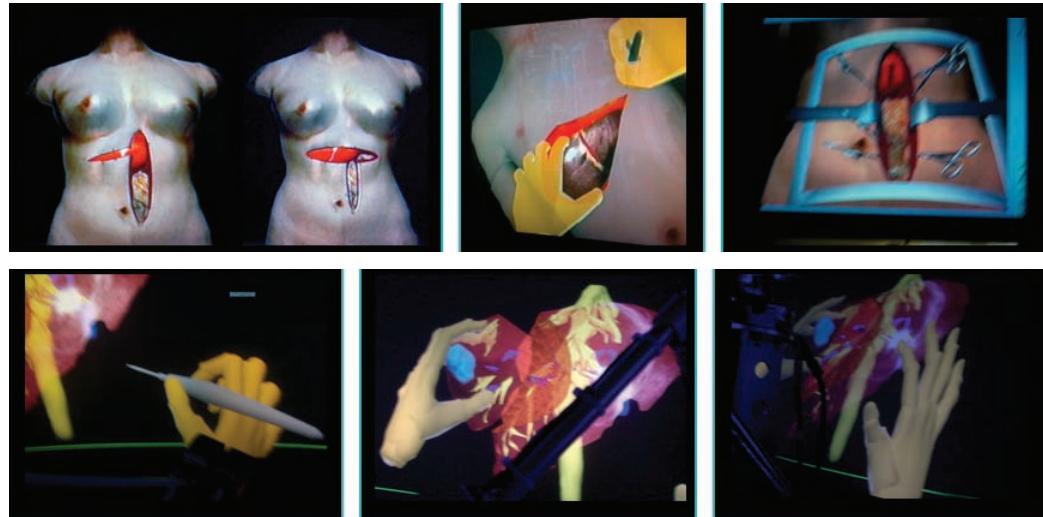
4.2.5 Futuro y conclusiones

Hoy ya se puede hablar de la aplicación real y cotidiana del empleo de las NTICS. La implantación de la historia clínica digital y la gestión de las imágenes radiológicas gracias al PACS; la atención de pacientes alejados o dependientes; la realización de trabajos multicéntricos, la telecirugía y el telementoring, todo ello es un proceso imparables que representa un avance espectacular, reportando enormes beneficios, no sólo sanitarios (como la medicina personalizada), sino también económicos en cuanto a ahorro y optimización de costes.

Si bien hay un consenso general sobre la importancia de la e-salud en la medicina del mañana, que junto con la

genómica y la terapia celular serán los nuevos pilares donde se sustentará la salud de la población, aparece un eslabón débil de la cadena tecnológica. En la actualidad, en la mayoría de las comunicaciones todavía se emplea tecnología de bajo ancho de banda. Debe recordarse que hace más de 100 años, precisamente el 22 de marzo de 1905, Einthoven transmitió el primer “telecardiograma” desde el hospital a su laboratorio, vía cable de teléfono. Su mejora por la aplicación de la fibra óptica, aparece de lenta implantación y alto coste. Puede aventurarse que la solución vendrá por el empleo de satélites especializados en e-medicina, como el que en la actualidad se está ensayando en EEUU, el Advanced Communications

Figura 4.5. Procesos de cirugía virtual abierta realizados en el laboratorio del Prof Dr. Sci. Dr. Eng. & Dr. Med. Naoki Suzuki, del Institute for High Dimensional Medical Imaging de la Jikei University School of Medicine Tokio Japón.



Technology Satellite (ACTS), con transmisiones de 622-Mb/seg. En el momento en que se disponga de un canal seguro y amplio, se asistirá a una explosión de la e-salud que definirá rápidamente un nuevo escalón de atención al paciente.

En ese momento se podrá disponer de centros sanitarios virtuales, desde donde de manera remota, se gestionará la atención a distancia y se ofrecerán los diferentes servicios. Los elementos como las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) y los biosensores no invasivos capaces de detectar, analizar y

transmitir datos del paciente en un tiempo real, facilitarán el servicio y la atención a distancia. Planificación de terapias complejas, como intervenciones quirúrgicas, podrán realizarse de una forma remota, donde se conseguirá una verdadera medicina personalizada, y el paciente recibirá atención, no sólo por su localización física, sino por su específica dolencia y gravedad. En esos momentos, la medicina podrá ser mas humanizada, ya que el médico cercano y conocido por el paciente podrá recibir todo el apoyo necesario de los especialistas a distancia.

4.3 SISTEMAS COOPERATIVOS DE DISEÑO Y PROTOTIPADO VIRTUAL BASADOS EN LAS TIC

Jaime Torroja, RAI

Fernando Alonso, Sener

4.3.1 Introducción

Por razones económicas y financieras el proyecto de grandes instalaciones industriales, como plantas de generación de energía o plantas de proceso, que requiere una gran cantidad de horas de trabajo, tiene que realizarse en un periodo de tiempo muy corto para adelantar todo lo posible la entrada en funcionamiento de dichas instalaciones.

El problema se agrava porque al principio del desarrollo del proyecto solamente pueden trabajar muy pocas personas. A medida que el proyecto avanza, y mediante un esfuerzo considerable de coordinación, puede aumentarse el número de personas adscritas al proyecto, hasta alcanzar un nivel máximo, que se mantiene durante un tiempo del orden de la mitad a los dos tercios del total. Después disminuye el número de participantes hasta llegar a un equipo

muy pequeño hasta el final de la construcción y puesta en marcha.

Tanto la construcción de plantas de energía o de proceso, como la de fabricación de vehículos son actividades de síntesis, en las que el propietario de la planta o el fabricante del vehículo es responsable del diseño global, pero no del de los equipos de la planta o vehículo, cuyo diseño y suministro corresponde al fabricante correspondiente.

4.3.2 Los vehículos de transporte

En los vehículos terrestres de transporte de personas los fabricantes de automóviles, basándose en estudios de mercado, desarrollan modelos que, con diversas alternativas de motores, equipamiento y acabado, y con cambios ocasionales de carrocería, permanecen en el mercado durante bastantes años. El número de uni-

dades fabricadas de un mismo modelo siempre es de miles, pudiendo llegar a cientos de miles, e incluso millones.

En los tipos de aviones de pasajeros no existen apenas alternativas de motores, pero sí de equipamiento y acabado, y permanecen en el mercado durante muchos años, incluso algunas décadas. El número de unidades fabricadas de un mismo tipo suele ser de centenares, pudiendo llegar a miles.

En los barcos de pasaje o de carga al número de tipos distintos es mucho mayor, excediendo muy raramente de la decena el número de unidades construidas con el mismo diseño, salvo en casos muy especiales en tiempo de guerra, como los cargueros “Liberty” y “Victory”, o los petroleros “T 2” construidos en los Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial.

Esto, que se debe en parte a las circunstancias específicas de los tráficos de cada armador, y en parte a la dispersión de la oferta, puesto que hay muchos más constructores de barcos que fabricantes de automóviles o aviones, agudiza en los astilleros las variaciones de personal dedicado a diseño.

4.3.3 Creación de modelos digitales tridimensionales

Uno de los problemas clásicos de los grandes proyectos de ingeniería, tanto de plan-

tas de energía como de proceso como de vehículos, es la eliminación de incompatibilidades e interferencias entre las contribuciones de las numerosas personas que trabajan en un mismo proyecto. En las últimas décadas los avances en la informática, tanto en el área de los equipos, especialmente los gráficos; como en la del “software”, especialmente el de bases de datos, han permitido el desarrollo de modelos digitales tridimensionales de producto, ya sea una planta de energía o de proceso o un automóvil, avión o barco. En estos modelos informáticos, y partiendo de las normas y estándares a utilizar y de la definición funcional de la planta o vehículo, puede definirse y visualizarse un modelo tridimensional sobre el que trabajan todos los participantes en el proyecto, de modo que las posibles incompatibilidades se evitan de forma automática, o se ponen de manifiesto para su corrección.

El uso de estos modelos informáticos tridimensionales tiene ventajas importantes, como las siguientes:

- Mejora de la calidad del diseño, reduciendo a un mínimo las modificaciones en obra.
- Disminución de las horas totales de ingeniería, y de su plazo de ejecución.
- Posibilidad de trabajar, tanto en redes de área local (LAN), como en redes de área extendida (WAN), desde distintos centros de trabajo.

En lo que sigue el capítulo se centra en la industria de construcción naval mercante, porque es una de las más avanzadas en el uso de modelos informáticos tridimensionales, y porque los autores han sido responsables del desarrollo de muchos cientos de proyectos de buques, y de uno de los sistemas informáticos de diseño y producción (FORAN) más utilizados en la industria, en los ámbitos nacional e internacional.

No obstante lo anterior, todo lo relativo a modelos digitales tridimensionales, a las características de los sistemas integrados y al trabajo colaborativo, es también aplicable a un gran número de aplicaciones industriales que se basan en el diseño y creación de nuevos productos y sistemas.

4.3.4 Los buques mercantes y sus etapas de diseño

El proyecto de buques mercantes, de pesca o de servicio se realiza en tres fases:

- El Proyecto de Contrato sirve de soporte técnico al Contrato de Construcción. Se basa en los requerimientos del armador y en la oferta del astillero, y define con precisión las actuaciones, la calidad y el costo del buque.
- El Proyecto de Clasificación tiene por objeto obtener la aprobación de las entidades reguladoras competentes y del

armador. Se basa en el Proyecto de Contrato y en los requerimientos de las entidades reguladoras nacionales e internacionales.

- El Proyecto de Detalle tiene por objeto la adquisición, fabricación, montaje y pruebas de todos los elementos y servicios del buque. Se basa en el Proyecto de Clasificación y en los documentos de detalle de los suministradores de equipos y materiales. Su resultado es un conjunto de planos y especificaciones adicionales y de documentos de producción.

Desde el punto de vista de su importancia relativa en las actuaciones y el costo del buque, el orden de importancia de las tres fases coincide con el de su realización. El Proyecto de Contrato es el más crítico, seguido por el de Clasificación y el de Detalle.

Sin embargo, desde el punto de vista de la cantidad de información generada, y de las horas invertidas, el orden es el contrario. El Proyecto de Detalle contiene una enorme cantidad de información, el de Clasificación contiene bastante menos, y el de Contrato incluye sólo información muy básica.

El trabajo colaborativo, del que se trata más adelante, es muy importante en el Proyecto de Detalle, en que intervienen muchas personas, menos importante en el

Proyecto de Clasificación, con menores requerimientos de personal, y casi inexistente en el Proyecto de Contrato, en que intervienen muy pocas personas.

4.3.5 Los modelos digitales tridimensionales de buques

Desde las primeras aplicaciones informáticas a la construcción naval, orientadas a cálculos de arquitectura naval y al corte de piezas estructurales con control numérico, ha habido una tendencia hacia los sistemas integrados, que deben cumplir los siguientes requisitos:

- Cubrir la mayor parte de las actividades de ingeniería, incluyendo el Proyecto de Contrato, el de Clasificación y el de Detalle del casco, los servicios de maquinaria y equipo, y los servicios eléctricos.
- Tener una única base de datos, que controle el acceso simultáneo de los usuarios y la integridad y seguridad de la información.
- Tener un interfaz de usuario común para todas las aplicaciones.
- Ser abierto, permitiendo nuevas aplicaciones o mejoras, manteniendo la compatibilidad con bases de datos creadas con versiones anteriores.
- Aceptar un gran número de usuarios simultáneos, en centros de trabajo diferentes.

El resultado de los sistemas integrados es un Modelo de Producto del buque, en que se almacena información tridimensional en forma topológica (asociativa), o geométrica, así como atributos del buque y de sus componentes, e información relativa a sus procesos de fabricación, montaje e incluso operación. La base del modelo de producto es la definición de las principales superficies del casco. El forro exterior se define mediante formulaciones de superficies y líneas, mientras las restantes superficies del casco se definen por formulaciones matemáticas sencillas.

Una vez modelados los equipos, incluyendo sus puntos de anclaje y conexiones de tuberías, conductos y cables, cada modelo se coloca en posición sobre el modelo estructural del buque. A partir de ello se modelan los conductos y las tuberías, empezando por los de mayor sección. Aunque tradicionalmente los trazados de tuberías, conductos y canalizaciones eléctricas, realizados por grupos distintos, han dado lugar a problemas de coordinación, el uso de modelos 3D facilita mucho la solución de dichos problemas.

El diseño de los alojamientos incluye básicamente tres tipos de actividades:

- Las de diseño general, para definir el aspecto de cada espacio y la distribución de sus elementos. Suelen realizarse creando un modelo 3D de cada espacio,



Figura 4.6. Modelo tridimensional de buque de suministro a plataformas "offshore". (Fuente: Cortesía de Rolls-Royce Marine).

- incluyendo la textura de los materiales.
- Las de gestión de materiales, para especificarlos, adquirirlos y gestionarlos. Pueden hacerse en 2D o en 3D, y se basan en las normas de materiales y en algoritmos de recuento.
 - Las de diseño de tuberías, conductos y bandejas de cables, que se realizan en 3D, mediante los mismos procedimientos y herramientas que en los espacios de maquinaria y equipo.

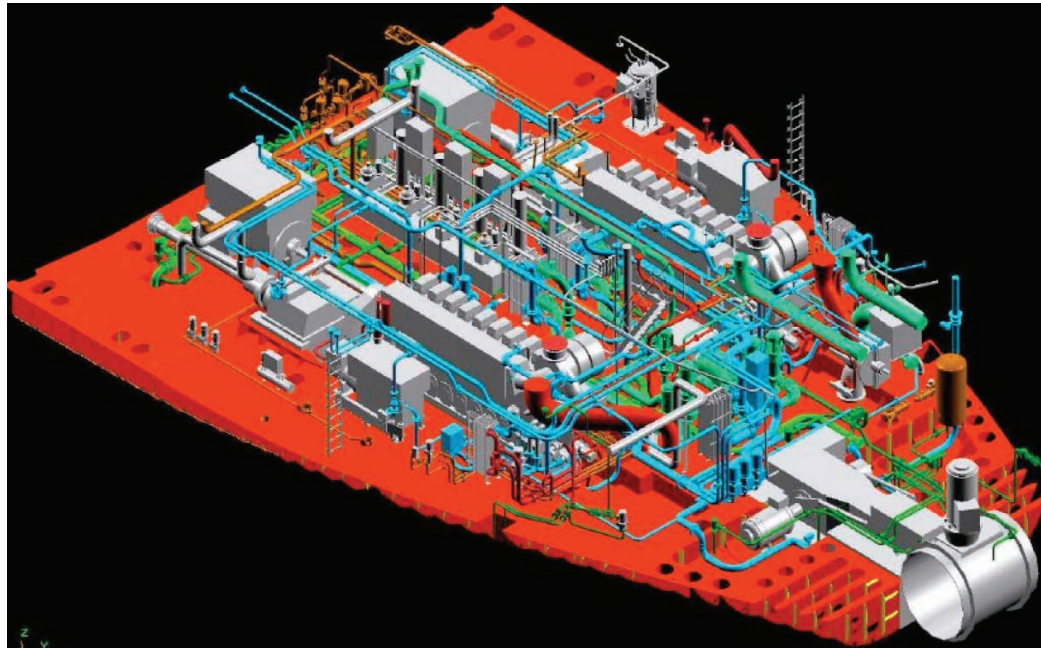
4.3.6 Construcción y explotación del modelo de producto del buque

La construcción del modelo 3D puede iniciarse cuando esté terminado el Proyecto

de Contrato; esté bastante avanzado el Proyecto de Clasificación, el alisado de las formas del casco esté muy avanzado, el despiece del casco en bloques esté definido, y se disponga de la secuencia de montaje de los bloques.

Casi todos los Astilleros incorporan todos los elementos posibles de maquinaria, equipo y electricidad en los bloques estructurales prefabricados antes de soldar éstos entre sí en la grada o dique de construcción. De este modo se reduce el trabajo de montaje a bordo, su plazo de ejecución y el de entrega del buque. Esto significa que el retraso del modelado de los sistemas de maquinaria, equipo y electricidad respecto al de la estructura debe

Figura 4.7. Cámara de máquinas de buque de suministro a plataformas “offshore”.
(Fuente: Cortesía de Rolls-Royce Marine).



ser muy corto, o incluso nulo en zonas como los dobles fondos.

Una ventaja importante del uso de modelos 3D respecto a los métodos clásicos es que todas las personas que trabajan en el proyecto tienen acceso en tiempo real al modelo completo (estructura y armamento) en cada área. De este modo, siempre que se hayan establecido reglas básicas de precedencia, el control de interferencias es bastante sencillo, especialmente cuando el sistema informático permite su detección en tiempo real.

La explotación del modelo 3D se realiza extrayendo de él la información y los documentos necesarios para la adquisición de materiales y para la producción. Aunque una parte de la documentación se extrae en la etapa del Proyecto de Clasificación, la mayor parte se obtiene en la del Proyecto de Detalle. Esta documentación incluye información para:

- Gestión de materiales.
- Planos de producción de productos intermedios.
- Listas de materiales para productos intermedios.

- Fabricación de piezas estructurales.
- Fabricación de conductos, tuberías y bandejas de cables.
- Penetraciones de conductos, tuberías y bandejas de cables a través de elementos estructurales.
- Fabricación de productos intermedios.
- Fabricación de polines y otras estructuras auxiliares.
- Posicionado y montaje de equipos, polines y elementos de habilitación.
- Montaje de tuberías, conductos y bandejas de cables.
- Trazado y conexionado de cables.
- Estimaciones de horas de trabajo.
- Pintura.
- Pruebas.

Debido a la gran cantidad de información a producir es muy importante poder generarla de manera automática, con mínima necesidad de añadidos manuales. También es esencial reducir al mínimo imprescindible la información contenida en los documentos, manteniendo los formatos suficientemente flexibles para todas las alternativas posibles.

Otro aspecto fundamental de un modelo de producto y del sistema informático que lo define y explota debe ser la facilidad de realizar cambios según progresa el diseño, así como de controlar los cambios realizados.

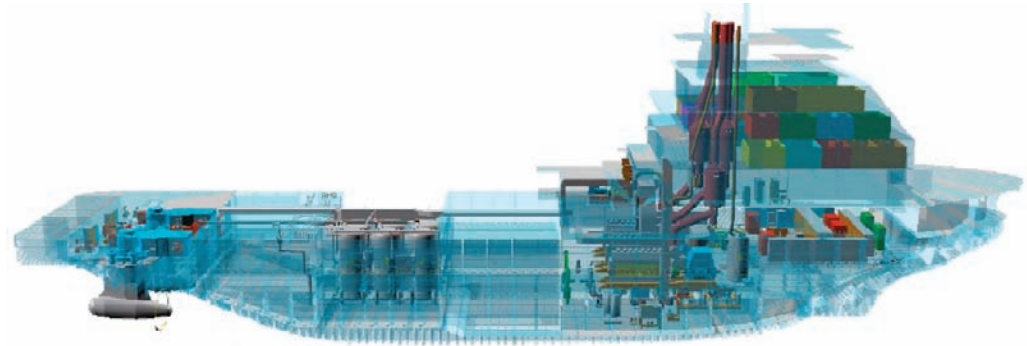
4.3.7 Características de los sistemas integrados

Aunque los primeros sistemas informáticos de construcción naval utilizaban ficheros para almacenar la información, la creciente complejidad de los sistemas, cubriendo más áreas del diseño, y el aumento del número de usuarios, hicieron necesario el empleo de bases de datos.

Al inicio de esta tendencia se usaron bases de datos relacionales para almacenar los atributos de los componentes del buque y, después, los desarrolladores de sistemas informáticos crearon sus propias bases de datos para almacenar información geométrica y topológica del modelo, así como los atributos de sus componentes.

Posteriormente, la tendencia ha sido sustituir las bases de datos propias de los sistemas informáticos por bases de datos relacionales comerciales dotadas de SQL (Standard Query Language) y servidores de bases de datos. La razón primera ha sido la facilidad con que los usuarios pueden desarrollar sus propias aplicaciones. Otra razón importante ha sido la reducción de la cantidad de información a transferir entre cada usuario y la base de datos, que no es muy importante en un entorno LAN, pero sí lo es en un entorno WAN, en que los usuarios trabajan simultáneamente desde distintos centros de trabajo.

Figura 4.8. Model 3D de buque rompehielos de suministro a plataformas “offshore”.
(Fuente: Cortesía de Kvaerner Masa Yards).



En algún caso se utilizan también bases de datos orientadas a objetos, aunque sus ventajas, sobre todo en lo que se refiere a desarrollo de aplicaciones por los usuarios o utilización de software estándar para acceder al modelo de producto del buque, son bastante menores que las de las bases de datos relacionales.

Una característica importante de algunos sistemas informáticos es el uso de la topología. Según la terminología habitual, se dice que la definición de elementos en un sistema de modelado 3D de buques es “geométrica” cuando sus coordenadas se refieren a un triedro de referencia; y es “topológica” cuando dichas coordenadas se refieren a las superficies principales del buque o a elementos adyacentes.

Aunque en última instancia casi todos los datos para fabricación y montaje son geométricos, el uso de definiciones topológi-

cas presenta grandes ventajas, especialmente en la estructura del casco. Una de las más importantes es la facilidad de manejo de los cambios de diseño. Por ejemplo, los cambios moderados en las formas del barco. Sustituyendo con datos nuevos los datos originales de forma, los nuevos datos geométricos de los elementos estructurales pueden recalcularse de modo inmediato.

Otra ventaja importante es la drástica reducción en el tamaño de la base de datos, con la consiguiente reducción del ancho de banda requerido en las redes de área extendida (WAN), en que se trabaja desde distintos centros.

4.3.8 El trabajo colaborativo. Soluciones alternativas

Como ya se indicó, recientemente ha habido una tendencia a sustituir las bases de datos específicas de los sistemas

integrados de diseño y producción de buques por bases de datos comerciales con lenguajes estándar de acceso y capacidades de servidor de base de datos.

Aunque, a primera vista las bases de datos relacionales pueden parecer ineficaces para almacenar información geométrica, los sistemas modernos no almacenan información geométrica, sino topológica y paramétrica, lo que lleva a una drástica reducción en la cantidad de información y facilita la gestión de las relaciones topológicas mediante tablas almacenadas en una base de datos relacional.

En el caso del Sistema FORAN, en cuyo desarrollo participaron dos de los autores, el proceso evolutivo empezó a fines de los 70, en que se implantó una base de datos propia. Más tarde, a fines de los 90, esta solución fue sustituida por una base de datos relacional comercial (ORACLE), que presentaba las siguientes ventajas:

- Independencia de la plataforma.
- Gran capacidad de crecimiento (de usuarios y de datos).
- Gran fiabilidad de la integridad de datos.
- Buenas prestaciones.
- Facilidad de extracción de datos por sistemas de terceros.
- Herramientas administrativas completas.
- Facilidad de configuración de privilegios de usuario.
- Facilidad de acceso remoto.

La última ventaja ha sido una de las más importantes para el trabajo colaborativo, especialmente para el uso de las técnicas de replicación que se describen más adelante.

El flujo de información en una red de área local depende básicamente de:

- La complejidad del modelo 3D y el número de usuarios simultáneos que varía a lo largo de la vida del proyecto.
- El volumen y la frecuencia de las transacciones entre los usuarios y el modelo 3D, que depende de la estructura de la base de datos (los modelos topológicos necesitan bases de datos menores); y de la frecuencia de actualizaciones de la base de datos, que depende del diseño del software y de las características de las estaciones de trabajo.
- La localización del software de la aplicación, cuando la mayor parte del proceso se realiza en las estaciones de trabajo. Si el software reside en el servidor el tráfico en la red aumenta.
- La capacidad de conmutación de la red. El tráfico disminuye cuando la capacidad de conmutación aumenta.

En el caso de una red de área extendida (entorno WAN), en el que centros trabajando en el mismo proyecto se encuentran geográficamente separados, el flujo de información depende fundamentalmente de dos factores:

- El ancho de banda de la red, medido en Mbps (megabits por segundo), que indica la cantidad de datos que se pueden transmitir por la red en un segundo.
- La latencia de la red, o suma de los retardos temporales al transmitir un paquete de información dentro de la red, que se mide normalmente milisegundos. La latencia de la red depende de varios factores, como la tecnología de red, la distancia entre los puntos extremos de la red, y el tamaño de los paquetes que se envían.
- Los servidores de terminales pueden conectarse al servidor de base de datos a alta velocidad, mejorando notablemente el acceso de los usuarios remotos a la base de datos.

La latencia es el factor más crítico para el trabajo colaborativo remoto. Actualmente es posible utilizar conexiones comerciales de red entre centros de trabajo separados por cientos de kilómetros, con latencias del orden de 7 ms.

Para realizar diseño colaborativo con FORAN, o con otros sistemas informáticos de construcción naval, con todos los usuarios accediendo a la misma base de datos, además de los entornos LAN y WAN, hay una tercera solución, basada en la tecnología de servidores de terminales (TS), que tiene las siguientes ventajas:

- El sistema no tiene que instalarse en localizaciones remotas.
- Los requerimientos de ancho de banda para los clientes de servidor de terminales son bastante bajos.

La principal desventaja del entorno TS, de servidores de terminales, es que las operaciones gráficas 3D, como el zoom dinámico y la rotación pueden ser más lentas. Para evitarlo algunos sistemas disponen de “atajos” para facilitar las operaciones gráficas cuando se utilizan servidores de terminales. Los avances en la tecnología TS podrían, en un futuro próximo, evitar esa desventaja utilizando nuevos métodos de presentación. En resumen, el uso de tecnología de servidores de terminales podría ser una solución eficaz cuando el ancho de banda disponible no es muy grande, la distancia entre centros de trabajo es importante o, en general, la latencia de la red es muy alta.

FORAN ha sufrido un proceso de rediseño para usarse eficazmente en diseño colaborativo, ya que permite trabajar en una WAN casi lo mismo que en una LAN. El ancho de banda requerido se ha reducido considerablemente debido, sobre todo, a su carácter topológico. El tamaño de la base de datos se ha reducido en un orden de magnitud. También se ha reducido en la misma medida la canti-

dad de información a transferir, reduciendo el ancho de banda en un orden de magnitud adicional. Con ello un número considerable de usuarios remotos pueden trabajar simultáneamente en el mismo modelo de buque.

Después de la migración de FORAN de una base de datos propia a una base de datos relacional comercial (Oracle), el sistema dispone de las siguientes alternativas de trabajo colaborativo:

- Red de área local (LAN). Todos los usuarios son locales.
- Red de área extendida (WAN) y servidores de terminales. La base de datos sólo es accesible desde la LAN maestra. El proceso remoto de FORAN se hace a través de servidor de terminales (Citrix).
- Red de área extendida (WAN) y acceso remoto a la base de datos (para número de usuarios pequeño o medio). Base de datos única en LAN maestra, accesible desde otras LAN.
- Configuración distribuida, con una base de datos en cada centro de trabajo. Las herramientas FORAN de intercambio de datos pueden usarse para actualizar las bases de datos.

Posteriormente se ha añadido una nueva alternativa de trabajo colaborativo integrando las capacidades de replicación de la base de datos Oracle para sincronizar

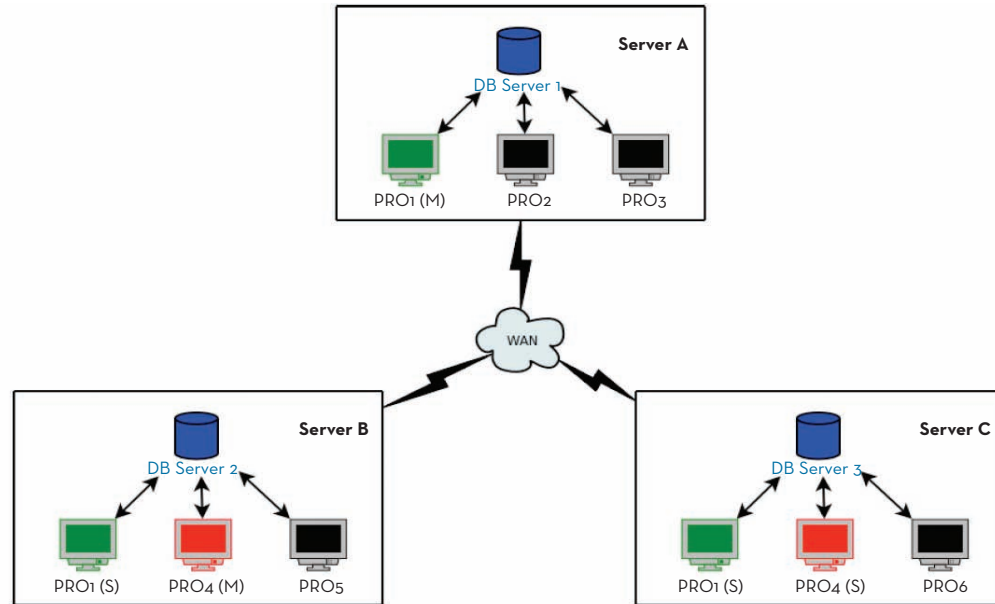
proyectos distribuidos en un entorno WAN. Un proyecto corresponde a un buque, y es el menor elemento replicable en un entorno FORAN.

Hay varios modos de explotar la replicación Oracle. La primera versión FORAN trabajando con replicación se ha desarrollado utilizando replicación “Multi-Master”, que permite mantener automáticamente sincronizadas varias bases de datos. En ella la inclusión de un nuevo dato en una de las bases de datos se propaga automáticamente a las otras. Lo mismo ocurre con las actualizaciones y eliminaciones.

La replicación “Multi-Master” es el más complejo, en cuanto a posibilidades de configuración, de todos los métodos posibles en Oracle, y también el único que cubre casi todas las funcionalidades requeridas por FORAN. Para simplificar la configuración de un entorno de replicación Multi-Master se ha rediseñado la herramienta FDBA, de administración de la base de datos FORAN, de modo que Oracle queda oculto desde el punto de vista de la administración de la base de datos.

Existen dos modos de propagar las transacciones a una base de datos remota: “modo síncrono” y “modo asíncrono”. En la replicación síncrona la transacción se transmite a todas las bases de datos del buque de que se trate. Si alguna de las localidades

Figura 4.9. Esquema de replicación Multi-Master



donde se trabaja en el proyecto no puede aceptar la transacción por fallo de comunicaciones o de la base de datos, ninguna de las localidades puede aceptarla.

En la replicación asíncrona todas las transacciones en un proyecto se almacenan temporalmente en una cola de transacciones diferidas. Periódicamente (por ejemplo cada minuto) la cola citada se envía a todas las otras bases de datos.

La replicación asíncrona presenta varias ventajas importantes respecto a la síncrona:

- Requiere menos ancho de banda. Las transacciones se agrupan antes de enviarse.
- Es más flexible: si una de las localizaciones de trabajo se inutiliza, las otras siguen recibiendo las actualizaciones.
- Permite trabajar de forma efectiva en redes con latencias bastante mayores que las requeridas para trabajar con replicación síncrona. En el caso de la replicación asíncrona es posible trabajar en redes con latencias del orden de 80 a 100 ms.

Sin embargo la replicación asíncrona tiene una desventaja decisiva respecto a la síncrona: hace posibles los conflictos de datos, especialmente los de actualización, unicidad y borrado. Para evitar estos conflictos es posible utilizar instrumentos de control del acceso de los distintos grupos de usuarios a distintas partes del proyecto.

En paralelo con la necesidad de subcontratar trabajo de ingeniería, el astillero necesita controlar el acceso a partes del proyecto por varias razones:

- Existencia de áreas críticas en el proyecto.
- Distribución del trabajo entre los usuarios del sistema.
- Restricción de modificaciones según el avance del proyecto.
- Políticas de subcontratación de ciertas partes del buque.

Para permitir el control de accesos y de cambios se definen tres tipos de usuarios:

- El Administrador define las áreas a controlar, crea unidades y asigna unidades ya definidas a los Jefes de Unidad.
- Los Jefes de Unidad configuran el acceso a la suya y definen las reglas de control de cambios.

- Los Diseñadores sólo pueden acceder o modificar las unidades para las que disponen de permisos.

En proyectos complejos el establecimiento de reglas de acceso es una tarea larga y tediosa por el número de unidades, usuarios y variaciones y combinaciones a definir. En el caso de FORAN se han incorporado al sistema herramientas avanzadas para simplificar esta tarea.

Como conclusión, el mejor método para realizar ingeniería colaborativa en estos proyectos navales complejos se basa en el uso de técnicas de replicación en un entorno WAN conectando varios centros de trabajo, es decir, accediendo a una base de datos maestra, replicada en los restantes centros, que almacena el modelo de producto creado por los distintos grupos de diseño, trabajando en modo remoto. Mediante redes de comunicaciones del ancho de banda adecuado los subcontratistas pueden acceder de forma controlada a los modelos 3D, lo que facilita notablemente la coordinación y la integridad de los datos. La replicación, que permite hacer en modo local la mayor parte del trabajo, reduce los requerimientos de ancho de banda en más del 90%.

4.4 CONCLUSIONES FINALES

En el presente capítulo se ha analizado el transporte de personas en el ámbito del trabajo, y se han presentado, con ayuda de algunos ejemplos concretos, las posibilidades que ofrecen las actuales técnicas basadas en las TIC.

Las actuales tecnologías de la información y las comunicaciones permiten eliminar este transporte en muchos casos; por lo que se podría afirmar que contribuyen a la sostenibilidad del transporte en base a reducirlo, e incluso suprimirlo en muchos casos.

En todo caso, el escenario es distinto en función del tipo de trabajo y de los objetivos concretos de las actividades a desarrollar. Se puede hablar de desplazamientos de personas relacionados con la gestión y el control del trabajo, con la toma (conjunta) de decisiones, con el trabajo colaborativo, con el tratamiento y análisis de datos o con la actuación directa sobre el entorno.

El trabajo colaborativo puede estar enfocado al análisis de datos y la comprensión conjunta de los mismos, al diseño y/o creación conjunta de una obra o producto, o bien al asesoramiento, tutoría o aprendizaje.

Las posibilidades reales que ofrecen las TIC dependen del tipo de actividades

a realizar y del tipo de datos a compartir. En el caso tratado del diseño naval, los subcontratistas pueden acceder de forma controlada a los modelos 3D de forma remota, lo que facilita notablemente la coordinación y la integridad de los datos y evita los desplazamientos de clientes, diseñadores y constructores, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema global de transporte.

En concreto, la telemedicina contribuye a la sostenibilidad reduciendo las necesidades de transporte, tanto en lo que se refiere a personas como a información, datos y documentos. La telemedicina permite la acción inmediata a distancia de los especialistas más idóneos en cada ocasión y hace innecesario, por tanto, el transporte y los desplazamientos. Aparte de los casos ya mencionados podríamos citar innumerables experiencias como la del hospital Sunnaas en Noruega [Heen'08], especializado en rehabilitación de pacientes con grandes traumas, y en el que las técnicas de telemedicina han posibilitado el diagnóstico a distancia y la ayuda en los programas de rehabilitación de pacientes concretos, evitando desplazamientos que en algunos casos podían haber sido complejos o incluso imposibles.

Dentro del ámbito de la industria, las TIC permiten reducir las necesidades de transporte en aspectos tan diversos como los relacionados con el diseño colaborativo en proyectos complejos o con el mantenimiento a distancia. En este último caso, las técnicas agrupan tanto la monitorización y la recogida de datos como la actuación remota y el tutelaje a distancia. El ejemplo paradigmático de estos sistemas de mantenimiento se encuentra en el campo aeroespacial, y en concreto en los equipos embarcados en satélites. En los próximos años se asistirá a una creciente utilización de estas técnicas para el mantenimiento de equipos industriales y domésticos, con sistemas de monitorización y envío de datos por parte de los propios equipos: la conexión de los sistemas de control de los equipos (e incluso de los electrodomésticos) a internet significará un cambio de perspectiva, pasando de la recogida de datos a distancia al envío autónomo y al autodiagnóstico por parte de los propios equipos y sistemas.

Las nuevas técnicas de ingeniería colaborativa se apoyan en las TIC y suministran herramientas para la elaboración, análisis, gestión y mejora de proyectos de forma cooperativa y sin presencia física de los técnicos participantes. Según la experiencia ya mencionada en el campo de la construcción naval, evidentemente exten-

sible a otros campos, el mejor método para realizar ingeniería colaborativa en proyectos complejos se basa en el uso de técnicas de replicación en un entorno WAN conectando varios centros de trabajo, es decir, accediendo a una base de datos maestra, replicada en los restantes centros, que almacena el modelo de producto creado por los distintos grupos de diseño, trabajando en modo remoto. Mediante redes de comunicaciones del ancho de banda adecuado los subcontratistas pueden acceder de forma controlada a los modelos 3D, lo que facilita notablemente la coordinación y la integridad de los datos. La replicación, que permite hacer en modo local la mayor parte del trabajo, reduce los requerimientos de ancho de banda en más del 90%.

En la ingeniería colaborativa son muy importantes los aspectos de seguridad, y de acceso y control de cambios, por la posible existencia de zonas críticas del proyecto, y para evitar modificaciones no deseadas debido al grado de avance del proyecto.

Sin duda la posibilidad de hacer ingeniería colaborativa en modelos de producto comunes está permitiendo tanto a las industrias como a los subcontratistas de ingeniería abordar proyectos mayores y más complejos, que demandan más recursos y capacidades de diseño complemen-

tarias a la vez que reducen las necesidades de desplazamiento de personas.

En todo caso, hay que indicar que el uso de estas nuevas tecnologías puede conllevar algunas dificultades, producto en muchos casos de la velocidad vertiginosa con que van apareciendo y que contrasta con la lentitud con que la sociedad puede asimilarlos en muchos casos. Las nuevas formas de trabajo deben ser asimiladas, y en algunos casos producen rechazo en el momento que modifican las fronteras tradicionales entre profesiones, [Heen'08]. Los proyectos algunas veces fracasan por un exceso de expectativas previas, que

luego chocan con la realidad de su puesta en práctica y de posibles problemas de financiación. Existe una tendencia a pensar que los problemas que aparecen son de índole técnica cuando en muchos casos son sociales, organizativos, de falta de infraestructuras o políticos.

Las actuales tecnologías de la información y las comunicaciones permiten eliminar el transporte de información y datos y los desplazamientos de personas en muchos casos, contribuyendo a la sostenibilidad del transporte en base, como ya se ha comentado, a reducirlo e incluso suprimirlo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, F. (2006): *Scalability, Distributed Work and Remote Access Project*. SENER, Ingeniería y Sistemas, Internal Report.
- ALONSO, F. et al. (2002): *Collaborative Engineering in Shipbuilding*. 11th (ICCAS), Vol. 1, pp 243-258.
- ALONSO, F., GONZÁLEZ, C. y PASTOR, L.: *Collaborative Design. A practical approach based on the use of replicated databases for concurrent design*.
- ARENT GREVE, JANET SALAFF (2008): *Telework as knowledge exchange: can technology support social relations?*. The Journal of E-Working Vol. 2 (2), pp. 95-121.
- BARRIUSO, Jesús (2008): *NTICC-Salud: Aplicación de las Nuevas Tecnologías de la información y comunicaciones para optimización y evolución de la asistencia a la salud*.
- CEBOLLERO, A., et al. (2003): *Collaborative Engineering in Shipbuilding*. WMTC-SNAME.
- EINTHOVEN, W. (1902): *Galvanometrische registratie van het menselijk electrocardiogram*. In Herinneringsbundel, Professor S. S. Rosenstein. Leiden: Eduard Ijdo, pp. 101-107.
- GÓMEZ, P., et al. (1997): *Telematics: A Challenge to Concurrent Engineering*. 9th (ICCAS), Vol. 2, pp. 411-424.
- GRONAU, N., et al. (2004): *Collaborative Engineering Communities in Shipbuilding*. En el 5th Working Conference on Virtual Enterprises, Kluwer Academic Publishers, pp. 329-338.
- HANNE HEEN, MARGUNN BJØRNHOLT, WIGGO KNUDSEN (2008): *Distance work: in the intersection between technology, politics and organization*. The Journal of E-working, Vol 2, pp. 1-11.
- KEATING, B. (2001): *Challenges Involved in Multi-master Replication*.
- LÓPEZ, A. M., KRUPINSKI, E. A., BEINAR, S. J., HOLCOMB, M., McNEELY, R. A., LATIFI, R. y BARRER, G. (2008): *Stud Health Technol Inform*. Vol 131, pp. 23-38 (ISSN: 0926-9630).
- STEPHEN SMITH R., MD, *Telemedicine and Trauma Care*. Southern Medical Journal, Department of Surgery, University of Kansas, School of Medicine-Wichita; and Trauma Services, Via Christi Regional Medical Center-St. Francis Campus, Wichita, Kan.
- TORROJA, J., et al. (1999): *The Role of Advanced Communications in Ship Engineering*. 10th (ICCAS), Vol. 1, pp. 183-196.
- WEINSTEIN, R.S.: *Telemedicine Program*. Department of Pathology, University of Arizona College of Medicine-Tucson Campus, USA.



RETOS DE LA ENSEÑANZA A DISTANCIA: LOS SISTEMAS AVANZADOS

Jaime Tafur

CEPADE. *Coordinador*

Miguel Ángel Feito

CEDDT

Gabriel Ferraté

RAI

Académico revisor

Gabriel Ferraté

5

5.1 INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

Los cambios de modelo a través de las TIC que se han mostrado en el capítulo 3 (tele-trabajo, gestiones en línea, comercio electrónico...) tienen distintos niveles de avance. La tele-formación es, quizás, uno de los servicios más consolidados. En la panorámica de este capítulo se ve cómo a partir del instrumento, las TIC, se generan nuevos modelos de enseñanza, se generaliza la oferta de servicios y se avanza en sus estándares de calidad. Quizá, una de las conclusiones a las que llevan los tres casos que se exponen en las monografías, el de Cepade, el de Ceddet y el de la UOC, es que esta nueva modalidad de servicios, que se concibe para aportar flexibilidad y mejora de la oferta de formación a los participantes, tiene un impacto positivo en la sostenibilidad por evitar desplazamientos y, lo que es más interesante, puede ser un aliado si se quiere avanzar en el futuro en la mejora de los impactos medioambientales de la formación.

El aprendizaje a través de las TIC va más allá de la simple reproducción de los modelos tradicionales de enseñanza que utilizan la tecnología tan sólo para darle un aire de “modernidad” al proceso y continuar, en el fondo, haciendo lo mismo que

siempre se hizo. No se trata en absoluto de convertir en una videoconferencia la clase oral de un profesor, ni de volcar a la red los textos y manuales de enseñanza. Las posibilidades son mucho más complejas y sutiles. Las nuevas técnicas informáticas y pedagógicas permiten, por ejemplo, concebir materiales interactivos de aprendizaje, con procesos de despliegue temático y conceptual automáticamente adaptables al ritmo, a la forma, e incluso al nivel de respuesta de cada usuario. La posibilidad de personalización y de adaptación es un factor muy importante. Por otra parte, la formación en red favorece también la creación de “grupos interactivo-cooperativos virtuales” que estimulan el trabajo en grupo, con las consiguientes sinergias y posibilidades de cooperación y de complementación entre los diversos componentes del mismo que, adicionalmente, puede ser territorialmente muy amplio y disperso.

Lo hasta ahora expuesto no es todo ni, probablemente, lo más importante. La principal propiedad que puede conferir un uso adecuado de las TIC a través de los espacios virtuales, es su capacidad de *romper* las barreras del tiempo y del espacio, *virtualidad*, mediante un espacio vir-

tual, o “Campus Virtual” en el ámbito que nos ocupa. Asimismo, la *virtualidad*, en su más amplio sentido, nos conduce –o nos puede conducir– a los conceptos de *ubicuidad* y de *globalidad*.

Entendemos por *ubicuidad* la capacidad de acceso a la red –y por lo tanto al Campus Virtual– desde cualquier lugar, bien sea de forma alámbrica o inalámbrica. La *globalidad* consiste en la capacidad de conectar y comunicar con cualquier persona, institución o servicio vinculados a la red, con independencia de su ubicación territorial o geográfica, y de su nacionalidad.

5.1.1 Internet y las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)

Cuando a mediados de los años noventa apareció Internet nadie pudo imaginar la auténtica revolución que supondría para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Internet, más que una tecnología, es un medio que sirve como medio de comunicación, de interacción social y una forma de acceso a todo tipo de información y conocimiento. Por su parte, las TIC no pueden ser únicamente consideradas como la informática y sus aplicaciones relacionadas como Internet, sino también, como un medio de comunicación de todo tipo entre distintos emisores y receptores: los medios de

comunicación masivos, como la televisión o la radio, y los medios de comunicación interpersonales tradicionales, como el teléfono o el fax.

Es Internet lo que ha supuesto el cambio en la sociedad más grande de los últimos años, apareciendo nuevas formas de relaciones sociales, la forma de compartir el conocimiento y de conseguirlo, y se puede decir que afecta a todos los aspectos de la vida social del ser humano. En este campo, aparece como última novedad la Web 2.0 que ha cambiado la forma de interaccionar del usuario. Ahora participa de forma activa, escribiendo blogs, actualizando contenido y aportando su conocimiento para crear algo en común con el resto de usuarios. Cuando se menciona la Web 2.0, se está haciendo referencia a un conjunto de aplicaciones y páginas que utilizan la inteligencia colectiva para ofrecer un servicio interactivo en red y dando al usuario el control de sus datos.

Una buena forma de entender el concepto de Web 2.0 es la analogía que Tim O’Reilly (2004) propone entre elementos de la Web 1.0 y la Web 2.0. Así, cuando antes había páginas web personales ahora se usan los blogs, donde antes estaba la Enciclopedia Británica como fuente de información ahora se utiliza Wikipedia. Se puede entender como 2.0 “*todas aquellas utilidades y servicios de*

Internet que se sustentan en una base de datos, la cual puede ser modificada por los usuarios del servicio, ya sea en su contenido (añadiendo, cambiando o borrando información o asociando datos a la información existente), bien en la forma de presentarlos, o en contenido y forma simultáneamente” (Ribes, 2007).

Los usuarios de la Web 2.0 comparten con el resto del mundo sus archivos, a través de portales de publicación personal, almacenamiento multimedia, redes sociales y resto de páginas que funcionan a partir de la colaboración activa de sus usuarios.

5.1.2 e-Learning

Sin duda, constituye el aprendizaje en línea (*e-learning*), una de las grandes aportaciones de Internet y de las TIC al mundo de la enseñanza. Conviene aquí precisar que el término *e-learning* hace referencia a la actividad que utiliza de manera integrada, tanto recursos informáticos, como de comunicación y producción, para la formación de un entorno y una metodología de desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Dicha actividad tendrá como medio de transmisión el uso de las redes de comunicación electrónicas públicas (Internet) o privadas.

Presenta numerosas ventajas frente a la enseñanza tradicional. Dichas ventajas

comienzan por la flexibilidad, pues permite la adaptación de la enseñanza a las necesidades del alumno, dependiendo de sus capacidades, de su disponibilidad temporal y geográfica.

También presenta una notable contribución a la sostenibilidad, puesto que reduce (y en muchos casos, elimina) muchos desplazamientos y costes asociados. Redunda, por tanto, en un modelo más sostenible, donde resulta mucho más fácil compatibilizar el aprendizaje con otras tareas.

La clasificación más comúnmente empleada para el *e-learning* es según la sincronía, que puede llevarse a cabo de dos maneras distintas: síncrona o en tiempo real; o asíncrona o en tiempo diferido. Las herramientas utilizadas para las distintas modalidades son diferentes, utilizándose para la modalidad asíncrona el correo electrónico (*email*), los foros o las listas de correo; y para la modalidad síncrona, el chat, la videoconferencia, las pizarras compartidas. Estos aspectos permiten una gran similitud con la formación presencial, pero salvando los obstáculos físicos, en unos casos, y temporales, en otros.

Es indudable que la Web 2.0 tiene una gran aplicación en el *e-learning*, y las distintas herramientas, como los citados almacenamientos multimedia, o aquellas

que permiten la participación activa del usuario (en este caso, el alumno) están proyectando al *e-learning* a cotas difícilmente imaginables hace unos años. También se puede afirmar que el *e-learning* no se ha convertido en sinónimo de “educación a distancia usando los ordenadores e Internet”, sino que gracias a las TIC, y a su novedosa forma de tratar y gestionar el acceso a la información, se está convirtiendo en una herramienta de apoyo fundamental a la formación presencial.

El *e-learning*, para ser considerado como tal, tiene que presentar de forma coordinada una metodología (cómo crear el proceso de aprendizaje), un contenido (qué se va a enseñar) y una tecnología (recursos y plataformas). Estos tres ejes fundamentales deberán coordinarse en función del diseño metodológico, que deberá estar alineado con los objetivos del curso y las herramientas de diseño, la arquitectura metodológica, que deberá precisar si la tecnología es síncrona o asíncrona, y por último, el sistema de evaluación, que se coordinará con la tecnología de administración (Rodríguez y Marqués, 2004).

5.1.3 Las plataformas tecnológicas y la gestión de contenidos

Los sistemas de gestión de contenidos (CMS) son herramientas de software diri-

gidas a la gestión de páginas web. La funcionalidad de los sistemas de gestión de contenidos se puede dividir en cuatro categorías: creación de contenido, gestión de contenido, publicación y presentación (Robertson, 2003).

Por su parte, el *e-learning* presenta unas necesidades específicas que un CMS no siempre cubre (o bien, no proporciona las mismas facilidades que una herramienta creada específicamente para esta función). En general, los sistemas de gestión del aprendizaje (Learning Management Systems o LMS) facilitan la interacción entre profesores y alumnos, aportan herramientas para la gestión de



contenidos académicos y permiten el seguimiento y la evaluación. Es decir, facilitan una translación del modelo real en el mundo virtual. Estos sistemas son diferentes a los CMS, tanto por su objetivo como por sus características, pero actualmente comienzan a incluir capacidades de los sistemas de gestión de contenidos.

Con la integración de las dos herramientas nace un nuevo concepto, los sistemas de gestión de contenidos para el aprendizaje (Learning Content Management Systems o LCMS) (Cuerda y Minguillón, 2004).

Estos sistemas permiten al profesor llevar a cabo la configuración de cursos, matricular y calificar a los alumnos. Para ello utilizan los servicios de comunicación en Internet como son el correo, los foros, las videoconferencias o el chat. El alumno puede, a su vez, seguir las lecciones del curso, realizar las actividades programadas, comunicarse con el profesor y con otros alumnos, así como seguir a su propio progreso con datos estadísticos y calificaciones. En el mercado existen distintas plataformas con funcionalidades semejantes.

Estas plataformas se dividen en dos grandes grupos: Plataformas libres (código abierto) y plataformas no libres (privativas). Entre las plataformas más representativas de estos dos grandes grupos se encuentran Moodle o Blackboard.

- **Moodle:** Es el sistema de e-Learning más utilizado. De código abierto, empleado por más de 1.300 universidades e institutos para complementar sus clases presenciales por la facilidad de gestionar tareas, enviar mensajes a todos los alumnos, crear glosarios y diccionarios o usar un calendario global. Creado por Martin Dougiamas, su primera versión apareció en 2002 y su nombre, Moodle, son las iniciales de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (Entorno Modular de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos). Las principales ventajas son su código abierto y que utiliza una forma de aprendizaje constructivista, o lo que es lo mismo, que el alumno aprende interactuando con lo que le rodea, pudiendo comentar en entradas a bases de datos (e incluso contribuir en ellas) y trabajar colaborativamente en un Wiki.
- **Blackboard Academic Suite:** Es otro de las plataformas de e-learning más utilizadas, pero a diferencia de Moodle, no es de código abierto. Está desarrollado por la empresa Blackboard Inc. con sede en Washington D.C. Es similar a Moodle, pero al no ser de código abierto, las universidades lo emplean mediante el pago de una cuota anual. Las funcionalidades son muy parecidas, con la posibilidad de realizar exámenes

por Internet, solicitar trabajos, habilitar un calendario, chat, etc.

5.1.4 La calidad en la enseñanza virtual

La calidad viene definida por el conjunto de características del producto educativo, que determinan el grado de satisfacción de las necesidades que dicho producto educativo proporciona al consumidor (Descartes, 2005). La calidad es relativa, porque está relacionada con el mercado y con la satisfacción, con lo que un curso virtual no sólo depende de sus cualidades, sino también del precio que haya pagado el usuario, que le hará exigir unas u otras condiciones.

Para la valoración de la calidad de una oferta formativa en línea (virtual), se establece una ponderación de los servicios y la distribución. La oferta formativa se basará a su vez en dos elementos esenciales dentro del ámbito de la educación: los materiales educativos digitales, que a su vez serán evaluados en función de sus cualidades pedagógicas; y la gestión académica (Rodrigo y Sarasa, 2006).

Los elementos que se deben tener en cuenta a la hora de analizar la calidad de la formación a distancia en Internet son esencialmente tres: la normalización, que debe asegurar la compatibilidad tecnológica entre distintas plataformas de *e-learning*; los indicadores, que deben identi-

car principios de buenas prácticas y criterios para conseguir la excelencia en el desarrollo de cursos; y por último, la certificación, que debe poder valorar las ofertas utilizando unos criterios documentados de los expertos (MECA-ODL, 2002).

El método jerárquico se basa en definir criterios de calidad desde tres dimensiones básicas: Producto (curso virtual), Prestación del servicio e Infraestructura (Rodrigo y Sarasa, 2006).

En la dimensión del producto se han de considerar los aspectos comerciales (evaluación previa del mercado, ajuste a las necesidades de los clientes), los aspectos pedagógicos (prerrequisitos, habilidades a adquirir, métodos de evaluación), los aspectos legales (homologación a planes de estudios o cumplimiento con la normativa legal existente), los aspectos de estandarización de los contenidos (grado de cumplimiento) o los aspectos técnicos.

En cuanto a los aspectos relacionados con las funcionalidades de valor añadido que se prestan para facilitar el “consumo del producto”, se debe tener en cuenta la atención al cliente (servicio 24x7); la programación del curso (guía, tutoría virtual); los contenidos *online* (disponibilidad de contenidos); la biblioteca digital (servicios de biblioteca); la e-administración (gestión de trámites); el campus o comunidad virtual (coexistencia de servi-

cios); y la evaluación final (alumnos, profesores, gestor).

Por último, en cuanto a los aspectos relacionados con el soporte *hardware* o *software* para “la gestión del producto y de los servicios”, se debe considerar la plataforma de despliegue y seguimiento (LMS, CMS, LCMS), la seguridad de datos y comunicaciones (protocolos de seguridad implementados, sistemas de Backup), la disponibilidad, rendimiento y capacidad (tolerancia a fallos, sistemas redundantes) y el mantenimiento y escalabilidad (facilidad para aumentar su funcionalidad, número de usuarios).

5.1.5 Conclusión de la panorámica

Como se ha visto en los epígrafes anteriores, se puede concluir que el *e-learning* es un servicio maduro, preparado para que los alumnos se puedan formar, total o parcialmente, a distancia.

La planificación de estrategias y modelos *e-learning* no tenía inicialmente como vector principal evitar desplazamientos, aunque por su propia naturaleza, así lo ha propiciado. El tener servicios de alto volumen en marcha, permite incorporar la variable medioambiental con facilidad, porque ya se ha recorrido todo el camino de “gestión del cambio”. La extensión, modificación o transferencia del modelo son

posibles de forma eficaz y eficiente.

Entre los posibles impactos positivos se encuentra el asumir, dentro de la oferta formativa, un compromiso de contenidos que apoyan la sostenibilidad, conforme se desarrolla en los casos expuestos a continuación, y un enfoque transversal en todos los cursos ofertados. De esta forma se materializa el alineamiento sostenible del papel de la educación superior con la responsabilidad social universitaria.

De lo expuesto no hay que deducir que la enseñanza presencial -cara a cara- va a desaparecer; ni mucho menos. Cada modo educativo, según los colectivos a los que se aplica y los objetivos perseguidos, tiene su particular ámbito de actuación. Se debe añadir que, de modo general, la pura y simple acumulación de conocimientos está dejando de ser el símbolo distintivo de la persona intelectualmente preparada. Esta distinción se asocia cada vez más a la capacidad de análisis, de relación, de contextualización y de comunicación que proporciona la aptitud para razonar, y que un uso inteligente y flexible de las TIC puede facilitar.

A continuación se recogen dos experiencias concretas que permiten entender, con mayor detalle, el funcionamiento de los modelos de tele-formación y su impacto en los desplazamientos de las personas.

5.2 LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID Y LA ENSEÑANZA A DISTANCIA: EL CASO CEPADE

Javier Tafur, CEPADE

5.2.1 Presentación

CEPADE es el Centro de Estudios de Postgrado de Administración de Empresas de la Universidad Politécnica de Madrid.

Fue creado en 1971, operando como Escuela Virtual de Negocios vía Internet desde 1993 y orientando su formación hacia la profundización en los diferentes aspectos que conciernen a la buena gestión de las organizaciones. Así, se puede afirmar que, por su antigüedad, prestigio de sus títulos, oferta académica y calidad del profesorado, CEPADE es la primera escuela virtual de negocios en español que imparte cursos para directivos y profesionales y Programas Master a distancia a través de Internet contribuyendo a la internacionalización y sostenibilidad de la educación superior.

5.2.2 La Universidad Politécnica de Madrid: el origen

Las Ingenierías de las distintas especialidades (Industriales, Caminos, Aeronáutica, Agrónomos, Navales, etc.) se agrupan en

1971 en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), que imparte estudios que cubren todas las áreas de la arquitectura y de las ingenierías de la sociedad actual, en la que influyen de manera decisiva y en la que cada vez adquieren mayor responsabilidad tanto científicos, como ingenieros. Valorada internacionalmente por la calidad de su docencia e investigación, la Universidad Politécnica de Madrid contribuye al desarrollo científico y a la difusión de la cultura en colaboración con empresas y organismos públicos, estando considerada como una de las más prestigiosas universidades de Europa.

No es exagerado afirmar que una gran parte de la historia de la tecnología española ha sido escrita por las Escuelas de Arquitectura e Ingenierías que configuran la UPM. Durante más de siglo y medio fueron dichas Escuelas, prácticamente las únicas, y en algunos casos, exclusivas en su género; pasando por sus centros, como alumnos o como profesores, todas las grandes figuras de la docencia e investigación tecnológica de España.

5.2.3 CEPADE: la satisfacción de una necesidad formativa

En 1971, recién constituida la Universidad Politécnica de Madrid, y ante la demanda creciente de conocimientos en los ámbitos de la Dirección y Gestión Empresarial, se constituye el Centro de Estudios de Postgrado de Administración de Empresas (CEPADE), orientado a la formación de postgrado, “a distancia”, de directivos y profesionales.

El trabajo en estrecha relación con la realidad empresarial, lo que junto a la calidad del profesorado y el prestigio de que goza la Universidad Politécnica de Madrid, garantiza a los participantes en sus programas formativos, tanto la calidad de la formación, como el reconocimiento profesional de sus títulos. Los Programas están tutelados académicamente por los departamentos correspondientes de la Universidad Politécnica de Madrid, y son diseñados y organizados con la autorización de la Junta de Gobierno de la propia Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente CEPADE imparte formación a distancia, a través de Internet y semipresencial, en colaboración con Industriales Escuela de Negocios (IEN) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Administrativamente, la Fundación General de la Universidad Politécnica de

Madrid (FGUPM) nace en 1981 con el afán de promocionar la ciencia, la cultura y la educación, y desde 1984 es la FGUPM quien gestiona los servicios de CEPADE para facilitar y agilizar su funcionamiento. De esta manera, académicamente CEPADE está integrado en la UPM, y administrativamente es gestionado desde la FGUPM.

La antigüedad del centro, que desde 1971 imparte cursos a distancia y desde 1993 basa su metodología en técnicas de formación *e-learning*, se complementa con su amplia oferta académica. Se imparten 200 cursos para directivos, 19 Programas de Experto, 20 Programas de Especialización y 20 Programas Master en áreas de Gestión y Administración de empresas.

Basado en el aprendizaje colaborativo a través del Campus Virtual, por el que se fomenta la realización de trabajos en grupo y la comunicación con el profesor y el resto de los participantes en el curso, el Claustro de profesores está formado por Catedráticos, Doctores, Profesores Titulares de Universidad, Magistrados, Inspectores de Finanzas y Directivos de Empresa con una considerable dispersión geográfica, nacional e internacional. Esta organización y flexibilidad de su proceso académico, permite al alumno adaptar el itinerario formativo de

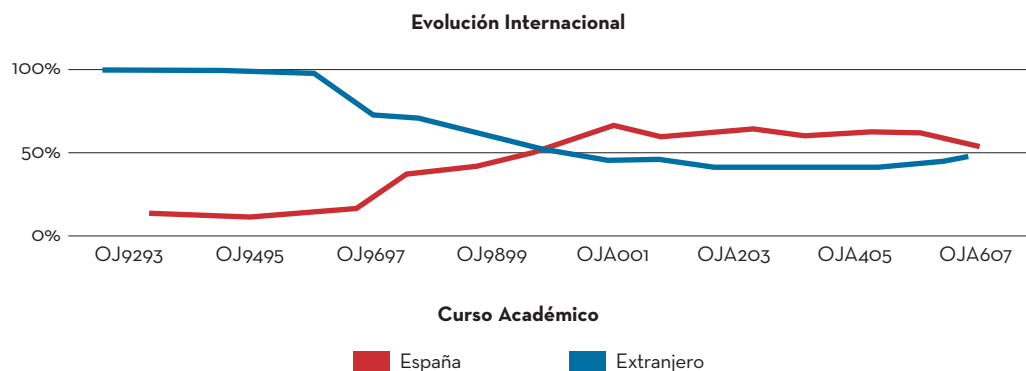
un Programa, de acuerdo con sus necesidades de formación, seleccionar los cursos de acuerdo con su disponibilidad de tiempo para obtener al final, un título universitario de postgrado, en caso de disponer de titulación universitaria. No obstante, el rigor se encuentra garantizado mediante evaluaciones continuas a lo largo del curso, siendo obligatorio aprobar un examen final presencial para ser declarado apto. Para la realización de dichos exámenes presenciales, existen sedes de examen en diferentes ciudades de España, Portugal, Ibero América y África. Los exámenes desarrollados en otros territorios se llevan a cabo con la colaboración de Consulados y Embajadas de España en los respectivos países.

5.2.4 La internacionalización de los alumnos

Es esta proyección internacional un aspecto crítico, pues CEPADE tiene una dimensión multicultural, al tener como promedio más de 1.000 alumnos anuales que son residentes en 38 países, éstos reciben su formación vía Internet y gracias a diferentes convenios con instituciones asociadas ubicadas en los distintos países.

De la misma forma, la calidad y cantidad de los alumnos constituye un ejemplo de sostenibilidad, ya que, de los aproximadamente 2.000 alumnos matriculados en el curso anterior, un 50% son residentes fuera de España. Más del 90% de los alumnos tienen en torno a 5 años de expe-

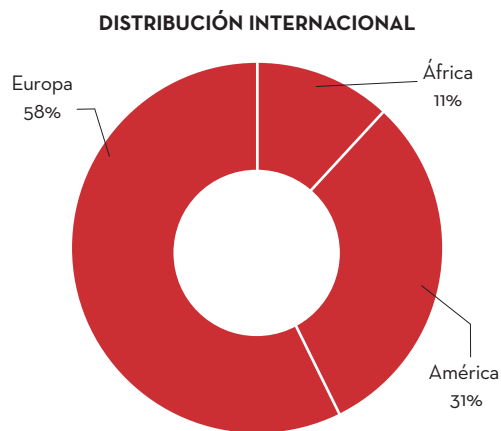
Figura 5.1. Evolución porcentual de alumnos nacionales y extranjeros



riencia profesional en la empresa, lo cual configura una extraordinaria comunidad virtual de profesores y alumnos en los que se intercambian experiencias y se establecen relaciones profesionales entre los distintos países y mercados.

Los alumnos se matriculan en cursos de postgrado *online* o master *online* tales como: MBA Internacional *online*, MBA *online*, Master Recursos Humanos *online*, etc. Desde el año 1994, CEPADE mantiene acuerdos institucionales con diferentes centros, que ubicados en diversos países, se denominan “Instituciones Asociadas”. Éstas se encargan de la comercialización, gestión administrativa y atención a los alumnos.

Figura 5.2. Distribución de alumnos internacionales



El alumno que reside en otro país dispone de los mismos recursos que un alumno de España (material didáctico, software, libros de texto y acceso al Campus Virtual). El calendario es el mismo para todos los alumnos y las vías de comunicación con el profesor y otros alumnos se llevan a cabo vía Internet, a través de su Campus Virtual.

En los últimos 15 años, en los que CEPADE ha impartido formación superior vía Internet, el número de alumnos extranjeros supera los 12.000, procedentes en su mayoría del resto de Europa, América y África. En el mismo periodo, los alumnos residentes en España que han cursado sus estudios desde localidades externas a la provincia de Madrid, superan los 19.000.

En función de la experiencia adquirida en este periodo, tanto en la formación presencial como a distancia, se estima que el coste en el que incurren los estudiantes de postgrado que se desplazan a Madrid para seguir el curso académico supera los 15.000 € según los capítulos de gasto relativos a transporte, alojamiento, manutención, teléfono, etc. Así, de esta forma se puede valorar la contribución de CEPADE a la sostenibilidad de la educación superior internacional, impartida por medio de metodología *e-learning*.

5.2.5 Metodología y Campus Virtual: utilización efectiva de las TIC

Los cursos se realizan “a distancia vía Internet”, en régimen de tutorías y fomentando el aprendizaje colaborativo, lo que no exige la asistencia del alumno a clases. Permite así una mayor flexibilidad en el estudio de cada curso y una atención más personalizada del profesor al alumno, así como la interrelación con el resto de los participantes. Cada curso tiene asignado un Profesor-Tutor el cual elabora la documentación de estudio y es el encargado de resolver dudas, guiar el aprendizaje de los alumnos, hacer el seguimiento de las evaluaciones continuas y evaluar el examen presencial final. El alumno dispone de toda la documentación al principio del curso o cuatrimestre correspondiente, la cuál es descargada desde el Campus Virtual en Internet. Los libros de texto utilizados pueden ser tanto libros electrónicos (ebooks), como libros físicos, los cuales son enviados en colaboración con operadores logísticos externos.

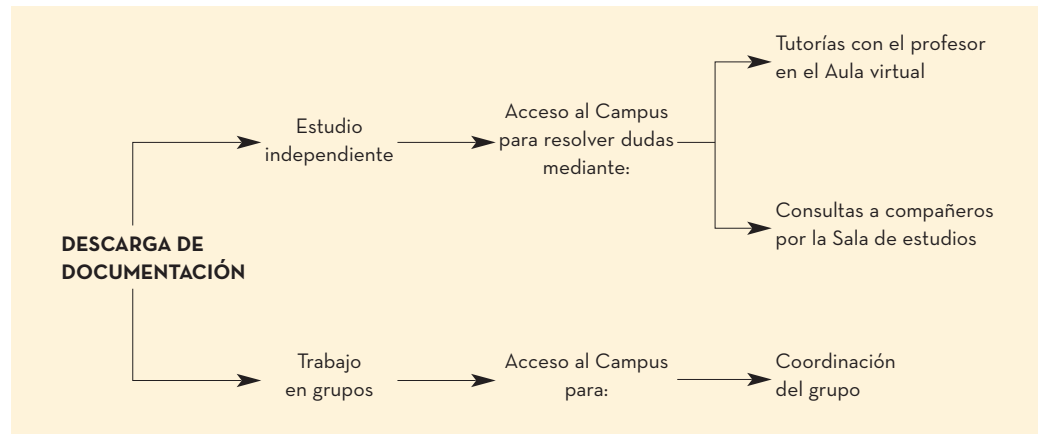
La continua aplicación de las TIC a la formación de postgrado motiva cada año la investigación de los avances tecnológicos aplicados a la formación. Así, se ofrecen Vídeos formativos bajo demanda (*Streaming*) en los cursos, pudiendo los alumnos realizar los trámites administrati-

vos a través de Internet con lo que los obstáculos físicos se anulan gracias a la correcta utilización de las TIC.

A lo largo del curso el alumno contacta con su Profesor-Tutor a través del Aula Virtual del curso, Vía Internet, con el fin de aclarar cuantas dudas se presenten o ampliar conceptos específicos. Asimismo, se realizan debates de casos de estudio y trabajos en grupo, en los cuales la coordinación y comunicación entre los participantes se lleva a través del Campus Virtual. La comunicación es asíncrona, es decir, no se realiza en tiempo real, sino que cada persona participa en el momento que tiene disponible para ello y se basa en el intercambio de mensajes escritos. Para la realización de los trabajos en grupo, existen salas específicas privadas para cada grupo, a través de las cuales se lleva a cabo la coordinación entre sus miembros.

El Campus Virtual es un espacio de comunicación personal y en grupos al cual se accede a través de Internet con fines académicos. Se puede definir como un conjunto de funciones que hacen posible la interrelación entre los colectivos que componen CEPADE (estudiantes, profesorado y personal de gestión) sin necesidad de coincidir en espacio y tiempo. Es la base de la metodología a través de Internet de CEPADE y un componente importante de su modelo de formación a

Figura 5.3. Empleo de las TIC en la formación a distancia



distancia, puesto que contribuye a disminuir el aislamiento que puede presentar el alumno en el estudio, permite la comunicación con el profesor y personal de CEPADE independientemente de la hora y lugar de conexión del alumno, y hace posible la realización de trabajos en grupo y el intercambio entre los alumnos matriculados en un curso, logrando así un aprendizaje colaborativo.

El soporte informático del Campus lo constituye la plataforma Moodle, que ofrece posibilidades de comunicación, trabajo personal y en grupo. El acceso se realiza a través de Internet, desde un programa navegador.

El trabajo en equipo es un método didáctico que contribuye a desarrollar la

capacidad de análisis, la responsabilidad y el compromiso en la toma de decisiones de los alumnos. Permite además que el aprendizaje que se realice sea colaborativo, logrando que las ideas de unos se enriquezcan con las aportaciones de otros. Los grupos de trabajo son la base de la metodología del caso, utilizada en los masters y cursos de CEPADE. Esta forma de trabajo es también muy conveniente a la hora de tomar decisiones, tanto en empresas privadas como públicas, por lo que la importancia de desarrollar en el alumno esta capacidad es fundamental para conseguir un directivo eficiente y eficaz.

Los Grupos globales de trabajo virtual (GGTV) de CEPADE son los equipos de alumnos que se forman para la resolución de ejercicios cuyos integrantes se

encuentran dispersos geográficamente por lo que el trabajo se realiza a distancia. Un GGTV está compuesto por alumnos que tienen como objetivo común la resolución de un ejercicio y que trabajan vía Internet, apoyándose para ello en las instrucciones del profesor-tutor y en las posibilidades de comunicación que ofrece el Campus Virtual CEPADE 2000.

La función de estos GGTV es desarrollar la capacidad de síntesis y de análisis, ejercitar la imaginación creativa, desarrollar la capacidad de decisión y desarrollar la aptitud para el trabajo en equipos verdaderamente globales. Estos GGTV enseñan a los alumnos cómo pueden sacar provecho de las nuevas tecnologías de la información, de modo que utilizando un entorno virtual de trabajo se pueda llevar a cabo la realización de un plan de negocio en grupo, la discusión de casos, la resolución de ejercicios prácticos, etc. Esta forma de trabajo en grupos, incluyendo a personas de diferentes culturas y procedentes de diversos lugares del mundo, es una vía muy conveniente para formar ejecutivos de la nueva economía globalizada. Los GGTV permiten, además, al alumno ejercitarse en la gestión de proyectos globales que se ven afectados por diferencias horarias y culturales, por el hecho de que parte del proyecto se realice por personas de países distintos y con culturas diferentes.

La comunicación en el grupo de trabajo se desarrolla íntegramente en el Campus Virtual. Dentro del aula del curso se habilitan zonas privadas de estudio, donde cada grupo de participantes deja allí las decisiones o actuaciones del trabajo que desarrollan conjuntamente.

En la larga tradición de CEPADE se ha demostrado que la mayor parte de abandonos en la formación a distancia se producen por una inadecuada organización del trabajo. La formación a distancia exige regularidad y disciplina desde la primera semana del curso. Como promedio, la experiencia demuestra que se deben dedicar 5 horas semanales a cada curso cuatrimestral de 3 ECTS. El Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS - European Credit Transfer System), es una exigencia de la Unión Europea elaborado para homologar las titulaciones universitarias obtenidas en cualquier país de la Unión Europea. Un crédito ECTS equivale aproximadamente a 25 horas de trabajo académico por parte del alumno.

En cualquier caso, todos los alumnos acuden al final de cada cuatrimestre a cualquiera de las sedes internacionales de examen para realizar el examen presencial final del curso, requisito imprescindible para obtener los créditos correspondientes al Certificado de Aptitud.

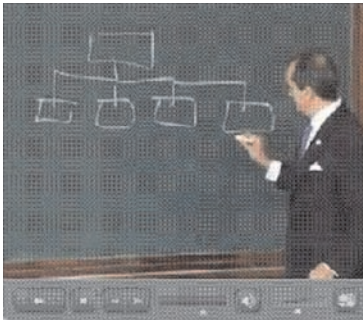


Figura 5.4. Videostreaming del programa MBA semi-presencial en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

5.2.6 Nuevas tendencias: la formación semi-presencial

La oferta académica de carácter semi-presencial se realiza en colaboración con Industriales Escuela de Negocios (IEN). Nacido en el año 2000, por iniciativa de la Dirección de la ETSI Industriales en el seno de la Universidad Politécnica de Madrid, tiene por objetivo ofrecer formación de postgrado presencial en el área de Administración de Empresas.

Se crea con un enfoque dinámico, innovador, orientado a las TIC y con carácter internacional, no sólo por sus programas, sino también por los alumnos, profesionales de más de veinte nacionalidades, que ofrecen en el aula un enfoque enriquecedor.

Los Programas semi-presenciales se dividen en dos partes muy diferenciadas, en cuanto a contenidos y metodología. Una primera parte, donde se desarrollan los conocimientos generalistas con una metodología presencial, acompañada por tutorías virtuales en línea, y una segunda parte donde se estudia la especialización a distancia vía Internet a través de CEPADE con metodología netamente virtual.

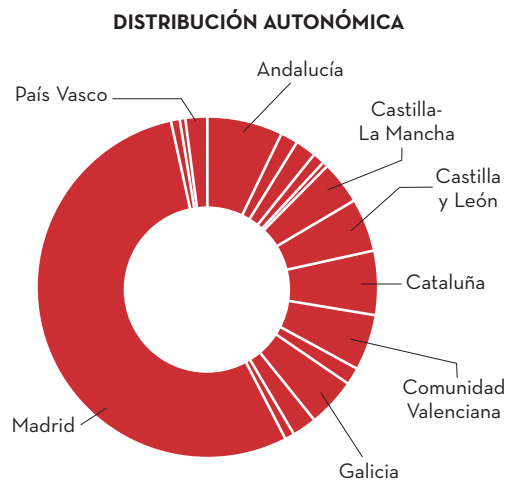
La oferta académica semi-presencial se centra en los Programas Executive (MBA Internacional y e-MBA), que comprenden una formación presencial de

octubre a julio con 33 ECTS, y una formación *online*, en la cual el alumno debe cursar los 27 ECTS del Programa de Especialización de Comercio Exterior y Marketing Internacional de CEPADE hasta completar los 60 ECTS del programa Master.

Figura 5.5. Distribución de alumnos residentes en España

Localidad	%
Madrid	54,6
Andalucía	7,3
Cataluña	5,7
Comunidad Valenciana	5,4
Castilla y León	5,0
Galicia	4,7
Castilla-La Mancha	4,1
Canarias	2,3
País Vasco	2,0
Asturias	1,9
Extremadura	1,7
Aragón	1,6
Baleares	1,3
Murcia	0,6
La Rioja	0,6
Navarra	0,6
Cantabria	0,6

Figura 5.6. Distribución de alumnos residentes en España (2)



Esta metodología permite que muchos alumnos residentes en otras ciudades de España, e incluso del resto de Europa, puedan cursar sus estudios superiores de postgrado en la Universidad Politécnica de Madrid sin trasladar necesariamente su residencia a Madrid.

Así, se puede contrastar la dispersión geográfica que muestran los alumnos con una relación de procedencia de Madrid, en un 55% y otras provincias en un 45%.

Esta flexibilidad que proporcionan las TIC y la enseñanza a distancia permite que un número creciente de alumnos que no reside en Madrid puedan seguir programas de formación superior en la Universidad Politécnica de Madrid.

5.3 EL CASO CEDDET

Miguel Ángel Feito, CEDDET

5.3.1 Introducción

Fundación CEDDET¹ es una entidad dedicada a la cooperación al desarrollo mediante la capacitación y la transferencia e intercambio de conocimientos y experiencias, utilizando como soporte las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

Su experiencia ha puesto de manifiesto la gran capacidad de ahorro de combustible para el transporte y de otros recursos naturales que el *e-learning* puede conllevar. No obstante, los programas de cooperación de la Fundación nunca se plantearon como una forma de ahorro en el consumo de recursos naturales o como una contribución a la sostenibilidad de nuestro planeta al reducir las necesidades de desplazamientos de profesionales residentes en diferentes continentes. Es más, probablemente, de no haber existido los programas de CEDDET, se hubiera producido un menor consumo de energía, buena parte de ella derivada del mayor número de viajes que ha provocado.

Ocurre con frecuencia en el campo de la tecnología y de su aplicación prác-

tica, desarrollos que nunca se concibieron para determinados objetivos, se convierten en herramientas útiles para alcanzarlos. Éste es el caso del *e-learning* y la sostenibilidad. Si bien los nuevos métodos de enseñanza son ahorradores de recursos naturales, su desarrollo y generalización no estuvieron inspirados o influidos por éste hecho. La experiencia de Fundación CEDDET no es, en este sentido, una excepción.

Los programas de la Fundación, al abrir caminos no transitados anteriormente en el mundo de la cooperación al desarrollo, han generado consumos que antes no existían, aunque también es verdad que sin las herramientas que proporciona el *e-learning*, los flujos de información y conocimientos entre personas muy distantes geográficamente no se hubieran producido, o lo hubieran hecho, con los recursos financieros disponibles por CEDDET, en una escala mucho menor.

La experiencia de Fundación CEDDET sirve, no obstante, para mostrar que el *e-learning* permite asegurar significativos intercambios de información, conocimientos y experiencias a través de cursos

¹ El patronato de la Fundación está constituido por la Secretaría de Estado de Economía, la vicepresidencia para América Latina del Banco Mundial, Fundación Telefónica, Universia, Agencia EFE, AECID e ICEX.

online y de redes virtuales permanentes sin necesidad de desplazamientos.

5.3.2 El proyecto CEDDET

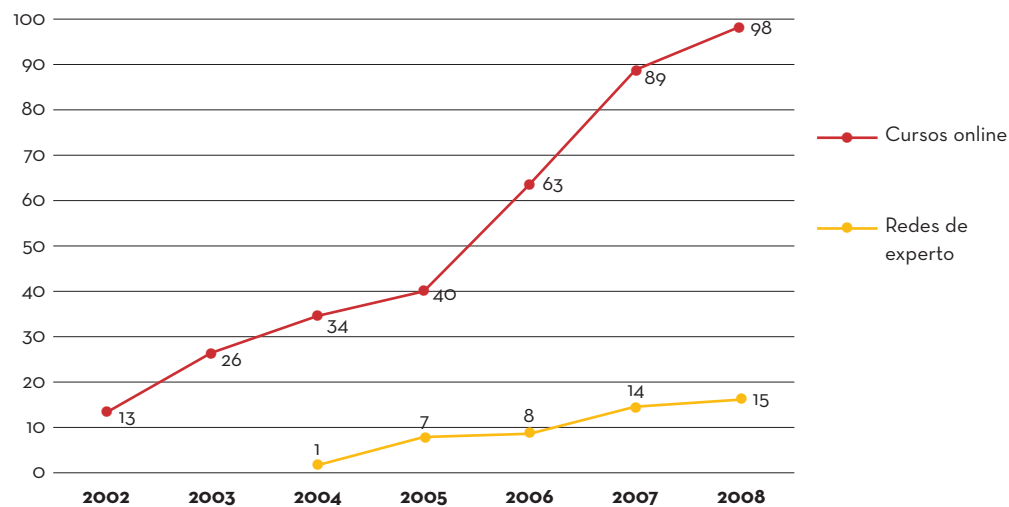
El proyecto CEDDET se puso en marcha a finales de 2001 como consecuencia de una invitación del Banco Mundial al Ministerio de Economía y Hacienda para que España se sumara a la iniciativa denominada “Red global de aprendizaje para el desarrollo (GDLN², en sus siglas inglesas).

El proyecto GDLN pretendía aplicar las posibilidades que ofrecían las TIC a

las transferencias e intercambios de conocimientos con impacto sobre el desarrollo económico y social. Se trataba de materializar con nuevas herramientas la vieja idea de que el conocimiento es tan importante para el desarrollo como la financiación.

El proyecto del Banco utilizó en sus inicios la videoconferencia como herramienta fundamental. La institución reservó capacidad en varios satélites geoestacionarios de telecomunicaciones para garantizarse la cobertura mundial, invirtió en estaciones terrenales de recepción de señal, reservó líneas de RDSI, creó aulas

Figura 5.7. Evolución de actividades Fundación CEDDET 2002-2008



2. Global Development Learning Network (www.gdln.org), es una alianza entre organizaciones públicas, privadas y no gubernamentales, liderada por el Banco Mundial, que constituye una comunidad de intercambio de conocimiento utilizando como soporte las TIC, cuyo objetivo es servir al mundo en desarrollo.

con las herramientas de tele-enseñanza más modernas, e inició su programa haciendo participar en sus videoconferencias a políticos, administradores públicos, profesores, científicos y técnicos de primer nivel.

España se sumó al proyecto GDLN, a través de CEDDET, de forma diferente y muy original para aquellos años. En cuanto al método, en lugar de basarse en videoconferencias, utilizó de forma intensiva el *e-learning* soportado en Internet.

Por lo que se refiere a contenidos, optó por compartir y someter a discusión las experiencias recientes de reforma del Estado y de la Administración españolas, así como las políticas públicas derivadas de dichas reformas y aplicadas en los últimos 30 años en España. Tras esta elección de contenidos estaba la creencia de que, sin un estado moderno y eficiente, el desarrollo económico y social es difícil de alcanzar.

En cuanto al área geográfica para su actuación, Fundación CEDDET focalizó sus actividades en América Latina, tanto por razones lingüísticas como por el interés que las administraciones de los países de la región mostraban por las reformas y políticas españolas.

Como puede observarse en la figura 5.7, el programa, en su parte de cursos *online* y redes virtuales de exper-

tos, ha crecido de forma importante desde su inicio.

5.3.3 El método

Bajo el concepto de *e-learning* se engloban diversos métodos docentes y distintas herramientas de tele-formación. Ninguno es mejor que otro, pero siempre debe seleccionarse aquél que es más adecuado a los objetivos pedagógicos que se persiguen, además de a los medios disponibles por los participantes en el proceso formativo.

Estas consideraciones generales llevaron a la Fundación a elegir un método de *e-learning* caracterizado por la simplicidad técnica (debía operar con igual eficacia en países con muy diverso nivel de infraestructuras de telecomunicaciones y con diferente dotación de equipos informáticos).

El colectivo al que se dirigían los cursos *online*, y las posteriores redes virtuales permanentes, era aquel constituido por altos funcionarios o políticos en desempeño de cargos ejecutivos en las Administraciones Públicas de todos los países de América Latina. Dado el alto nivel de los participantes, sus contrapartes españolas debían ser sus equivalentes, pero con el añadido de haber sido los protagonistas de dichas reformas y de la

implementación de las correspondientes políticas (fiscal, de gasto público, de promoción del turismo, de regulación del mercado de valores, etc.).

Dado el objetivo de los cursos y el perfil de los participantes, solamente era razonable aplicar un método de *e-learning* de tipo “aula virtual” o similar, con alta interactividad entre participantes, de forma que pudieran extraerse del curso las experiencias prácticas de todos los participantes (no solamente la de los españoles). Ello implicaba limitar el número de participantes por curso a un máximo de 30, de forma que se facilitara el contacto personal, aunque fuera a través de Internet, y se planificaran actividades y ejercicios que estimularan ese contacto.

En resumen, Fundación CEDDET optó por un método basado en Internet, de “Aula Virtual”, operativo incluso sobre la red telefónica básica (RTB) y equipos informáticos sencillos, que no requiriera plataformas de tele-enseñanza sofisticadas. Además, el método se basaba en la interacción con profesores que acumulen experiencia profesional práctica y reciente en la reforma del Estado y en la implementación de políticas públicas.

El método se ha mantenido, en sus elementos básicos, sin grandes cambios, aunque se han incorporado herramientas procedentes de la WEB 2.0.

5.3.4 Los contenidos

Los cursos *online* versan sobre las reformas necesarias para configurar un Estado moderno, incluyendo a todos los órganos representativos de sus poderes, y sobre las políticas públicas que éstos aplican, cuyo fin último es coadyuvar al desarrollo económico y social de los países.

Los contenidos provienen fundamentalmente de organismos públicos españoles, pero también de algunas empresas, de organismos internacionales o de bancos multilaterales. Son las personas que en cada organismo diseñan las reformas, planifican o ejecutan las políticas, las que, adecuadamente formados para enseñar a través de Internet, ejercen de profesores o tutores³.

En la actualidad, más de 50 entidades españolas e internacionales colaboran en los programas de capacitación.

De esas entidades provienen los 400 los profesores que comparten sus conocimientos y experiencias con los casi 3.000 participantes latinoamericanos, cada año, provenientes de 19 países.

Las áreas temáticas cubiertas en la actualidad por los programas de CEDDET son las enumeradas a continuación en el cuadro siguiente:

³. Los profesores, algunos de ellos sin experiencia docente previa, son capacitados en cursos ad hoc, en los que se les enseñan las técnicas y herramientas de la enseñanza online, que luego aplicarán en sus respectivos cursos online.

Figura 5.8. Áreas temáticas cubiertas por los programas de CEDDET

Gestión Económica y Fiscal de las Administraciones Públicas

- Contratación Pública
- Fiscalización Pública
- Gasto Público
- Gestión del Catastro
- Gobierno Local
- Sector Tributario

Políticas de Promoción de la Actividad Económica

- Comercio Exterior
- Gobierno Local
- Integración y Relaciones Económicas Internacionales
- Promoción de Inversiones
- Sector Energético
- Sector Empresarial
- Tratamiento de Residuos
- Turismo

Regulación de Mercados y Sectores

- Sector Energético
- Sector de las Telecomunicaciones
- Propiedad Industrial
- Mercado de Valores

Gestión de Infraestructuras y Servicios

- Sector Portuario
- Sector Transporte
- Sector Ferroviario
- Sector Aeroportuario
- Sector Ambiental

Cohesión Social y Gestión de la Seguridad Social

- Seguridad Social
- Programa Eurosocial

Gestión General de las Administraciones Públicas

- Gestión de la calidad
- Poder Legislativo: parlamentos
- Recursos Humanos
- Técnicas de Gestión

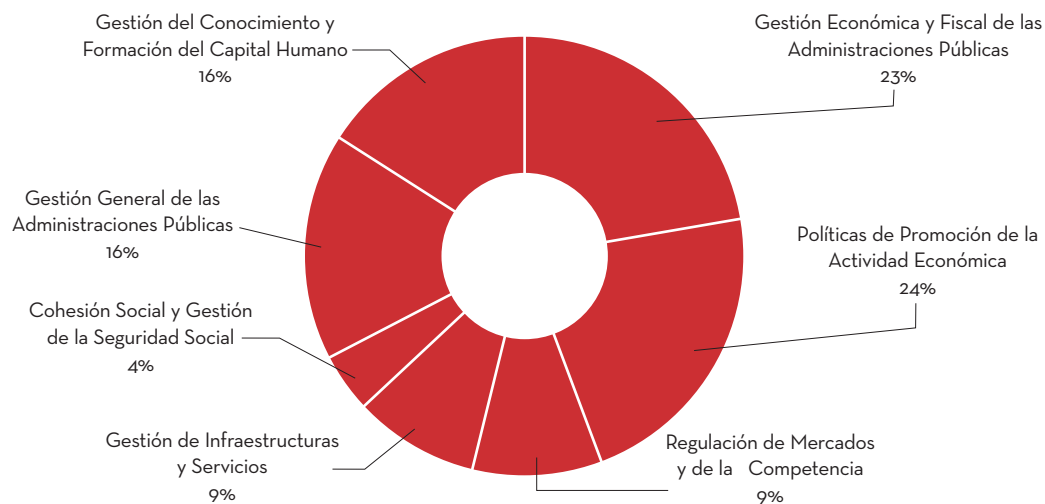
Gestión del Conocimiento y del Capital Humano

- Gestión del Conocimiento
- Innovación Tecnológica
- Medios de Comunicación
- Teleformación

El total de horas equivalentes impartidas *online* en 2008 en cada área temática queda recogido en el cuadro siguiente:

Áreas temáticas	Nº de horas totales 2008
Gestión Económica y Fiscal de las Administraciones Públicas	2.250
Políticas de Promoción de la Actividad Económica	2.640
Regulación de Mercados y de la Competencia	1.140
Gestión de Infraestructuras y Servicios	1.170
Cohesión Social y Gestión de la Seguridad Social ¹	855
Gestión General de las Administraciones Públicas	2.025
Gestión del Conocimiento y Formación del Capital Humano	1.890
Total	11.970

Figura 5.9. Peso relativo por áreas temáticas 2008



Como ya se ha señalado anteriormente, más de 50 entidades españolas e internacionales colaboran en los programas de capacitación aportando contenidos, entre las que se encuentran el Parlamento español, la AEAT, la Secretaría de Estado de Turismo, el Tribunal de

Cuentas, la CMT, la OEPM, la Fundación REPSOL-YPF, la OISS, etc.

En la siguiente figura se ha incluido las principales entidades que patrocinan y aportan sus experiencias a los cursos *online* encuadrados en las citadas áreas temáticas.

Figura 5.10. Principales entidades que colaboran con Fundación CEDDET

- AEAT. Agencia Española de Administración Tributaria
- IEF. Instituto de Estudios Fiscales
- CIAT. Confederación Iberoamericana de Administraciones Tributarias
- CNMV. Comisión Nacional del Mercado de Valores
- IIMV. Instituto Iberoamericano de Mercados de Valores
- Congreso de los Diputados
- INAP. Instituto Nacional de Administración Pública
- OISS. Organización Iberoamericana para la Seguridad Social
- ICEX. Instituto Español de Comercio Exterior
- OEPM. Oficina Española de Patentes y Mercas
- CMT. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones
- DGE. Dirección General de la Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
- DGC. Dirección General de Catastro del Ministerio de Economía y Hacienda
- CIEMAT. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
- Secretaría General de Turismo
- CNC. Comisión Nacional de la Competencia
- AENA. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
- OECC. Oficina Española del Cambio Climático
- RED.ES. (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio)
- BM. Banco Mundial
- BID. Banco Interamericano de Desarrollo
- TCU. Tribunal de Cuentas
- INE. Instituto Nacional de Estadística
- CNE. Comisión Nacional de la Energía
- Ayuntamiento de Sevilla
- CMT. Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones
- COIT. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación
- ETSIA. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos
- FUNDEU-Agencia EFE
- Fundación Repsol-YPF
- Puertos del Estado. Puerto de Valencia
- CIFF. Centro Internacional de Formación Financiera-Banco SCH
- MERCASA
- Universidades: UNED, UAH, UNIA, UB, UA, UPCO (Comillas)
- UL. Universidad del Litoral (Argentina)
- PUCP. Pontificia Universidad Católica del Perú
- MERCASA
- AE Madrid (Ayuntamiento de Madrid)
- Interés. Agencia Española de Promoción de Inversiones
- Fundación de Ferrocarriles Españoles
- FUNDIBEQ. Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad
- CYII. Canal de Isabel II
- CGPJ. Consejo General del Poder Judicial
- CEJ. Centro de Estudios Jurídicos
- FG. Fundación Garrigues

5.3.5 Los participantes

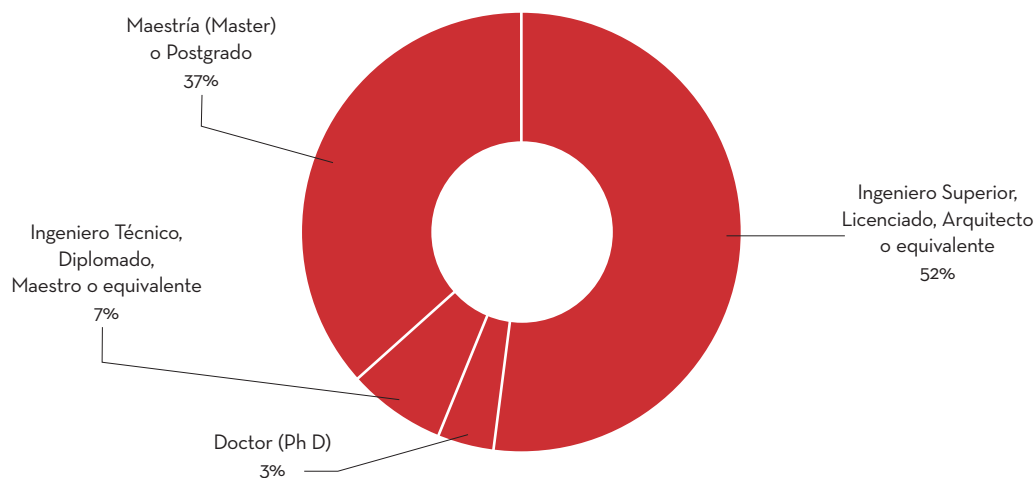
Los participantes en los cursos *online*, y posteriormente en las redes virtuales de expertos, provienen de todo tipo de organismos públicos latinoamericanos y de algunas entidades privadas. El número de participantes ha crecido progresivamente. En 2009, más de 1.100 entidades de 19 países matricularán, en los 115 cursos *online* que ofrecerá CEDDET, a cerca de 3.000 participantes.

Las entidades participantes son, principalmente, las contrapartes de las españolas enumeradas en el listado anterior. Es decir, todos los Parlamentos, Ministerios

de Hacienda, Contralorías (Tribunales de Cuentas), Secretarías de Turismo, Oficinas de Patentes, Organismos de Seguridad Social, etc. Pero también municipios de diferente tamaño, gobiernos regionales y entidades semipúblicas y privadas, provenientes de todos los países de habla hispana o portuguesa.

Los participantes son personas con una buena formación, según se observa en el gráfico siguiente para 2008⁴, con una media de edad de 39 años, con 15 años de experiencia profesional, como media, y que ocupan puestos de responsabilidad o los ocuparán a lo largo de su carrera profesional.

Figura 5.11. Participantes cursos online año 2008 - Distribución por nivel educativo



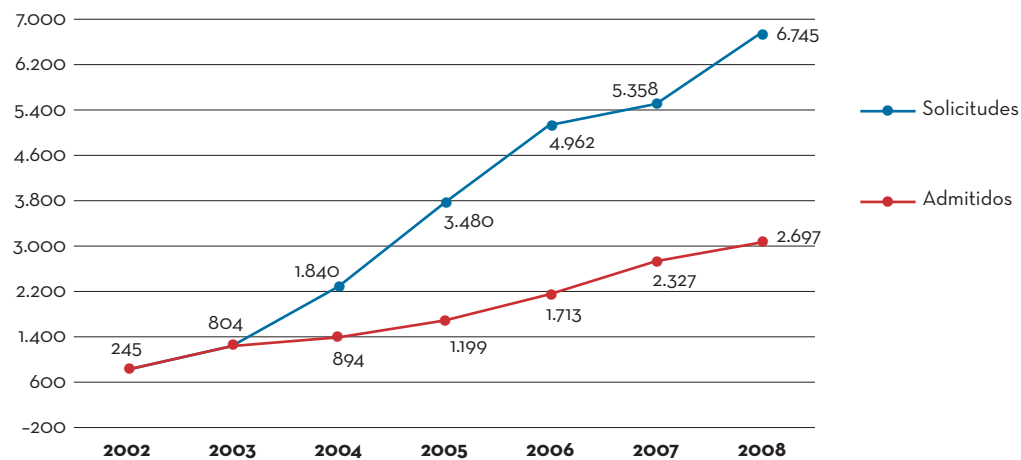
4. Esta estructura en la formación de los participantes en los cursos online se mantiene a lo largo de los años sin apenas variación.

El interés por los programas de capacitación de Fundación CEDDET ha sido creciente para las entidades que han matriculado a sus funcionarios y empleados, y para los propios participantes, que se han convertido en los principales promotores de los cursos en sus respectivas instituciones y países. El gráfico de la figura 5.12 muestra que, a pesar del notable incremento en cursos *online*, se ha producido un creciente déficit de plazas disponibles, pues las solicitudes han crecido a un ritmo superior durante casi todo el periodo.

De los datos presentados hasta este momento sobre entidades participantes

en los programas de CEDDET, ubicadas a ambos lados del Atlántico y de Río Grande (o Río Bravo) a Tierra del Fuego, así como sobre el número de altos funcionarios participantes en los cursos *online*, se concluye fácilmente que hubieran sido necesarios gran cantidad de desplazamientos para garantizar los intercambios de conocimientos y experiencias que se facilitaron con el *e-learning*. Dada la limitación de recursos financieros, el resultado hubiera sido, realmente, la no realización de un número tan elevado de actividades, ni con tantas entidades y personas participando.

Figura 5.12. Evolución solicitudes y admisiones a cursos on line 2002-2008



5.3.6 Las redes virtuales de expertos

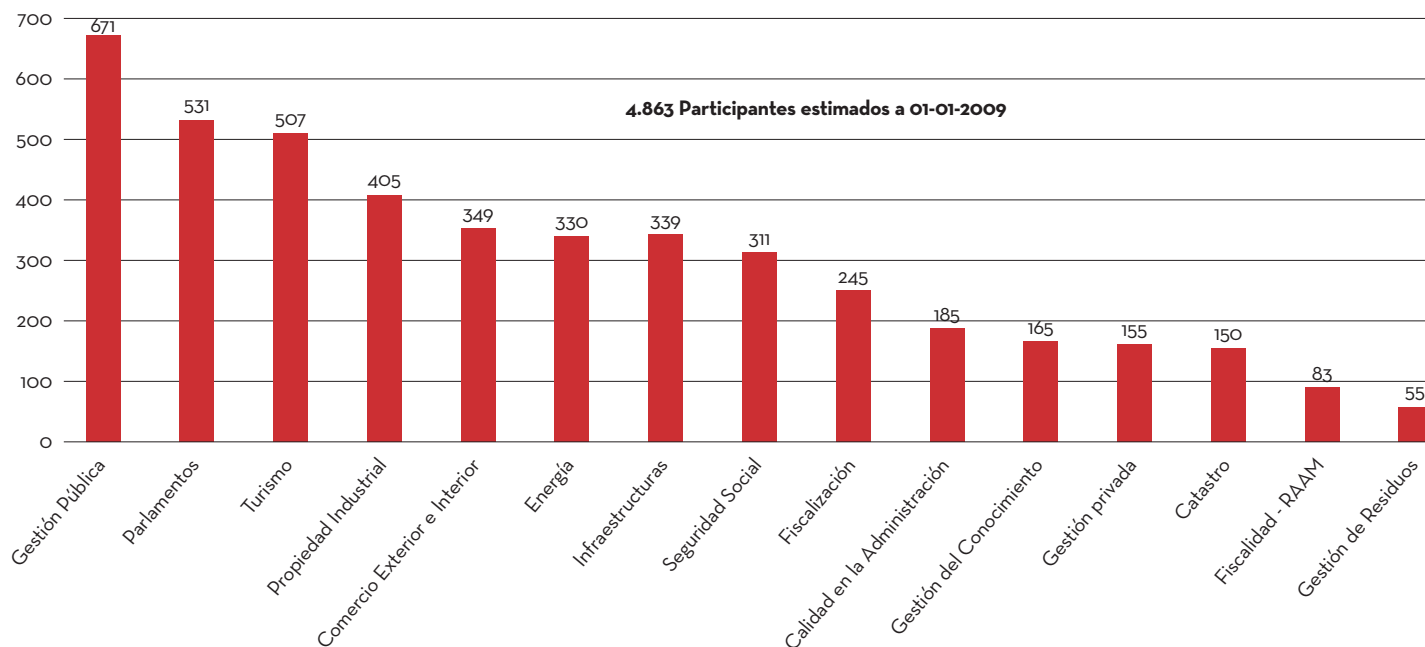
Los participantes en los cursos *online* muy pronto manifestaron la necesidad y el interés de mantenerse en contacto.

Dado su perfil profesional bastante homogéneo, los similares problemas que debían enfrentar y su motivación para intercambiar experiencias, resultaba evidente que la Fundación CEDDET debía incluir entre sus programas la creación de

redes virtuales de expertos que agruparan, por áreas temáticas, a los participantes en los cursos *online*.

Tras estudiar la dinámica de algunas redes existentes en otros ámbitos y analizar las razones del fracaso de muchas otras, la Fundación decidió lanzar su programa de redes. El gráfico de la figura 5.13 recoge las redes que se han ido creando a lo largo de los años, con el número de miembros en cada una de ellas a mediados de 2008.

Figura 5.13. Total participantes programa “Redes de Experto”



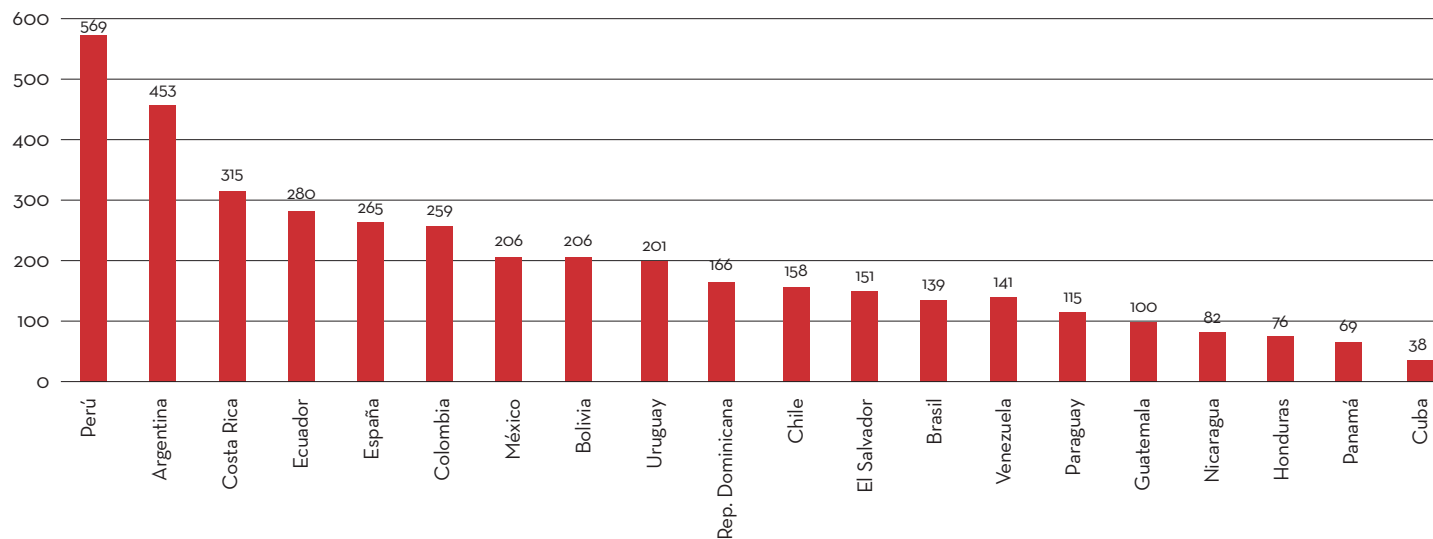
Las redes agrupan exclusivamente a los participantes en los cursos *online* y a sus profesores y tutores, lo que garantiza la homogeneidad y calidad de sus intervenciones. En el seno de las redes se realizan algunas actividades de calidad, a propuesta de sus miembros, de las entidades latinoamericanas o españolas participantes en los cursos *online*, o de Fundación CEDDET, tales como cursos cortos *online*, revistas digitales especializadas, foros de debate animados por un experto de reco-

nocido prestigio y alta cualificación en la materia, etc.

La red sirve igualmente para el intercambio espontáneo entre sus miembros.

Las redes tienen un carácter plurinacional, como queda reflejado en el gráfico de la figura 5.14. Cabría destacar la importante participación de españoles, provenientes de las entidades que aportan los contenidos de los cursos *online*, y que normalmente son profesores o tutores de dichos cursos:

Figura 5.14. Participantes del programa de Redes



5.3.7 Conclusión

El cuadro de la figura 5.15 resume los principales datos de las actividades de Fundación CEDDET en los últimos siete años.

Se ha incluido el dato, en el cuadro resumen, de los seminarios presenciales que los cursos *online* han generado, exclusivamente con los participantes de dichos cursos, y el número de personas que han realizado largos desplazamientos para participar en los mismos. Los seminarios presenciales, según la experiencia de la Fundación, han sido muy importantes, por no decir determinantes, para el lanzamiento y la consolidación de las redes virtuales de expertos y, en cierta medida, para la difusión de los cursos *online*.

La conclusión, no obstante, es que las TIC han permitido la creación de una trama

de relaciones entre instituciones y personas de 20 países diferentes y la generación de un flujo de conocimientos y experiencias intercambiados que de haberse realizado por sistemas tradicionales hubiera dado lugar a un número extraordinario de desplazamientos a través del Atlántico y de Norte a Sur del continente americano.

El “saldo” en términos de ahorro de desplazamientos, para generar el mismo volumen de actividad, es positivo, a pesar de los desplazamientos inducidos por los programas de Fundación CEDDET.

La generalización de procedimientos de formación basados en el *e-learning* solamente puede tener efectos positivos sobre la sostenibilidad, sin reducir, por otro lado, la eficacia en la transmisión de conocimientos y experiencias.

Figura 5.15. Fundación CEDDET en cifras 2002-2008

Países beneficiarios	19
Cursos <i>online</i>	488
Participantes cursos <i>online</i>	9.952
Valoración media de los cursos*	4,6 sobre 5
Seminarios presenciales	132
Participantes seminarios presenciales	1.538
Entidades españolas u otras que aportan contenidos	55
Entidades latinoamericanas que matriculan participantes	1.215
Redes y subredes de expertos iberoamericanos	16
Miembros de las redes	4.863

* Valoración realizada por participantes desde el año 2004 al 2008.

5.4 CASO UOC

Gabriel Ferraté, RAI

5.4.1 Consideraciones previas

En este Capítulo 5 se asocian implícitamente los conceptos de “sostenibilidad” y de “transporte” con el de “enseñanza a distancia”, que es totalmente acertada por un doble motivo. En primer lugar porque la palabra “transporte” puede referirse tanto a entes materiales –objetos, seres vivos, fluidos, etc.– como a entes en principio inmateriales –energía e información/formación–, si bien estos últimos pueden requerir la ayuda de soportes materiales para llevarlos a cabo. En segundo lugar, porque la enseñanza presencial tradicional presupone la concurrencia de profesores y estudiantes en un mismo lugar y en el mismo momento, con lo que ello conlleva de procesos de desplazamiento y transporte y, por consiguiente, de no sostenibilidad por el consumo de energía y su renovabilidad, así como la contaminación directa o indirectamente generada.

Al margen de las consideraciones puramente derivadas de la mejora de la sostenibilidad, hay otras importantes razones que llevan a la concepción y a la implantación de nuevos sistemas de ense-

ñanza y formación, en un mundo globalizado y en cambio permanente.

Nos hallamos inmersos en la llamada “Sociedad del Conocimiento” que a caballo de las TIC está actuando como un revulsivo que cambia muchas ideas y paradigmas embebidos en la concepción tradicional del mundo. Aunque a primera vista pueda parecer un contrasentido, se puede afirmar que lo único constante es el cambio.

Para podernos desenvolver y progresar en un entorno cuyos parámetros están cambiando necesitamos *saber* y, por ende, necesitamos *aprender*. La irrupción de la “Sociedad del Conocimiento” –y de las TIC como vehículo privilegiado para su transmisión– está modificando substancialmente el esquema de los procesos educativos tradicionales, basados no tanto en aprender como en enseñar. Nuestro mundo, nos guste o no, es un mundo globalizado en el cual el progreso y la competitividad están estrechamente relacionados con la formación y el aprendizaje.

En la situación actual lo que sí resulta evidente es la creciente interdependencia entre el desarrollo de la ciencia y la tecnología y el desarrollo de la sociedad en su

conjunto. Esta interdependencia lleva al convencimiento de que en las actuales circunstancias la formación de los ciudadanos es un elemento clave y esencial.

El desarrollo científico y técnico exige la existencia de personas expertas en la concepción, diseño, fabricación, distribución, operación o mantenimiento de los nuevos sistemas, productos y servicios en un mercado progresivamente más globalizado y competitivo. Se debe considerar también el creciente fenómeno de la “deslocalización” de las empresas y de los servicios. El efecto combinado de los fenómenos indicados está produciendo –y lo hará cada vez con mayor intensidad– la aparición de un amplio abanico de nuevas profesiones que van a tener un efecto muy importante en la nueva estructuración del mundo de las empresas, con una evidente repercusión en el de la formación y de la enseñanza, que deberán adaptarse a las exigencias de la “ubicuidad”, de la “globalidad” y del “cambio”. La sociedad es ya una sociedad “en red”, en la cual las instituciones educativas tradicionales deberán experimentar una transformación radical, tanto en lo que se refiere a los objetivos, cuanto a la manera de alcanzarlos. Estamos pues, condenados –puede que no sea ésta la mejor expresión– a vivir en un contexto de aprendizaje continuo, de reciclaje permanente, de adquisición,

actualización y caducidad de conocimientos –y lo que es probablemente más importante– de competencias, que nos permita actuar como personas libres autónomas y con criterio.

Se avanza inexorablemente hacia una forma de aprendizaje basado progresivamente en la red. Quede bien claro que ello no excluye los sistemas formativos y de enseñanza tradicionales, sino que los complementa y, en situaciones específicas determinadas, los substituye con ventaja. Debemos ser conscientes que cada metodología tiene sus campos de aplicación más adecuados, pues la realidad de nuestras situaciones y necesidades personales y de entorno profesional puede ser muy diversa. Lo que sí debe quedar también claro es que el desarrollo imparable de la *sociedad en red* nos conduce inexorablemente a formas de *aprendizaje en red*. Los “espacios virtuales”, de forma combinada o exclusiva, forman ya parte de nuestra realidad educativa.

5.4.2 El nacimiento de la UOC

La UOC (Universitat Oberta de Catalunya) fue creada el año 1995 por iniciativa del Gobierno de la Generalitat de Catalunya con el objetivo de establecer un sistema innovador de formación a distancia, que pudiera ofrecer una respuesta eficaz a las necesidades crecientes y cambiantes de

unos sectores sociales que desean acceder a la Universidad y que presentan características muy diversas en edad, lugar de residencia y situación personal y profesional.

Esta nueva propuesta educativa, basada en una enseñanza abierta y flexible, concebida para ofrecer una formación universitaria de alta calidad, ha estado experimentando estos últimos años una creciente demanda debida, entre otras razones, a:

- La necesidad de formación continuada, que se percibe en el ejercicio diario de la profesión;
- El deseo de muchos adultos de iniciar o reanudar sus estudios universitarios;
- La superación de los problemas de desplazamiento suscitados por la distancia, los medios de transporte disponibles o por alguna limitación física;
- La oportunidad brindada a los estudiantes que por motivos personales prefieren seguir una enseñanza no presencial.

Para asegurar desde el inicio una oferta adecuada a la demanda de estudios universitarios no presenciales, y disponer de la flexibilidad y capacidad de adaptación a la nueva realidad que se ha expuesto, el gobierno de Catalunya impulsó la creación de una Fundación de la que formaban parte, además de la propia Generalitat, el Consejo de Cámaras de Comercio, la Federación Catalana de Cajas de Ahorro,

Televisión de Catalunya y Catalunya Radio. Fue esta Fundación la que creó la UOC –aprobada unánimemente en marzo del 1995 por Ley del Parlamento de Catalunya– con el objetivo de garantizar la máxima calidad docente, mediante la aplicación de modelos pedagógicos innovadores y el empleo de tecnología multimedia e interactiva.

5.4.3 El Campus virtual de la UOC

La UOC, desde su inicio, basó su sistema educativo en el concepto de *Campus Virtual*, al que se ha hecho referencia en apartados anteriores. El CV, diseñado y desarrollado totalmente por la UOC, tomó la forma de una gran plataforma o red telemática que cubría todo el territorio de actuación académica. Desde su domicilio o su puesto de trabajo, mediante un ordenador personal y un correo electrónico de fácil manejo, los estudiantes están en contacto permanente con los servicios de la Universidad, con sus profesores y con el resto de compañeros. A través del CV se puede acceder a todos los servicios y a las bases de datos internas de la Universidad (aula virtual, biblioteca virtual, tablón de anuncios, grupos de trabajo, etc.) y hacer consultas y gestiones de tipo administrativo (matrículas, certificados,...). Gracias al CV, una plataforma diseñada estética y

funcionalmente para simular un campus universitario real, el estudiante puede trabajar en la Universidad y vivirla a cualquier hora del día o de la noche. Téngase presente que cuando se diseñó el CV (año 1994) constituyó una auténtica novedad a nivel internacional.

La UOC, creada específicamente para ello, fue la primera Universidad en el mundo que basó su enseñanza en el *e-learning*, o sea en el uso de los espacios virtuales combinados con materiales lectivos interactivos y multimedia. Los objetivos contemplados en el diseño del CV fueron, básicamente, la ergonomía, la fiabilidad, la escalabilidad, y la rapidez de respuesta. También se valoró la posibilidad de poderlo personalizar de acuerdo a las propias preferencias y tipo de uso. La actual versión, bautizada como “Campus 5.0”, ofrece muchas novedades y es particularmente operativa y ergonómica.

La UOC fue pionera en la introducción de las nuevas tecnologías en la enseñanza y, de hecho, fue la primera Universidad en desarrollar e implantar un sistema universitario íntegramente basado en la utilización de las TIC. Su labor ha sido reconocida internacionalmente: premio Bangemann Challenge de la Unión Europea (Stockholm 1997), premio International Council for Distance Education (ICDE) a la mejor universidad

virtual y a distancia del mundo (Oslo 2001), premio World Information Technology and Services Alliance (WITSA) (Bangkok 2000), premio Organización de Estados Americanos (OEA) a la calidad educativa (2004), etc.

5.4.4 Atención personalizada desde el primer día

El estímulo y el apoyo permanente a los estudiantes son básicos en la enseñanza no presencial para garantizar el éxito académico. Por este motivo la UOC cuida especialmente la atención personalizada de sus estudiantes. Desde el momento de la matrícula, y antes de empezar el curso académico, los estudiantes reciben formación en el uso del correo electrónico y de las técnicas multimedia necesarias para estudiar en el CV y utilizar sus servicios, así como adiestramiento en técnicas y métodos de estudio a distancia. Afinar y perfeccionar la metodología pedagógica, adaptándola de forma eficaz y creativa a su particular modelo educativo, es uno de los grandes retos de la UOC.

5.4.5 El profesorado siempre al alcance

El profesorado de la UOC garantiza la corrección y la eficacia del proceso de aprendizaje y efectúa su evaluación.

Desde el primer momento los estudiantes de la UOC tienen a su disposición, *tutores* y *consultores*.

Durante sus estudios, un mismo *tutor* asesora, orienta e informa a cada estudiante sobre todo aquello que afecta al desarrollo general de los mismos y que no es objeto de una asignatura o materia concreta. Cada tutor, que está al corriente de la trayectoria de los estudiantes que tiene asignados, se convierte en su asesor personal y en su principal interlocutor. El estudiante de la UOC nunca debe sentirse solo o abandonado.

Asimismo, para cada asignatura, el estudiante tiene asignado un *consultor* responsable del desarrollo y eficacia del proceso de aprendizaje, de su motivación y de su evaluación continuada. A través del correo electrónico y en el marco del grupo virtual al que está inscrito, el estudiante puede preguntar, consultar, pedir información, etc. y recibir –normalmente de forma asíncrona– la respuesta del consultor. Recordemos que la asincronía es un concepto fundamental de la formación no presencial, supeditada por una parte a las particularidades de los horarios de trabajo de cada uno de los usuarios del Campus y, por otra, al desfase temporal consecuencia de los husos horarios de aquéllos, según su lugar de residencia o trabajo en un entorno global.

5.4.6 El material didáctico

Para cada asignatura o materia de sus estudios, el estudiante recibe o tiene acceso a un conjunto de materiales didácticos multimedia (módulos en soporte impreso, CD ROMS, programas informáticos, etc.). Los materiales, según su naturaleza y cuando procede, contienen una indicación de los objetivos a alcanzar, de los contenidos, propuestas de ejercicios, tests y criterios de autoevaluación, propuestas de actividades, etc. Todos los materiales docentes son elaborados por reconocidos expertos en la materia, con la ayuda y la colaboración de especialistas en la metodología propia de la UOC, cuando procede.

Recientemente, y de forma experimental, se ha iniciado una prueba piloto con materiales soportados por un libro de “tinta electrónica”, lo cual permite llevar en persona una considerable cantidad de información con capacidad interactiva. Asimismo, mediante el móvil *iPhone*, se pueden descargar contenidos educativos en audio y texto.

5.4.7 Encuentros presenciales y Centros de apoyo

Sin menoscabo de la concepción de su sistema basado en la virtualidad y la asincro-

nía, uno de los objetivos primordiales de la UOC es potenciar y facilitar en cuanto sea posible el contacto directo entre el profesorado y los estudiantes más allá de las posibilidades interactivas del sistema en red que configura el Campus Virtual.

Aproximadamente dos fines de semana por semestre, de forma descentralizada y de asistencia no obligatoria, se organizan encuentros presenciales –normalmente uno de presentación al principio y uno de síntesis al final– para trabar amistades personales, aclarar dudas e intercambiar información, así como para participar en actividades culturales o lúdicas organizadas por los propios estudiantes o por la institución.

Para garantizar una atención más directa y personalizada a sus estudiantes, la UOC dispone de una red de Centros de apoyo –nacionales o internacionales– que organizan actividades académicas presenciales, tales como encuentros, debates y conferencias, así como otros actos culturales y de extensión universitaria dirigidas a los propios estudiantes de la UOC o a su entorno social y empresarial. Estos Centros se crean generalmente aprovechando al máximo las infraestructuras de entidades –públicas o privadas– con las que la universidad ha establecido convenios de colaboración. Actualmente la red de Centros de apoyo, con un total de

65, la componen 56 en Catalunya, seis en el resto del Estado y uno en Alguer (Cerdeña), Andorra y Méjico.

Los Centros de apoyo disponen por lo general de una mediateca donde los estudiantes pueden acceder a todos los materiales didácticos y de consulta de la UOC. Los visitantes pueden también reunirse para trabajar en grupo o para conectarse al CV.

Las pruebas de validación y los exámenes son presenciales y que los estudiantes deben asistir a los Centros de apoyo designados o a alguna de las universidades –principalmente en el extranjero– con las que se han establecido convenios de colaboración a tal efecto.

5.4.8 Una comunidad virtual en expansión

La UOC, como ente y concepto, se constituye en comunidad de personas que tienen el aprendizaje y el conocimiento como interés común y que, gracias a Internet, pueden interactuar activamente, formando una comunidad dinámica global que después de 14 años de existencia reúne ya cerca de 50.000 personas, entre estudiantes, equipo docente y de investigación, y personal de gestión. De los 45.000 alumnos que actualmente forman parte de la comunidad universitaria de la

UOC, 38.000 están en el Estado español, un millar residen en Méjico y el resto están distribuidos entre más de 60 países.

El perfil de los estudiantes de la UOC se aparta del clásico del ámbito universitario y confirma que su oferta va dirigida primordialmente a una nueva tipología de estudiantes de mayor edad, caracterizada mayoritariamente por tener estudios previos, que trabaja y que apuesta por seguir mejorando su formación. Los datos estadísticos indican que el 40% tienen entre 31 y 40 años y que el 93% combinan el estudio con una actividad profesional que supera las 30 horas semanales. Todo ello es consecuencia de la organización y estructura de la UOC, así como de su peculiar sistema educativo que sitúa al estudiante en el centro del proceso de formación, caracterizado por su flexibilidad temporal y espacial que permite compaginar el estudio con la vida familiar y profesional.

La UOC ofrece actualmente una veintena de titulaciones y más de 200 cursos de postgrado y másters y está en pleno proceso de adaptación a los acuerdos de Bolonia.

5.4.9 La investigación

La UOC ha creado el Internet Interdisciplinary Institute -IN3- con el

objetivo de impulsar y promover la investigación en general y, en particular, proyectos relacionados con los efectos del uso y las aplicaciones de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la sociedad. Sus principales líneas de trabajo son, entre otras:

- El aprendizaje en línea (e-learning).
- La socioeconomía.
- Las comunidades virtuales.
- El e-business.
- El derecho y las TIC.
- La gobernabilidad.
- La gestión del conocimiento.
- El arte y la creación digital.
- La prospectiva y las aplicaciones tecnológicas en el ámbito de las TIC.
- La cooperación internacional y las TIC.

El IN3 ha sido responsable, entre otros, del proyecto interdisciplinar “Internet Cataluña”, sobre el uso de las TIC. La UOC lidera también el proyecto “Campus”, impulsado por la Generalitat, que nace de la voluntad de las universidades de Cataluña de poder disponer de un campus virtual basado en el programario libre. El objetivo, en el que colaboran las doce universidades, es poder disponer de un campus virtual que pueda soportar hasta diez mil usuarios conectados simultáneamente y que sea una referencia internacional en el ámbito del *e-learning*.

5.4.10 A modo de conclusión: sostenibilidad y e-learning

En el primer apartado de este trabajo se han expuesto algunas consideraciones acerca de los conceptos de sostenibilidad, transporte y enseñanza a distancia y se ha afirmado que la enseñanza presencial presupone la concurrencia de profesores y estudiantes en un mismo lugar y en el mismo momento, con lo que ello conlleva de procesos de desplazamiento y transporte y, por consiguiente, de no sostenibilidad por la relación de esta última con el consumo de energía y todo lo que ello conlleva de incremento de la contaminación. Es evidente que, si bien el desarrollo de las TIC y de sus aplicaciones no se ha efectuado teniendo en mente su relación con el medio ambiente y la sostenibilidad, unos procesos en los que –por decirlo metafóricamente– las “autopistas del transporte” se reemplazan en todo o en parte por las “autopistas de la información” han de implicar un avance significativo en la disminución del impacto negativo sobre los dos conceptos indicados –medio ambiente y sostenibilidad–.

Pero no todo acaba con la disminución del transporte tradicional... La sociedad en red implica –si está bien concebida y universalmente aplicada– una menor fractura social y la democratización del acceso a la información y a la formación.

La capacidad del *e-learning*, al permitir superar las barreras del tiempo y del espacio conlleva también otras repercusiones de las que no se habla nunca. En este sentido, el deseo o la necesidad de formación –universitaria o no universitaria– está en la base de que muchas personas abandonen el campo, su lugar de residencia, etc. para desplazarse a la “ciudad” universitaria. Por lo general, y una vez terminados sus estudios, no retornan ya a su lugar de origen...

El fenómeno expuesto es causa del empobrecimiento cultural, económico y social de gran parte del país, que deja de ser sostenible, y causa también de la saturación e hipertrofia de muchas ciudades y grandes conurbaciones que dejan también de serlo. Adicionalmente, las habilidades y conocimientos adquiridos en el proceso de *e-learning* permiten y facilitan el despliegue de actividades y puestos profesionales basados en el tele-trabajo, con todo lo que ello conlleva de descentralización y distribución geográfica de muchas actividades.

En cualquier caso debemos ser conscientes que las TIC no son más que una herramienta puesta a disposición de la sociedad y que las herramientas las maneja la mano, y que la mano la controla nuestra mente... Por todo ello, somos nosotros los responsables del uso que hagamos de las TIC, con una creciente conciencia ambiental y de sostenibilidad para reinventar el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- APOSTOPOULO, et al (2004): *El e-learning: hacia la inclusión social*. Ministère délégué à la recherche et aux nouvelles technologies. République Française.
- ACEBEDO, M., et al (2006): *Guía para la Integración de las TIC en la Cooperación Española*. Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación.
- CABERO, J. (2006): *Bases pedagógicas del eLearning*. En “Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento”. Vol 3 - Nº 1. Abril 2006. Universitat Oberta de Catalunya.
- CUERDA, X. y MINGUILLÓN, J. (2004): *Introducción a los Sistemas de Gestión de Contenidos (CMS) de código abierto*. En “Mosaic” (29.11.04). Universitat Oberta de Catalunya.
- CHECA, F. (2008): *La web 2.0: retos para la empresa y la formación*. En “Boletín electrónico de CEPADE”. Abril 20, 2008. Universidad Politécnica de Madrid.
- DESCARTES (2005): *Guía práctica para la elaboración de contenidos en e-learning en base a estándares tecnológicos y pedagógicos*. Descartes Multimedia y Consejería Andaluza de Empleo.
- EHLERS, U., GOERTZ, L., HILDEBRANDT, B. y PAWLOWSKI, J. M. (2005): *Quality in e-learning*. European Centre for the Development of Vocational Training.
- MECA-ODL: *MECA-ODL: Guía metodológica para el análisis de la calidad de la formación a distancia en Internet*. Fundación Universidad-Empresa de Valencia.
- MENÉNDEZ, V. (2003): *Calidad y métricas en los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS)*. Universidad de Castilla-La Mancha.
- O'REILLY, T. (2004): *What Is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. En el Portal de la Sociedad de la Información de Telefónica.
- RIBES, X. (2007): *Web 2.0: El valor de los metadatos y de la inteligencia colectiva*. En “Telos. Revista de Comunicación, Tecnología y Sociedad”, 73 (Octubre-Diciembre 2007).
- ROBERTSON, J. (2002): *How to evaluate a content management system*. En “Step Two” (23 de enero de 2002).
- ROBERTSON, J. (2003): *Looking towards the future of CM*. En “Step Two” (14 de enero de 2003).
- ROBERTSON, J. (2003): *So, what is a content management system?*. En “Step Two” (3 de junio de 2003).
- RODRIGO, C. y SARASA, A. (2006): *FASE 1: Definición de criterios de calidad*. AENOR.
- RODRIGO, C. y SARASA, A. (2006): *Grupo de trabajo sobre calidad en cursos online*. AENOR.

RODRÍGUEZ, I. y MARQUÉS, F. (noviembre 2004): *Las nuevas tendencias del e-learning. Estado del arte*. Cátedra Telefónica-UPC: MIMO LAB, Working Report MIMOL-2004-1.

Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (2005):

La Sociedad de la Información en el Siglo XXI: un requisito para el desarrollo.

Reflexiones y conocimientos compartidos.

Volumen II.

Universia Estudios Especiales. Formación complementaria (2007): *Las nuevas tecnologías y el aprendizaje.*



HACIA UNA RED INTELIGENTE DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

M.^a Eugenia López Lambas

Centro de Investigación del Transporte
TRANSyT-UPM. *Coordinadora*

Andrés Monzón

Centro de Investigación del Transporte
TRANSyT-UPM

Isaac Barona

Teléfonoica I+D

Daniel García

Teléfonoica I+D

Francisco Jiménez

Teléfonoica I+D

Lucía Lavara

Teléfonoica I+D

Iván Lequerica

Teléfonoica I+D

Carolina Pinart

Teléfonoica I+D

Académico revisor

Luis Lada

6

6.1 PANORÁMICA CONCEPTUAL

A partir del siglo XIX, las ciudades comenzaron a experimentar un crecimiento sin precedentes, gracias al desarrollo de los medios de transporte urbano mecanizados. Las potencialidades de esos medios han hecho que cada vez seamos más *móviles* (Orfeil, 2000) al aumentar el número de desplazamientos que realizamos cada día y, sobre todo, al ser mayores también las distancias viajadas. Así, la ciudad actual es cada vez más compleja dadas las posibilidades de relación que proporciona el incremento de movilidad, pero tiene su talón de Aquiles, precisamente, en esos mayores recorridos, planteándose, al mismo tiempo, una amenaza singularmente paradójica, que se traduce en lo que Frances Cairncross (1997) denominó “la muerte de la distancia”, derivada del hecho de que toda actividad que descansa en el manejo de aparatos electrónicos para la información o la comunicación, se puede llevar a cabo en, y desde cualquier lugar del mundo.

Con todo, la realidad es que nuestras ciudades constituyen, hoy en día, el escenario donde se presentan de modo concentrado todos los problemas del transporte: congestión, contaminación,

accidentes, ocupación de suelo, etc. Por citar un ejemplo, sólo el consumo de espacio en áreas urbanas -carreteras, calles y aparcamientos- supone en Europa un 30% y el 50% en USA. Sin embargo, es imprescindible recordar los tan indudables como numerosos beneficios que proporciona la movilidad, hecho que ya hace muchos años hizo a Clark plantear su conocida paradoja del transporte, cuando tan acertadamente lo calificó de *maker and breaker of cities* ya que, en efecto, *hace y deshace a las ciudades* (Clark, C., 1958). La pregunta es, ahora, si esta aparente cuadratura del círculo (Hall, 1994) que nos plantea la paradoja *clarkiana*, se resolverá de la mano de las TIC.

Sea como fuere, lo cierto es que, en un contexto tal, el espacio para circular por la ciudad, tanto a pie como en vehículo, se ha convertido en un recurso de alto valor por lo escaso, cuyo uso hay que optimizar, de manera que los planificadores han tenido que prestar especial atención al empleo más eficiente de los recursos espaciales disponibles, al objeto de ofertar calidad en los desplazamientos, lo que supone, a su vez, una oferta de tiempo de viaje competitivo soslayando los efectos externos.

Así, es evidente que la mejora de la fluidez del tráfico y, por tanto, la reducción de la congestión, implica un uso más eficiente del combustible, ahorra costes a los conductores –y, naturalmente, a los operadores de transporte–, y contribuye a disminuir las emisiones; todo lo cual redundará, a su vez, en la calidad del aire que respiramos y, en última instancia, en la calidad de vida de todos los ciudadanos. De esta manera, se cumple el axioma de que el transporte y las telecomunicaciones son tecnologías que ayudan a moderar los costes de la distancia (Cohen 2002), dicho esta vez en el sentido más amplio, pues los criterios económicos de reducción de consumo coinciden plenamente con los medioambientales y, por ende, redundan en la sostenibilidad del sistema.

6.1.1 TIC y SIT en la gestión del transporte urbano

Hablar de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) es hablar de Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT o ITS en su acepción inglesa), que pueden definirse como *“aquellos que, optimizando los procesos y recursos para la obtención de un producto deseado, facilitan una permanente información, en tiempo real, para su seguimiento, evaluación y control, permitiendo introducir variaciones durante el*

curso de su gestión” (Carbonell, 2003). Estos sistemas se basan en el empleo de la informática y de las telecomunicaciones (*telemática*), dirigidas a resolver los problemas de transporte y de movilidad, de manera que, hoy por hoy, son herramientas imprescindibles para la planificación y gestión del transporte público (Rubio, 2007)¹, donde su despliegue contribuye a aumentar la eficiencia y la seguridad, al tiempo que reduce el impacto ambiental.

En términos generales se puede decir que los Sistemas Inteligentes de Transporte se basan en la integración de las tecnologías de la información y las comunicaciones con las infraestructuras de transporte, los vehículos y los usuarios. Compartiendo libremente información decisiva, los SIT permiten sacar más partido de las redes de transporte, con un nivel de seguridad, confianza y confortabilidad mayor, y menos impacto ambiental, pues el intercambio de información entre viajeros, vehículos e infraestructuras contribuye a que la red se utilice de forma plena y, por tanto, más eficientemente. Naturalmente, si el transporte público es más atractivo, habrá mayor tendencia hacia su uso.

La atención que desde los distintos ámbitos de investigación y desarrollo de la Unión Europea se presta a estas cuestiones, muestra con claridad la apuesta por el

¹ Inteligente entendido como conjunto de sistemas de distintas tecnologías que actúan coordinadamente (es decir, no se molestan unos a otros). Esto es especialmente importante cuando se actúa bajo la óptica de organismos tipo Autoridades de Transporte, donde la responsabilidad de supervisión y control exige el uso de herramientas compatibles con las utilizadas por los distintos actores que constituyen el sistema.

papel que están llamados a representar los SIT en la mejora de la eficiencia del transporte, la seguridad y la minimización de los daños ambientales; todo ello con el objetivo puesto en la calidad de los distintos servicios.

Buena prueba de ello es el programa Marco de Competitividad y Desarrollo 2007-2013, que contiene, a su vez, un programa específico de TIC dirigido a emplear servicios e infraestructuras basados en ellas, que contribuyan a reducir el consumo energético en el transporte. De esta manera, la existencia de servicios de información multi-modal de tráfico y viaje en tiempo real, entre otros, proporcionarán al viajero datos sobre la red de transporte que le permitirá optimizar sus viajes y, por consiguiente, el consumo de energía.

En efecto, y como veremos en detalle más adelante, los servicios de info-movilidad pueden contribuir al óptimo –y óptimo es todo cuanto no puede mejorarse– de la movilidad “sin fisuras” (*seamless mobility*) que, disminuyendo el factor magnificador del tiempo de espera, favorezca la transición del transporte público al privado y entre los diferentes modos de transporte, al proporcionar información en tiempo real a los viajeros. Además, este tipo de sistemas facilita la planificación para efectuar los cambios intermodales, haciendo que los

modos más eficientes desde el punto de vista energético resulten atractivos para quienes se desplazan.

Ante esta perspectiva, no es de extrañar que las autoridades públicas encuentren en las aplicaciones telemáticas un fuerte incentivo para lograr lo que, desde muy distintos ámbitos, claman: el cambio modal hacia el transporte público.

6.1.2 La apuesta europea por la implantación de los sistemas de información en los medios de transporte

El primer documento europeo que marcó la pauta para resolver los problemas de la movilidad en las ciudades fue el Libro Verde que, bajo el título “*The citizens’ network. Fulfilling the potential of public passenger transport in Europe*” (“*La red de ciudadanos. Cómo aprovechar el potencial del transporte público de viajeros en Europa*”) (CE, 1995), exponía con rotundidad que los sistemas de transporte se deben diseñar y gestionar para proporcionar el máximo beneficio a los usuarios, es decir, a los ciudadanos; objetivo para cuyo logro se proponía recurrir a los entonces incipientes desarrollos tecnológicos dirigidos a reducir la congestión y conseguir cambios en las pautas de movilidad. Esta mejora de la red de ciudadanos debía basarse en la Sociedad Global de la

Información, llamada a ser la plataforma de nuevos servicios para los usuarios, tales como información de viaje, herramientas de gestión del tráfico y, en suma, todo aquello que sirviera al propósito de lograr una mejor comunicación entre los ciudadanos y el sistema de transporte público.

Posteriormente, en el Libro Blanco *“La Política Europea de Transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”* (CE, 2001) se insiste en la necesidad de potenciar la integración de modos, abogando por la intermodalidad y los sistemas integrados de *ticketing*, por lo que no es de extrañar que llegado el momento de la revisión del documento en cuestión –*“Keep Europe Moving. Sustainable Mobility for our Continent. Mid Term Review”* (*“Por una Europa en movimiento. Movilidad Sostenible para nuestro continente. Reunión intermedia del Libro Blanco del Transporte de la Comisión Europea”*) (CE, 2006)– se vuelva a recalcar, dentro del apartado del transporte urbano, la necesidad de buscar soluciones innovadoras, destinadas a encontrar recetas limpias y eficientes que den respuesta a los cada vez más numerosos problemas de transporte en las ciudades.

Por último, el más reciente documento europeo con relevancia en el tema, es el Libro Verde del Transporte Urbano

“Towards a new culture for urban mobility”; (*“Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana”*) (COM/2007/551), aprobado en septiembre de 2007, donde se vuelve a reivindicar la exigencia de un planteamiento integrado como modo de combatir los crecientes problemas provocados por las pautas de movilidad vigentes. Para ello, dedica uno de sus apartados al desafío que supone desarrollar un transporte urbano más inteligente, destacando allí el papel que desempeñan las aplicaciones de los sistemas inteligentes de transporte en la gestión eficaz de la movilidad urbana, hasta ahora no aprovechados suficientemente y, sobre todo, plantea su potencial para facilitar la intermodalidad, como cuestión inherente a la maximización del beneficio social neto (ambiental, territorial, económico, etc.).

En este sentido, las tecnologías de las comunicaciones pueden facilitar información sobre el tráfico y proporcionar asistencia de modo dinámico a viajeros y conductores, operadores de flotas y gestores de redes. Ciertamente, son ya numerosas las aplicaciones de este tipo desplegadas en el transporte por carretera y por canal –aspectos estos que mejorarán más aún a medida que se perfeccione el sistema Galileo–; pero, en el campo del transporte urbano, se han desarrollado a menor escala.

6.1.3 Campos de aplicación de las TIC al transporte urbano

En la jornada de presentación del citado Libro Verde “*Hacia una política europea en transporte urbano*”, ya se señaló el relevante papel de las TIC en la reducción de la congestión, la contaminación atmosférica y el consumo de energía, en la mejora de los servicios de viajeros y mercancías y de la gestión del tráfico, y sus posibilidades como herramientas para la mejor planificación del transporte. Partiendo de esta declaración de la Dirección General de Energía y Transporte de la Unión Europea, queda bien definido el marco de las posibles aplicaciones de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones al ámbito del transporte urbano, desarrolladas a lo largo de este documento.

Y ese marco encuadra la satisfacción conjunta de las necesidades de los tres actores que intervienen en el sistema de transporte público; administración, operadores de transporte y usuarios, proporcionándonos la clave para solucionar un problema tan antiguo como complejo: cómo mejorar la calidad del servicio sin aumentar el coste y el tamaño de la flota; o, dicho de otro modo, en qué medida se ve afectada la calidad del servicio si los costes y el tamaño se reducen. Es ahí donde intervienen la innovación en los procesos



y la tecnología; pues, en efecto, son los modernos sistemas telemáticos de transporte los que van a permitir resolver el dilema.

Estos sistemas emplean tecnologías como posicionamiento GPS, comunicaciones móviles de datos, herramientas de información geográfica, herramientas de monitorización y análisis, sistemas inteligentes de ayuda a la toma de decisiones, sistemas avanzados de venta y validación de títulos de transporte, etc., altamente sofisticados y complejos, cuyo uso supone ventajas no sólo para las empresas y usuarios, sino también para la Administración que puede así ofrecer un mejor servicio público, controlar su calidad y disponibilidad y, consecuentemente, fomentar su uso (Pascual Ogueta, 2004).

Un primer campo de posibles aplicaciones es la propia gestión de los diversos modos de transporte público. Se trata de mejorar la prestación de los servicios mediante la utilización por parte del operador de las herramientas de gestión más eficientes, al objeto de asegurar la regularidad de aquéllos, cumpliendo los horarios establecidos, al tiempo que se reducen costes y se evitan las molestias derivadas de la *sobreconcentración* de usuarios. Y es que las incidencias que afectan al transporte público, repercuten negativamente sobre la calidad del servicio: obras,

meteorología, aumento del transporte privado, etc., son un buen ejemplo de ello (Rubio, 2007).

La gestión del transporte público necesita, pues, información sobre los elementos que realizan la prestación; un primer campo que incluye tanto las aplicaciones para operar una línea determinada o una red completa de transporte público, como los sistemas de billeteaje, los de comunicación entre el centro de control y el conductor, la información al usuario a bordo o en paradas, etc. Para que todo ello se concierte no basta con disponer de avanzadas tecnologías, sino que es necesaria la colaboración entre técnicos de transporte y de TIC, así como que las autoridades del sector ejerzan una verdadera labor de coordinación y planificación y, por último, que la Administración propicie la incorporación de las nuevas tecnologías a las empresas involucradas (Pascual Ogueta, 2004).

Otro área de creciente interés e importancia y, sin embargo, acaso la menos desarrollada, se refiere al uso de las TIC como herramienta para facilitar la intermodalidad y la interoperabilidad. Hoy en día, en las áreas metropolitanas es inconcebible la posibilidad de prestación de servicios puerta a puerta con transporte público y, sin embargo, la penalización que supone el transbordo es uno de

los puntos débiles de las redes de transporte público urbano. Se trataría, pues, de coordinar servicios gestionados por diversos operadores, de forma que se el usuario vea allanado el acceso a toda la red en condiciones homogéneas, percibiendo cómo se minimizan los tiempos de espera y transbordo.

Por lo que se refiere a la información, el Libro Verde señala algo que no por conocido, es muy aplicado en la práctica. Es la importancia de una decisión informada sobre la hora y el trayecto para el éxito de la movilidad en las redes urbanas, hecho que depende de la disponibilidad de la información. Lo mismo sucede en cuanto a la gestión de infraestructuras de transporte: los SIT pueden ayudar a gestionar las conexiones entre redes en la interfaz entre el transporte urbano y el interurbano. Así, un tercer campo de aplicación de las TIC al transporte metropolitano consiste en facilitar información al usuario en las fases de planeamiento del viaje; información que le permita conocer las redes, frecuencias, tiempos de desplazamiento, características de los servicios y, en definitiva, un sinfín de indicaciones que le faciliten la decisión de utilizar el sistema de transporte público de un modo fiable.

En la mejora de este campo hay aportaciones recientes proporcionadas por los sistemas de telefonía móvil, hoy en

día muy extendidos entre los usuarios, pudiendo incluirse también entre los sistemas de información los relativos a la seguridad en las instalaciones y vehículos de transporte, sin duda otro elemento disuasorio, especialmente en determinadas zonas y a ciertas horas.

Finalmente, es preciso aclarar que se ha optado por definir estos tres campos de aplicación de las TIC en el transporte público urbano a efectos de organizar su presentación a lo largo del capítulo que se desarrolla bajo este epígrafe; pero es fácil percibir, en realidad, cómo todos ellos están interconectados. Así, la gestión de los servicios está vinculada a la intermodalidad y a la información, íntimamente relacionada, a su vez, con los sistemas de pago y la seguridad, como veremos más adelante.

6.1.4 I+D en el entorno europeo

En el actual contexto europeo de investigación y desarrollo en la materia que nos ocupa, cabe destacar el proyecto *“European wide multi-modal on-trip traffic information”* (*“Información de tráfico multi-modal en ruta por toda Europa”*) (eMotion, 2006-2008), que ha desarrollado y ensayado programas piloto de servicios de información de tráfico y transporte multi-modal en ruta, lo que incluye dispositivos móviles, a través de la cooperación entre

Autoridades Públicas, operadores de servicios de transporte, operadores de telecomunicaciones, proveedores de TI, centros de I+D y consultoras de transporte de Austria, Bélgica, República Checa, Alemania, Italia y España.

Por su parte, el proyecto *“Science shop for Innovative Mobility Solutions for mobility challenged Europeans”* (*“La tienda de la ciencia para soluciones innovadoras de movilidad de cara a los retos de movilidad europeos”*) (InMoSion, 2006-2009), pretende crear un sistema alternativo a los servicios regulares de transporte público tradicionales, con el fin de racionalizar el uso de los recursos y, en consecuencia, costes, mediante la adaptación del servicio a las necesidades reales de los usuarios o la integración en los servicios regulares.

Más recientemente, a finales de 2008 se ha lanzado un ambicioso proyecto dentro del VII Programa Marco de I+D de la Unión Europea, denominado *“European Bus System of the Future”* (*“El sistema europeo de autobús europeo del futuro”*) (EBSF)², en el que participan cinco fabricantes de autobuses y operadores de transporte público de la mayoría de los países europeos. Entre los objetivos de EBSF se encuentra el de mejorar la calidad de los sistemas de autobuses urbanos y hacer más atractivas sus prestaciones,

2. <http://www.uitp.org/knowledge/projects-details.cfm?id=442>

mediante el desarrollo de nuevas tecnologías en vehículos e infraestructuras y en los sistemas de gestión de los servicios.

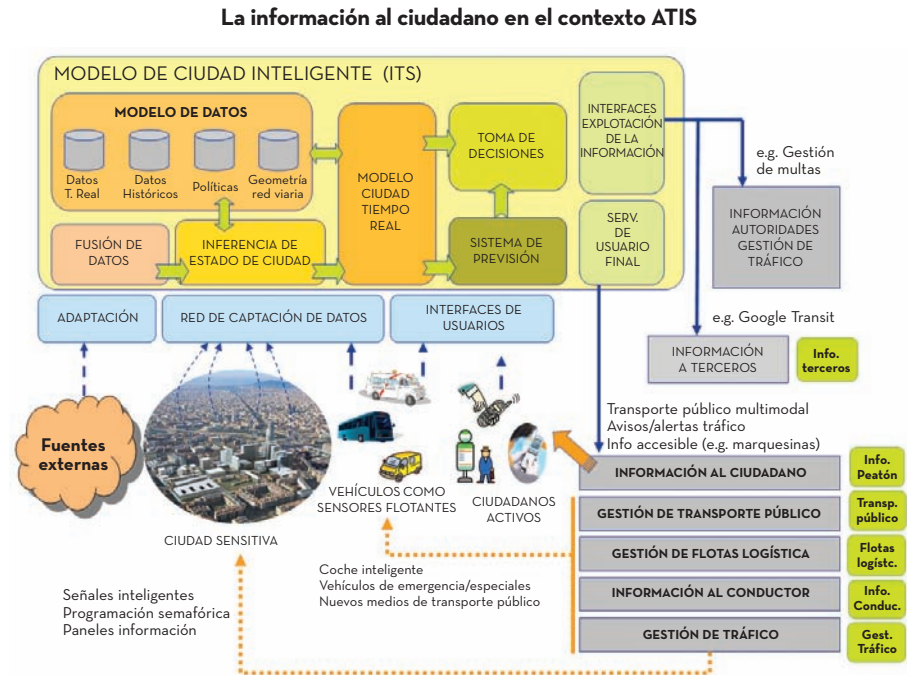
Otro aspecto crucial para adaptar la oferta de transporte público a la demanda, es el conocimiento de los patrones y las necesidades de movilidad, especialmente en tiempo real. En este sentido, Telefónica I+D está desarrollando un proyecto donde varios de los servicios estudiados se basan en el conocimiento de la posición y de las rutas habituales que siguen sus usuarios. De esta información pueden sacar provecho las empresas de transporte público para reforzar, por ejemplo, la oferta en aquellas rutas utilizadas por muchos viajeros, contrastando la oferta regular de líneas actuales. El efecto será todavía mayor al permitir conocer, además, los horarios en que se produce dicho incremento de demanda.

Siguiendo con el panorama nacional, destaca también el proyecto *Advanced Traveller Information Services (Servicios de información avanzada para viajeros) (ATIS)-Barcelona*, iniciado recientemente con el objetivo de crear un sistema avanzado de movilidad e información de tráfico para la ciudad de Barcelona, con el soporte de los principales actores en materia de ITS en España, y que cuenta con precedentes similares, como el San Isidro Corridor en

Madrid. ATIS pretende corregir así los principales problemas surgidos de experiencias anteriores, aplicando tecnologías innovadoras que puedan hacer viables ideas difícilmente soportadas por el panorama tecnológico previo. La figura 6.1 ilustra el flujo de información de transporte público y las tecnologías móviles implicadas en la generación y difusión de dicha información.

Figura 6.1. Modelo de ciudad inteligente (ITS)

Fuente: Telefónica I+D



diversos sistemas operativos y su interconexión a redes. La existencia de un centro de control permite al operador un importante ahorro en mano de obra, pues al centralizar los procesos de gestión, evita la necesidad de personal de inspección en la calle.

El operador de la sala de control obtiene la situación de todos los autobuses bajo su supervisión, y se encarga de monitorizar el estado de las líneas (adoptando las medidas de regulación que estime oportunas, bien a nivel de línea o de autobús), atiende (o rechaza) las peticiones hechas mediante comunicaciones de voz, así como los avisos de emergencia, e introduce tanto las incidencias puntuales en la planificación del servicio como los cambios de vehículos en caso de avería (Diego 2008a).

Sistema de abordó

Se basa en un ordenador central provisto de la última tecnología en microprocesadores, que obtiene información del conjunto de sensores y equipos del móvil, la procesa y la envía al centro de control a través de la red de comunicaciones, manteniendo un diálogo con el conductor por medio de un teclado y una pantalla. Los elementos exteriores al ordenador pueden ser muy diversos:

- Sistema de localización, basado en GPS, balizas, odómetro, para conocer en todo momento la situación de los vehículos durante su recorrido.
- Sensores A/D de estado de funcionamiento y/o alarmas.
- Puertos de comunicaciones con otros elementos inteligentes embarcados, como un sistema de billeteo o pantallas de información al pasajero.
- Datos generales de la carga transportada.
- Teclado y pantalla del conductor, por donde se introducen datos y reciben mensajes.
- Sistema de comunicaciones.

Los sistemas a utilizar, siempre de tipo inalámbrico, dependen de la flota a gestionar y de sus necesidades. Hay varias posibilidades:

- Radio con canales dedicados.
- Radio trunking.
- Telefonía celular.
- Comunicaciones.

Sistemas de comunicaciones

Los sistemas de comunicaciones pueden volcar sobre los equipos de a bordo de los autobuses un elevado volumen de datos, incorporando un protocolo de transferencia que asegura la correcta recepción.

Además, dadas las limitaciones en el ancho de banda de las comunicaciones por radio, se incluyen funciones de compresión de datos para reducir el volumen de la información transferida (Diego, 2008a).

6.2.2 Los Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE)

La ecuación TIC y transporte público se resuelve en los SAEs (Sistemas de Ayuda a la Explotación), que en su acepción más amplia, contienen los siguientes elementos (Comisión de Transportes Colegio ICCP, 2003):

- Sistemas de gestión de la demanda de transporte.
- Sistemas de información al viajero.
- Sistemas de gestión de flota.
- Gestión integrada de tráfico y transporte público.
- Sistemas de billeteaje (gestión tarifaria).
- Gestión de espacios intermodales donde convergen tecnologías diversas que es necesario integrar, y donde la seguridad es crítica.

El SAE, en definitiva, permite la localización continua, instantánea y automática de una red de autobuses, lo que posibilita su control, regulación y explotación

(Diego, 2008b); todo ello en tiempo real y durante 24 horas³, proporcionando los medios para regular y controlar la operatividad de la flota sin necesidad de detener ningún proceso de gestión. Con ello, se aumenta la calidad del servicio ofertado, la seguridad de los conductores y, en suma, se optimiza la explotación.

No está de más apuntar que los Sistemas de Ayuda a la Explotación han pasado por varias fases, a saber:

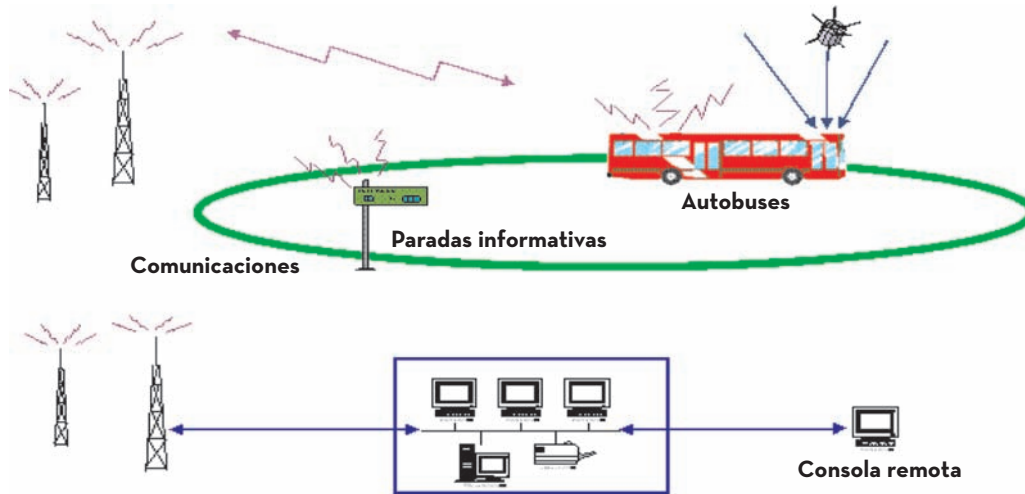
- SAE de primera generación o elemental, con funciones básicas de comunicaciones de voz y de localización en cabecera.
- SAE de segunda generación o integral, que añade a las anteriores la localización automática y continua y los paneles de información al usuario en las paradas y en el interior de los autobuses.
- SAE de última generación, que además del integral incluye algoritmos de regulación avanzados y parametrizables, integración con máquinas expendedoras, sistemas de ayuda al mantenimiento de la flota y, finalmente, permite conocer el grado de ocupación del autobús.

El SAE de última generación funciona bajo el esquema de la figura 6.3:

³. En realidad, esto sólo es cierto en “campo libre”, donde la cobertura radioeléctrica o de satélites está garantizada. Lo nuevos espacios intermodales (de gran tamaño y bajo rasante), ayudan a resolver problemas de movilidad y de eficiencia del transporte público pero introducen unos efectos colaterales a considerar: poca cobertura radioeléctrica (nula en el caso de los satélites) y la necesidad de incrementar los requisitos de seguridad.

Figura 6.3. Esquema de funcionamiento del SAE de tercera generación

Fuente: EMT de Madrid



A continuación, se recogen las principales características y ventajas de cada uno de los elementos que conforman los SAE.

Sistemas de gestión de la demanda de transporte

En general, estos sistemas permiten conocer la demanda en tiempo real y la pueden medir en tiempo diferido. Empleando tarjetas inteligentes, se puede identificar el lugar de acceso de los viajeros, la tarifa, etc. Esta información, conectada con el sistema de gestión de flota, permitiría

satisfacer la demanda de los usuarios, reaccionar ante cualquier incidente, etc.

Sistemas de información al viajero

Esta información puede recibirse dentro del propio vehículo, en las paradas, vía web, sms, etc. Con ello, el usuario puede conocer las incidencias del servicio, llegada del autobús (o tren), próxima parada, etc., así como las posibles conexiones con otros modos de transporte. No parece muy aventurado afirmar que el conocimiento y gestión del tiempo real de desplazamiento constituye el factor diferen-

cial de un sistema de transporte público de calidad y, en definitiva, el elemento clave de la movilidad.

La información puede ser visual, dinámica e instantánea –en paneles informativos localizados en las paradas (tiempo de espera), en paneles a bordo del autobús (próxima parada y destino)– o estática, en la página web (itinerario de las líneas y recorrido óptimo entre origen y destino) e, incluso, de forma dinámica vía web, ya que el empleo de GIS permite visualizar la posición del autobús y estimar el tiempo de llegada a la parada deseada. Se pueden emplear también SMS y web para conocer el tiempo estimado de llegada y la distancia.

La combinación de una página WAP (protocolo de aplicación inalámbrica) más internet, permite el acceso desde un teléfono móvil a servicios de internet. La Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT), entre otras, proporciona así un cálculo de rutas, prácticamente como un GPS. *Transport for London*, la Autoridad del Transporte de Londres, en este sentido, fue pionera cuando desarrolló un planificador de viajes para su sitio web, hoy ya adaptado para PDA, SMS y WAP.

Sistemas de gestión de flota

Se trata, por lo general, como se ha mencionado en el epígrafe anterior, de siste-

mas de localización automática de vehículos, lo que permite conocer la posición del autobús en tiempo real, el tiempo de viaje –y, por tanto, la velocidad–, el tiempo de parada e, incluso, la ocupación; dicho en otras palabras, su control, regulación y explotación. Estos sistemas empiezan a incorporar tecnologías (WI-FI, entre otras) que permiten la localización e identificación de los autobuses en los nuevos espacios intermodales. Los datos así recogidos sirven para informar a usuarios, operadores y responsables del transporte público, al tiempo que contribuyen a mejorar la seguridad de conductores y viajeros.

Es otra función clave por cuanto permite el tratamiento de datos de operación del servicio, tales como horarios, rutas, frecuencias, flujos de pasajeros en cada parada, incidentes, etc.; datos que se registran todos los días del año, posibilitando al operador de transporte planificar su servicio y dimensionar su flota, de manera que puede definir los horarios de paso con estadísticas reales, o dimensionar dicha flota sobre datos obtenidos a partir de flujos históricos de pasajeros. El resultado no es solamente un dimensionamiento optimizado, sino horarios realistas cuyo cumplimiento es posible.

Los datos generados y guardados hacen referencia a eventos y modificaciones de horario y servicios, comunicaciones

de voz, incidentes generados por los equipos de abordaje y acciones de regulación llevadas a cabo. Toda esa información, generada el día de la explotación, almacenada y posteriormente tratada, permite al gestor del servicio, además de lo ya expuesto, obtener datos precisos que le permitan analizar reclamaciones, sanciones, etc. (Diego, 2008a).

Las estadísticas que se pueden obtener hacen referencia a:

- Kilómetros por autobús/línea.
- Asignación de vehículo.
- Desfases horarios por coche/línea/punto.
- Frecuencia por punto.
- Viajes realizados/perdidos.
- Tiempos de servicio.
- Eventos de autobús/acciones de regulación.
- Comunicaciones.
- Tiempo de paso por parada.

Con toda esa información se pueden generar informes sobre la calidad del servicio, la gestión de la flota, el rendimiento del sistema de comunicaciones, la calidad de la información proporcionada al cliente y el propio grado de fiabilidad de los elementos y equipos implantados.

Los beneficios derivados del control de la explotación para el operador –cuyo negocio, no lo olvidemos, responde a los criterios de explotación de una empresa tipo, donde los costes de producción tienen un

gran peso–, son obvios, pues podrá optimizar recursos, mejorar las condiciones laborales, así como la información y planificación del servicio, y obtener importantes ahorros en mantenimiento y energía. Y es que la optimización del servicio supone minimizar, siempre desde una perspectiva global y sistémica, variables como el tiempo de acceso en origen, el de espera, el de carga y descarga, el de trayecto, el de acceso al destino, y los costes de funcionamiento, del usuario y del nivel de servicio (Robusté, 2007).

En resumen, la gestión de flotas utilizando los datos de localización que proporcionan los satélites y la identificación que proporcionan otros sistemas, se puede desarrollar de dos maneras:

- Supervisión y control de los servicios en tiempo real.
- Análisis y supervisión en tiempo diferido de la explotación.

Finalmente, otra aplicación importante del uso de datos basado en la ubicación, se refiere al sistema de seguridad y emergencia. Así, si un vehículo sufre un accidente, el conductor pone el autobús “en alarma”, con lo que, al conocerse la ubicación de los vehículos de intervención y de los autobuses, el agente de seguridad puede enviar al más cercano de aquéllos. La información se transmite, además, a la policía local que puede actuar rápidamente.

Figura 6.4. Equipamiento del e-bus: Unidad Central de Proceso, Consola de Conductor y Validador TSC.

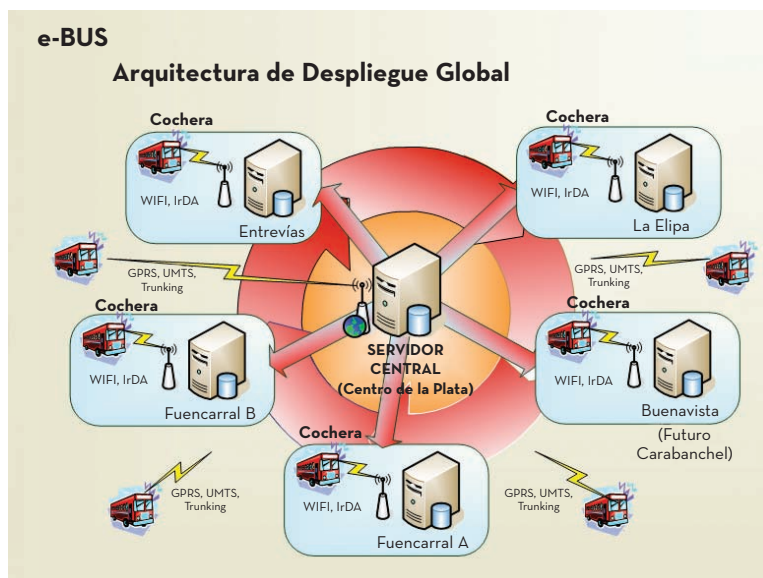
Gestión integrada de tráfico y transporte público

Consiste en coordinar el sistema de control del transporte público con el de las señales de tráfico. Esto permite transmitir datos entre ambos sistemas, de manera que, por ejemplo, se pueden regular intersecciones en función del paso de los autobuses, dándoles prioridad; prioridad que podría permitir una reducción de la flota (con el ahorro que ello comporta) y, consecuentemente, un ahorro de combustible que, a su vez, redundaría, desde el punto de vista medioambiental, en la disminución de emisiones, ruido, etc.

Sistemas de billeteaje integrados en SAE

Los sistemas de billeteaje integrados en los Sistemas de Ayuda a la Explotación son una herramienta eficaz y, en algunos casos, imprescindible, para mejorar la explotación de la red de transporte y, por extensión, la del sistema en su totalidad. A través de su integración con los SAE es posible conocer la demanda por parada, por tipo de título e incluso por “perfil” de usuario. Los datos disponibles están directamente relacionados con las características tecnológicas del soporte del título de transporte: banda magnética o tarjeta inteligente con y sin contacto.

Interrelacionando estos datos con otros modos de transporte es posible realizar estudios de movilidad e, incluso, determinar la carga de la línea por periodos de tiempo o entre paradas, lo que da una idea de la importancia de la aplicación en la promoción del transporte público a través de la mejora de la calidad. En resumen, además del hecho de que la información obtenida a partir de estos sistemas es una importante aportación para la optimización de la gestión y las políticas tarifarias, se presentan valores añadidos pues, cuando el soporte de los títulos lo permite, es posible personalizar la información a bordo del autobús para usuarios con discapacidades funcionales.



El proyecto **e-bus**, de la EMT de Madrid es una buena prueba de la constante evolución de las TIC cuando de afrontar el desafío de la calidad en el transporte público se trata. El concepto e-bus va más allá del autobús inteligente, pues supone que cada autobús se convierta en una estación de trabajo independiente dentro de la red local de la EMT, que dispone de las siguientes tecnologías de comunicación (Martínez Sánchez, 2008):

- Trunking (SAE y alarmas de equipamiento embarcado).
- Infrarrojos (Sistema de carga y descarga de datos).
- GPRS (SAE, alarmas y gestión de equipamiento embarcado).
- WI-FI (Sistema de carga/descarga de datos, SAE, alarmas y gestión del equipamiento embarcado).
- Fibra óptica (conexión con las diversas dependencias de la EMT).

Este nuevo concepto de autobús en red permite que el vehículo se considere el origen de la actividad empresarial, y supondrá que la “línea”, considerada como negocio, y el “autobús”, como unidad básica, se constituyan, en un futuro próximo, en los ejes en torno a los cuales girará la gestión de las empresas.

Actualmente, se está estudiando la incorporación de más funciones, entre las que destacamos:

- Implantación del BUS-FMS (Fleet Management System) estándar, que permite que la información que manejan los vehículos se transmita a través del BUS CAN (Controller Area Network), cuyas principales aplicaciones son las siguientes:
- Control del consumo de combustible
- Conducción eficiente
- Advertencias de caducidad de los intervalos de mantenimiento en tiempo real.
- Sistemas de información de valor añadido para el cliente, mediante diferentes tecnologías como WI-FI, Bluetooth, o dispositivos visuales en el interior del autobús.
- Sistema de conteo de bajada de viajeros, que en la actualidad no gozan de una fiabilidad al 100% (infrarrojos, radiofrecuencia, video, etc.).
- Validadores TSC adaptados para invidentes que fomenten la accesibilidad.
- Pago del billete mediante teléfono móvil.



6.2.3 Sistemas de control y comunicación en el ámbito ferroviario

Los sistemas de comunicación en metros y ferrocarriles metropolitanos tienen características especiales derivadas de la complejidad de las redes y del hecho de que, la circulación transcurre y las estaciones se encuentran, en su mayor parte, en subterráneo. En la figura siguiente se indican los requerimientos funcionales de una instalación de radio digital para las comunicaciones en sistemas de metro.

Para dar respuesta a estas necesidades de transmisión digital, interconectando todas las estaciones de una línea

ferroviaria con el Puesto de Control y permitiendo la intercomunicación digital entre equipos ubicados en estaciones de diferentes líneas, con interfaces particulares para cada servicio de voz y datos, aparece en el mercado el ATM (Asynchronous Transfer Mode), tecnología desarrollada por los Operadores de Telecomunicaciones, basada en las técnicas de conmutación de paquetes de datos de longitud fija para los paquetes o celdas. La versatilidad de este sistema, muy eficiente para el manejo de datos, permite integrar sobre un interfaz la transmisión de cualquier tipo de información: voz, datos y video, dando origen a la

Figura 6.5. Requerimientos funcionales de una instalación de radio digital

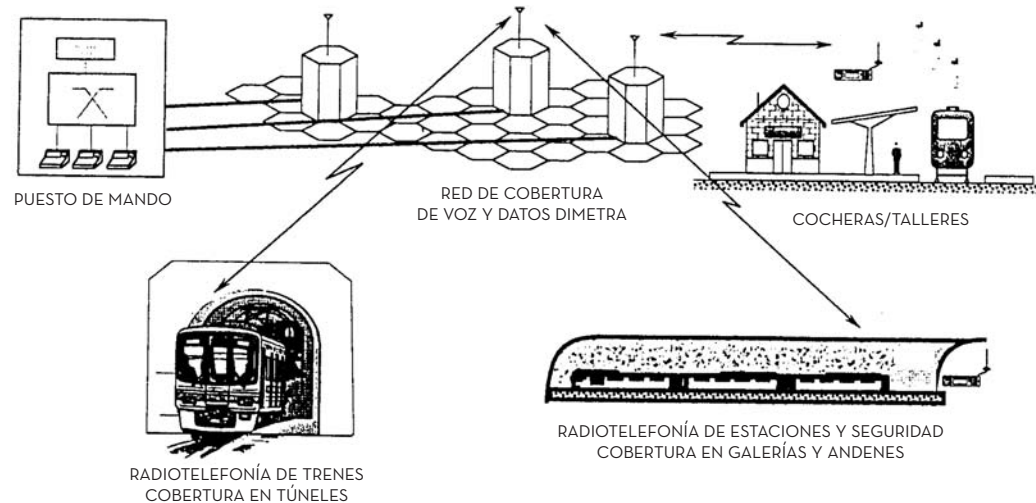
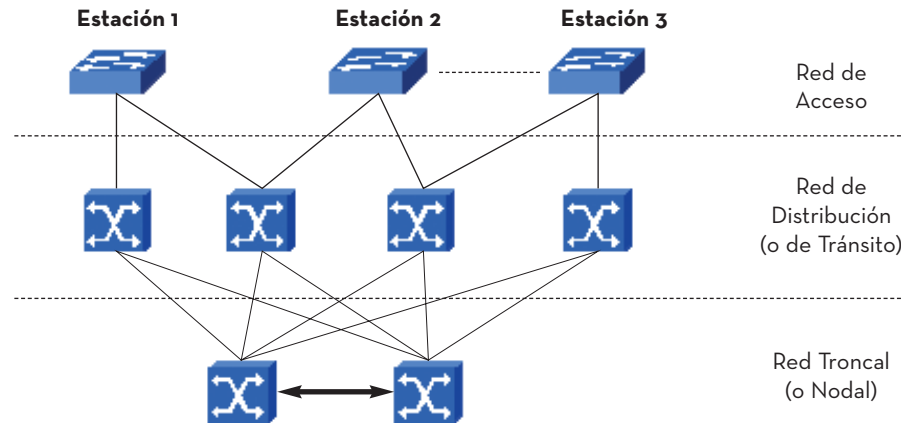


Figura 6.6. Topología Red ATM/IP en Metro de Madrid

Fuente: World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2000



red integrada multi-servicio ATM/IP. Desde el punto de vista de su topología, la red integrada multi-servicio ATM/IP es un sistema de comunicaciones totalmente redundado y con una estructura en árbol a tres niveles, tal como aparece en la figura.

Aun así, el ATM/IP no ha dado respuesta (o al menos una solución sencilla y totalmente eficiente), a todas las nuevas necesidades de comunicación multi-servicio tipo “any to any” (cualquiera con cualquiera); respuesta que tiene el sistema Gigabit-Ethernet, aportación de las tecnologías de la información o el mercado de la informática. Esta tecnología convive con el ATM/IP, subsana sus limi-

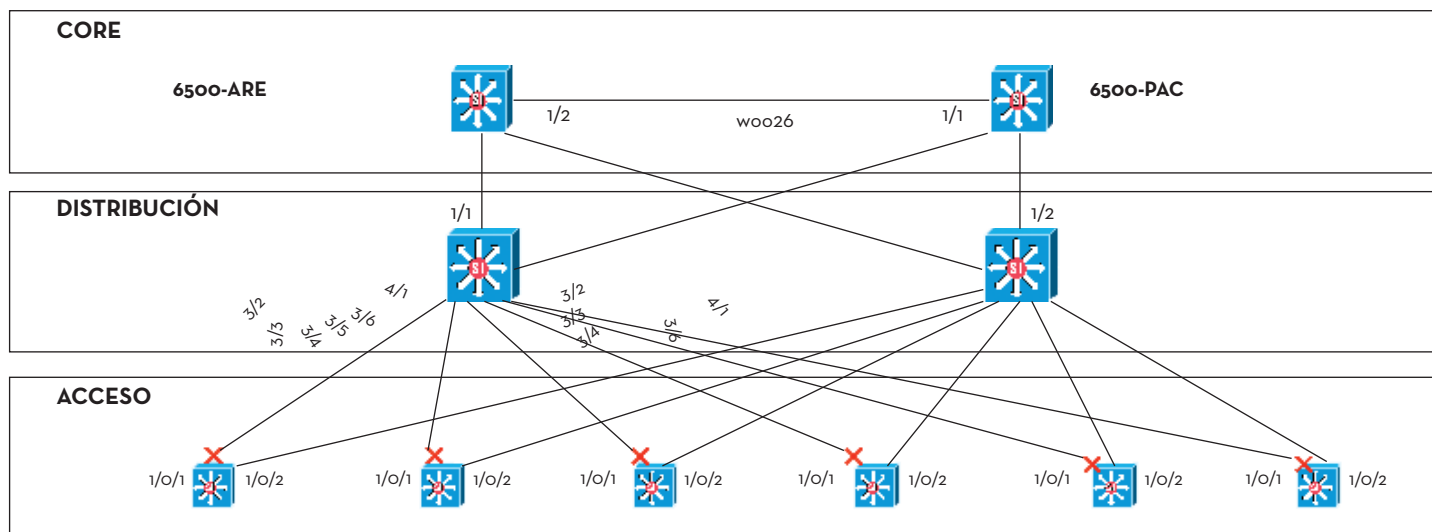
taciones y también se estructura en tres capas jerárquicas:

- Capa core, con nodos de altísima capacidad de procesamiento.
- Capa de distribución, con nodos de tránsito.
- Capa de acceso, con nodos de acceso en cada estación.

Las ventajas que aporta el sistema Gigabit-Ethernet con respecto al ATM/IP, son las derivadas de la mayor sencillez de su instalación, operación y gestión y, en definitiva, de su propia utilización. Con todo, sigue evolucionando para superar la alta velocidad de transmisión del ATM y permite la movilidad e interoperabilidad con redes vía aire, radio o “inalámbricas”.

Figura 6.7. Topología de la Red Gigabit - Ethernet en Metro de Madrid

Fuente: World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2000



6.2.4 Servicios de bus a la demanda

En las ciudades densamente pobladas existe una oferta importante de modos de transporte público, con multitud de líneas, rutas y elevadas frecuencias. Por el contrario, en los extrarradios de estas ciudades y en las poblaciones más pequeñas de zonas rurales, no es posible una oferta tan densa, por lo que el transporte público ofrece menos calidad. De ahí que los servicios de bus a la demanda constituyen una innovadora forma de proporcionar transporte público que se ajusta a las necesidades de este tipo de zonas, y

suponen una alternativa viable en costes para los operadores.

Mediante el empleo de las TIC, en especial las móviles, el bus bajo demanda permite resolver los problemas descritos, pues se ciñe a las necesidades reales de sus usuarios, a los que recoge en la hora y lugar que precisan. Este servicio permite, además, el viaje compartido, es decir, los usuarios que se desplacen por rutas similares podrán compartir un autobús que, a su vez, podrá desviarse ligeramente del trayecto para recoger pasajeros adicionales, lo que puede tener un gran impacto a la hora de reducir el trá-

fico en las áreas metropolitanas ya muy congestionadas.

En este contexto, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid llevó a cabo una experiencia en las líneas 720, 725 y 726 de autobuses interurbanos de la Comunidad de Madrid, uniendo el con-

cepto de *bus a la demanda* con el de *parada a la demanda*. El principio básico era que la parada sería atendida por el autobús sólo cuando se solicitara telemáticamente, dando garantías al usuario del servicio ofrecido ante cualquier fallo del sistema de gestión automático.

6.3 LA COORDINACIÓN INTERMODAL Y LA INTEROPERABILIDAD

Otro de los aspectos esenciales para el fomento del transporte público es el desarrollo de la intermodalidad, pues conseguir que el usuario no experimente la sensación de un viaje interrumpido, de manera que el cambio entre varios modos de transporte no le resulte incómodo, es clave para atraerlo al sistema o retenerlo (ERTICO, 2002)⁴. Por ello, la Comisión Europea, a través de la DG TREN, aboga en la revisión del Libro Blanco del Transporte (COM, 2006), por el fomento de las políticas ahora denominadas de *co-modalidad*; es decir, por la potenciación del uso de los modos de transporte por sí solos o en combinación, de acuerdo a sus ventajas relativas. Es evidente que cuanto mayor sea el número de viajes “ininterrumpidos”, mayor será la eficiencia tanto de los desplazamientos individuales como del sistema en su totalidad, en términos de costes socio-económicos. Además, un sistema de transporte bien integrado contribuye a los objetivos comunitarios de competitividad, empleo, desarrollo sostenible y cohesión territorial.

Igualmente, el ya mencionado Libro Verde de la Movilidad Urbana (2007),

expresa la necesidad de rediseñar ésta optimizando el uso de los distintos modos de transporte, y organizando la co-modalidad entre los medios de transporte colectivo (tren, metro, autobús, tranvía, taxi) e individual (coche, motocicleta, bicicleta, a pie). No es de extrañar, pues, que el Plan de Acción para el despliegue de Sistemas Inteligentes de Transporte por Carretera que, como su propio nombre indica, estaba inicialmente pensado como un programa exclusivamente de carreteras, incluya ahora las interconexiones con el transporte público.

En el ámbito urbano se presentan extraordinarias oportunidades de desarrollo intermodal, complementando la oferta de tipo ferroviario con líneas y redes de autobuses u otras soluciones *ligeras*, de cara a conseguir los mejores niveles de servicio compatible con tipologías urbanas densas y con amplias coberturas de servicio en zonas de urbanización dispersa. La calidad de las estaciones de intercambio y la actuación de organismos coordinadores –Autoridades del Transporte Público– entre los distintos modos, son los ele-

4. Según un estudio realizado por ERTICO, el 30% de los viajeros elegirían un modo más conveniente o rápido que su propio coche si tuvieran mejor información sobre las opciones existentes por adelantado.

mentos clave para conseguir un servicio intermodal integrado y a la altura de las expectativas de los ciudadanos.

6.3.1 Intercambiadores de transporte

Los intercambiadores de transporte constituyen una de las estrategias más importantes que las Autoridades de Transporte vienen desarrollando en su tarea de fomentar el uso de los modos públicos. De los tres niveles de integración típicos de un eficaz sistema de transporte público –tarifario, administrativo y físico–, es en este último donde se enmarca la construcción de los intercambiadores, como parte del sistema destinado a lograr que el usuario perciba el viaje de forma unitaria, sin sentirse perjudicado por el cambio de modo experimentado durante el desplazamiento⁵. Para ello, es necesario coordinar los servicios, accesos, salidas, paradas, subidas, bajadas, etc., además de conocer las líneas con mayor demanda, las horas o días en que esto ocurre, las zonas más transitadas dentro del propio intercambiador, al objeto de hacer reubicaciones, en su caso, etc. En otras palabras: es necesario recabar información constantemente, en apariencia poco relacionada con la gestión y operación diaria, pero absolutamente necesaria para el adecuado funcionamiento de estos centros de cambio modal.

Sin embargo, la aplicación de las TIC a la gestión de estos espacios intermodales está sometida a una serie de condicionantes, derivados de la construcción subterránea en numerosas ocasiones, así como de los espacios y viales limitados, que al absorber simultáneamente un elevado número de operaciones y circulación, pueden desembocar en el colapso si no se gestionan correctamente (Rubio y Carrilero, 2008).

De momento, la tecnología más idónea para determinar el uso de los diferentes modos, se basa en el análisis de imágenes de circuitos cerrados de televisión (CCTV), localizados en diversos puntos de conteo, que proporcionan información bastante precisa sobre el número de usuarios que utilizan los servicios, el uso de cada zona y de los distintos servicios, etc.

En cuanto al control del tráfico, los sistemas de gestión se encuentran integrados en el Sistema de Gestión Integrada del intercambiador, y coordinan en tiempo real la demanda continua de dársenas por parte de los autobuses, cuya afluencia es continua (Rubio y Carrilero, 2008). La coordinación permite que ninguna de dichas dársenas esté asignada a más de un autobús en el mismo momento, así como que los usuarios conozcan el lugar de ubicación del que han de tomar. La información se obtiene

5. Está constatado que el tiempo empleado en un transbordo es percibido como el doble del dedicado al viaje. De ahí que una de las principales funciones que debe cumplir un intercambiador sea contribuir al máximo a reducir esa percepción.

de la autoridad de transportes o de quien, según los casos, planifique los servicios, de los operadores de transporte que los prestan y, finalmente, de los propios dispositivos de control situados en el intercambiador.

En cuanto a la localización y gestión de flotas, se emplean sistemas basados en la red GPS, pero la escasez de cobertura en los entornos urbanos y, sobre todo, su inexistencia en los intercambiadores subterráneos, hacen necesario desarrollar un sistema alternativo. En este sentido, la tecnología basada en WIFI ha probado ser bastante fiable como para complementar -y reemplazar, incluso- a los sistemas GPS, con el valor añadido de proporcionar una infraestructura suficiente para la comunicación en tiempo real entre los autobuses y el centro de control, facilitando la información a otras áreas de gestión, como atención al cliente, mantenimiento o seguridad; y todo ello, en tiempo real, lo que posibilita la solución de incidencias de manera inmediata (Rubio y Carrilero, 2008).

Finalmente, estas redes WIFI facilitarán el acceso al público en general de toda la información de transportes del intercambiador, a la que podrá acceder mediante cualquier dispositivo dotado de dicha tecnología: PC, PDA, teléfonos móviles, etc.

6.3.2 Los Centros de Coordinación Intermodal del Transporte Público

Lo habitual es que cada uno de los modos de transporte urbano existentes en una ciudad (supongamos una gran urbe con Metro, Cercanías, autobuses interurbanos y autobuses urbanos, tranvías, etc.), gestione sus instalaciones e infraestructuras aisladamente, operando con sus sistemas sin interconexión con otros modos, de manera que no cabe el intercambio automático de información entre ellos en cuanto a explotación, mantenimiento o seguridad. Y lo mismo ocurre con la gestión de incidentes relacionados con el servicio, cuyo tratamiento, por lo general, se realiza de manera independiente por cada uno de los operadores de transporte. Es obvio que todo ello afecta a la eficiencia del sistema, que se ve considerablemente mermada en perjuicio de todos, cosa que no ocurriría si existiese una plataforma tecnológica única que se integrara con los sistemas particulares de cada modo de transporte; plataforma con la que se conseguiría (García et al., 2008):

- Mejorar la calidad del servicio tanto en la explotación en tiempo real como en el futuro, gracias a la información disponible, el seguimiento constante de las instalaciones y su mantenimiento.
- Disminuir el número de incidencias y el tiempo de resolución, pues al disponer

de más modos de transporte, el gestor cuenta con un abanico más amplio de decisiones.

- Publicar información en tiempo real del estado y disponibilidad de todos y cada uno de los servicios de transporte colectivo, para que el usuario pueda tomar la mejor alternativa en función de sus necesidades.
- Agilizar y coordinar la toma de decisiones por parte de cada uno de los operadores que prestan servicios de transporte colectivo.
- Planificar las emergencias y definir los mecanismos y protocolos de actuación que permitan la movilización, humana y material, necesaria para gestionar la seguridad en condiciones de crisis.

Éste es, justamente, el caso del Centro Integral de Gestión del Consorcio Regional de Transportes de la Comunidad de Madrid, que ha empezado a funcionar con el objetivo declarado de asegurar la gestión más eficaz de la movilidad, mediante el desarrollo de estrategias integrales que contemplen la totalidad de los modos de transporte en cualquiera de sus vertientes. De este modo, se podrán optimizar los millones de desplazamientos diarios que se producen en la Comunidad de Madrid y se acelerará el proceso de toma de decisiones ante posibles incidencias.

En otras palabras: la coordinación entre todos los modos, centralizados a través de un único servicio, haría llegar al ciudadano toda la información necesaria para adoptar la decisión correcta sobre el modo de transporte elegido o por elegir.

Con todo, no es únicamente el viajero el que ve incrementadas sus posibilidades de elección y uso de la red de transporte público: también los operadores aumentan su ventaja al poder acceder a una información externa que antes no conocían –pues sólo manejaban entonces información relativa a su modo o instala-

Figura 6.8. Modos de transporte.



ción en concreto-, pudiendo así adelantarse al problema.

Por último, las Autoridades de Transporte, como organismo gestor de la movilidad en las ciudades, también reciben los beneficios derivados de la existencia de este tipo de centros, pues les permite disponer de las herramientas de análisis necesarias para la explotación adecuada de la red de transporte colectivo, asegurando que los viajeros (sus clientes en definitiva) estén informados y atendidos.

6.3.3 Sistemas de billeteaje (ticketing)

Actualmente coexisten tres generaciones de billeteaje: el papel, el magnético, y la tarjeta sin contacto. Esta última, que forma parte de las denominadas “inteligentes”, supone una poderosa opción de futuro en materia de *ticketing*, sobre todo desde mediados de los años 90. Su flexibilidad abre un marco de oportunidades para multitud de aplicaciones entre las que no podía faltar el transporte.

Se trata de una tarjeta de apariencia similar a las de crédito que lleva insertado un chip. Este chip puede ser muy sencillo, como sucede con los chips de memoria que tienen sólo capacidad de almacenamiento (caso de Hong Kong), o puede llevar un microprocesador capaz de almacenar, procesar la información almacenada y realizar operaciones y cálculos sofisticados.

Hay dos tipos de tarjeta inteligente:

- Con contacto (circuito eléctrico) que exige, para ser leída y operar con ella, estar situada en el interior de un aparato lector.
- Sin contacto (radiofrecuencia), que se utiliza para operaciones que requieren una mayor velocidad en las transmisiones.

En el sector transporte y movilidad se comenzaron a emplear las tarjetas inteligentes con contacto en la localidad británica de Milton Keynes, a principios de los 90, tras lo cual, gracias al rápido desarrollo tecnológico, hemos llegado a las tarjetas sin contacto, utilizadas por vez primera en Hong Kong (Kissinger, 2004).

En los últimos tiempos se han desarrollado las tarjetas que conjugan ambas modalidades en el mismo soporte -con contacto y sin él- lo que ha permitido satisfacer las necesidades de sectores distintos.

Las ventajas más significativas que aporta esta nueva tecnología de cara al transporte son las siguientes:

- Permite integrar a distintos operadores, contratos, modos y aplicaciones en un mismo soporte físico.
- Consecuencia de lo anterior, se facilita la interoperabilidad y la utilización de un estándar único para todos los modos de transporte. Nuevamente, el factor “penalización” que implica el

tiempo de transbordo para el usuario, se reduce, favoreciendo el uso de los modos públicos.

- Ofrece una oportunidad única de desarrollar un entorno multi-modal y multi-operador, a través de la tarificación.
- Proporciona una oferta más cómoda y flexible al público al permitir conocer con mayor precisión el flujo de transporte en tiempo real y, por tanto, analizar mejor las necesidades y las prácticas individuales de los usuarios.
- Reduce los tiempos de transacción (de 3 segundos a 300 milisegundos) y los costes de mantenimiento.

En suma, al hacerse más expeditiva la tarea de validación, se puede mejorar la velocidad comercial, con todo lo que ello supone (Robusté, 2007).

Cabe concluir, pues, que los beneficios de la tarjeta sin contacto no se producen únicamente del lado del viajero, sino también de los operadores y la Administración en general. No obstante, queda aún mucho campo por explorar, pues las tarjetas inteligentes deberían poder utilizarse para otros servicios, tales como la obtención de tarifas reducidas, aparcamiento, pago de la tasa de congestión donde la hubiera, e incluso para la firma digital (Kissinger, 2004).

LA TARJETA SIN CONTACTO DEL ÁREA METROPOLITANA DE SEVILLA

En el área metropolitana de Sevilla se implantó en 2007 la tarjeta sin contacto, cuyo rasgo más destacado es, sin duda, su carácter inter-operativo, que permite su utilización tanto en las operaciones de cancelación como para recargar en todas las áreas metropolitanas de Andalucía que cuentan con integración tarifaria (servicios de autobús y servicio marítimo de la Bahía de Cádiz incluido). Se trata de una tarjeta con tecnología chip sin contacto, cuyas principales características, son:

- Tarjeta monedero que almacena euros.
- Permite que varios viajeros realicen el trayecto con el mismo título.
- Posibilidad de títulos temporales.
- Se puede configurar según el número de saltos del desplazamiento habitual para su funcionamiento a bordo de los autobuses.
- Se puede utilizar para todos los Consorcios de Transporte de la Comunidad Andaluza.
- Permite crédito hasta 1,50 €.
- Permite implementar bonificaciones por consumo o recurrencia en el momento de la recarga.

6.3.4 Sistemas de pago multi-modal y de servicios ciudadanos: tarjeta ciudadana

Uno de los elementos más disuasorios del transporte público es la necesidad de emplear múltiples títulos de transporte a lo largo de la cadena multi-modal. De ahí que desde los años ochenta comenzaran a introducirse los abonos de transporte, o títulos únicos, válidos para una determinada “zona de transporte”. Inicialmente, estos sistemas de pago multi-modal se basaban en tecnologías de banda magnética, con lectores instalados en los torniquetes de acceso a los sistemas ferroviarios o en la entrada de los autobuses.

En la actualidad existen tarjetas que utilizan técnicas de detección por proximidad, también denominadas “sin contacto”. Un ejemplo son las que se basan en la tec-

nología MIFARE, desarrollada por Philips, ya empleada en otros campos, principalmente en el control de accesos a edificios, y que ha empezado a aplicarse al transporte urbano.

Las tarjetas sin contacto disponen de un chip dividido en varios sectores que pueden contener información de muy diversos ámbitos. Por ejemplo, la denominada “tarjeta ciudadana” desarrollada para su aplicación en la Comunidad Valenciana, dispone de los siguientes campos de información:

- Identificación
- Transporte
- Servicios de pago
- Control de accesos
- Reservas

En el campo de *identificación* se dispone de información sobre el usuario, lo que

Figura 6.9. Tarjetas sin contacto.



permite una atención personalizada: nombre, género, fecha de nacimiento, idioma, tarifa especial como joven o tercera edad, si es un usuario con discapacidad, si es empleado de la empresa de transporte y, opcionalmente, datos bancarios para la domiciliación del pago. Incluye el pago del título de *transporte* de todos los modos públicos, incluyendo taxi.

En algunas ciudades está también integrada la utilización de sistemas de préstamo de bicicleta pública. Permite establecer la validez horaria y diaria, la ampliación de los abonos de transporte a su vencimiento, el sentido del viaje, etc.

Además, la tarjeta sin contacto posibilita la inclusión de otros *servicios de pago*, operando como una tarjeta monedero. Así, se puede utilizar para actividades deportivas y culturales municipales, u otros servicios que se integren en la utilización del chip como sistema de pago, por ejemplo aparcamientos.

Por último permite identificar a los ciudadanos en el *control de acceso* a determinadas dependencias, o la apertura de puertas para empleados. También permite identificar al usuario para acceder a los puntos de información ciudadana que se pudieran establecer.

Asimismo, al ser una tarjeta personalizada, permite hacer *reservas* para toda una serie de gestiones, actividades, pistas deportivas, etc.



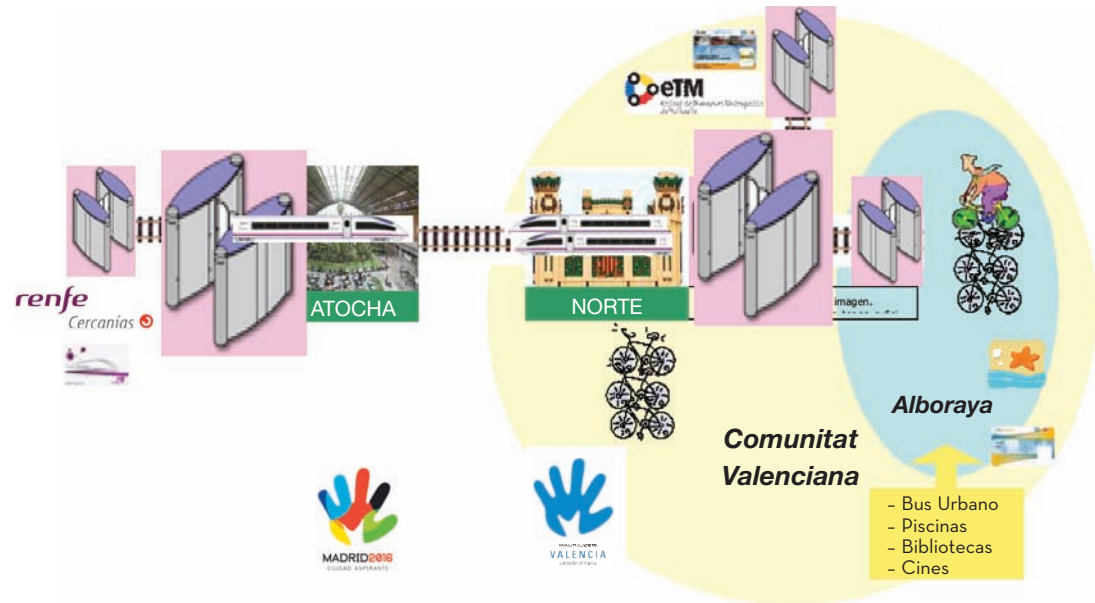
Figura 6.10. Control de acceso.

Las ventajas de estos sistemas son la seguridad que ofrecen, al estar personalizados; la interoperabilidad y el acceso a información actualizada. Otra ventaja importante es la rapidez de validación del título de viaje, frente a los sistemas manuales o de banda magnética, lo que permite reducir de modo significativo las colas en los puntos de acceso, así como el número de puestos de paso (torniquetes), así como mejorar el tiempo de operación del servicio de autobuses, por poner un ejemplo.

6.3.5 Integración de la cadena multimodal

La aplicación de la tecnología sin contacto permitirá en un futuro, mediante la armonización tecnológica de los distintos siste-

Figura 6.11. Simulación de viaje de servicios integrados.



mas de transporte, superar el carácter local de los títulos propios del mismo. La figura que aparece a continuación refleja una demostración de servicios integrados, tal como se presentó en la Jornada Técnica del Observatorio de la Movilidad Metropolitana, celebrada en Valencia en junio de 2008. Se trata de la simulación de un viaje que combinaba las siguientes etapas: Cercanías en Madrid, Tren Altaria

Madrid-Atocha a Valencia-Norte, Rodalías en la Comunitat Valenciana, uso de la bicicleta pública al llegar a Alboraya y, finalmente, con la misma tarjeta acceso al cine y bibliotecas.

En algunas ciudades europeas las tarjetas sin contacto facilitan, asimismo, la integración de servicios de préstamo de coche, en coordinación con los sistemas conocidos como *car sharing*⁶.

6. Se trata de un sistema basado en una flota de coches compartidos por socios que sólo pagan por las horas que los utilizan y los kilómetros que recorren, más una cuota fija, sin que ningún socio sea propietario de vehículo alguno.

EL SISTEMA BIT

Sobre la importancia que el ahorro de tiempo tiene para el usuario a la hora de decidirse a utilizar los modos públicos de transporte, otra de las claves para potenciar dichos modos es la integración tarifaria, que se refuerza en función del soporte que se utilice: banda magnética o tarjeta inteligente.

BIT (Billete Inteligente de Transporte) es un sistema de billeteaje basado en tarjetas inteligentes, operativo en la EMT desde enero de 2007, entre cuyos objetivos principales cabe destacar (Rubio, 2008):

- Incrementar la capacidad de diversificación del sistema tarifario.
- Facilitar el acceso a los modos de transportes (200 ms s/c vs. 1.500 ms magnético).
- Optimizar la explotación y gestión de los datos obtenidos.
- Facilitar la utilización del transporte público (unificación del soporte para todos los títulos).
- Facilitar la adquisición de títulos de transporte (incrementar y automatizar la red de ventas en servicios 24 h).
- Disminuir costes de adquisición y mantenimiento de los equipos de billeteaje: ya no existe un soporte físico (el cupón), sino electrónico, que modifica sustancialmente la logística en cuanto a gestión y venta de títulos de transporte.
- Evitar el fraude.
- Aumentar la fiabilidad de los sistemas de cancelación.
- Mejorar los estudios de movilidad, pues se puede conocer mejor la demanda a través de la información adicional que podría obtenerse.
- Conseguir una tecnología única para todos los modos de transporte.
- Integración e interoperabilidad.

Se abre, por otro lado, la posibilidad de crear nuevos “productos tarifarios”, integrando, incluso, otros servicios. El proyecto BIT, que lidera el CRTM –entidad que emite, además, las tarjetas y títulos, y ha creado los estándares necesarios que garantizan el mismo idioma para todos los actores implicados, lo que permite la compatibilidad entre distintos sistemas dentro del proyecto-, funciona ya en la zona metropolitana de Madrid: Metro, EMT, PRISEI, Cercanías y algunos Metros Ligeros. Las futuras líneas de actuación contemplan la ampliación de la red de validación a los operadores interurbanos y RENFE Cercanías y la incorporación de nuevos títulos (Douratsos et al., 2008).

6.4 ADECUACIÓN OFERTA-DEMANDA: INFORMACIÓN PARA OPTIMIZAR LAS DECISIONES DE VIAJE

En la última década se viene observando la creciente relación entre las TIC y la gestión de la movilidad. Con el auge de la banda ancha móvil (GPRS, UMTS, HSDPA) y la localización mediante GPS, las tecnologías de la telefonía móvil están uniéndose a las TIC “tradicionales”, abriendo nuevos campos de aplicaciones para el transporte público. En este contexto, los sistemas de control de transporte intermodal (ITCS), son una de las piedras angulares de cualquier sistema de transporte público moderno y eficaz. Estos sistemas permiten que los operadores de transporte público puedan comunicarse con sus flotas, controlarlas y supervisarlas, y constituyen una herramienta de gran utilidad para asegurar el cumplimiento horario y el control de los intervalos de paso entre vehículos.

Por otro lado, no está de más insistir en que, para el usuario del transporte público, es muy importante que el sistema favorezca el transbordo entre servicios, modos de transporte y entre operadores, pues al disminuir el efecto de penalización

que dichos cambios suponen, se reduce el efecto disuasorio para su utilización; objetivo únicamente alcanzable mediante el intercambio ininterrumpido de información en tiempo real y “en movimiento”.

Comoquiera que, además, los usuarios pretenden que todo ello esté personalizado y disponible en tiempo real, los sistemas de telefonía móvil están resultando de gran ayuda; y esto es sólo el principio de la verdadera adecuación entre la oferta y la demanda en el sector del transporte público.

6.4.1 Sistemas de información: ventajas de ser un “viajero bien informado”

Partiendo de la premisa de que el cambio modal hacia el transporte público es fundamental para la sostenibilidad del sistema de transporte, la conclusión es que es necesario atraer –y fidelizar– al mayor número de usuarios posible. Y para ello se precisa información, pues sin información los viajeros no podrían conocer la existencia de los servicios que ofrece el trans-

porte público y, por tanto, no los utilizarían. La información puede concebirse como el “pegamento” que une las actividades que realizan los ciudadanos y, en consecuencia, el elemento clave para la realización personal (Chamorro et al, 2008). El problema surge cuando no se dispone de la información completa, lo que impide valorar las posibles alternativas, mermando considerablemente la capacidad de decisión. En otras palabras: mientras que cuanto hace referencia a infraestructuras parece ir por el buen camino, queda aún mucho por recorrer en lo que a *infoestructura* (Gangemi, 2008) se refiere.

En el campo de la movilidad, la información debe ofrecerse de forma instantánea, tanto al cliente de fuera como al interno, encargado de regular el servicio, y para mejorar la planificación a posteriori. De ahí la necesidad de transformar los sistemas de información de carácter generalista en métodos personalizados, precisos e instantáneos (Martínez Ginestal, 2007); y es imposible proporcionar información de calidad sin el uso masivo de la tecnología que ofrecen las TIC.

Según el origen de los datos y su grado de adaptación al cliente (Diego, 2008a), la información puede ser:

- Estática, sobre la planificación general (líneas, rutas, etc.), normalmente en for-

mato web o en las paradas, aunque también mediante sms.

- En tiempo real, sobre la gestión de la operación, cuyo objetivo es, básicamente, conocer el tiempo de espera hasta la llegada del próximo servicio. También se ofrece en web, paradas, sms y formato oral por teléfono para invidentes.

Sin embargo, la información al cliente puede –y debe– dar un paso más allá, con lo que se situaría en un tipo de información que ofrecería al usuario únicamente aquella que le interesa, incluso sin que pregunte (previa autorización, naturalmente). Los servicios personalizados de información de transporte son un buen ejemplo del papel relevante que, en la elección de los contenidos que le interesan, tiene el cliente; pero ello exige establecer inicialmente procedimientos destinados a conocer esas necesidades, es decir, un diálogo previo, donde las TIC desempeñan un importante papel a la hora de desarrollar tipologías de personalización basadas en el perfil de los usuarios.

Por ejemplo, alguien que utiliza una línea concreta, en días laborables, a determinadas horas, para desplazarse a su centro de trabajo, podría facilitar a la empresa de autobuses la línea que le interesa y su horario de uso, así como seleccionar por qué medio o soporte desea obtener la



Un buen ejemplo de las ventajas de la información para el viajero –aunque este caso excede del ámbito urbano– es el de Transport Direct. Se trata de una página web británica que ofrece información puerta a puerta, tanto para viajes en transporte público como en vehículo particular; información muy fácil de utilizar que ayuda a una planificación tan eficaz como eficiente. Es un servicio no lucrativo financiado por el Departamento de Transporte del Reino Unido, la Asamblea de Gobierno de Gales y el Gobierno Escocés.

Transport Direct permite, entre otras cosas,

- Comparar las opciones de transporte público con las del vehículo privado, de manera que se pueda encontrar la forma de viajar que mejor encaje en las necesidades de quien consulta.
- Calcular la ruta teniendo en cuenta predicciones de nivel de tráfico a diferentes horas del día, de manera que se pueda adoptar una decisión informada.
- Obtener un coste aproximado del viaje en coche.
- Comprar billetes de tren y autocar sin necesidad de reintroducir los datos.
- Usar PDA y teléfonos móviles, mediante conexión GPRS o 3G, para, para buscar horarios de salida y llegada de cualquier estación de ferrocarril británica, y de algunas paradas de autocar o autobús.
- Calcular las emisiones de CO₂ de un coche y del transporte público para un viaje determinado.

En la misma línea, JourneyOn, en Brighton y Hove (UK), permite a los visitantes de la web planear el viaje, comparándolo con transporte público, coche, bicicleta y a pie. La información resultante abarca el coste, las emisiones de CO₂ y el número de calorías consumidas, distancia y duración del viaje (para los ciclistas, incluye las pendientes del terreno si despliegan un mapa vía Google maps).

información y en qué momento. Con todo ello, se podría crear una base de datos con perfiles de usuarios, a partir de la cual se desarrollaría la información adaptada a cada perfil. De esta manera, por seguir con el ejemplo, el cliente en cuestión recibiría todos los días laborables, a las 8:30, un mensaje con el estado de su línea (tráfico, incidencias, etc.) y el tiempo estimado de llegada a su parada habitual (Diego, 2008a).

Bien puede decirse, en suma, que el desafío de la información al cliente estriba en conocer sus necesidades al detalle de manera que pueda, incluso, anticiparse a su demanda (Diego, 2008a).

6.4.2 Planificador de rutas desde el teléfono móvil

Un planificador de rutas para transporte público es una aplicación que proporciona

soporte a los usuarios en la realización de un itinerario óptimo entre dos puntos, empleando uno o más de dichos modos de transporte. Por su naturaleza y por su característica de *itinerario óptimo*, la aplicación debería no sólo indicar la ruta más adecuada conforme a las preferencias del usuario (más rápida, más corta, menor número de intercambios), sino aprovechar la información histórica y/o en tiempo real de la que dispongan los operadores de transporte, para sugerir la rejilla horaria en torno al momento en que el itinerario se va a realizar, en las condiciones más adecuadas a las preferencias previamente indicadas.

La mayoría de los planificadores de rutas para transporte público están desarrollados como servicios web. La tendencia hacia la productividad y eficacia los encamina irreversiblemente al empleo del teléfono móvil como *plataforma cliente* de los mismos, tanto en sus versiones avanzadas para acceder directamente a las webs del servicio, como en general para enviar y recibir SMS de consulta sobre localización y tiempos de llegada a la parada. Un ejemplo de esto lo constituye el Sistema de Ayuda a la Explotación de la EMT de Madrid, que permite conocer la posición de cada uno de los 2000 autobuses con un tiempo de refresco de 30 segundos. De esta forma, el usuario puede realizar consultas en la web acerca de la localiza-



Figura 6.12. Planificador de rutas de transporte desde el teléfono móvil.

ción del autobús en tiempo real y del tiempo hasta la parada, así como recibir este tipo de información por SMS. Gracias al uso del teléfono móvil, que proporciona más inmediatez a las consultas, se produce un ajuste fino de la demanda en función de la oferta.

Con todo, donde más esfuerzo se requiere para que estos servicios se implanten con éxito, es en cuanto hace referencia al origen de la información. Como ya se ha expuesto, la información necesaria para alimentar estos sistemas procede de fuentes diversas, tanto en el sentido espacial (ámbito urbano e interurbano, i.e., diferentes ayuntamientos), como modal (un itinerario óptimo supondrá, en

Figura 6.13.



numerosas ocasiones, utilizar más de un modo de transporte, por ejemplo, metro y autobús). La coordinación intermodal, no sólo a nivel administrativo o logístico, sino en la raíz misma de los sistemas de información y control de los transportes, es, por tanto, un prerrequisito imprescindible para que los servicios de planificación de ruta ofrezcan un producto real.

Desde hace tiempo, los planificadores de rutas tienen una versión reducida para

teléfonos móviles: aquellos teléfonos con acceso a Internet pueden utilizar las herramientas web de planificación de rutas de cada operador de transporte público a través de los dos tipos de navegadores más usados en móviles para acceder a la Red (WAP e Imode). Alternativamente, algunas ciudades, como Madrid y Barcelona, han desarrollado servicios específicos para el móvil, basados en avisos generados por sus herramientas de planificación de rutas.

En Madrid, el servicio “**Cómo ir**” de la Empresa Municipal de Transportes (EMT), utiliza el teléfono móvil para transmitir datos e informaciones interesantes, como por ejemplo la ruta más corta para ir a un destino determinado, o el medio de transporte público más próximo al lugar donde se encuentra el usuario. El sistema se basa en el envío de un SMS a un número de teléfono (911060606) indicando el lugar donde se quiere ir. El servicio lee e interpreta la pregunta del usuario y contesta inmediatamente al móvil con una propuesta de ruta y el tiempo estimado en cubrirla. La EMT también proporciona la hora exacta en que un autobús llegará a una determinada parada a través de SMS.

De forma análoga, el servicio **iBus** de la Autoritat del Transport Metropolità (ATM) de Barcelona proporciona la hora exacta en que un autobús llegará a una determinada parada. Este servicio se basa en un protocolo de códigos asignados a las distintas paradas. El usuario que llega a una parada sólo tiene que leer el código, que está bien visible, e introducirlo en un mensaje SMS que enviará al número 7412 con el formato: “Tems (espacio) código_parada (espacio) número_línea”. El servicio también está disponible a través de WAP y del servicio multicanal Imode.

Por su parte, el sistema iTRA facilita información en tiempo real de los servicios de autobuses metropolitanos del CRTM, concebido como un sistema de recursos compartidos que emplea protocolos de Internet y GPRS (Corazzini, 2008). El sistema permite, además, la información vía SMS en los paneles de las paradas y en una página web. Este servicio permite hacer una gestión de autobuses “a la demanda” en zonas de baja utilización. iTRA se compone de un sistema central -compuesto por un servidor de seguimiento de los servicios, un servidor de datos, un servidor de información a usuarios, un servidor de emergencias, un servidor de registros históricos y un servidor de comunicaciones- y equipos a bordo de los vehículos y en las paradas. El sistema iTRA se ha probado con éxito en el marco del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la localidad madrileña de Getafe, donde el CRTM ha implementado un servicio de autobuses lanzadera entre los polígonos industriales y el centro del municipio, con dos líneas: P11 y P12.

6.4.3 Servicios móviles de avisos de tiempos de llegada de autobuses en Madrid y Barcelona

En un intento de globalizar la información de planificación de rutas en transporte público, el servicio *Google Transit* permite a los usuarios buscar en *Google Maps* las líneas de transporte público que pasan por una determinada zona, o localizar la parada de transporte público más próxima, siempre y cuando los operadores de transporte público local del área geográfica solicitada se hayan adherido a dicho servicio. También permite enlazar con el sitio web del operador de que se trate para que el usuario pueda acceder a información más detallada.

Una de las características más interesantes de este sistema –al que se puede acceder desde un móvil con acceso a Internet a través de los navegadores móviles más usados– es que permite a los clientes obtener una comparativa de costes del trayecto en coche y en transporte público.

6.4.4 Pago de billetes de transporte con el móvil

Las nuevas tecnologías que se están integrando en los teléfonos móviles permiten incorporar servicios de valor añadido. En efecto, disponemos en la actualidad de



móviles multimedia capaces de procesar todo tipo de datos y operaciones, con capacidades cada vez más semejantes a las de un ordenador, y que incorporan tecnologías de comunicación de corto alcance, como el omnipresente Bluetooth o el emergente Near Field Communication (NFC). Un ejemplo de servicio de valor añadido que permite el NFC es el pago de billetes de transporte con el móvil. Sin ir más lejos, desde abril de 2008, el móvil se está convirtiendo en una nueva tarjeta para el autobús en la ciudad de Málaga⁷ mediante un sistema, compatible con la tarjeta existente, que posibilita tanto el pago del viaje como la validación del mismo a través de la tarjeta SIM dentro del teléfono. El pago del título de transporte se realiza mediante tarjeta de débito o crédito, desde el propio móvil y de forma segura, a través del sistema de pago por móvil Mobipay⁸.

Figura 6.14. Página principal de Google Transit. (Fuente: www.google.com/transit).

⁷ Fuente: http://acercadeorange.orange.es/sala_de_prensa/notas_de_prensa/ano_2008/228.html.

⁸ Fuente: <http://www.mobipay.es>.

Figura 6.15



Por su parte, Rocket Taxi es una aplicación para el iPhone que proporciona la información de contacto de las compañías de taxi más cercanas a la posición actual, obtenida a través de GPS o WiFi. No per-

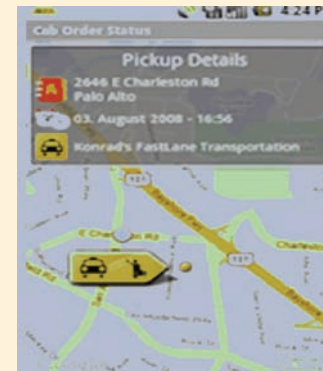
mite, sin embargo, la reserva del taxi.

En el contexto de la aplicación de tecnologías móviles al pago de billetes de transporte público, un análisis de la situación actual muestra que los países que han implantado o están desarrollando sistemas locales o nacionales basados en el empleo de tecnologías móviles e inalámbricas para el pago y recarga de billetes, son aplicaciones locales que, por lo general, requieren tarjetas de transporte especiales (no el propio móvil). Las experiencias se concentran, sobre todo, en Asia y en los EEUU. Algunos ejemplos son los sistemas de pago móvil SUICA (Tokio), Octopus (Hong Kong), EZLINK

SOLICITUD DE TAXI MEDIANTE TELÉFONO MÓVIL

La disponibilidad de terminales móviles avanzados que integran módulos de posicionamiento Global Positioning System (GPS) y GPS asistido (A-GPS), ha permitido el desarrollo de diversas aplicaciones que permiten la localización y reserva de un taxi a través de un simple click. A continuación se describen, a modo de ejemplo, las aplicaciones más innovadoras disponibles actualmente para algunos teléfonos móviles.

Cab4m es una de las aplicación para la plataforma Android de Google ganadora en el Android Developer Challenge. Cab4me permite conseguir un taxi en cualquier lugar del mundo, sin necesidad de saber números de teléfono de compañías ni la localización del cliente. Utiliza el receptor GPS y la integración con Google Maps para especificar tanto dónde se encuentra éste, como adónde se quiere dirigir. En el mapa se puede ver, incluso, dónde están situadas las paradas de taxi más cercanas, y dispone, además de un servicio de notificaciones que indica el estado de la petición a la compañía.



(Singapur), T-Money (Seúl), Smart Trip (Washington) y Oyster (Londres). De forma similar a los planificadores de rutas, estos sistemas tienen un alcance local y no están diseñados para ser interoperables internacionalmente.

Con todo, las iniciativas en Europa en este campo aumentan. La ciudad finlandesa de Helsinki es pionera en la introducción de un sistema de venta de billetes de transporte público a gran escala, operativo desde 2001. Otras experiencias son la de VDV-kernapplikation en Alemania, Intercode & Interbob en Francia, ITSO en Inglaterra y SDOA en Holanda, que están impulsando la extensión del alcance de estos sistemas normalizados de pago de billetes con tecnologías móviles, en apoyo de los cuales se han publicado recientemente tres normas que constituyen una estructura genérica destinada a este fin: para los datos (EN15-45), para la organización del billeteaje interoperable (EN-15320), y otra básica de la funcionalidad interoperable (ISO 24014-1), a las que se han adherido expertos de EE.UU. y Japón.

6.4.5 Servicios avanzados de comunicación en el transporte público

Además de los servicios descritos anteriormente, algunas ciudades están ya muy avanzadas en el uso de las tecnologías

móviles para acercar la oferta y la demanda en el sector del transporte público.

En Europa, Helsinki dispone de un sistema ITCS^{9,10}, que ha permitido equipar a 30 autobuses y 6 tranvías con Internet de banda ancha y tecnología GPS. Cada vehículo transmite su posición a intervalos de un segundo, lo que proporciona datos de localización y tiempos aproximados de parada. El sistema no sólo ofrece información de pasajeros en tiempo real y funciones de control de vehículos, sino que también ha provisto a los autobuses de puntos de acceso Wi-Fi para que los usuarios utilicen Internet durante el trayecto y se informen sobre el viaje en tiempo real. El sistema incluye, además, prioridad en los semáforos, lo que aumenta la fiabilidad del desplazamiento. Los datos recopilados también son útiles después del viaje, ya que facilitan valiosa información al operador de transporte, como ya se ha descrito en apartados anteriores.

Japón destaca por la amplia penetración de los teléfonos móviles con acceso a Internet, de los que se hace uso intensivo para cuestiones relacionadas con el transporte público. Hoy en día, Japón presenta una amplísima oferta de servicios de información orientados al transporte, en la que destacamos, por su carácter disruptivo en

⁹. <http://www.ytv.fi/eng>.

¹⁰. Fuente: M. Lehmuskoski (WSP Consultants), Congreso y Exposición IT-TRANS 2008.

el momento de su lanzamiento, el estudio “*The Regional ITS Casebook*” realizado en 2001 y 2002 por el Ministerio de Carreteras, Suelo, Infraestructuras y Transportes. El documento recoge y analiza iniciativas regionales basadas en diversos sistemas inteligentes de transporte (ITS), algunos de los cuales utilizan tecnologías móviles: información, parking, detección y predicción de incidencias, provisión de información de transporte público, buses bajo demanda, información integral de tráfico o ITS para peatones.

Estados Unidos presenta un panorama distinto del que observamos en Europa y Asia, pues se trata de un país donde se rinde culto al vehículo privado, y, en consecuencia, el transporte público se ha considerado, tradicionalmente, un medio marginal para los desplazamientos. Aun así, se pueden encontrar casos como la iniciativa conocida como *The Connected Bus* en San Francisco, que comenzó en 2007 como parte de su programa de desarrollo urbano integrado, en el que están trabajando la Agencia Municipal de Transportes y el grupo de soluciones de Internet de la empresa Cisco. Este proyecto surgió para animar a los usuarios a utilizar el transporte público, mejorando la experiencia del viaje, lo que implica un transporte fiable y seguro, menores tiempos de desplazamiento, menor exposición



Figura 6.16

a las emisiones de gases y posibilidad de acceso a los tiempos de ruta.

The Connected Bus cuenta con pantallas táctiles que ofrecen información en tiempo real sobre los autobuses y los tiempos de espera, acceso inalámbrico a Internet gratuito desde teléfonos y portátiles, y pantallas LED externas que informan a los conductores motorizados y a los peatones de los beneficios medioambientales de estos autobuses. Además, se están desarrollando nuevos servicios para aumentar la seguridad de los usuarios, usando tecnología inteligente que permite reducir las colisiones o alcances; la prioridad de señales de tráfico para ayudar a los conductores a evitar atascos; el entretenimiento a bordo, que permite ver vídeos o escuchar música desde los portátiles; o los servicios de localización que posibilitan encontrar servicios y puntos de interés cercanos al autobús.

Paralelamente, se están implementando “servicios de operador”, orientados a los conductores de autobús y al personal de mantenimiento, así como sistemas de seguridad que facilitan al conductor ponerse en contacto con los servicios de emergencia mediante con sólo pulsar un botón.

Se puede decir, por tanto, que las ciudades con servicios de transporte público avanzados empiezan a dotar a su

flota de autobuses urbanos –y a algunas flotas de interurbanos– de conectividad WiFi. Por ejemplo, desde octubre de 2007, la empresa de transporte Alsa¹¹ proporciona dicha conectividad de manera gratuita en los autobuses de ‘clase Supra’. Cabe destacar que una de las compañías punteras en este tipo de soluciones es la inglesa Moovera Networks, cuyos equipos utilizan las redes móviles de banda ancha actual 3G y HSPA (WiMAX mobile y LTE en el futuro) de cualquier operador, y están diseñados específicamente para instalarse en autobuses, trenes ligeros, etc.

6.4.6 Información sobre tiempo de viaje y patrones de movilidad

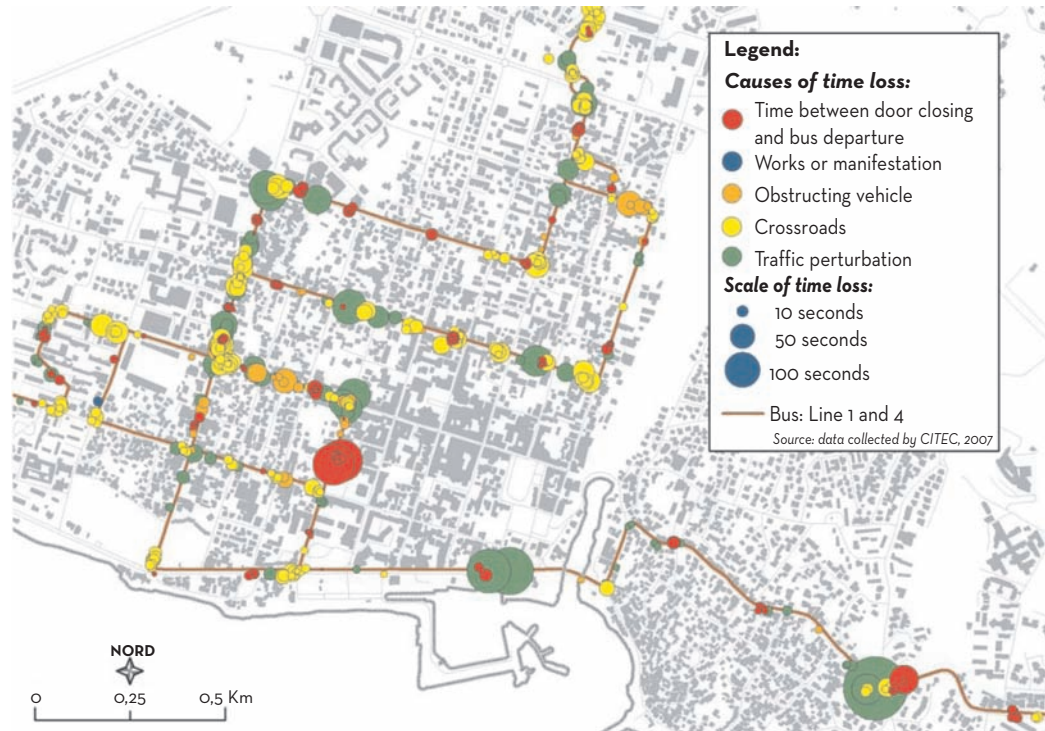
Uno de los principales desafíos que es preciso asumir para asegurar la calidad de la movilidad urbana, es la detección precoz de posibles incidencias en la red vial, de cara a optimizar la eficiencia en el tráfico y evitar atascos, lo que, naturalmente, incluye a los autobuses. Para ello, a los ya clásicos sistemas de detección de vehículos basados en cámaras y espiras magnéticas, se ha unido recientemente una tecnología basada en la red móvil denominada *Floating Cellular Data* (FCD), que consiste en escanear la red móvil para estimar el movimiento de los terminales.

Concretamente, se intercepta el enlace entre el controlador de la estación base (BSC, en inglés) y el centro de conmutación móvil (MSC, en inglés) con sondas pasivas, al objeto de interceptar todos los mensajes que contengan información acerca de la localización de los terminales móviles cercanos. Dicha información está contenida en ciertos mensajes de *handover* y señalización de mensajes cortos.

La tecnología FCD permite, de forma rápida y bastante precisa, contabilizar el número de usuarios móviles que transitan por las diferentes células móviles, para así detectar posibles incidencias en la vía (como una velocidad menor a la normal, lo que indicaría un posible atasco), o estimar el tiempo de trayecto. El sistema FCD se basa en el hecho de que todos los móviles envían periódicamente información de señalización a las estaciones base que los controlan; información que permite a la operadora de la red disponer de la localización aproximada de todos ellos y, dado el índice de penetración de estos teléfonos, el sistema es capaz de estimar con bastante exactitud el número de vehículos que utilizan una vía en concreto, así como el tiempo medio que emplean en recorrer un trayecto determinado, permitiendo detectar, como se ha expuesto, situaciones de congestión o incidentes de índole diversa.

¹¹. Fuente: <http://www.neoteo.com/autobuses-alsa-con-wifi.neo>.

Figura 6.17. Mapa de retardos y causas de los mismos en un trayecto de autobús en Saint-Pierre.



6.4.7 Retardos y causas de los mismos en un trayecto de autobús en Saint-Pierre (Reunión)

En Holanda, las compañías Vodafone y TomTom han desplegado un sistema FCD que proporciona información de movilidad sobre los tiempos de viaje. De forma análoga, el servicio *Traffic.com* de EEUU, ofrecido por la empresa Navteq, suministra información actualizada del tráfico en las

principales ciudades y vías estadounidenses, integrando datos provenientes de sensores, operadores móviles y autoridades de transporte.

En definitiva, la tecnología móvil FCD permite dotar de mayor cobertura a los servicios de localización, incluyendo todas las vías con cobertura de tecnología celular GSM, no sólo aquellas con sistemas instalados en la propia vía, como cámaras o espiras. Además, pro-

SERVICIOS DE OCIO A BORDO DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Existen múltiples ejemplos de aplicación de las tecnologías de la información en el campo del entretenimiento, entre los que destacamos la televisión interactiva, radio y vídeo por Internet, y ocio en el móvil. En España, Digital+, ONO y Telefónica son, quizás, los máximos exponentes de la televisión interactiva por satélite, cable y par trenzado (esté último, con Imagenio sobre ADSL). YouTube, Live 365 Internet Radio e iTunes son, asimismo, claros ejemplos de entretenimiento por Internet, el primero en vídeo, el segundo vía radio y el tercero en cuanto a música. Existen, además, los sitios web de periódicos y cadenas de televisión en Internet, y portales de redes sociales, tipo MySpace o Facebook. Finalmente, la oferta de ocio en el móvil es creciente y cuenta sobre todo con adaptaciones de ocio y entretenimiento disponibles en Internet, como Youtube WAP, xTalFree!, Flickr o MyStrands.

Por otro lado, con la instalación de pantallas LCD en diferentes medios de transporte y en andenes de metro y tren, el entretenimiento está llegando, si bien tímidamente, al sector del transporte público, a través de anuncios y bloques de noticias básicamente.



Por su parte, los taxis ofrecen un entorno de ocio más personalizado, al reducirse el número de pasajeros y aumentar la interactividad con la pantalla. Como ejemplo, en la ciudad de Nueva York, los célebres taxis amarillos disponen de pantallas LCD para los clientes que viajan en el asiento trasero. Estas pantallas, además de proporcionar información sobre la posición del taxi, ruta que está siguiendo, o importe de la carrera, permiten disfrutar de TaxiTV, que utiliza la tecnología de televisión por Internet (IPTV) de Microsoft.

Con todo, la iniciativa de ocio en transporte público de mayor personalización desde el punto de vista del usuario, es la provisión de conectividad por parte del gestor del transporte que permita a los viajeros utilizar sus dispositivos móviles o portátiles para acceder a los servicios de entretenimiento en Internet y teléfono móvil ya citados.

vee de información detallada sobre localización, lo que permite estimar el tiempo total del trayecto. Este sistema puede resultar de gran utilidad para los operadores de transporte público porque les permitirá conocer, en tiempo real, las incidencias acaecidas en las diferentes rutas y optimizar la gestión de líneas de forma dinámica y adaptada a cada situación concreta. Además, combinando esta tecnología con otras de localización para aumentar la precisión, los operadores podrían llegar a conocer la ocupación de sus autobuses y los patrones de movilidad de sus usuarios, lo que posibilitaría una, aún mejor, gestión de las líneas.

Finalmente, cabe añadir que se está investigando el desarrollo de aplicaciones de la red móvil de telefonía para obtener patrones de movilidad urbana, lo que permitirá una mejor planificación de los diferentes sistemas de transporte público. Existen también iniciativas que integran la tecnología FCD con sistemas que permiten estimar las causas del retardo en los trayectos urbanos: atascos, obras, ciclos de los semáforos, obstáculos en la vía, etc. Como en el caso anterior, permitirán en el futuro, gracias a un procesamiento de la información *off-line*, optimizar la planificación del servicio de transporte público.

6.4.8 Video-supervisión y video-vigilancia en transporte público

La mayor parte de los sistemas de transporte público cuentan actualmente con sistemas de monitorización que permiten a los gestores del servicio tener localizados en tiempo real todos los vehículos de la flota. Los vehículos cuentan con un receptor de localización GPS y una conexión de datos móvil de baja velocidad para enviar periódicamente la posición al centro de control. Algunos sistemas permiten al conductor enviar mensajes de alarma a través de este canal de datos. El despliegue de tecnologías de la banda ancha móvil abre nuevas posibilidades para desarrollar sistemas de monitorización mucho más sofisticados. De especial relevancia serán los sistemas de video-supervisión y video-vigilancia, que permitirán disponer en el centro de control de información en tiempo real sobre cualquier tipo de incidencia ocurrida a bordo del vehículo: accidentes, atracos, movimientos y detección de objetos abandonados sospechosos, etc. Un buen ejemplo es el sistema de emergencias implantado en las líneas nocturnas de los autobuses interurbanos de la Comunidad de Madrid.

Estos sistemas permitirán también desarrollar funcionalidades para adecuar la oferta del servicio a la demanda real,

como por ejemplo, el diagnóstico remoto, el mantenimiento predictivo o el análisis de la densidad de pasajeros en el vehículo a través de técnicas de procesamiento de vídeo, con lo que se puede detectar un exceso de pasajeros en determinados tramos de una ruta de autobuses y solucionar la congestión, añadiendo rutas auxiliares que cubran sólo ese trayecto.

En el contexto de proyectos de I+D en este campo, destacan programas piloto, como el europeo BOSS¹², cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de comunicaciones de banda ancha innovador y eficiente entre trenes, y un centro de supervisión para ofrecer servicios de video-vigilancia. El proyecto “Videovigilancia embarcada en el autobús” (VEA)¹³ de la EMT de Madrid tiene, asi-

mismo, como finalidad la instalación de este tipo de sistemas en toda la flota de autobuses de la empresa, lo que permitirá grabar el interior del autobús durante toda la jornada, y posibilitará el envío del vídeo en tiempo real cuando el conductor active la alarma pulsando el “pistón de emergencia”.

Finalmente, el proyecto piloto de video-vigilancia en Taxis de Radio-Taxi Giralda se está ensayando en 150 taxis de la ciudad de Sevilla. El sistema consta de una pequeña cámara instalada en la esquina superior derecha de la parte delantera del coche, donde se sienta el copiloto. Si el taxista detecta algún movimiento sospechoso, el sistema envía el vídeo a la policía para que pueda ver lo que sucede en el interior e identificar al posible agresor.

12. Fuente: <http://www.celtic-boss.org>.

13. Fuente: <http://www.emtmadrid.es/news/news.html?id=613>

BIBLIOGRAFÍA

- ARCE, R., et al. (2007): *Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el Medio Ambiente*, Fundación Gas Natural y Fundación EOI.
- BONINO, T. y RAMAZZOTTI, D. (2008): *EU Project InMoSion - Science shop for Innovative Mobility Solutions for mobility challenged Europeans*, in Proc. European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services.
- CAIRNCROSS, Frances (1997): *The death of distance: how communications revolution will change our lives*. Harvard Business School Press.
- CHAMORRO, J., et al. (2008): *Evaluación de la importancia de la información para la autonomía de las personas con discapacidad. El caso del transporte público de Madrid*. Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte, A Coruña.
- COHEN, G., et al. (2002): *Information-communication technologies (ICT) and transport: does knowledge underpin policy?* Telecommunications Policy 26 pp. 31-52.
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2003): *Libro Verde de los sistemas inteligentes de transporte terrestres*. Madrid.
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2008): *Libro Verde del Urbanismo y la Movilidad*. Madrid.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1996): *Green Paper The Citizens' Network. Fulfilling the potential of public passenger transport in Europe*. COM/95/601 final. Bruselas.
- Comisión de las Comunidades Europeas (2006): *Keep Europe moving - Sustainable mobility for our continent. Mid-term review of the European Commission's 2001 Transport White Paper*. {SEC (2006) 768} Bruselas.
- Comisión de las Comunidades Europeas (2007): *Libro Verde del Transporte Urbano. "Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana"*, COM/2007/551. Bruselas.
- CORAZZINI, H. (2008): *iTRA. Sistema de información al viajero en los Polígonos industriales de Getafe*. Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte, A Coruña.
- DIEGO, E. (2008a): *La información "on line" como factor clave para incrementar la utilización del transporte público*. Actas II Congreso de Movilidad (2CIMO), Madrid.
- DIEGO, E. y GONZÁLEZ, M. (2008b): *Sistemas de información al Usuario*. Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte, A Coruña.
- DOURATSOS, I., et al. (2008): *La implantación de la tarjeta sin contacto en el Transporte Público Colectivo de la Comunidad de*

- Madrid. *El proyecto BIT*. Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte, A Coruña.
- CASCALES, F. J. y CARBONELL, A., et al. (2003): *Encuentros sobre nuevas tecnologías y transportes*. Cursos de Verano de El Escorial, 23-25 julio 2003. Ministerio de Defensa.
- ERTICO-ITS Europe (2002): *ITS- Part of Everyone's Daily Life*. Bruselas.
- Fundación COTEC para la innovación tecnológica (1998): *La Telemática y el Sector del Transporte*. Madrid.
- GANGEMI, Fred (2008): *Technology and transport information*. Actas II Congreso de Movilidad (2CIMO). Madrid.
- GARCÍA, F., GONZÁLEZ, D. y BATANERO, J. (2008): *Centro integral de gestión del transporte colectivo de la comunidad de Madrid*. Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte. A Coruña.
- HALL, P. (1994): *Squaring the circle: can we resolve the Clarkian paradox?* Environment and Planning B: Planning and Design 21, Supplement, 79-94.
- IDAE (2006): *Guía para la elaboración e implementación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- KISSINGER, Stefan (2004): *Tecnologías de la información. Uno para todos... ¡y todos para Vd.!* Billeaje electrónico inteligente. UITP.
- KOSKI, H. (1997): *Information and communication technologies in the transport sector and their socio-economic impacts*. Journal of Transport Geography, Vol. 5, nº 1, pp. 53-54.
- MARTÍNEZ GINESTAL, A. (2007): *La información on line como factor clave de la movilidad*. Jornada sobre Movilidad Urbana-Movilidad Humana, Ayuntamiento de Madrid, 3 de octubre, 2007.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, S. (2008): *Evolución del Proyecto e-bus: aportando servicios de alto valor al cliente*. Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte, A Coruña.
- OLDENZIEL, W. y GASSER, P. (2008): *Diagnostic of performance and cost-effectiveness with GPS-based on-board measurements: Public Transport Evaluation*. Proc. European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services.
- ORFEUIL, J. P. (2000): *L'Evolution de la mobilité quotidienne. Comprendre les dynamiques, éclairer les controverses*. Synthèse INRETS, nº 37, Arcueil, France.
- PASCUAL OGUETA, M. T. (2004): *Tecnologías de la Información y Crecimiento Económico. Un reto para las empresas*. Círculo de Empresarios, Madrid.
- ROBUSTÉ, F. (2007): *Innovación en la gestión de redes de autobuses urbanos*. Fundación RACC.
- RUBIO, A. (2007): *Revista Carreteras, nº 157, noviembre/diciembre, pp. 79-82.*

RUBIO, A. (2008): *La experiencia de Madrid. Seguridad de la tarjeta Sube-T.*

Observatorio de la Movilidad
Metropolitana, V Jornada Técnica,
Valencia.

RUBIO, A. y CARRILERO, R. (2008):

Tecnologías ITS en los intercambiadores de transporte de la Comunidad de Madrid.
Actas del VIII Congreso de Ingeniería del Transporte, A Coruña.

UITP (Unión Internacional de Transporte Público) (2005): *Hacia un Sistema*

Integrado de Información de Transportes.
Mayo 2005.

URRÍA, I. (2008): *Seguridad en el transporte público. Proyecto VEA.* Jornada sobre los

sistemas inteligentes de transporte en el transporte público, EMT Madrid, Mayo 2008.

Otras fuentes

www.transportdirect.info

University of Tokio, “On-Demand-Bus” Service documentation. http://www.nakl.t.u-tokyo.ac.jp/odb/en/01_riding.html

“The Regional ITS Casebook (2001-2002)” ITS Policy Program Division, Road Bureau Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan http://www.jice.or.jp/itschiiki-e/benefits2002/html/index_table.html

GARCÍA, B.: Cámaras de seguridad en el interior de taxis, Servi-Taxi (http://www.sevi-taxi.es/index.php?option=com_content&task=view&id=158&Itemid=61)

American Public Transport Association (APTA). <http://www.apta.com/>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente el apoyo prestado por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, y muy en particular a Antonio Rubio, por su dedicación y paciencia para hacernos entender áridas cuestiones tecnológicas que exceden, con mucho, del campo de experiencia y conocimiento de estos recién llegados a la causa. Sin su cordial colaboración este capítulo no habría podido ver la luz. Gracias también a José Dionisio González

por su tiempo y valiosa información, así como a Javier Chamorro y Javier Aldecoa.

También a Enrique Diego y Luís Álvarez, de la EMT de Madrid, y a Javier González de Metro de Madrid, por su desinteresada ayuda.

Finalmente, los autores agradecen la dedicación y aportaciones de la Dirección de Servicios para el Cliente Final de Telefónica I+D, especialmente a la División del Automóvil Conectado.



EL FUTURO TRANSPORTE DE MERCANCÍAS EN ACCIÓN

Joaquim Coello

RAI. Coordinador

Ruth Carrasco

ETSI Industriales, UPM

Vicente Rallo

RENFE

Académico revisor

Joaquim Coello

7

7.1 PANORÁMICA CONCEPTUAL: TIC, LOGÍSTICA Y SOSTENIBILIDAD

Ruth Carrasco, ETSI Industriales, UPM

7.1.1 Introducción

El comercio mundial y, con él, el transporte internacional de mercancías, ha venido creciendo en las últimas décadas a un ritmo superior al de la economía mundial. Según la OMC (2008), mientras que el PIB mundial se ha multiplicado por ocho desde 1950, el comercio internacional ha visto multiplicado su volumen por veintisiete. Como consecuencia, la participación del comercio internacional en el PIB mundial ha pasado del 5,5% en 1950 al 20,5% en 2006.

Esta expansión del comercio internacional se ha visto lógicamente acompañada de un espectacular crecimiento del transporte internacional de mercancías. En las últimas dos décadas, se ha producido un progresivo alejamiento de los puntos de producción respecto a los polos de consumo y al desplazamiento de las rutas comerciales mundiales hacia el continente asiático, motivada por la mayor apertura comercial de países como China y por la especialización de estos países en la

manufactura de bienes de consumo que después son exportados hacia otras zonas del mundo.

En este movimiento mundial de materiales no sólo intervienen productos terminados, sino que frecuentemente también se desplazan piezas y productos intermedios. Esto es consecuencia del desarrollo de redes de suministro globales, en las que varios actores, en ocasiones separados por miles de kilómetros de distancia, intervienen en la fabricación de un producto. El proceso global de elaboración de un producto se descompone en varias etapas (“desintegración de la producción”), de modo que la fabricación de las piezas o subconjuntos que forman el producto se realiza en distintos países y después éstas se transportan hasta la ubicación donde se realiza el montaje final. De este modo, la logística, que tradicionalmente ha estado identificada con los procesos de distribución física (transporte y almacenaje) emerge como la función encargada de coordinar no sólo el movimiento físico de materiales, sino también

los flujos de información asociados a este movimiento de mercancías.

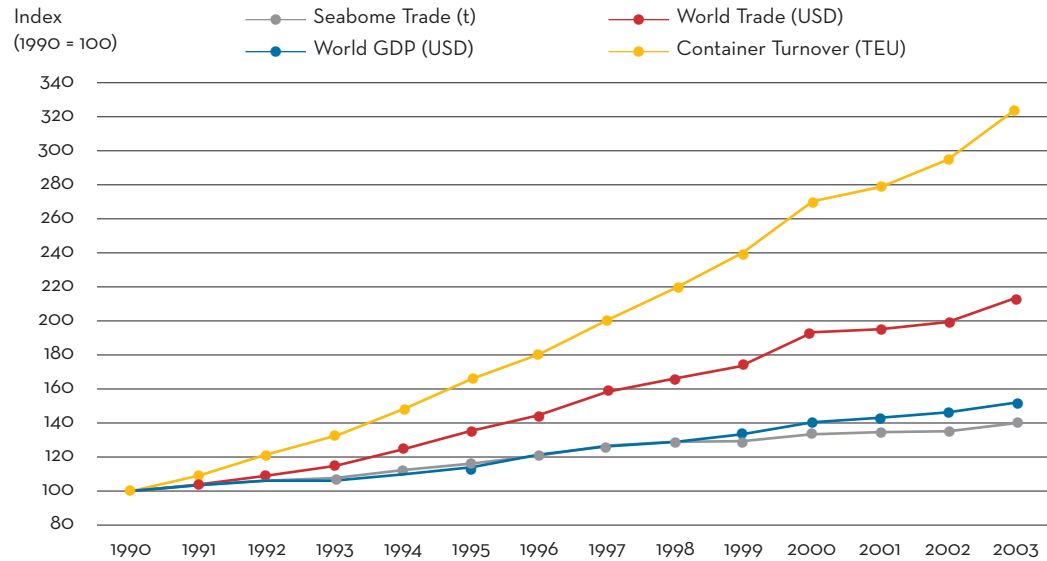
Varios factores subyacen bajo este impulso experimentado por el transporte internacional. Además de la caída de las barreras al intercambio comercial entre países y las grandes diferencias geográficas en el coste horario de la mano de obra, el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) ha permitido reducir a casi cero el coste marginal de las comunicaciones internacionales y ha proporcionado herramientas que facilitan la coordinación de los procesos vinculados a la gestión de las redes globales de suministro. Otro factor que contribuye en gran medida a la expansión del transporte de mercancías ha sido su progresivo abaratamiento en las últimas décadas, gracias a las mejoras tecnológicas y organizativas desarrolladas en el sector como, por ejemplo, la introducción hace ya cinco décadas de los contenedores en el tráfico marítimo y terrestre. La estandarización de las unidades de carga permitió en su momento una manipulación de las mercancías mucho más rápida y sencilla, reduciendo entonces el coste de la mano de obra, y ha sido un facilitador tanto para la automatización de los procesos de carga y descarga en las terminales portuarias como para el desarrollo

de la intermodalidad marítimo-terrestre (carretera y tren).

Sin embargo, la creciente preocupación social por los aspectos ambientales pone en cuestión la sostenibilidad de nuestros modelos actuales de producción-distribución. El rápido crecimiento del transporte de mercancías supone también un incremento en las emisiones de CO₂ y de contaminantes atmosféricos asociadas al mismo. A pesar de las mejoras realizadas en los diferentes modos de transporte en términos de eficiencia energética y la tímida introducción de combustibles no fósiles, las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) asociadas al transporte de mercancías no han dejado de crecer, debido a la creciente demanda de los servicios de transporte. Esta demanda creciente es, en cierto modo, consecuencia del desajuste entre el precio de los servicios de transporte y su coste real. La no internalización de los costes ambientales que genera el transporte de mercancías favorece la decisión de ubicar los centros de producción alejados de los puntos de consumo, así como la fabricación de diversas piezas y componentes en localizaciones geográficamente dispersas. A este respecto, es de destacar que las emisiones de GEI procedentes del transporte internacional por vía aérea y marítima no se contabilizan por el momento en los instru-

Figura 7.1. Crecimiento del comercio mundial y del tráfico de contenedores respecto al PIB mundial

Fuente: Steenken et al. (2004)



mentos internacionales de regulación relativos al cambio climático como, por ejemplo, el protocolo de Kyoto.

Este capítulo, en el que se aborda cómo las TIC contribuyen a mejorar la sostenibilidad del transporte de mercancías –especialmente desde los puntos de vista ambiental y económico– se organiza de la siguiente manera: en el epígrafe 2 de esta introducción conceptual se comparan los diferentes modos de transporte de mercancías centrandó el foco en aspectos

relacionados con su sostenibilidad ambiental. A continuación, en el epígrafe 3 se abordan varias formas en las que las TIC pueden contribuir a reducir el impacto ambiental de los sistemas de transporte de mercancías. En la primera monografía, “Las TIC y la Logística” se analiza cómo el desarrollo de las TIC ha contribuido a mejorar la eficiencia de los sistemas logísticos, propiciando reducciones de costes y mejoras de calidad en la prestación de servicios de transporte. En la

segunda monografía se presentan varias actuaciones en el ámbito de las TIC que contribuyen a la sostenibilidad del transporte ferroviario de mercancías en España.

No queremos dejar de destacar en esta panorámica la obvia e indiscutible importancia del transporte de mercancías como sector económico y su contribución histórica al desarrollo de las regiones y al progreso de la sociedad. Un sector transporte con crecimiento controlado, en el que no se produzcan distorsiones de mercado debidas a la externalización de algunos costes ambientales y en el que se identifiquen medidas para reducir o eliminar algunas de esas externalidades (emisiones de GEI y otros contaminantes ambientales, ruido, accidentes, congestión) es vital para seguir generando prosperidad y garantizando el derecho a la movilidad y al acceso a bienes y servicios de las generaciones futuras. En este sentido, los ingenieros juegan, y deben seguir jugando, un papel esencial como promotores de la innovación y del cambio tecnológico en la sociedad, diseñando vehículos e infraestructuras de transporte más eficientes y con menor impacto ambiental, introduciendo TIC en los procesos logísticos para aumentar su eficiencia o desarrollando alternativas de gestión que permitan un mejor aprovechamiento y un menor agotamiento de los recursos.

7.1.2 El transporte de mercancías: modos, inter-modalidad y sostenibilidad

El transporte es un gran consumidor de energía, especialmente de la energía procedente de combustibles fósiles. En la actualidad, en España, el transporte (de personas y mercancías) es el sector que más energía consume (39%), por delante incluso de la industria (31%) (IDAE, 2005). Dado que la mayor parte de la energía usada en el transporte procede del petróleo, este sector supone aproximadamente un quinto de las emisiones mundiales de CO₂ derivadas del uso de energía, sólo superado por la generación de electricidad (40%) (IDAE, 2006). Sin embargo, no todos los modos de transporte de mercancías tienen el mismo impacto ni son adecuados para el transporte del mismo tipo de productos. A continuación, se presentan sucintamente las diferencias existentes entre los distintos modos.

El transporte de mercancías por vía aérea se asocia habitualmente al desplazamiento de productos de alto valor unitario y volumen reducido, en los que la rapidez en la entrega es un factor importante (entregas urgentes, cadenas de suministro ágiles). Representa aproximadamente un 35% de las mercancías transportadas a nivel mundial en valor, pero menos del 1% en volumen. La industria electrónica ha



1. La relación de flujos entre Europa y Asia en el sector de la carga aérea era de 1 a 2 en 2000 y de 1 a 8 en 2006. El desequilibrio existente en los intercambios comerciales entre estas dos regiones provoca también dificultades en la gestión del parque de contenedores marítimos, que en ocasiones tienen que realizar uno de los trayectos en vacío.

sido en los últimos años un cliente clave de la carga aérea, a pesar de que el desequilibrio en los intercambios comerciales entre Asia (particularmente China) y Europa obliga a realizar parte de los viajes en sobrecapacidad¹. Sin embargo, la competencia de otros modos de transporte de mercancías en larga distancia, como los buques porta-contenedores, hace que la carga aérea esté creciendo algo menos que el transporte de mercancías en general. El gran crecimiento que el sector aéreo ha experimentado en los últimos años está mucho más vinculado al transporte de pasajeros que al de mercancías.

En la medida en que los aviones son propulsados por combustibles fósiles, éstos emiten GEI, además de óxidos de azufre (SO_x) y nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono, partículas en suspensión, agua e hidrocarburos. Existe cierta preocupación –aún objeto de incertidumbre científica– por el efecto que puede tener la dispersión de estas sustancias directamente en la troposfera superior y en la estratosfera inferior, que potencialmente podría ser más pernicioso que el de las emisiones realizadas a nivel del suelo (alteración más directa de la concentración de GEI en esas capas de la atmósfera y/o efectos de radiación adicionales).

El transporte marítimo (y fluvial) ha estado vinculado tradicionalmente al

transporte de productos voluminosos de bajo valor, como el mineral de hierro, el carbón o el grano. Sin embargo, en las últimas décadas ha aumentado muy significativamente el porcentaje de productos de bajo volumen y alto valor (bienes manufacturados) transportados por vía marítima, gracias a la introducción de los contenedores. Hoy en día, el 60% del transporte oceánico se realiza en contenedores, aunque algunas rutas, especialmente las que tienen lugar entre países estables y económicamente desarrollados, alcanzan un grado de uso de los contenedores del 100%. El transporte marítimo supone la columna vertebral del comercio internacional ya que, en volumen, un 80-90% de los intercambios comerciales mundiales se realizan por vía marítima, a pesar de la mayor lentitud y menor fiabilidad en los plazos de entrega del transporte en barco respecto a otros medios de transporte.

La vía acuática constituye uno de los modos de transporte que menos CO₂ emite por tonelada-kilómetro, gracias a su reducido consumo energético en comparación con otros modos. Se calcula que el consumo de energía para transportar una tonelada-kilómetro por vía marítima o fluvial es un sexto de lo que se consume en el transporte por carretera y la mitad de los que se requiere en el transporte por ferrocarril (EEA, 2008). Sin embargo, a la

vista de la importancia económica del transporte marítimo y de sus previsiones de crecimiento futuro, su contribución a cuestiones que forman parte de la agenda global no puede ser ignorada. La Organización Marítima Internacional estima que el transporte marítimo consumió 369 millones de toneladas de combustible en 2007 y prevé que en 2020, el consumo crezca un 30% hasta alcanzar las 486 millones de toneladas. Estas cantidades suponen ya el 4% de las emisiones globales de GEI (considerando no sólo las emisiones del sector transporte sino las de todas las fuentes de GEI: industria, generación de electricidad, etc.). Es necesario notar también que los combustibles pesados utilizados en los buques cargueros contienen altos niveles de azufre, lo que provoca que el transporte marítimo sea, con diferencia, el mayor emisor de SO_x del sector transporte. Este tipo de emisiones están relacionadas con el deterioro de la salud humana y con los fenómenos de acidificación. También preocupan a nivel internacional las emisiones de NO_x procedentes del tráfico marítimo.

En lo que respecta a los modos terrestres, el transporte de mercancías por ferrocarril presenta ventajas ya conocidas sobre el transporte por carretera en términos medioambientales, como el menor volumen de emisiones contaminan-

tes (NO_x) y de GEI² o sus mayores capacidades de carga, que se traducen en mayor eficiencia energética. Sin embargo, el porcentaje de participación del modo ferroviario en el transporte de mercancías no ha cesado de decrecer, en parte a causa de las desventajas que presenta el ferrocarril respecto a la carretera: inflexibilidad en la programación de las expediciones, capacidad limitada para alcanzar determinados mercados, incertidumbre en el tiempo de entrega³, etc. Tradicionalmente, se ha asociado el ferrocarril al transporte en larga distancia de productos pesados, de bajo valor y cuyo tiempo de entrega no reviste especial importancia. No es habitual el uso del ferrocarril en expediciones pequeñas, aquellos productos en los que el tiempo de entrega sea un factor relevante o para distancias cortas.

En comparación, la principal ventaja del transporte por carretera es su flexibilidad y su capacidad para realizar recogidas y entregas “puerta a puerta”, derivada de la capilaridad que ofrece la red de carreteras, característica que es hoy en día inalcanzable para el resto de modos terrestres. El transporte rodado es, en el esquema logístico actual, un medio indispensable para realizar la distribución de productos hasta los puntos de consumo final. A cambio, dejando a un lado consideraciones relativas a las emisiones de GEI y



2. Estas reducciones serán más o menos relevantes en función de la fuente de energía que se utilice para generar electricidad.

3. Las infraestructuras de transporte ferroviarias suelen tener una disponibilidad reducida durante el día para el transporte de mercancías ya que se priorizan los movimientos de pasajeros; las paradas de las mercancías en ruta suelen ser frecuentes.

otros contaminantes, ya suficientemente mencionadas, el transporte por carretera presenta un consumo energético más elevado que el de otros modos. Las capacidades de carga de camiones y semi-remolques son pequeñas comparadas con, por ejemplo, las del ferrocarril: la longitud máxima autorizada de un tren de carretera en España es 18,75 m. y los pesos máximos de carga están también limitados por razones técnicas. El transporte por carretera requiere además una elevada cantidad de mano de obra (conductores) para el transporte de cantidades significativas de producto.

Se puede dejar de mencionar el transporte por tubería, que se emplea para el transporte de fluidos como el petróleo crudo y los productos de su refinado (oleoductos), el gas natural (gasoductos) u otro tipo de fluidos no excesivamente viscosos como, por ejemplo, los gases resultado de la destilación del aire (oxígeno y nitrógeno). En el caso de los productos en los que es posible utilizar este modo de distribución, éste presenta notables ventajas en términos de costes. En primer lugar su reducido consumo energético: se ha de de notar que una característica diferencial del transporte por tubería respecto a otros modos es que lo único que se mueve es el producto, y no el producto y el continente. Por ejem-

plo, al transportar en camión cisterna, se ha de mover tanto el fluido como el vehículo que lo contiene, lo que supone un mayor trabajo en términos físicos y, por lo tanto, un coste mayor (García Sánchez, 2007). Asimismo, el uso de vehículos supone generalmente asumir el coste asociado a las personas que operan el camión, el buque, el tren o el avión, mientras que, al ser las operaciones en el transporte por tubería fácilmente automatizables, las necesidades de personal son menores. Como contrapartida, el transporte por tubería exige una inversión inicial elevada relacionada con el desarrollo de la infraestructura y una vez construido se trata de un modos de transporte relativamente rígido, con poca capacidad de adaptación a modificaciones en la ubicación de los centros de consumo. El transporte por tubería se adecua bien, por tanto, al transporte de fluidos entre puntos entre los que existe un volumen de movimientos suficientemente grande y estable.

El Cuadro 1 resume brevemente la estructura de costes de cada uno de los modos. Como resumen de esta comparación, podemos destacar que los modos con menor capacidad de carga, como el transporte rodado o el aéreo presentan un consumo energético mayor que el ferrocarril o el transporte marítimo y flu-

Cuadro 1. Estructura de costes por modo

Adaptado de Bowersox et al. (2007) y elaboración propia

Modo	Costes fijos	Costes variables	Consumo energético ⁴
Aéreo	Bajos (aeronave, sistemas de manipulación de carga)	Altos (combustible, mano de obra, mantenimiento)	++
Carretera	Bajos (vehículo)	Medios (combustible, mano de obra, mantenimiento)	++
Tren	Altos ⁵ (equipo, terminales, vías, etc.)	Bajos (gran capacidad de carga)	+
Marítimo (y fluvial)	Medios	Bajos (capacidad para transportar gran tonelaje)	-
Tubería	Muy altos (construcción de la infraestructura; capacidad bombeo)	Muy bajos (coste mano de obra no significativo)	-

vial. A cambio aquéllos proporcionan una rapidez (transporte aéreo) y una flexibilidad y capilaridad (transporte por carretera) que, a día de hoy, no se encuentran al alcance de los otros modos.

Para finalizar este epígrafe, se puede dejar de mencionar muy brevemente el papel que juegan el transporte intermodal y los proveedores de servicios logísticos en el escenario mundial actual del transporte de mercancías. Se entiende por transporte intermodal o combinado el empleo de más de un modo de transporte

para hacer llegar una carga a su destino, utilizando en cada tramo el medio de transporte que se considere más ventajoso, con el fin de aprovechar las economías inherentes a cada uno y proporcionar, por tanto, un servicio integrado a un coste total más bajo. Así, se pueden utilizar conjuntamente, por ejemplo, la flexibilidad en distancias cortas de los camiones con los menores costes y menor consumo energético en las distancias largas de los trenes o los buques porta-contenedores. El crecimiento del tráfico intermodal está

4. Consumo energético por unidad de carga transportada y unidad de distancia.

5. Los costes fijos del transporte por ferrocarril son altos bajo el supuesto de que el operador de transporte se hace también cargo de la construcción y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria, como históricamente ha sido el caso de España y de muchos otros países. La transposición de la Directiva 91/440 a nuestra legislación persigue, entre otros objetivos, diferenciar contablemente los costes derivados de la construcción y mantenimiento de la infraestructura y los costes de operación de los servicios de transporte. En este cuadro, en el caso del transporte aéreo y por carretera se entiende que el coste de construcción y mantenimiento de la infraestructura no es asumido por los operadores de transporte sino por el Estado.

vinculado a la estandarización de las unidades de carga y sus medios de manipulación, así como a la coordinación e intercambio de información –facilitada enormemente por las TIC– de los agentes que intervienen en el proceso. Existen diferentes técnicas de transporte combinado, que pueden establecerse entre todos los modos básicos, aunque las más desarrolladas hoy en día son marítimo-ferrocarril, marítimo-carretera, ferrocarril-carretera y avión-carretera.

Por otro lado, el alcance de las prestaciones que ofrecen los proveedores de servicios logísticos se ha ido ampliando desde los tradicionales servicios de paquetería hasta alcanzar la gestión global de los procesos logísticos de las empresas que desean externalizar esa función. Hoy en día, grupos como DHL, TNT, FedEx o UPS (y muchos otros) son capaces de gestionar el movimiento de mercancías a lo largo y ancho de nuestro planeta en múltiples modos de transporte gracias al uso intensivo que realizan de las TIC.

7.1.3 El papel de las TIC en la sostenibilidad del transporte de mercancías

La introducción, implantación y uso de las TIC en las empresas que gestionan procesos logísticos suele venir motivada por la

búsqueda de reducciones de costes. El objetivo es conseguir un transporte de mercancías más eficiente, que permita mantener o incluso mejorar el nivel de servicio ofrecido al cliente, a la vez que se realiza un menor consumo de recursos (en términos de combustible, mano de obra, espacio, etc.) Sin embargo, esta búsqueda de ahorros repercute indirectamente y de forma beneficiosa en el medioambiente. Si mediante el uso de las TIC es posible aprovechar al máximo la capacidad de carga de un vehículo, disminuir el número de kilómetros recorridos para realizar un determinado conjunto de entregas, o coordinar mejor el trabajo de un grupo de transportistas para evitar viajes en vacío, se está contribuyendo a reducir el consumo de recursos y a hacer más sostenibles los métodos de aprovisionamiento y distribución. A continuación se apuntan algunos ejemplos de cómo las TIC contribuyen a mejorar la sostenibilidad del transporte de mercancías.

En primer lugar, como se ha señalado en el epígrafe anterior, las TIC facilitan la coordinación entre los diferentes agentes que participan en el transporte intermodal de mercancías: utilizar el modo más adecuado en cada uno de los tramos del viaje permite reducir el consumo energético y por tanto, el impacto ambiental global de un determinado servicio de transporte. En

segundo lugar, la capacidad de cálculo de los ordenadores actuales y la integración creciente de los sistemas de información en los procesos productivos y comerciales, ha permitido que se extiendan en el ámbito empresarial herramientas de optimización combinatoria, como los programas de optimización de rutas o de optimización de la carga. Estos programas, basados en las técnicas de la investigación operativa, buscan reducir el número de kilómetros necesarios para llevar a cabo un determinado plan de distribución o proporcionan configuraciones de carga que aprovechan mejor el espacio disponible en una paleta, en un contenedor marítimo o en la caja de un camión. De este modo, reduciendo el número de kilómetros necesarios y aprovechando mejor el espacio disponible se consigue distribuir un mismo volumen de mercancía utilizando menos recursos, lo que obviamente redonda en la sostenibilidad de los siste-

mas de distribución. En la primera monografía de este capítulo se proporcionan más detalles sobre este tipo de aplicaciones. Un último ejemplo lo constituyen la extensión al ámbito civil de las aplicaciones basadas en los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite (GPS y Galileo en un futuro) y la difusión de los sistemas de comunicaciones móviles (GSM-GPRS y UMTS). La combinación de estas dos tecnologías está proporcionando nuevas herramientas de gestión logística, como los sistemas de gestión de flotas o los sistemas de control remoto del material rodante en el ámbito ferroviario. Estas herramientas contribuyen, sin duda, a mejorar la gestión de los flujos logísticos con lo que reducen, de forma indirecta, el impacto ambiental del transporte de mercancías. Se profundiza en el uso de estas herramientas tanto en la primera como en la segunda monografía de este capítulo.

7.2 LAS TIC Y LA LOGÍSTICA

Joaquim Coello, RAI

Ruth Carrasco, ETSII, UPM

7.2.1 La logística como actividad económica

Importancia de la logística en el mundo globalizado

El desarrollo de Asia como zona de crecimiento de producción de productos manufacturados y de consumo ha llevado al crecimiento de la importancia de la logística. Es decir del transporte, almacenamiento y distribución desde las áreas de producción a las de consumo; y en ocasiones desde las áreas de producción primaria a las de montaje y ensamblaje cuando la producción se localiza en dos áreas geográficas diferenciadas. En una se produce un conjunto o subconjunto y en otra se produce el montaje final de producto o equipo.

La razón de esta segmentación en la producción de bienes en diferentes zonas geográficas se debe fundamentalmente al coste de la mano de obra que llega a diferencias de coste horario de diez a uno lo cual compensa las diferencias de productividad o calidad entre los centros productivos del primer y tercer mundo, siendo

cierto que estas se reducen en el tiempo de modo progresivo porque los procesos de aprendizaje y adiestramiento de la mano de obra del tercer mundo crece a mayor ritmo que en el primero.

La necesidad de una logística eficiente se debe a que éste es un coste nuevo que ha crecido en los últimos años debido a la globalización y dispersión de los centros productivos. Se calcula que de la actividad económica mundial el 16 % se debe a la logística lo cual hace claramente visible una actividad económica que ha crecido con la globalización y el aumento del tamaño de los mercados.

Hasta la segunda mitad del siglo veinte el comercio mundial era básicamente transatlántico entre las áreas de mayor riqueza y crecimiento económico, es decir Europa y Norteamérica. Después de 1945 la reconstrucción de una Europa devastada por seis largos años de guerra, a partir del Plan Marshall, dio lugar a un aumento de este comercio que supuso la llegada a Europa de muchas compañías americanas que aprovecharon la falta de competidores y las oportunidades de un mercado ávido

de productos para expandir sus áreas de ventas en Europa. Crece primero y se mantiene activo este comercio durante años siendo fundamentalmente marítimo lo cual desarrolla de manera imparable los puertos de Bremen, Hamburgo, Amberes y Róterdam, todos situados en las desembocaduras de grandes ríos, lo cual facilita el barato transporte fluvial y hace crecer a estos países (singularmente Bélgica y Holanda), de manera extraordinaria como lo demuestra el nivel de apertura de sus economías (importaciones más exportaciones respecto de PIB) que es casi el doble de la media de Europa de los quince.

Con los años 80 y el desarrollo asiático, singularmente China, en capacidad de producción (“un país y dos modelos” según Deng Xiaoping), se inicia el crecimiento del comercio de Asia hacia Europa y hacia los EEUU y Canadá, y el tráfico comercial atlántico pasa a un segundo plano creciendo el asiático a tasas del 8 al 10 % (CAC) crecimiento que se mantiene estable en veinte años y convierte a los tráficos asiáticos, especialmente exportadores, en los mayores del mundo.

Oportunidades para España

En este tráfico, que es básicamente asiático, la ruta hasta Europa es a través del Mediterráneo, una vez que el Canal de

Suez deja de ser una barrera para el tráfico cuando el calado libre de navegación supera los 17 m. Se convierte el Mediterráneo en un mar abierto, ya que no es solamente el medio de comunicación entre sus pueblos ribereños, sino el camino para el tráfico más importante para Europa que es el asiático.

Los puertos europeos se encuentran situados en el Atlántico Norte, cerca de los grandes centros industriales de Europa y de las áreas de mayor concentración de población y por tanto de consumo. Para los buques que vienen de Asia ello supone 3 días más de navegación respecto a la alternativa de descargar las mercancías en el sur de Europa y es por ello que si se dota a los puertos del sur de Francia, España o incluso Italia de medios de comunicación terrestres adecuados hacia el interior del continente pueden estos puertos absorber una parte importante del tráfico asiático que ahora se vehicula por el norte en una proporción de 75 / 25 % y que debería cambiar a un 60 / 40 % en pocos años si se movilizan las medidas adecuadas en la red de comunicaciones terrestres.

Ésta es la oportunidad que tiene España en cuanto a la logística. Requiere ello una coordinación de esfuerzos públicos y privados y una política que no puede ser únicamente nacional sino europea lo cual requiere movilizar los necesarios apo-

yos y la necesaria cooperación internacional para desarrollar unas vías de comunicación que deben ser trans-europeas y que permitan llevar las mercancías desembarcadas en puertos españoles hacia los grandes centros europeos de producción, productos semielaborados o grandes centros de consumo, productos finales.

No hay duda que esta oportunidad sólo será alcanzable si la estructura de explotación de puertos, aeropuertos y transporte terrestre, singularmente el ferrocarril, gana en eficacia lo cual requiere de medidas de desregulación, competencia y presencia del sector privado. Sin duda el mejor funcionamiento de puertos y aeropuertos españoles en relación a Francia e Italia ofrecen una posibilidad en este sentido que puede ser fructífera si es bien aprovechada.

7.2.2 Las TIC en el transporte marítimo

Seguridad del tráfico

Es obvio que los sistemas de localización modernos, que permiten conocer en cada momento con precisión la situación de cualquier vehículo de transporte han contribuido a la mejor seguridad del tráfico y al ahorro del coste del transporte especialmente en el tráfico marítimo y aéreo. Pero sobre todo han contribuido a mejo-

rar la seguridad de las rutas y a la reducción de pérdidas de mercancías y de retrasos en la recepción de las mismas por su no identificación en el tránsito.

La seguridad del tráfico marítimo y aéreo llega hoy a niveles muy altos y han reducido su nivel de incidencias que se traducían en el pasado en un incremento de coste inevitable, por la necesidad de soportar el riesgo de las cargas que es el origen de compañías de clasificación y seguro como el Lloyds Y el Bureau Veritas fundadas en el siglo XIX, y que nacieron como respuesta a esta necesidad.

En tanto en cuanto la automatización del control del tráfico aumenta y se automatiza, el nivel de seguridad aumentará y la previsibilidad también. Siendo los mayores atributos del tráfico la previsibilidad y la frecuencia, el servicio mejorara en calidad y coste. Esta evolución de reducción de coste y aumento de calidad del servicio ha sido un contribuidor neto al incremento de la globalización y del comercio para aprovechar las ventajas económicas de los diferentes mercados y centros de producción.

No hubiera sido posible la concentración de tráfico que se ha producido sobre las rutas en los últimos años por el crecimiento de tráfico, del orden de dos a tres veces el crecimiento del PIB mundial, sin el apoyo y la asistencia de las TIC.

TECNOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y/O SEGUIMIENTO DE CONTENEDORES

GPS: El uso de receptores GPS en los contenedores intermodales permite seguir la localización de un contenedor a lo largo de todas las etapas de su viaje, independientemente de que el vehículo que lo transporta vaya equipado o no de otro receptor. Sin embargo, el apilamiento de contenedores en las terminales portuarias y el margen de error propio de la señal GPS (del orden de unos pocos metros) limitan su uso, a día de hoy, para la identificación de la posición exacta de un contenedor en las terminales portuarias. En el futuro podrá utilizarse para el seguimiento de contenedores y vehículos la señal de otros sistemas de posicionamiento y navegación por satélite (GNSS) para uso civil, como Galileo.

RFID: La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología de auto-identificación que permite determinar automáticamente la “identidad” de un objeto (un contenedor, un vehículo, una grúa portuaria) ante un sistema de información, de forma similar a como lo haría un código de barras, pero sin necesidad de establecer un contacto directo entre la etiqueta RFID que identifica al objeto y el lector. La etiqueta RFID puede estar incluso oculta dentro del objeto y el lector puede llegar a ubicarse a una distancia respecto a la etiqueta del orden de la decena de metros. En las operaciones portuarias suelen utilizarse sistemas RFID de largo alcance, en los que intervienen etiquetas UHF activas o etiquetas de tipo microondas (2,45 GHz). La etiqueta RFID puede utilizarse para identificar al contenedor mismo, al elemento de manutención (grúa) que lo maneja o al vehículo que acude a la terminal portuaria para retirar un contenedor.

OCR: Los programas de reconocimiento óptico de caracteres (*Optical Character Recognition*) son capaces de reconocer un texto a partir de una imagen del mismo y de transformar los píxeles de la imagen en un formato comprensible para otras aplicaciones informáticas, como ASCII o Unicode. ISO exige que los contenedores estén unívocamente identificados mediante un número de serie grabado y claramente visible en su exterior. Si se utilizan elementos de manejo de cargas equipados con una cámara digital y un programa OCR, es posible identificar de forma automática el contenedor concreto sobre el que se está realizando una determinada operación y enviar esa información de forma telemática al centro de control de la terminal portuaria para su registro.

Estas tres tecnologías de identificación automática no son en modo alguno tecnologías disjuntas, sino complementarias. Es posible por ejemplo utilizar GPS para hacer un seguimiento en tiempo real del vehículo que transporta un contenedor (barco o cabeza tractora), RFID para detectar qué grúa lo manipula y registrar en qué hueco de la terminal portuaria lo deposita y OCR para identificar el número de serie del contenedor concreto sobre el que se están realizando todas estas operaciones. Algunos de los puertos más importantes del mundo como el puerto de Oakland o el de Rotterdam ya utilizan alguna de estas tecnologías de identificación y seguimiento de contenedores o han realizado pilotos sobre su viabilidad.

Carrasco Gallego, R. y Ponce Cueto, E. (2007): “Panorama de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) in la industria española”, en: *Proceedings of SIMPOI - POMS 2007*. Disponible en: www.simpoi.fgvsp.br , Archivo † SIMPOI/POMS 2007.

Este factor ha sido al mismo tiempo causa y efecto del aumento del comercio mundial por las razones apuntadas.

Seguridad a bordo de los buques

Sin duda, la mayor complejidad de los sistemas de los buques y el incremento del nivel de vida ha producido un encarecimiento del coste de personal embarcado de manera constante, porque hace falta progresivamente personal más experto y la dureza de la vida a bordo ha tenido que ser compensada salarialmente para poder atraer personal de mayor nivel técnico.

Ello ha llevado al incremento en el nivel de automatización de los buques en los que complejos sistemas como propulsión, generación eléctrica, etc., son controlados por pocas personas a distancia, sin necesidad de presencia física, lo cual ha dado lugar a la reducción drástica del número de tripulantes en los buques y un mayor nivel de formación, en sus mandos y personal técnico, cuestión que se ha visto reforzada por el hecho de que carga y descarga se hace hoy con medios terrestres y no con los medios propios del buque como ocurría en el pasado cuando el nivel de estandarización de los sistemas de carga y transporte era bajo o inexistente.

La aparición de los contenedores ha facilitado y asegurado enormemente las

maniobras de manipulación de carga y reducido el riesgo de daño a la misma, minimizando de forma importante el tiempo de escalas. Pero ello ha dado lugar a un nuevo concepto de buque que permite el eficaz almacenamiento de los contenedores y a sistemas de control e identificación de carga para poder ordenar, clasificar e identificar contenedores con destinos diferentes que se cuentan ya por miles en los nuevos buques porta-contenedores ya que el incremento de tamaño de los mismos, tendencia imparable en los últimos años, ha reducido el coste por tonelada transportada de manera drástica.

7.2.3 Las TIC en el transporte terrestre

Gestión de flotas

Uno de los problemas mayores del transporte terrestre por camión, que es mayoritario en Europa (del 40 al 50% del total del tráfico) y totalmente mayoritario en España (95% del total debido a la no existencia de transporte fluvial y a un transporte ferroviario ineficiente) es la atomización del transporte, lo cual da lugar a dos problemas.

Por un lado la gestión de flotas, es decir, identificación del mejor transporte para la mejor ruta y evitar los tránsitos sin carga que pueden producirse en los viajes de retorno si no se ha identificado una

carga que pueda transportarse de vuelta. La resolución de este problema debe realizarse por medios informáticos que permitan una eficiente asignación de cargas a medios de transporte y un sistema de comunicaciones eficiente que permita dirigir cada camión al lugar adecuado para realizar un próximo servicio. Sin duda la estandarización de la mayor parte de la carga por los contenedores (más del 80 % de la carga circula ya así) facilita la gestión de flotas ya que en principio cualquier plataforma es compatible con cualquier carga.

El transporte terrestre en general es realizado por empresas pequeñas con

flota reducida y sin las medidas económicas suficientes para sostener un sistema de dirección de flota y asignación de carga eficiente por lo que ha habido iniciativas de ámbito estatal o autonómico tendentes a agrupar flotas y a asignarles cargas de manera homogénea dotando a los camiones de sistemas de comunicación y de dirección para mejorar la gestión de su flota. Ello no resulta sencillo debido a la competencia a la que se ven sometidas estas pequeñas compañías y a su voluntad de independencia y resistencia al control.

SISTEMAS DE GESTIÓN DE FLOTAS

Los sistemas de gestión de flotas utilizan un sistema de posicionamiento remoto (generalmente a través de GPS y cartografías digitales) y un sistema de comunicaciones entre vehículos y central (mediante, por ejemplo, de GPRS) para obtener en tiempo real la posición y estado de cada uno de los elementos que forman la flota y poder actuar de forma inmediata, en caso de que sea necesario, sobre alguno de los vehículos. De este modo, es posible, por ejemplo, desviar la ruta del vehículo más próximo para atender la entrega de un pedido urgente o comunicar de forma inmediata la existencia de un potencial cargador para evitar un desplazamiento en vacío. Al disponer en tiempo real de la localización y estado de los vehículos, se consigue una mejor gestión de la flota, reduciendo el número de vehículos y conductores necesarios.

El uso de terminales de mano (PDA) con comunicaciones GPRS integradas permite a su vez facilitar el flujo de información en tiempo real a lo largo de toda la cadena logística, a la vez que simplifican los procesos administrativos asociados a la entrega de las mercancías. Nos referimos por ejemplo, al uso de albaranes electrónicos que permiten actualizar en tiempo real los inventarios de producto registrados en los sistemas de gestión empresariales, a la vez que desencadenan el correspondiente proceso de facturación.

SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA

A continuación se introducen algunos modelos básicos de optimización combinatoria de amplia aplicación en el ámbito de los sistemas logísticos:

TSP (*Travelling Salesman Problem*). El problema del viajante, todo un clásico de la programación matemática, consiste en encontrar la ruta que, comenzando y terminando en un punto concreto, permite visitar una única vez todos los puntos señalados, de modo que la distancia recorrida por el viajante sea mínima. A pesar de su aparente sencillez, el TSP es uno de los problemas matemáticos más difíciles de resolver, ya que el número de soluciones posibles crece de forma exponencial con el número de puntos que se requiere visitar (es un problema NP-completo).

BPP (*Bin Packing Problem*). Este problema consiste en determinar cómo organizar los elementos de un contenedor (por ejemplo, una paleta, un cajón, etc.) para que no sobrepasen un determinado peso o tamaño, mientras que se maximiza la ocupación del espacio disponible. Es también un problema NP-completo.

VRP (*Vehicle Routing Problem*). Este problema, a caballo entre el TSP y el BPP, consiste en lo siguiente: dados un conjunto de pedidos para distribuir (con un volumen y peso asignados y un punto donde realizar cada entrega) y un conjunto de vehículos que comienzan y terminan su desplazamiento en una misma ubicación, determinar el conjunto de rutas que minimizan la distancia total recorrida por los vehículos. Existen variantes de este problema que tienen en cuenta restricciones adicionales como ventanas horarias de entrega en los clientes, necesidad de que una entrega concreta sea asignada necesariamente un determinado vehículo, etc. Es también un problema NP-completo.

Gracias a la capacidad de cálculo de los ordenadores actuales, es posible encontrar la solución óptima de determinadas instancias de estos problemas. Sin embargo, en la práctica empresarial, generalmente no es tan importante encontrar la ruta que minimiza la distancia recorrida o la configuración de carga que aprovecha al máximo el espacio disponible, sino encontrar una solución del problema que se encuentre razonablemente cerca del óptimo pero que se pueda obtener en un tiempo de computación suficientemente corto. Los programas comerciales de optimización de rutas o de optimización de la carga, ya presentados en la panorámica conceptual, usan modelos tipo VRP o BPP para representar situaciones logísticas reales. Suelen utilizar para su resolución algoritmos heurísticos que, sin llegar a resolver de forma exacta el problema (obtener la solución matemáticamente óptima) proporcionan buenas soluciones, habitualmente mejores que cuando se resuelve el problema “a mano”, en un tiempo de cálculo muy corto. Este tipo de herramientas informáticas permiten conseguir ahorros significativos en el número de kilómetros recorridos por los vehículos de reparto o en el número de vehículos necesarios para llevar a cabo un determinado plan de distribución, al aprovechar mejor la capacidad de carga.

Tráfico y acceso a recintos

Las grandes terminales de contenedores manejan millones de ellos al año. Su ubicación en localizaciones estratégicas y el coste del espacio que ello supone, llevan a apilar a éstos en tierra en tres y cuatro niveles si están llenos, y hasta cinco y seis si están vacíos.

Es obvio que la identificación de un contenedor y el hecho de que se encuentre en un nivel no directamente accesible puede ser la causa de que el acceso al mismo se encarezca tres y hasta cuatro veces si hay que mover antes tres o cuatro contenedores. Aparece pues, con fuerza, la necesidad de apilar y estocar los contenedores con relación a su tiempo de salida para evitar movimientos innecesarios y desde luego tener un sistema de identificación eficaz que permita en cualquier momento la localización de la carga en los terminales. Sin duda las TIC pueden dar respuesta a esta necesidad.

Una cuestión habitual en cualquier puerto y aeropuerto (es decir donde se produce un cambio de transporte modal) es el retraso en la carga de camiones que acuden a recoger o entregar cargas y que esperan en general por riguroso turno de llegada. La planificación de la entrega y recogida de cargas y la asignación de surcos horarios para ello que sean comunica-

dos telemáticamente a los camiones, reducirían los tiempos de espera (y por tanto los costes), y facilitarían y abaratarán el tráfico terrestre de mercancías.

Es pues evidente, que la reducción de costes logísticos está vinculada a la utilización de tecnologías ligadas con las TIC por el hecho de que más del cincuenta por ciento de su coste se debe a la ineficiencia en la gestión de cargas, especialmente en los nudos de intermodalidad.

7.2.4 Las TIC y la inter-movilidad

Gestión de almacenes. Optimización de ocupación de espacios

De la misma manera que las posibilidades de mejora en la gestión de terminales de contenedores tienen un amplio recorrido lo mismo ocurre en la gestión de almacenes.

Los almacenes son espacios en general con un nivel de aprovechamiento bajo y cuyo volumen aconseja su ubicación en áreas de bajo coste, es decir alejados de las áreas de consumo. Ésta es una razón que lleva a la necesidad de mejorar la identificación de las mercancías en su interior y la reducción de los movimientos de los mismos que no sean estrictamente necesarias.

Por tanto, la autorización de los movimientos de mercancías en los mismos y su

TIC Y OPTIMIZACIÓN EN ALMACENES Y TERMINALES PORTUARIAS

Los sistemas de información y comunicación empresariales actuales permiten aplicar técnicas de optimización en la operativa diaria de las terminales portuarias o en los almacenes de distribución y actualizar la toma de decisiones casi en tiempo real. En el centro de control de la instalación se calcula por ejemplo la secuencia óptima en que se deben descargar los contenedores de un barco o la ruta que debe seguir un preparador de pedidos para minimizar la distancia recorrida en un almacén de distribución. Estas instrucciones se transmiten en tiempo real al equipo automático o la persona que tiene que ejecutar la operación, generalmente mediante sistemas de comunicación inalámbricos (radiofrecuencia, WiFi, comunicaciones móviles). Las siguientes referencias son dos buenas revisiones recientes del estado del arte sobre optimización en almacenes de distribución y en terminales portuarias.

KOSTER, R., LE DUC, T. & ROODBERGEN, K. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182 (2), 481-501.

STAHLBOCK, R. & VOSS, S. (2008). Operations research at containers terminals: a literature update. *OR Spectrum*, 30, 1-52.

identificación, cuestiones que pueden llevarse a cabo a través de las TIC es una necesidad imperiosa que abre un campo de aplicación a estas tecnologías.

Trazabilidad de la cadena logística

En la cadena logística, desde origen a destino, corren en paralelo tres procesos:

- El administrativo ligado a la identificación y localización de las mercancías.
- El aduanero que obliga al pago de tasas e impuestos y que debe permitir un nivel de verificación física.
- El sanitario, farmacéutico, etc.

Tradicionalmente, éstos han sido procesos que se han llevado a cabo sobre papel y con una trazabilidad baja, lo cual ha dado lugar a revisiones, repeticiones y comprobaciones frecuentes, sobre todo en el ámbito sanitario.

Es evidente que la realización de estos procesos por medios informáticos y de comunicación telemática elimina errores, multiplicidades, repeticiones y ahorra coste. Sin duda la transparencia en estos procesos que facilita la informatización y estandarización reducirá el número de acciones físicas que hay que realizar sobre los mismos, mejorará la calidad del proceso y contribuirá a la reducción del coste del transporte.

El hecho de que los despachos, aduaneros o sanitarios, no sean necesarios en origen y destino sino solamente en uno de los dos puntos, que no se produzcan necesidades de repetición de los mismos como ahora ocurre cuando cambia el modo de transporte, permite mejorar también la logística en coste y calidad.

Plantean estos procesos la oportunidad de delegar en una autoridad única la verificación de los mismos. Ello genera problemas por la autoridad que en ocasiones es indelegable en la Administración pública, lo cual obliga a

repetir trámites y realizar un seguimiento documental paralelo. El hecho de que los datos de un cargamento se almacenen en una base común y de acceso múltiple permitirá la reducción de los procesos administrativos paralelos y eliminará las duplicidades debidas a competencias independientes.

Por otra parte, la trazabilidad que ofrece la informatización de los datos aumenta el valor de la verificación y aumenta el nivel de confiabilidad del transporte lo cual para determinados productos es esencial.

AUTO-IDENTIFICACIÓN Y TRAZABILIDAD. CÓDIGO DE BARRAS Y RFID

Un elemento clave para que un sistema de trazabilidad automatizado sea fiable es el uso de tecnologías de auto-identificación que permitan evitar la introducción manual de datos en el sistema. Una tecnología que se ha venido utilizando con mucho éxito para estos fines es el código de barras, que según la simbología utilizada puede representar únicamente un número de identificación (código de barras de una dimensión: UPC, EAN, etc.) o incluir algo más de información como una dirección postal, el nombre del fabricante o el nombre del subconjunto en que debe montarse una pieza (código de barras de dos dimensiones: PDF 417, Datamatrix, etc.).

Otra tecnología de auto-identificación que emerge con fuerza en el ámbito de la trazabilidad es RFID. En lo que a trazabilidad respecta, las principales ventajas de las etiquetas RFID respecto al código de barras son la posibilidad de identificar un artículo sin necesidad de contacto entre el lector y la etiqueta y la capacidad de algunas etiquetas de RFID para almacenar información en su circuito integrado a medida que el producto avanza en las diferentes etapas de la cadena de suministro. Sin embargo, a día de hoy, las etiquetas RFID siguen siendo bastante más caras que el código de barras. Por otro lado, en un escenario económico mundial de logística globalizada, asegurar la trazabilidad de un producto etiquetado con RFID significa también establecer un estándar mundial que garantice la compatibilidad entre etiquetas y lectores, independientemente de la región del mundo en que se desarrollen las operaciones. Es asimismo necesario garantizar que los productos etiquetados con RFID respetan el derecho a la privacidad de los consumidores que finalmente serán usuarios de esos productos.

Seguridad en el transporte

De manera progresiva las incidencias en el transporte de mercancías y pasajeros, se derivan cada vez menos de la actividad de transporte o almacenamiento propiamente dicho, y cada vez más de los procesos derivados de la identificación, seguimiento, verificación, de la carga.

No son los buques que se hunden, los aviones que se accidentan o los trenes que se averían, los que impiden a las mercancías llegar a su destino, sino que son las pérdidas de localización de las mercancías, el error en el envío, etc.

De nuevo las TIC pueden ayudar a mejorar los servicios, a minimizar los tiempos de transporte y a reducir errores e ineficiencias y es por ello que es la tecnología de las TIC la que sin duda puede hacer avanzar y mejorar el servicio de una actividad vital para la economía moderna.

7.2.5 Visión de Futuro y evolución de la tecnología

Tecnología de futuro

La tecnología de futuro debe ir dirigida al abaratamiento y estandarización de muchos de los procesos actuales que tienen costes altos. El área de la automatización y la desaparición de la destreza per-

sonal en los procesos logísticos van en idéntico sentido a la de reducción de coste y mejora de la calidad del servicio.

Las operaciones de carga y descarga tienen una componente de manualidad y destreza importante y todos los procesos de automatización de operaciones de carga descarga y almacenaje en terminales de contenedores han contribuido a reducir costes y aumentar el rendimiento del proceso.

Es imposible llegar a corto plazo a una automatización total de estos procesos pero la ayuda a la manipulación y el hecho de que se eviten errores humanos, que el sistema impide, evitando determinadas actuaciones, es un área en la que la tecnología puede contribuir de manera determinante a mejorar el servicio.

Lo mismo puede indicarse respecto de la gestión de almacenes y de la identificación de mercancías que hoy no puede hacerse de manera universal debido al coste de las bases de identificación colocadas sobre la mercancía.

Terminales de contenedores automatizadas, como la que ya existe en Hamburgo, de manera pionera, con puentes grúas que distribuyen la carga de modo automático controlando su interferencia, son un avance significativo, pero su puesta en servicio y su generalización puede retrasarse no debido a problemas

tecnológicos sino a los derechos adquiridos de sindicatos corporativos que por realizar una actividad crítica tienen un poder grande para evitar o retrasar medidas que tiendan a estandarizar procesos y a eliminar la criticidad e importancia de la destreza manual en la manipulación de cargas.

Son los puertos áreas críticas en las que se ha desarrollado connivencias entre empresas logísticas y operadores que encarecen los servicios y repercuten en los clientes finales, pero que por falta de competencia o por una competencia parcialmente opaca les llevan a pagar sobrepagos por servicios estándar debido al efecto menor que éstos tienen cuando se quieren reducir los tiempos de transporte y las consecuencias que éstas tienen en las cadenas de producción.

Por tanto, la tecnología de futuro debe orientarse a la universalización de los procesos, la transparencia y la competencia en base situaciones de operación medidas similares.

En cuanto a los medios de transporte propiamente dichos, las mejoras y los ahorros deben provenir de la frecuencia y la eliminación de tiempos de espera más que de la velocidad de transporte muy crítica con el consumo de combustible. Es decir si las TIC permiten que el intervalo entre trenes, barcazas o camiones se reduzcan manteniendo la velocidad, la capacidad de circulación aumentará y el coste se reducirá sobre todo en el transporte terrestre donde el coste de la infraestructura, carretera, canal o vía férrea, es determinante para definir el coste total del transporte.

Tiempos de maduración, puesta a punto y puesta en servicio de nuevas tecnologías

No es éste el parámetro que determinará la puesta en servicio de las nuevas tecnologías, sino el tiempo necesario para vencer inercias y penetrar en áreas que los operadores consideran cerradas para mantener el alto precio y la criticidad de su servicio.

7.3 LA CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL EN ESPAÑA

Vicente Rallo, RENFE

7.3.1 Introducción

Todos los estudios sobre sostenibilidad del transporte de mercancías señalan al ferrocarril como el modo más respetuoso con el medioambiente. Según los baremos establecidos en la Unión Europea por EcoTransIT (The Ecological Transport Information Tool) que compara el consumo de energía y las emisiones del transporte de mercancías según se efectúe por línea férrea o carretera, las emisiones de CO₂ de un determinado transporte realizado por ferrocarril son hasta 8 veces menores que si se efectúa por carretera, requiere un promedio de 2,5 veces inferior de consumo energético, y genera una polución atmosférica de Oxido de Nitrógeno (NO) de hasta 20 veces menor.

Admitidas esas cifras, probablemente la más importante contribución que el ferrocarril puede aportar a la sostenibili-

dad del transporte de mercancías es conseguir incrementar su participación en el mercado, hoy día situada valores extraordinariamente bajos, de alrededor del 10 % en el conjunto de la Unión Europea y en algo más del 4% en España. Pero no va a ser ése el objetivo de esta monografía, sino describir la problemática a la que el ferrocarril se ha ido enfrentado en el proceso de adecuación de la oferta a la demanda en tráficos de mercancías, y en qué medida las TIC han contribuido, y seguirán contribuyendo, a que su producción sea cada vez más eficiente y menos agresiva medioambientalmente hablando.

Hay que indicar que no es posible, en una monografía como la presente, exponer cada una de las actuaciones que se están llevando a cabo en España en materia de sostenibilidad por parte del transporte ferroviario de mercancías y que afectan a los seis indicadores medioambientales defi-

nidos por la Unión Internacional de Ferrocarriles (consumo de energía, cuota de energía renovable, emisiones de dióxido de carbono, contaminación atmosférica, emisión de ruido y paisaje afectado por la infraestructura) que permitirán evaluar el resultado de las medidas adoptadas para la protección del medio ambiente, tanto por parte de los operadores como de los gestores de infraestructuras. De ese grupo de áreas con posibles actuaciones, se va a describir someramente algunas cuya materialización ha sido posible gracias al desarrollo de las TIC.

7.3.2 La problemática de adecuación de la oferta a la demanda en el modelo tradicional

La preparación del plan de transporte de mercancías ha sido siempre uno de los procesos más complejos de las empresas ferroviarias. La dificultad que implicaba la programación de los trenes que debían circular por cada una de las líneas de la red. Y ello, no sólo por la necesidad de compatibilizar los horarios de todos los trenes en los distintos tramos; sino también para asegurar la prestación adecuada en cada una de las estaciones, para optimizar los recursos del material rodante (locomotoras, vagones y tractores de maniobras), para cumplir los requerimien-

tos laborales en cuanto a jornadas del personal de conducción y de maniobras, así como la necesidad de satisfacer las demandas de los clientes en cuanto a horarios de carga, expedición y recepción de la mercancía. Ello hacía que el número de personas que intervienen fuera tan elevado, que para su confección se requería conocer todos los condicionantes con más de un año de antelación a la fecha de su entrada en vigor.

Las previsiones de tráfico que se podían incorporar como datos de partida para la preparación del plan eran, sobre todo, de carácter histórico, retocadas en parte por las solicitudes de clientes que (en cuanto a modificaciones de horarios o incrementos o reducciones de las cantidades base del plan anterior) eran capaces de adivinar con un año de antelación... Con ello, resultaba un plan enormemente rígido, con unos trenes que debían circular por el mero hecho de estar así programados y sin tener en cuenta la demanda real de cada día. Y ello porque, al estar tan interrelacionados en todos sus componentes, no cabía la adopción de medidas coyunturales en una determinada estación por las consecuencias que ello podía tener en el resto de la red. Así, por ejemplo, si en una estación de cabecera no existía mercancía para uno de los destinos de un tren y, en cambio, había exceso para

otro, la medida intuitiva inicial de proceder a suprimir el primer tren y crear un adicional al segundo no era factible, porque los gestores de la estación desconocían si la locomotora o el personal del primer tren eran necesarios en su estación término.

El tributo que con todo ello se pagaba de cara a la sostenibilidad era el derivado tanto de poner en circulación trenes sin carga que los justificara (con lo que ello generaba de innecesarias emisiones, congestión, consumo energético, ruido, etc.), como la falta de capacidad de respuesta a los requerimientos por parte de los clientes de recursos adicionales para atender excesos de demanda; lo que inevitablemente producía desvíos de tráfico a otros modos con mayor impacto medioambiental, especialmente a la carretera.

7.3.3 Situaciones desarrolladas e implantadas en España en los últimos años

Sitra y Sacim

La general implantación en España de las TIC revolucionó el sistema de gestión de los tráfico de mercancías. En los Puestos de mando tradicionales, después de vencer las iniciales resistencias del personal involucrado, los puestos de trabajo de teléfono y gráfico manual fueron sustituidos con la llegada del Sitra (sistema de

información de tráfico) por terminales alfanuméricos y monitores gráficos que representaban de forma espacio-tiempo el movimiento de los trenes e introducían los datos en un ordenador central situado en la antigua estación madrileña de Delicias. Aunque fue presentado inicialmente, tan sólo, como un mecanismo de ayuda a la regulación de trenes en tiempo real que permitía tomar decisiones antes de que los hechos ocurrieran, la realidad es que la difusión del estado de la circulación que con su implantación se posibilitó, cambió completamente buena parte de los procesos de gestión de RENFE.

En efecto, la información que iban introduciendo los distintos operadores en el Puesto de mando podía ser consultada (además de por los restantes Puestos de mando, independientemente de su situación geográfica), por todas las áreas de actividad de la empresa, lo que permitió mejorar otros servicios, como por ejemplo, el aviso de previsión de llegada de los trenes a las distintas estaciones y la preparación de las maniobras de que debían ser objeto.

Por su parte, el Sacim (sistema automático de control e información de mercancías) se creó para mejorar la gestión de los más de 40.000 vagones y la totalidad de locomotoras que operaban en las líneas nacionales. Estaba dotado de una base de datos en la que cada vehículo tenía hasta 12

posibles posiciones distintas; por ejemplo, los vagones podían estar en la posición de cargado, cargado con destino, en tren, llegado a destino cargado, pendiente de descarga, vacío con destino, etc. Para la actualización de su estado no había que teclear todos los números del vehículo, bastaba localizarle en su posición anterior y proceder a su modificación. Con su implantación se hizo posible el conocimiento exacto de la ubicación de cada vehículo, desterrando los antiguos procedimientos manuales basados en anotaciones en papel.

La información proporcionada por el Sacim en cuanto a los recorridos realmente efectuados por cada locomotora y vagón hizo posible la introducción de los sistemas de mantenimiento del material rodante según datos reales de producción efectuada, eliminando los antiguos estándares por tiempo, que obligaban a realizar, por ejemplo, intervenciones de envergadura en vagones que apenas habían recorrido kilómetros.

Con la conexión del Sitra y el Sacim resultó perfectamente factible el conocer dónde se encontraba cada vagón del numerosísimo parque de RENFE, y para qué se le estaba utilizando, e incluso cuáles habían sido sus cargues y recorridos anteriores; cuándo y dónde se le hizo la última revisión de mantenimiento, y en qué fecha y kilómetros le correspondía la siguiente. El sistema

llega incluso a emitir la orden de paralizar un vagón cuando ha recorrido el límite de kilómetros, o de toneladas.kilómetro, para el que estaba autorizado.

Pero donde el Sacim ha supuesto la mejora más relevante ha sido en el ámbito la información a los centros de gestión del tráfico de mercancías a los que facilitan datos de los vagones cargados o vacíos que hay con dirección a cada estación, o a las dependencias comerciales de atención a las peticiones de los clientes, a las que informa en cada momento cuáles son las necesidades de vagones que tiene cada estación y dónde están los disponibles que ya han sido descargados. Y, sobre todo, el Sacim es imprescindible para los Puestos de mando, ya que les permite conocer en cada momento la composición exacta de cada uno de los trenes que están circulando, lo que resulta muy útil en casos de incidencia.

Sacim 2000

A partir del año 2003, con la implantación del llamado “Sacim 2000”, se ha dado un paso gigantesco en los procesos de facturación e información al cliente, al hacer posible la difusión de la información de que dispone el conjunto Sitra-Sacim a través de Internet, y autorizarse la implantación generalizada de la carta de porte electrónica, lo que evita el uso del papel

en los procesos de facturación. Hay que referir que, hasta esa fecha, por cada facturación (de un vagón aislado o de una expedición), debía rellenarse una hoja de papel que tenía 7 autocopiativos, yendo cada uno de estos ejemplares a una dependencia diferente: al cliente, a la estación de origen, a la de destino, al departamento de intervención, a contabilidad etc. Puede imaginarse el ahorro medioambiental que se ha conseguido con este nuevo procedimiento de facturación.

Por su parte, los clientes pueden conocer en cada instante por dónde está circulando el tren que transporta su mercancía y a qué hora tiene previsto llegar a su destino y racionalizar con ello los medios auxiliares, grúas, camiones para los acarreos etc., necesarios para su descarga.

El más reciente programa implantado en el ámbito de los transportes de mercancías es el denominado “Portal de Clientes”, que proporciona a éstos una herramienta de comunicación con la empresa para darle a conocer sus previsiones de cargues y descargues con una antelación de hasta una semana. Con ello y la herramienta de planificación de horarios denominada MOM (método de optimización de mallas) puesta a punto por la Universidad Politécnica de Valencia, se ha posibilitado, gracias a las TIC, el objetivo considerado inalcanzable hace tan sólo

una década: la factibilidad de proceder a la elaboración de un plan de transportes prácticamente diario, evitando la rigidez anteriormente comentada que obligaba a producir trenes innecesarios por el solo hecho de estar así programados.

Las consecuencias medioambientales de esta nueva operativa son relevantes, dado que no sólo se evita el impacto al evitar la circulación de trenes innecesarios, sino que se está en condiciones de poner en circulación, con los recursos liberados, trenes adicionales donde la demanda lo requiere. Y todo ello con transmisión, prácticamente instantánea, de la nueva programación a todas las áreas de la empresa involucrada y a los propios clientes.

7.3.4 Proyectos en fase de desarrollo e implantación

El control remoto de material rodante

En 2008, RENFE ha iniciado la instalación de una plataforma embarcada y centro de control para la explotación ferroviaria (denominada “Omnium”) en un total de 360 locomotoras de transporte de mercancías. Este equipamiento consiste en instalar en las locomotoras un conjunto modular de tres ordenadores industriales montados en rack. Cada uno de estos módulos realizará una tarea específica:

- Un módulo localizador/comunicaciones dispondrá de receptor GPS y elementos para la comunicación con el Centro de Gestión consistentes en módems UMTS de 3,5G redundantes de diversos operadores y un comunicador satelital como Backup.
- Un segundo módulo CPU Principal realizará la gestión de todo el sistema e implementará el interfaz para el conductor, el cual mediante un monitor podrá desde enviar y recibir mensajes con la central de mantenimiento del vehículo hasta disponer de herramientas de regulación a bordo, alarmas, o consultar documentos relativos a la explotación, además de mantener comunicación por voz con el centro de control.
- Por último, un tercer módulo, el Sistema Gestor de Energía (SGE) implementará el interfaz de entradas y salidas que se emplea para la conexión con los sistemas de monitorización y diagnóstico de la locomotora, además de gestionar la alimentación del resto de los módulos y controlar los modos degradados de funcionamiento.

Se trata, por tanto, de un proyecto pionero en el transporte ferroviario en España, ya que, hasta el momento, RENFE no disponía de este tipo de herramientas de ayuda a la explotación, que tiene una notable incidencia en la sostenibilidad del modo, ya que con la “sensorización” de los

motores, transmisiones y restantes órganos mecánicos, eléctricos y electrónicos, los centros de mantenimiento están informados instantáneamente de las circunstancias por los que atraviesa cada componente de la locomotora, y pueden adoptar decisiones inmediatas para corregir disfunciones. Por ejemplo, en cuanto a emisiones de ruido por desgastes o problemas de emisión de humo en locomotoras diesel, dando instrucciones al maquinista de cómo proceder y evitando con ello la posible persistencia del problema durante miles de kilómetros.

En esta misma plataforma, Omnium, se incluye el proyecto de optimización del proceso de cargue de los contenedores en las plataformas con un algoritmo de asignación de huecos que permitirá planificar anticipadamente las operaciones en las terminales, ya que éstas conocerán con anticipación los contenedores a recibir y cómo debe cargarse el tren, es decir, en qué plataforma y posición debe ir cada contenedor. La nueva herramienta también permitirá conocer la demanda insatisfecha, programar recursos para trenes de refuerzo, lanzar ofertas y condiciones especiales y procesar información estadística para los estudios de la compañía.

Las consecuencias de la plena operatividad de esta funcionalidad de la plataforma Omnium serán relevantes a efectos

de la sostenibilidad del transporte de mercancías, al evitar el despilfarro energético que supone transportar vagones semivacíos cuando simultáneamente se ha podido descartar cargas de otros clientes, lo que inevitablemente supone el desvío de su transporte a otros modos más agresivos medioambientalmente hablando.

Los mapas de ruido, los DIV y las actuaciones en el frenado de los vagones

A pesar de que el ferrocarril se considera en general uno de los modos de transporte más respetuosos con el medio ambiente, su contribución a la contaminación acústica (los trenes de mercancías son la fuente principal) es considerable: según datos de la UE alrededor del 10 % de la población resulta expuesta a niveles de ruido significativos originados por la circulación de trenes.

Para conocer la problemática con detalle y poder adoptar medidas correctoras el gestor de infraestructuras español, Adif inició en 2006 la confección de los “mapas de ruido” de la red ferroviaria española. En una primera fase se analizaron las áreas ubicadas en el entorno de líneas férreas que tuvieran al menos 60.000 trenes/año, en las que prácticamente se concentraban los problemas medioambientales relacionados con el

ruido. Un Mapa estratégico de ruido es la representación de los datos relativos a los siguientes aspectos: situación acústica existente expresada en función de un indicador de ruido, rebase de un valor límite, número estimado de viviendas, colegios y hospitales en una determinada zona, y número de personas expuestas a unos determinados valores.

El proceso de obtención de los niveles sonoros en un entorno afectado por un foco de ruido comprende tres fases diferenciadas: la primera consiste en determinar la emisión sonora de la línea, la segunda es determinar el comportamiento de las ondas sonoras en un entorno de terreno, obstáculos y edificaciones, y la última consiste en determinar el efecto del ruido al llegar al receptor analizado, considerando cada uno de los focos de ruido existentes y el comportamiento de cada uno en el entorno.

Se seleccionó una franja de aproximadamente un kilómetro y medio a ambos lados de la vía para la realización del modelo y de un kilómetro en cuanto a usos de los edificios se refiere. Como consecuencia de los resultados de estas mediciones, se determinó cuándo los trenes de mercancías mantenían niveles sonoros por encima de 75 dB, y dónde prioritariamente convenía efectuar las primeras inversiones.



Complementariamente a una importante inversión en pantallas corta ruido, se va a explicitar a continuación dos tipos de medidas relevantes en cuanto a la contaminación acústica, una llevada a cabo mediante la instalación de los llamados “detectores de impacto en vía” (“DIV”) y otra, la dotación de frenos de bajo nivel de ruido en los vagones de mercancías.

Los DIV tienen como objetivo reducir las consecuencias derivadas de la circulación de trenes con ruedas especialmente ruidosas por presentar defectos como planos, arranques de material o exfoliaciones. Constan de un equipo de medición colocado en la vía, que emplea bandas extensométricas soldadas en el alma del carril, a lo largo de 14 traviesas para medir las tensiones a que se ve sometido al paso de los trenes. Cuando el nivel de impacto de alguna rueda del tren supera los 350 kN, o la masa de algún eje es mayor de 25 toneladas, el sistema envía una alarma al centro de control de la circulación, el cual, según el nivel de gravedad del aviso, toma la decisión de comunicar vía radio al maquinista que debe detenerse al tren afectado o dispone que siga circulando a velocidad reducida hasta la próxima dependencia en que pueda procederse a su inspección sin riesgos para la seguridad. Este detector está siendo instalado con una cadencia de alrededor de 100 kilóme-

tros en toda la red española, con lo que se conseguirá evitar la circulación de ruedas emisoras de ruidos que, en algunas ocasiones, llegan a superar los 100 dB.

7.3.5 Actuaciones para próximos años

Galileo y el transporte de mercancías por ferrocarril

Galileo es una iniciativa conjunta de la Comisión Europea (CE) y la Agencia Espacial Europea (ESA), de posicionamiento global, que permite determinar con elevada precisión la posición de un móvil en el espacio y en el tiempo. Es decir, permite conocer las coordenadas de un receptor sobre la tierra y el instante preciso de tiempo en que se encuentra, lo que es la base de un sistema de navegación. Es la versión europea del GPS norteamericano.

En el ámbito ferroviario del transporte de mercancías, el uso de Galileo permitirá la introducción de múltiples mejoras en los sistemas de explotación, de los que se van a referir a continuación los tres que se consideran más relevantes de cara a la sostenibilidad:

Por una parte, la disponibilidad de un sistema certificado de seguridad que posibilite la localización exacta de un tren, más la dotación a todas las locomotoras de un dispositivo “Final de Tren” (EOT) que avisa

al maquinista de la integridad del tren que remolca, permitirá la circulación de dos trenes de mercancías consecutivos por líneas de débil tráfico que, en general, no disponen de equipamientos completos, sin tener que esperar la llegada a la estación siguiente del primero para que el segundo pueda efectuar la salida. Hay que tener en cuenta que debido a los programas de racionalización de personal, ese tipo de líneas ferroviarias de débil tráfico cuentan con pocas estaciones abiertas al tráfico, en ocasiones separadas hasta por 40 km. Puede imaginarse la fluidez que el sistema introducirá en la explotación de estas líneas que, por otra parte, no tiene capacidad financiera suficiente para que sean dotadas de instalaciones de señalización completas, que son extraordinariamente gravosas.

Otra gran área de actividad en la que se espera que con Galileo se consigan importantes mejoras en cuanto a la sostenibilidad del transporte de mercancías es en líneas de mucho tráfico, ya que, al situar exactamente a los vehículos productores de ruidos y contaminación, se posibilitará la transmisión al maquinista de instrucciones para que proceda a bajar las condiciones de aceleración de su locomotora, y de ese modo reducir el impacto ambiental en

zonas especialmente sensibles por el número de personas que habitan en las proximidades.

Finalmente, la posibilidad de que los centros de control dispongan de localización exacta de los trenes posibilitará el evitar el despilfarro energético y medioambiental que supone la reiteración de situaciones en que un maquinista, desconociendo, la situación de la circulación por delante de su tren, está conduciendo su tren con el máximo de potencia de sus motores hasta encontrarse una señal que le obliga a detenerse. En este tipo de casos, el maquinista recibirá anticipadamente una orden en cabina de reducción de velocidad hasta un nivel concreto, con lo que se podrá evitar su detención, con los impactos que ello genera, de mayor ocupación de la infraestructura ferroviaria, y de ruido en el frenado, contaminación por la emisión de partículas, y sobre todo, el exceso de consumo energético que se produce en el arranque posterior, con emisión de contaminantes, y notable ruido por el normal funcionamiento de los motores a plena potencia.

El Europtirails

Con la creación del espacio común europeo ferroviario, se plantean con especial

virulencia en el tráfico internacional una parte de los problemas anteriormente comentados para el caso español respecto a la adecuación de la oferta a la demanda y a la necesidad de conocer anticipadamente las prestaciones que en cada momento ofrecen las líneas férreas, en especial de la existencia de restricciones relevantes de tráfico. Un tren que recorra varios países puede estar circulando con prioridad máxima en un país por desconocer el centro regulador que será inevitable su detención en otro país varias horas, e incluso días, porque su red tiene un grave problema en sus líneas, o la estación de destino sufre de un colapso temporal. O un país puede creer que está regulando correctamente la circulación de dos trenes que se dirigen al mismo país, cuando en éste, las urgencias de ambos trenes son muy dispares.

Más relevancia, desde el punto de vista de la sostenibilidad, es la posibilidad, siempre factible en el cambiante mercado de los transportes de mercancías, de que, en un mismo corredor, circulen con prácticamente el mismo horario dos trenes en paralelo, ambos al 50 % de su carga, por no haber existido un foro en el que, en tiempo real, las dos compañías explotadoras pudieran llegar a un acuerdo sobre cuál de las dos se encargaba de la tracción de un único

tren. Con ello se evitaba, además de un gasto inútil, los costes medioambientales de lo que supone la circulación de un segundo tren, en consumo energético, ruido, congestión etc.

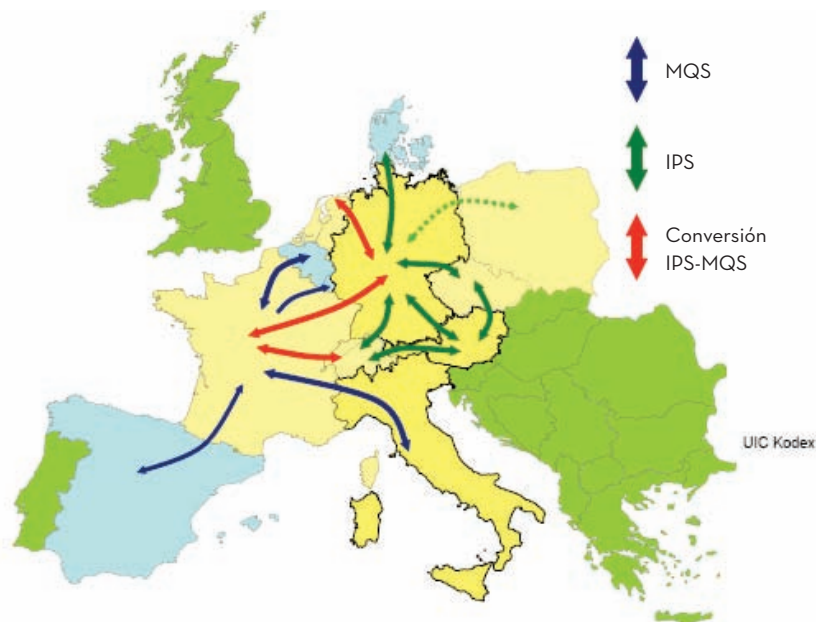
Incluso en un caso de máxima colaboración, locomotoras eléctricas sobrantes para una determinada compañía podían ser utilizadas por otra que sólo disponía de locomotoras diésel, con lo que, además de reducir su coste en razón al menor precio de la tracción eléctrica respecto de la diésel, evitaba las emisiones, el ruido y el mayor consumo de energía no renovable de este último recurso de tracción.

En ese contexto, el de la necesidad de disponer de una gestión compartida de los trenes, surge Europtirails, que es el acrónimo inglés de: “EURopean on line OPTimisation of international traffic through RAIL management System”, es decir, “una optimización europea en tiempo real del transporte internacional de mercancías por ferrocarril por medio de un sistema de gestión del tráfico ferroviario”. No existía, hasta esta iniciativa, un proyecto europeo que permitiera disponer de una única información para la gestión en sus orígenes y a lo largo de todo el recorrido de los trenes.

Los estudios previos para su implantación se iniciaron en 2004 por

Figura 7.2. Protocolos de intercambio de datos para Eurotirailes

Fuente: UIC



parte de la Unión Europea. Inicialmente, estaba previsto que el nuevo sistema estuviera operativo en una primera fase en noviembre de 2006. Pero su desarrollo posterior, extrapoliándolo a la mayor parte de la red europea, ha hecho que el proyecto se prolongue hasta 2012.

Eurotirailes funcionará sin que sea necesario sustituir las plataformas de regulación existentes en cada país, ya que gestionará su integración dentro del

sistema global mediante el uso de las técnicas de seguridad de las comunicaciones más recientes. Ello permitirá una información exacta sobre los puntos críticos de la red ferroviaria, que podrá ser utilizada para racionalizar la producción de trenes, aumentar su calidad y priorizar inversiones en infraestructuras.

En el transporte con la Península Ibérica, aunque cercenado en parte por los problemas que ocasiona el diferente ancho de vía, existen afortunadamente modos de superarlo, con técnicas de cambio de ejes, o de transbordo, y que hacen posible la circulación de muchos trenes directos entre distintos países europeos. Por ejemplo, las fábricas de automóviles situadas en los entornos de Zaragoza, Valencia y Pamplona. Por ello la participación de España en este programa es importante para mantener y mejorar este tipo de transportes internacionales. Cuando esté implantado, en casos de restricciones de tráfico, un regulador del gestor de infraestructura de Alemania podrá sugerir prioridades, por ejemplo, entre dos trenes con ese destino que estén circulando en el entorno de Barcelona. Y viceversa, desde España se podrán indicar a Alemania cual de los trenes con destino la Península Ibérica interesa que circule antes, o con mayor prioridad.

Por su capacidad para adecuar la oferta de trenes a la demanda existente en cada origen, y tener en cuenta en tiempo real las condiciones de explotación de cada línea ferroviaria, Europtirails posibilitará una importante

mejora en la sostenibilidad del transporte ferroviario de mercancías constituyendo una aplicación más de las TIC para la mayor eficiencia económica y medioambiental del tráfico de ámbito español y europeo.

BIBLIOGRAFÍA

Organización Mundial del Comercio (OMC):
www.wto.org. Consultada en: Febrero 2008.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. y COOPER, M. B. (2007): *Supply Chain Logistics Management*. 2nd ed. McGraw-Hill.

STEENKEN, D., VOSS, S. y STAHLBOCK, R., (2004): *Container terminal operation and operations research - a classification and literature review*. OR Spectrum, 26, pp. 3-49.

International Energy Agency (IEA) (2006): *World Energy Outlook*.

European Environment Agency (EEA) (2008): *Climate for a transport change. Indicators tracking transport and environment in the European Union*. EEA Report. No 1/2008.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2005): *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012. Plan de acción 2005-2007*.

GARCÍA-SÁNCHEZ, Á. et al. (2008): *Combining simulation and tabu Search for oil-derivatives pipeline scheduling*. Studies in Computational Intelligence (SCI), 128, 301-325.



EL VEHÍCULO Y LOS SISTEMAS BASADOS EN LAS TIC

Felipe Jiménez

INSIA. Coordinador

Francisco Aparicio

INSIA

Fernando Acebrón

ANFAC

Arancha García Hermo

ANFAC

José Luis López Ruiz

RAI

Jesús López Díez

ETSIA

Jaime Torroja

RAI

Académico revisor

Jaime Torroja

8

8.1 PANORÁMICA CONCEPTUAL SOBRE EL VEHÍCULO Y LOS SISTEMAS BASADOS EN LAS TIC

Felipe Jiménez, INSIA

El sector transporte está experimentando un crecimiento sin precedentes, como consecuencia del aumento de las necesidades de movilidad, derivadas de mercados más globalizados y del crecimiento de la renta y el estilo de vida. Así, el transporte está íntimamente relacionado con el crecimiento y diversificación de la actividad económica, con lo que frenar el desarrollo del primero, puede tener repercusiones sobre la segunda.

Sin embargo, este crecimiento, principalmente acumulado en las últimas décadas y, sobre todo, en el modo de transporte por carretera, acarrea una serie de impactos negativos. Entre ellos, uno de los más relevantes y de mayor repercusión en la actualidad es el coste social en términos ambientales. Por esta razón, es necesario un mayor control de la demanda del transporte mediante el desarrollo de medidas que modifiquen los efectos menos positivos, sin alterar la base para el crecimiento

económico y la calidad de vida, y garantizando la sostenibilidad.

Bajo esta perspectiva, los Sistemas Inteligentes de Transporte surgen como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en el ámbito de la carretera, aunque no exclusivamente limitado a éste. En concreto, los ITS se plantean frente a las estrategias tradicionales, generalmente focalizadas en el incremento de las infraestructuras, lo que lleva a insostenibilidad económica, espacial y medioambiental, buscando mejorar la eficiencia del transporte.

Los servicios y sistemas ITS se conciben como una combinación de información, comunicaciones y tecnologías del transporte en vehículos e infraestructuras. Esta combinación, a la que se preveía un gran potencial hace un par de décadas, ahora ya está dando frutos palpables dado el gran desarrollo de las tecnologías de procesamiento y comunicación de la información (Comisión de Transportes, 2003).

8.1.1 Delimitación de fronteras entre vehículo e infraestructura

En cuanto se trata de las TIC, el flujo de información puede traspasar con facilidad los límites de un entorno concreto. Por ello, al analizar el efecto de estas tecnologías en los vehículos para promover la sostenibilidad del transporte, es común encontrarse solapes con medidas basadas en la infraestructura. Así, muchos de los sistemas embarcados en los vehículos se apoyan en información que proviene, parcialmente, de ellos mismos, pero otra parte de dicha información tiene su origen en su exterior con lo que hay comunicación con la infraestructura en muchos

casos. Como muestra de lo anterior, en Estados Unidos, el programa IVI (Intelligent Vehicle Initiative) pasó a llamarse VII (Vehicle Infrastructure Integration) al reconocerse las limitaciones de trabajar únicamente con sistemas autónomos embarcados en los vehículos (McDonald, 2006).

A modo de ejemplo, se puede citar el caso de la información dinámica al conductor de las condiciones de la carretera. Esta información se le puede proporcionar directamente al conductor en algún dispositivo instalado en el habitáculo (a través de la radio) o mostrarse en paneles de información variable en la carretera. El objetivo perseguido es semejante en

Tabla 8.1. Ejemplo de sistema de información al conductor en ruta

	Vehículo	Infraestructura
Captación de la información	Vehículos flotantes sensorizados	Sensores y cámaras en la infraestructura
Comunicaciones	Entre vehículos	Entre vehículos y la infraestructura o con centros de control
Procesamiento de la información	En los vehículos	En centros de control
Interfaz	Interfaz en el vehículo	Paneles de información variable en la carretera

ambos casos, si bien, en el primero hay una clara interacción con el vehículo (con cada vehículo, para el que se puede particularizar la información), mientras que, en el segundo, esto no es así y el sistema se apoya íntegramente en la infraestructura. Sin embargo, y continuando con el mismo ejemplo, la información que permite realizar los avisos anteriores puede provenir de sensores instalados en la infraestructura o bien de vehículos *sensorizados* (denominados, con frecuencia, “vehículos flotantes”) que recorren las carreteras y que transmiten datos. Finalmente, información captada por los sistemas previamente citados puede ser transmitida a centros de control que la procesan y la reenvían a los usuarios o paneles correspondientes; o bien la transmiten directamente a dichos usuarios finales o paneles. La tabla muestra, para el sistema tratado, las posibilidades existentes desde las perspectivas del vehículo y de la infraestructura, teniendo en cuenta que el objetivo final, en líneas generales, es el mismo.

Según lo anterior, la interacción vehículo-infraestructura es evidente y, en ocasiones, difícil de identificar si un sistema o servicio ITS se enmarca en un ámbito o en el otro, según se analice la fuente de la información, la forma de procesarla o la de suministrarla. A pesar de esta dificultad, en el presente capítulo se incidirá en

aquellos sistemas en los que el vehículo tiene una preponderancia sobre la infraestructura.

8.1.2 Alcance de las TIC en el vehículo

El concepto de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones puede ser entendido de una forma muy amplia. Es más, si nos circunscribimos al entorno del transporte y analizamos la concepción de los ITS como aquellos sistemas y servicios que se fundamentan en el uso de información, prácticamente casi cualquier sistema embarcado en un vehículo (de cualquier modo de transporte) podría enmarcarse dentro de las TIC. Esto es así porque dichos sistemas suelen estar controlados por microprocesadores de mayor o menor capacidad de cálculo que reciben una cierta información, la procesan y provocan una respuesta.

Sin embargo, dentro de este estudio, no se pretende incidir pormenorizada-mente en los sistemas autónomos que implican una cadena de información sensor-controlador-actuador dentro del vehículo, dada la amplitud y diversidad del tema, si bien sí será de interés la mención de la arquitectura general en el vehículo que posibilite esa captación, uso y transmisión de la información. Esto no será óbice para incluir algunas referencias a sis-

temas de especial relevancia en cada modo de transporte. También se incidirá en la integración del vehículo dentro de un entorno en el que se puede captar información de interés no sólo del propio vehículo sino de los otros vehículos, de la infraestructura o de un centro de procesamiento distantes de la ubicación del vehículo. En todo lo anterior subyace la idea de que el vehículo es un receptor-emisor de información en un entorno complejo en el que interacciona con otros usuarios de las infraestructuras de su mismo o diferente tipo.

Además, no debe olvidarse la gran importancia que ha cobrado el posicionamiento por satélite en cualquiera de los modos de transporte, lo que ha dado lugar a un gran número de sistemas y servicios.

Así, los sistemas inteligentes de transporte plantean la interacción entre todos los elementos implicados en el transporte (vehículos, usuarios, infraestructura, administraciones, empresas, etc.) gracias a un planteamiento integrado en el que los sistemas autónomos a bordo se complementan con tecnologías cooperativas de comunicación vehículo-vehículo y vehículo-infraestructura.

8.1.3 Presentación de las monografías

El presente capítulo se ha estructurado en cuatro monografías que tratan las aporta-



ciones de las TIC a la sostenibilidad en los diferentes modos de transporte, centrandó el estudio en el vehículo o en aquellos sistemas y servicios que, si bien se apoyan en la infraestructura, su funcionamiento y objetivos se focalizan sobre el vehículo.

Así, se desarrollan dos monografías relativas al transporte por carretera, dado el mayor peso que tiene este modo sobre la movilidad de viajeros y mercancías. La primera presenta las tendencias generales que se plantean para mejorar la sostenibilidad de este modo desde el vehículo. Desde un marco general de las exigencias impuestas sobre el vehículo de carretera, fundamentalmente el turismo particular que es el que representa mayor amenaza para la sostenibilidad, se concretan aquellas medidas que tienen un fundamento claro en las TIC y, más específicamente,

las que se basan en comunicaciones entre vehículos o entre vehículos y la infraestructura, haciendo también reseña de los sistemas autónomos con alguna vinculación con el ahorro de combustible y la reducción de emisiones.

La segunda monografía de transporte por carretera se centra en un sistema específico: los sistemas de navegación, incluyendo sus diferentes variantes y evoluciones que permiten el aumento de sus prestaciones. La elección de este sistema tiene su fundamento en su actual desarrollo e implantación en los vehículos actuales, aspecto que se intenta mostrar, así como ofrecer una visión de cómo pueden contribuir a la sostenibilidad del transporte por carretera, más allá de satisfacer objetivos de información y confort de los usuarios.

La tercera monografía hace mención al modo de transporte aéreo y, en ella, se analiza la evolución de las aeronaves a lo largo del tiempo y los avances que se han ido introduciendo para ofrecer unas mayores prestaciones.

Por último, la cuarta monografía se centra en los buques de transporte. En ella, tras una breve introducción de antecedentes históricos y una clasificación de las tipologías de buques actuales, se desarrolla la relación entre las TIC y estos vehículos. Se citan las fases, desde el diseño hasta la propia explotación y uso

del buque, en que las TIC tienen alguna repercusión, y se presenta de forma sintética cómo se han ido introduciendo en ellos los sistemas orientados a la mejora de la seguridad y la eficiencia.

8.1.4 Conclusiones

Existe un solapamiento, en algunas situaciones, entre las medidas enfocadas a la mejora de la sostenibilidad medioambiental con aquellas dirigidas al incremento de la seguridad del transporte o de la eficiencia y el servicio al viajero. Es decir, aprovechando la misma base tecnológica, se abordan simultáneamente diversos problemas que se tienen en el transporte.

Muchos de los nuevos sistemas basados en las TIC no se reducen al ámbito del vehículo, sino que se plantea una clara interacción con la infraestructura e, incluso, con otros vehículos. Este hecho amplía notablemente las posibilidades de estos sistemas al manejar una información más completa.

Un aspecto tecnológico común a todos los modos de transporte es la necesidad, para el funcionamiento de muchos de los sistemas y servicios basados en las TIC, de disponer del posicionamiento de los vehículos en todo momento. Este posicionamiento necesita ser más o menos preciso en función de las aplicaciones.

8.2 TRANSPORTE POR CARRETERA: COMUNICACIONES PARA LA ADAPTACIÓN DE LA MARCHA

Felipe Jiménez, INSIA

Francisco Aparicio, INSIA

8.2.1 Amenazas a la sostenibilidad y soluciones dentro de los ITS en el vehículo

Tradicionalmente, en el transporte por carretera se han detectado como principales problemas la accidentalidad, el impacto medioambiental y la congestión. Además, estos problemas se ven acrecentados con el gran incremento de la movilidad de las últimas décadas, absorbido, en su mayor parte, por este modo de transporte, amenazando la sostenibilidad del mismo. Sin embargo, muchas de las políticas encaminadas a reducir dicho crecimiento no parecen totalmente realistas, dada la relación que existe con el propio desarrollo económico de los países.

Otro aspecto que debe ser tenido en cuenta es la mejora de la eficiencia del transporte en general y de los servicios que dependen de él, en particular. Tal es el caso de la gestión del transporte de

mercancías, distribución logística, transporte colectivo de viajeros, etc., que no serán objeto de este capítulo de forma explícita. En este sentido, de una forma sistemática, el Departamento de Transportes de Estados Unidos, identifica los efectos principales sobre los que se puede incidir al adoptar medidas en el transporte por carretera: seguridad, movilidad, productividad, capacidad, satisfacción e impacto medioambiental (FHWA, 2005). Por otra parte, las medidas concretas suelen tener repercusiones sobre más de un efecto antes identificado, con lo que es complejo la diferenciación en compartimentos estancos unos de otros.

Aunque no es objeto del presente estudio abordar las medidas encaminadas a la mejora de la seguridad del transporte, su relevancia hace que sea necesaria una breve mención de las mismas. Además, se podrá comprobar más adelante que algunas de las aplicaciones encaminadas a una mejor eficiencia energética en el movi-

miento de los vehículos y a la reducción de emisiones contaminantes provienen de medidas cuyo objetivo inicial era incrementar la seguridad.

Las acciones encaminadas a la mejora de la seguridad han evolucionado notablemente, incluyendo los sistemas de seguridad primaria orientados a disminuir la probabilidad de accidentes, las medidas de seguridad secundaria para reducir los efectos de los accidentes (comportamiento estructural, cinturones de seguridad, airbag,...), etc. En este sentido, la diferenciación tradicional de los sistemas de seguridad se está quedando, en parte, en desuso, y se opta por emplear el concepto de modelo de seguridad integrado (Aparicio et al, 2008), en el que el objetivo fundamental es proporcionar la protección óptima de los ocupantes del vehículo, peatones y propiedades, mediante la reducción de la probabilidad de que suceda un accidente (tradicionalmente entendida como seguridad activa), o mediante la reducción de sus efectos en caso de que éste ocurra (tradicionalmente entendida como seguridad pasiva). Además, dicha seguridad integral abarca más aún, de forma que se extiende a los sistemas de seguridad terciaria (más allá del accidente y sus consecuencias más inmediatas). Por otra parte, compartir la información fomenta la interacción entre

unos sistemas y otros y el solapamiento de fases de asistencia al conductor, alerta y actuación sobre el vehículo. También debe tenerse en cuenta que el compartir la información no se circunscribe únicamente a la obtenida por los sensores y sistemas embarcados en el vehículo, sino que se contemplan flujos de información bidireccionales con el exterior en un entorno cooperativo donde los vehículos se comunican entre sí y con la infraestructura.

Si nos centramos en los sistemas encaminados a la reducción del consumo y las emisiones contaminantes, cabe indicar que los caminos planteados son muy diversos. Entre otros, se pueden citar las siguientes:

- Reducciones de peso (diseños alternativos, nuevos materiales, etc.).
- Reducción de las resistencias al avance del vehículo.
- Mejoras tecnológicas en el motor y en el tratamiento de gases de escape.
- Mejoras en los combustibles y desarrollo de nuevos combustibles.
- Mejoras tecnológicas en la transmisión.
- Desarrollo de nuevos sistemas de propulsión:
 - vehículos eléctricos
 - vehículos híbridos
 - vehículos con pila de combustible
- Medidas basadas en el estilo de conducción.

- Medidas basadas en la gestión del tráfico.
- Medidas basadas en el guiado.

En muchas de las anteriores soluciones, la *sensorización* y la electrónica juegan un papel relevante. Así, aunque el principio de funcionamiento básico del motor de combustión interna no difiere sensiblemente del concepto original, la gestión electrónica del mismo sí ha supuesto un salto cualitativo para la consecución de objetivos de reducción de consumo y emisiones. De igual forma, la gestión energética en vehículos híbridos resulta clave para su funcionamiento eficiente al compaginar la entrada en servicio de los motores térmico y eléctrico en las condiciones más favorables, según las condiciones operativas del vehículo. En todos estos sistemas, la información es interna al vehículo, captada, procesada y empleada dentro de él y sus subsistemas. Otro camino lo abren las medidas basadas en la forma de conducción, el guiado y la gestión del tráfico que, en general, requieren información adicional a la propia captada por el vehículo. Este tema será tratado a continuación con mayor detalle, dado el gran apoyo que pueden dar las tecnologías de la información y las comunicaciones a fomentar conductas apropiadas entre los conductores.

Por último, cabe indicar que las medidas encaminadas a reducir la congestión del tráfico también tienen repercusiones sobre la reducción de consumo y emisiones. En este sentido, la gestión del tráfico para reducir la congestión suele ser abordada desde el ámbito de la infraestructura y menos desde el propio vehículo, si bien los sistemas de información embarcados pueden tener un cierto efecto en la elección de rutas, por ejemplo.

8.2.2 Sistemas embarcados

Modelo integrado de información

Dentro de la iniciativa eSafety de la Unión Europea, se distinguen dos generaciones de sistemas: sistemas autónomos (basados en sensores y comunicaciones intra-vehiculares) y sistemas cooperativos (comunicaciones entre vehículos y/o con la infraestructura). En la misma línea, en OECD (2003) se diferencian tres categorías: sistemas basados en el vehículo (aislado), sistemas basados en la infraestructura y sistemas cooperativos (aunque aprovechan los sistemas anteriores y añaden las comunicaciones entre dichos elementos).

El principal salto cualitativo entre el vehículo autónomo (que incluye sus propios sistemas) y el vehículo conectado en

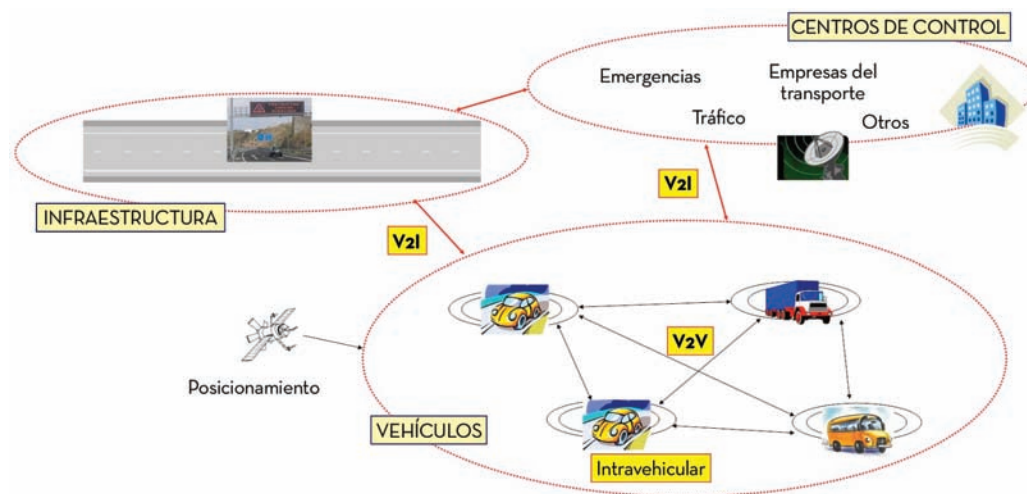
un entorno cooperativo reside en que, además de poseer datos propios y de percibir su entorno por medio de sensores embarcados, puede recibir información de otros vehículos, de la infraestructura o de centrales de tráfico, así como disponer de posicionamiento por satélite o por medio de balizas en la vía. Además, dicho vehículo podría ser, a su vez, fuente de información, que se transmitiría al exterior (infraestructura, otros vehículos, centros de control, etc.). De esta forma, se establece una comunicación bidireccional en la que los vehículos transmiten información que reciben otros usuarios o es fil-

trada y analizada por centros de control que después la vuelven a enviar.

Resumiendo, los sistemas inteligentes de transporte (ITS), como ya se ha indicado, se pueden entender como una cadena de transmisión de información, la cual es captada, transmitida, procesada y reenviada a aquellos agentes que la precisen en cada momento. Así, se plantean diferentes niveles de flujos de información (figura 8.1), entre los que se pueden citar los siguientes que involucran al vehículo:

- Comunicación entre sistemas del vehículo.

Figura 8.1. Flujos de información en el entorno ITS del vehículo



- Comunicación entre vehículos.
- Comunicación entre vehículos y la infraestructura (unidireccional o bidireccional).
- Comunicación entre vehículos o la infraestructura con centros de control (unidireccional o bidireccional).

Esto implica una arquitectura específica para que el flujo de información sea eficiente y se aproveche al máximo sus potencialidades. Así, en el vehículo, dio lugar a los buses de comunicaciones (CAN, VAN, FlexRay, Byteflight, LIN, MOST, etc.) al ser inviables las comunicaciones punto a punto al incrementarse el número de sensores, actuadores y unidades de procesamiento por encima del centenar. Además, dentro del vehículo, también se plantea el uso de tecnologías inalámbricas de corto alcance (Bluetooth) con el fin de reducir cableados. Con este concepto se persigue que todos los sistemas del vehículo dispongan de toda la información que puedan requerir, con lo que se aprovechan las sinergias entre unos sistemas y otros, lo que incrementa su beneficio conjunto (Bachmann y Bujnoch, 2002).

Para la comunicación con otros vehículos o con la infraestructura, se recurre a otras tecnologías de mayor alcance como Wifi, GSM, GPRS, etc., planteándose el

uso de redes específicas dadas las características del entorno.

Sistemas autónomos

Algunos de los sistemas autónomos embarcados que, en la actualidad, se están montando en los vehículos de carretera, cuyo objetivo principal es el de mejorar la seguridad, permiten alcanzar reducciones en el consumo y las emisiones. Otros están específicamente orientados a la mejora de la sostenibilidad. Algunos de los ejemplos de sistemas autónomos que conducen a reducciones de consumo y emisiones son los siguientes:

- Control de crucero adaptativo (ACC), el cual fomenta una circulación más uniforme, lo que redundará en ahorros de consumo superiores al 3%.
- Sistema “stop and go” para entornos urbanos o congestionados.
- Monitorización de la presión en los neumáticos, dada la influencia de esta variable en la seguridad y el consumo.
- Indicador de cambio de marcha para hacer trabajar al motor en los regímenes más adecuados, lo que se estima que redundará en una reducción de consumo del 3% (Kompfner y Reinhardt, 2008).
- Calculadores de consumo que proporcionan información instantánea y promediada al conductor sobre dicha variable.

Sistemas cooperativos

Las comunicaciones con el exterior del vehículo prometen mayores mejoras, aunque debe tenerse en cuenta que, para el correcto funcionamiento de los sistemas a los que proporcionan información dichas comunicaciones, se aprovecha también el flujo interno de datos existente en los buses de los vehículos. Así, y con las limitaciones que se plantean al final de esta monografía, los sistemas cooperativos (que, por otra parte, pueden dar asistencia a algunos sistemas autónomos) suponen una apuesta de futuro clara para lograr la sostenibilidad del transporte. A continuación se muestran algunos casos prácticos novedosos que ilustran la utilidad de estas tecnologías en la reducción del impacto medioambiental del tráfico de los vehículos de carretera.

Uso de vehículos flotantes para funciones de monitorización y navegación dinámica

Para aplicaciones de navegación dinámica, guiado, elección de rutas, detección de incidentes y provisión de alertas al conductor, resulta de interés conocer las condiciones del tráfico, la carretera, la meteorología y el entorno en los tramos siguientes de la vía. Este conocimiento permite la elección de rutas más adecua-

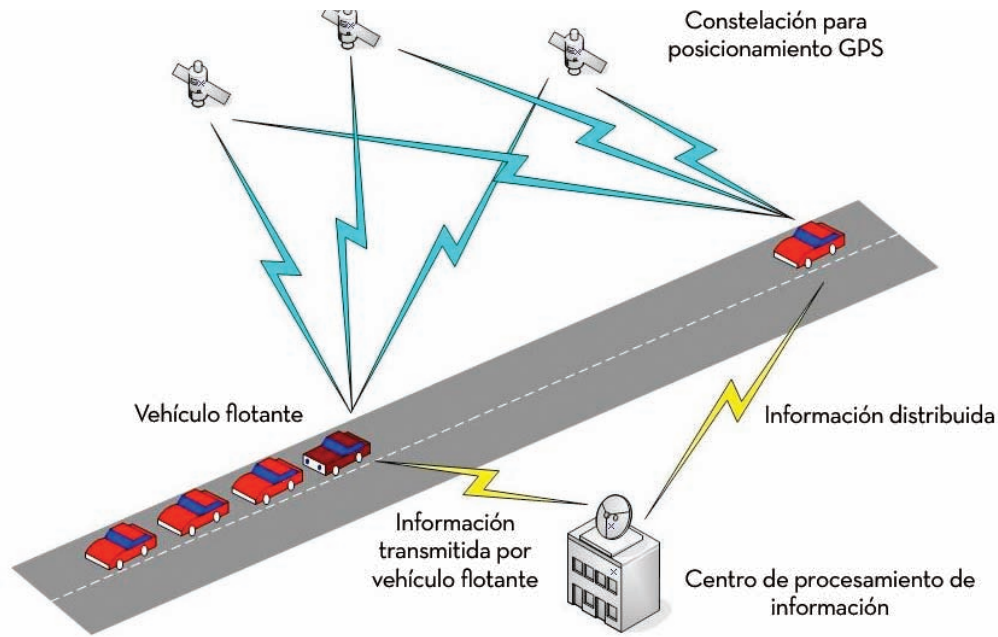
das, evitando zonas conflictivas y adecuar la marcha a las condiciones del tráfico que se encuentran más adelante en nuestro recorrido.

Para la captación de información se puede recurrir a dos medios fundamentales:

- Sensores en la infraestructura que transmitan la información, como detectores de intensidad y velocidad, así como la incorporación de cámaras de video.
- Incorporación de vehículos sensorizados que transmitan la información a un centro de control que se encargue, tras el procesamiento adecuado de la misma, de su distribución al resto de usuarios (Huber et al, 1999; Venhovens et al, 1999).

En la primera se están desarrollando grandes esfuerzos para la estimación de variables a partir de otras medidas, si bien queda fuera del alcance de este capítulo. En la segunda, los vehículos están dotados de GPS y alguna tecnología de comunicación y, de forma periódica o por eventos, mandan información, generalmente a un centro de control que la procesa y la reenvía al resto de usuarios (figura 8.2). Los datos usuales son trayectoria y velocidad del vehículo, actuación del limpiaparabrisas o señal del sensor de lluvia, señal del termostato externo, activación de luces, etc. Esta información es centralizada, tratada y reenviada a otros usuarios.

Figura 8.2. Monitorización del tráfico por medio de vehículos flotantes



Como ventaja de este tipo de sistema, se puede destacar que un alto porcentaje de los vehículos actuales ya poseen muchos de los sensores y equipos necesarios para la captación de estas variables de interés, lo que hace que sea una solución alternativa económica a la instalación de equipamiento fijo en la infraestructura (Miles y Chen, 2004). La independencia entre el vehículo y la infraestructura posibilita el uso del sistema en cualquier tipo de vía.

Comunicaciones V2V para la mejora de la seguridad y la eficiencia

Los sistemas de comunicación entre vehículos o entre el vehículo y la infraestructura tienen como objetivo percibir situaciones del tráfico y el entorno con mayor antelación que el conductor o los sistemas embarcados. Los trabajos en esta línea están siendo numerosos, enmarcados en ambiciosos proyectos de investigación en los que están involucrados los grandes

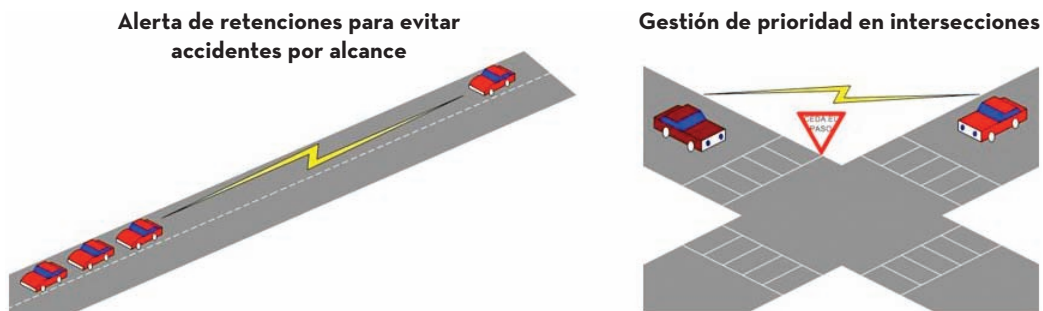
fabricantes de vehículos (consorcio Car2Car y proyectos Prevent, NOW, COMesafety, Fleetnet, entre otros).

Su objetivo inicial es el de mejorar la seguridad del tráfico y se encuadran, fundamentalmente, en el grupo de sistemas de seguridad primaria. El fundamento sería, de nuevo, emplear un “horizonte electrónico” más extenso que el “horizonte visual”. Los trabajos actuales, que han llevado al desarrollo y prueba de prototipos, se centran en la provisión de avisos para evitar accidentes por alcance ante retenciones o accidentes con vehículos detenidos por avería o colisión previa, así como para alertar de incidencias en la vía como la presencia de obras o carriles cortados, en la línea de los paneles de información variable. También pueden abordarse escenarios complejos como las

intersecciones, determinando el vehículo que tiene prioridad y actuando, si es preciso, si se dan situaciones de riesgo por no respetarse dicha prioridad. Otra aplicación planteada es la de gestionar de una forma eficiente el paso de vehículos de emergencias alertando con anticipación a los demás usuarios.

Sin embargo, si se parte de la base de que la forma de conducción condiciona notablemente el consumo, también pueden ser empleados para mejorar la sostenibilidad energética del transporte por carretera. Los cambios en el comportamiento del conductor se pueden lograr de diversas formas: formación, concienciación, incentivos, información en tiempo real, etc. Es precisamente sobre esta última sobre la que se incide dentro de los ITS para lograr la reducción de consumo y emisiones.

Figura 8.3. Ejemplos de aplicaciones de las comunicaciones V2V



El ahorro de combustible se puede alcanzar mediante una gestión adecuada del acelerador, el freno y las marchas. La filosofía reside en reducir al máximo la energía perdida en forma de calor en la frenada mediante el cese de la aceleración en el momento justo en función de limitaciones cercanas. La aplicación de medios telemáticos permitiría esa adaptación en función del estado más o menos fluido del tráfico u otras circunstancias que obligasen a modificaciones en la velocidad de circulación. Obsérvese que el sistema propuesto es la generalización de los sistemas actuales de control inteligente de la velocidad, basándose en información dinámica del tráfico, la calzada, etc.

Para realizar un análisis preliminar de la repercusión de este tipo de sistemas, se suele recurrir a modelos de simulación tanto a escala macroscópica como microscópica. De las simulaciones, se observa que el ahorro se ve potenciado con una mayor distancia de reacción del sistema mientras que se penaliza el tiempo de viaje. Así, incrementar dicha distancia de 300 a 500 metros, proporciona un ahorro relativo de combustible del 9,8%, aumentando el tiempo empleado en el trayecto en un 2,3% (Reichart et al, 1998).

De igual forma, la modificación del comportamiento del conductor también se identifica como una posibilidad para la

reducción de las emisiones (Breuer et al, 2000). Así, de forma orientativa, las mejoras potenciales en la reducción de emisiones se estiman en un 10% por disminución de peso, un 20% por avances del motor, un 10% por la transmisión y un 25% por el estilo de conducción.

En un análisis comparativo entre el uso de información con anticipación para la adaptación de la marcha y otros medios para la reducción del consumo como son los vehículos híbridos, se concluyó el potencial de la primera solución en entornos urbanos, podía equipararse al de la segunda sin necesidad de cambios tecnológicos en el sistema de propulsión, reportándose ventajas, incluso superiores al 20% (Manzie et al, 2007).

Concepto de autopista automatizada

La idea de autopistas automatizadas en las que los vehículos son controlados de forma automática sin necesidad de intervención del conductor surgió en los años 90. Antes de entrar en la sección automatizada, el vehículo debe pasar por un punto de control en el que es reconocido y se le autoriza para este tipo de circulación. Los vehículos circulan en pelotones hasta el destino, donde son enviados a rampas de salida en las que los conductores recobran el control de los mismos

(Chowdhury y Sadek, 2003). Este funcionamiento implica el consiguiente incremento de la capacidad. Se emplean sensores de reconocimiento exterior o comunicaciones inalámbricas para adaptar la marcha a los precedentes, con un aumento en la seguridad, y permitiendo un flujo más suave y uniforme que redundaría en reducciones de consumo y emisiones contaminantes (Centro Zaragoza, 2003), permitiendo menores distancias entre vehículos ya que los sistemas de evitación de colisiones y las comunicaciones garantizan el flujo seguro en todo momento. Así, el equipamiento necesario implica tanto a la infraestructura como a los vehículos.

Evidentemente, una cooperación total y automática entre vehículos e infraestructura está todavía lejana, si bien se pueden fijar hitos parciales a corto plazo que faciliten esa integración (McDonald et al, 2006). Algunas experiencias realizadas muestran los efectos positivos del sistema. Así, por ejemplo, la conducción de autobuses guiados por un carril específico ha sido probada en diferentes países con éxito. Otra experiencia considera conducir de forma autónoma un camión siguiendo a otro que hace de líder a unos 10 metros de distancia, lo que permitió una reducción de consumo superior al 15% (Bonnet y Fritz, 2000).

8.2.3 Problemas para el despliegue de los nuevos sistemas

A pesar de haberse comprobado la eficacia de muchos de los sistemas basados en las TIC para paliar los efectos negativos del incremento de la movilidad en el modo de transporte por cartería, todavía existen barreras evidentes que dificultan su penetración (Jiménez y Aparicio, 2008). Estas barreras son de diferente índole y se ven acrecentadas al tratar con sistemas cooperativos. Algunas de las más relevantes se citan a continuación:

- En los sistemas cooperativos de comunicación entre vehículos, resulta indispensable un grado de penetración significativo en el parque de vehículos y debe tenerse en cuenta la posibilidad de interacción entre vehículos dotados con los nuevos sistemas con otros que no lo estén. Así, se desarrollan sistemas autónomos en paralelo que traten de suplir a los sistemas cooperativos en esos casos.
- La transmisión de información desde vehículos flotantes también requiere un grado de penetración mínimo, que se estima en el 5%, para que los datos proporcionados sean fiables.
- La interoperabilidad es una característica fundamental en el caso de sistemas cooperativos, lo que puede resultar complejo y requerir esfuerzos notables de

normalización al estar involucrados los diferentes fabricantes, administraciones públicas y empresas privadas.

- En un entorno complejo en el que comparten la infraestructura usuarios de muy diferente tipo (vehículos particulares, vehículos de transporte colectivo, usuarios de dichos vehículos, vehículos de transporte de mercancías, peatones, etc.) se requieren altas capacidades de procesamiento de la información en un tiempo, en ocasiones, muy reducido, empleando, muchas veces, información parcial o contradictoria. Además, se establece un número muy elevado de comunicaciones,

internas y externas, que deben ser transmitidas con fiabilidad.

- La aceptación social se plantea fundamental para el éxito de cualquier nuevo sistema que se introduzca. Desde el punto de vista económico, el usuario final debe percibir que el sistema resulta útil con lo que esté dispuesto a afrontar el sobrecoste que implica su adquisición. En este sentido, en el caso de sistemas de seguridad o para promover reducciones en las emisiones contaminantes, las administraciones pueden ofrecer incentivos o aplicar disposiciones que obliguen a adoptarlos.

8.3 TRANSPORTE POR CARRETERA: SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

Fernando Acebrón, ANFAC
Arancha García Hermo, ANFAC

8.3.1 Introducción

Los Sistemas de navegación que equipan los automóviles, permiten informar al conductor sobre la ruta hacia su destino, combinando la posibilidad de posicionar al vehículo (mediante GPS) con la información contenida en el CD/DVD de cartografía digital de manera que, seleccionado el destino, el sistema es capaz de orientar al conductor a través de sencillas instrucciones verbales. Además, y en función del equipo, es posible incluso, integrar y presentar al usuario información sobre el estado del tráfico y utilizarla para el cálculo de la ruta óptima (Navegación Dinámica), siendo ésta última funcionalidad la que permite al conductor estar al tanto, a través del navegador, de las incidencias de tráfico, obras, condiciones meteorológicas en su ruta, etc. e incluso poder recalcular ésta en función de esas informaciones.

En este sentido, a lo largo de esta monografía, se describirá la evolución tec-

nológica de los sistemas de navegación para automóviles, pasando posteriormente a una evaluación de penetración en el mercado, nuevas funcionalidades y servicios de valor añadido y contribución a la sostenibilidad del transporte por carretera.

8.3.2 Evolución de los sistemas de navegación integrados en el vehículo

No parece estar muy clara la introducción del primer sistema de navegación en el mercado, ya que por un lado, Honda afirma haber iniciado el desarrollo de estos sistemas en 1983 para incorporarlo 7 años después en el Honda Legend Acura Legend y en cambio, Pioneer sostiene que fueron ellos los que en septiembre de 1990 introdujeron a nivel comercial el primer sistema de navegación (AVIC) para el uso en el automóvil.

Independientemente de la fecha de aparición, en menos de dos décadas, los sistemas de navegación han evolucionado

desde los conjuntos formados por una pantalla donde se visualizaba la posición en un mapa y poco más, una antena con las mismas dimensiones que la pantalla, una unidad para procesar todos los datos de navegación y una unidad de audio, a un dispositivo que integra la mayoría de las funciones anteriores, más una pequeña caja oculta donde se ubica el giroscopio y las tomas audio-visuales y una pequeña antena.

Sobre este marco de evolución tecnológica, la demanda y el interés por los sistemas de navegación para automóvil ha ido aumentando, siendo cada vez más los

conductores que contemplan, ya sea en el momento de la adquisición de un vehículo nuevo o bien a posteriori, la incorporación de un sistema electrónico de guiado para llegar a su destino. En este sentido seguir una encuesta realizada por Navteq en Alemania, Francia y Reino Unido a finales del año 2007, puede destacarse que el conocimiento del usuarios sobre navegación está siempre por encima del 90% y que en los últimos tres años se ha producido un gran incremento de usuarios en contacto con la navegación, siendo utilizado por más de un tercio.

Figura 8.4. Experiencia de los usuarios con la navegación

Fuente: NAVTEQ Annual Tracking Study Diciembre 2007 (Alemania, Francia & RU)

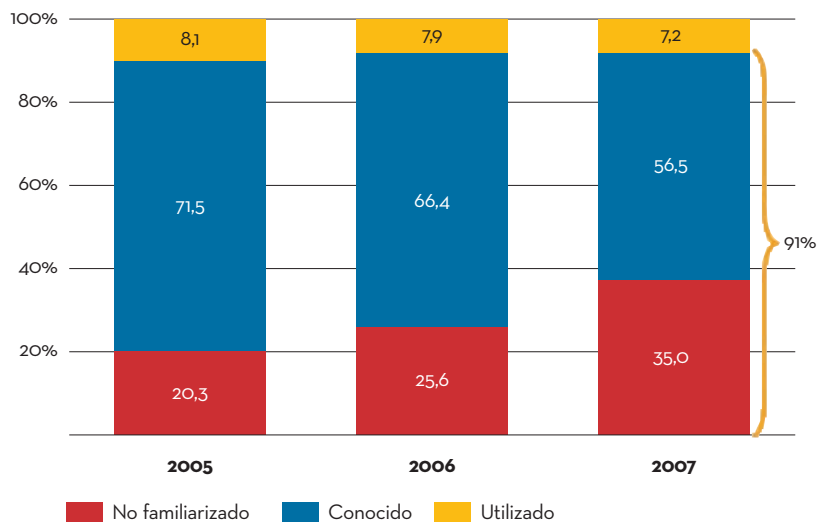
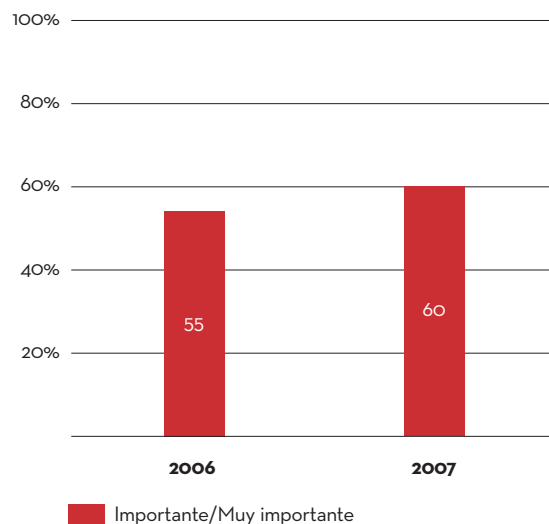


Figura 8.5. Importancia de los sistemas de navegación integrados en los vehículos

Fuente: NAVTEQ Annual Tracking Study Diciembre 2007 (Alemania, Francia & RU)



En la misma línea, cada vez más gente toma en consideración la instalación de un sistema de navegación en el vehículo, perfilándose en gran medida como un factor clave para la compra de un próximo vehículo.

Adicionalmente, más del 80% de los encuestados afirma que el sistema de navegación es un elemento que influye de manera importante en la satisfacción global con el coche.

8.3.3 Evolución de los sistemas de navegación móviles

A partir del año 2000 comienzan a surgir soluciones independientes o basadas en PDA (Ordenador de Bolsillo) con funciones primarias de navegación pero sin voz, siendo el primer dispositivo un GPS acoplado a una Palm III, el Navman GPS 350.

En el año 2001 surgen soluciones GPS para muchas PDA's del mercado, configurándose como soluciones muy básicas y no pudiéndose considerar navegadores en un sentido estricto.

Ya en el año 2002 algunos fabricantes de PDA como Compaq empiezan a hacer conjuntos que incluyen un paquete de navegación con voz en sus ordenadores de bolsillo, mejorando en calidad los programas de navegación y con precios cercanos a los 1.300 euros.

Conscientes del potencial de la navegación, en el año 2003, los fabricantes de PDA invierten mucho dinero en promocionarla, ya que por primera vez pueden vender PDA's fuera de su mercado natural, beneficiándose así toda la navegación portátil y con precios que en conjunto rondaban los 800 euros. En paralelo, surge el iCN 630 primer navegador portátil de Navman, concebido para usuarios no técnicos.

En 2004 se vende más de un tercio de los ordenadores de bolsillo con navegador y aparecen PDA's con GPS incluido, con precios por debajo de los 700 euros, produciéndose una explosión en la demanda y en las ventas.

Desde entonces y hasta hoy, el mercado de navegación móvil ha continuado creciendo, siendo los principales motivos de cambio la disminución de los precios, la no necesidad de hacer una instalación, el aumento de la sencillez de uso (concepto Drive-away), la mejora de la cartografía y el conocimiento de la tecnología por parte del público general.

8.3.4 El mercado de los sistemas de navegación a nivel mundial

Según estadísticas recientes de mercado, en 2008 se venden en Europa 35,8 millones de unidades de navegadores, de los cuales 3 millones corresponden a equipos instalados en origen y en el aftermarket, y el resto a equipos portátiles.

Atendiendo al número de unidades vendidas de navegación fija, durante el año 2007 el mercado ha aumentado en Europa, destacándose que Norteamérica está alcanzando a Europa tras un gran crecimiento en 2007 y que exceptuando a Japón, todos los mercados crecen a un ritmo de doble dígito. De otro lado, cabe notar que China muestra el mayor incremento en 2008.

En este sentido, a pesar de que los precios del hardware han descendido, continúan siendo elevados, previéndose que en 2009 aparecerán navegadores fijos a más bajo precio y, por tanto, esta tendencia posibilitará el cambio de la dinámica de este segmento.

Así, la penetración de la navegación fija varía de un continente a otro y por cada segmento de coche:

- Europa: 11%, Norteamérica: 11%, Japón: > 70%.
- Coche de gama alta: 20-100%.
- Coches de gama baja: 0-10%.

Figura 8.6. Evolución de mercado de navegación fija OEM y previsión 2008 en UE. (Unidades en miles)

Fuente: NAVTEQ Annual Tracking Study Diciembre 2007 (Alemania, Francia & RU)

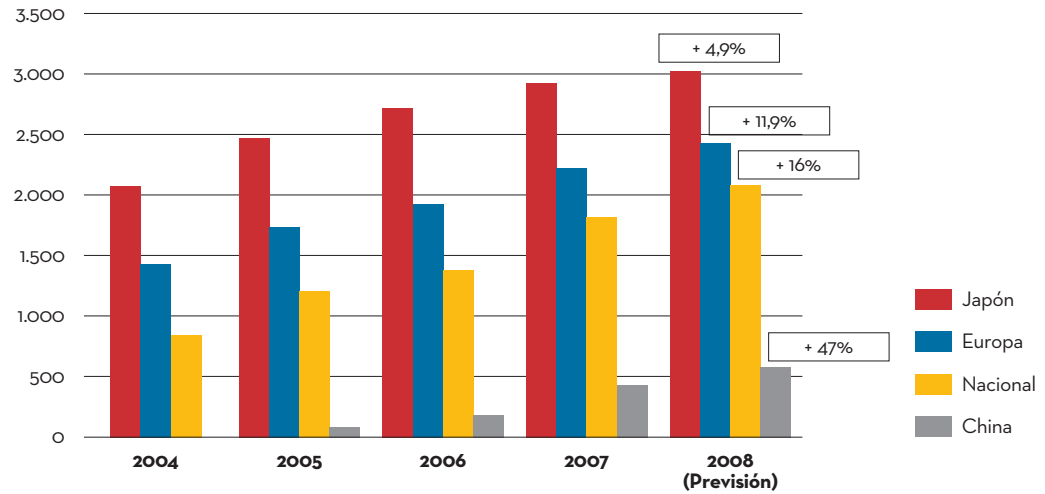


Figura 8.7. Penetración en el entorno UE de sistemas de navegación integrados

Fuente: NAVTEQ Annual Tracking Study Diciembre 2007 (Alemania, Francia & RU)

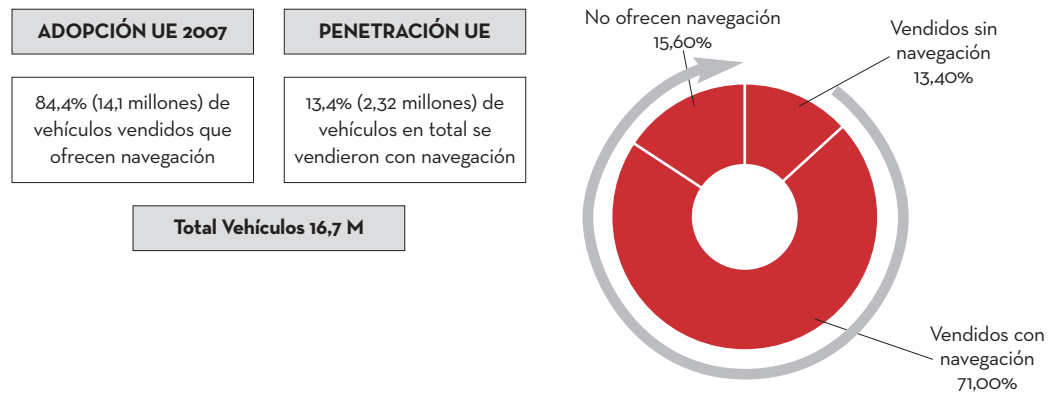
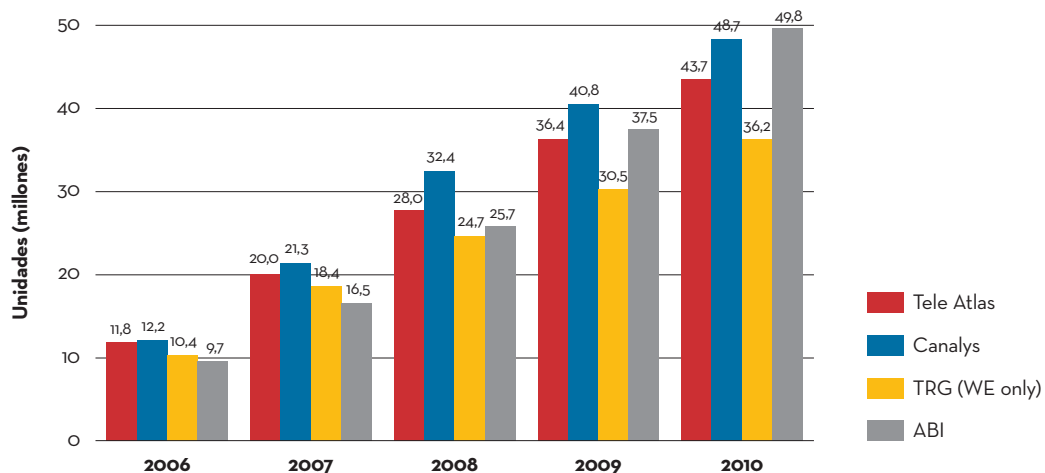


Figura 8.8. Evolución de mercado de navegación portátil y previsión a 2010

Fuente: TELEATLAS



De otro lado, y poniendo el foco en la navegación portátil, el crecimiento del mercado europeo está estimado en un 70% en 2007, llegando hasta 20 millones de unidades. Tras triplicar en 2006, el mercado en Norte América se ha cuadruplicado en 2007 alcanzando los 12 millones de unidades.

En este sentido, aunque existen más de 60 marcas activas en el mercado mundial de navegación portátil, sólo las 4 mayores (TomTom, Garmin, Mio, Magellan)

controlan cerca del 75% del mercado. TomTom es el líder indiscutible en Europa, y Garmin en Norte América.

Así, en Europa, se espera que el mercado se ralentice en los próximos 3 años: +40% (2008), +20% (2010), previéndose que el mercado en Norte América crecerá más rápido que en Europa en los próximos 3 años: +70% (2008), +30% (2010) y surgiendo otros mercados potenciales como Asia Pacífico y, en concreto, China.

Figura 8.9. Base instalada de navegadores vs Parque Automóvil en Europa

Fuente: TELEATLAS

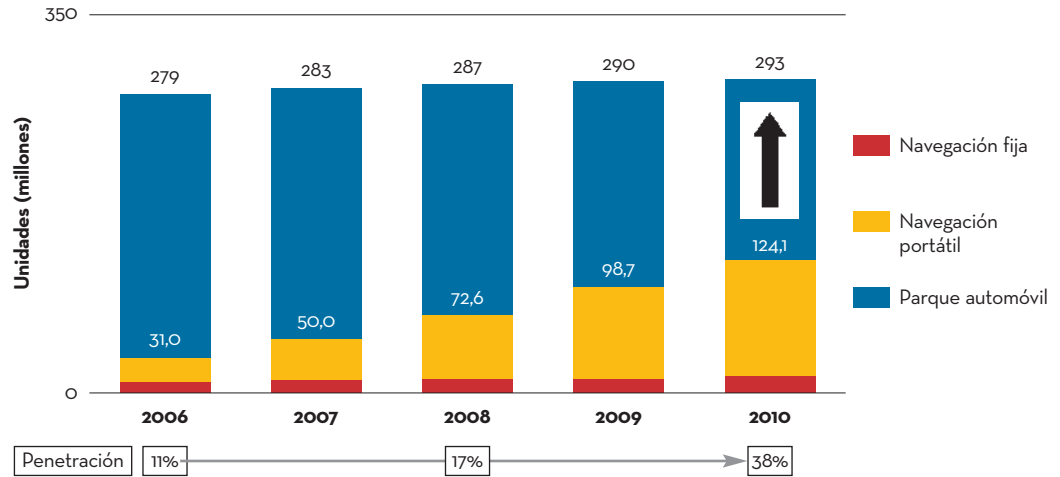
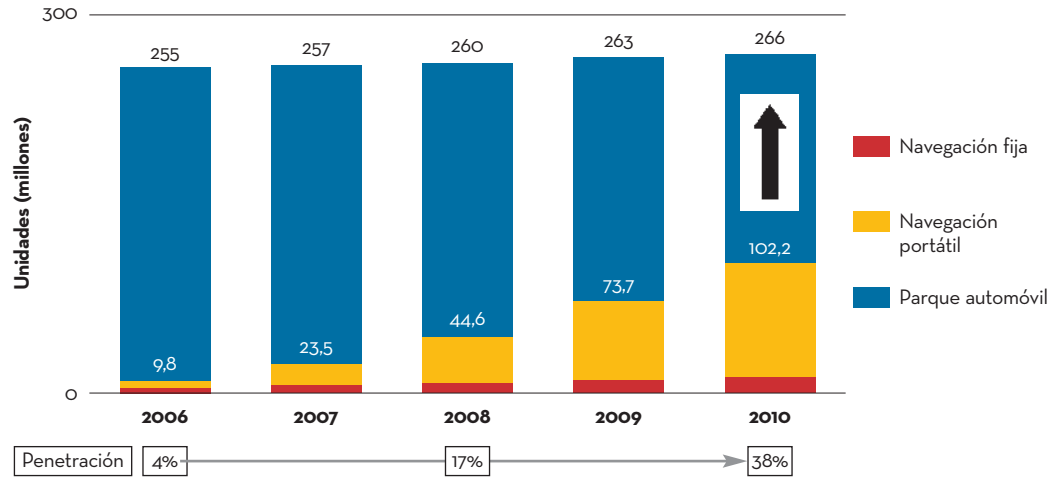


Figura 8.10. Base instalada de navegadores vs Parque Automóvil en Norte América

Fuente: TELEATLAS



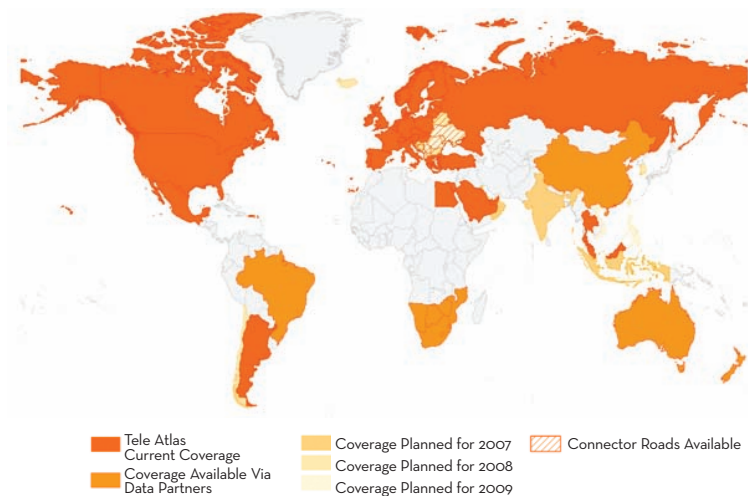
8.3.5 Situación de la cartografía digital como elemento clave

La cartografía digital se perfila como un elemento clave para el adecuado funcionamiento de los sistemas de navegación. En este sentido, desde 2002 los proveedores de mapas digitales para los sistemas de navegación de automóviles, han realizado un esfuerzo muy importante para hacer evolucionar la cobertura a nivel nacional. En este sentido, desde el año 2006, la cartografía digital dispone del

nivel adecuado y ha dejado de ser una barrera para el funcionamiento eficaz de los sistemas de navegación, habiendo alcanzado un nivel de cobertura del 100% en España por parte de los dos principales proveedores, TeleAtlas y Navteq, lo que permite que cualquier sitio, cualquier población y número de portal de las miles de poblaciones de España pueda ser introducido en los navegadores de última generación. De la misma forma, la cartografía digital ha evolucionado hacia un nivel de cobertura global en Europa occidental.

Figura 8.11. Nivel de cobertura de la cartografía digital de nivel mundial: países en el mundo 64, carreteras en el mundo 21,3 millones de Km, países en Europa 42, carreteras en Europa 8 millones de Km

Fuente: TELEATLAS

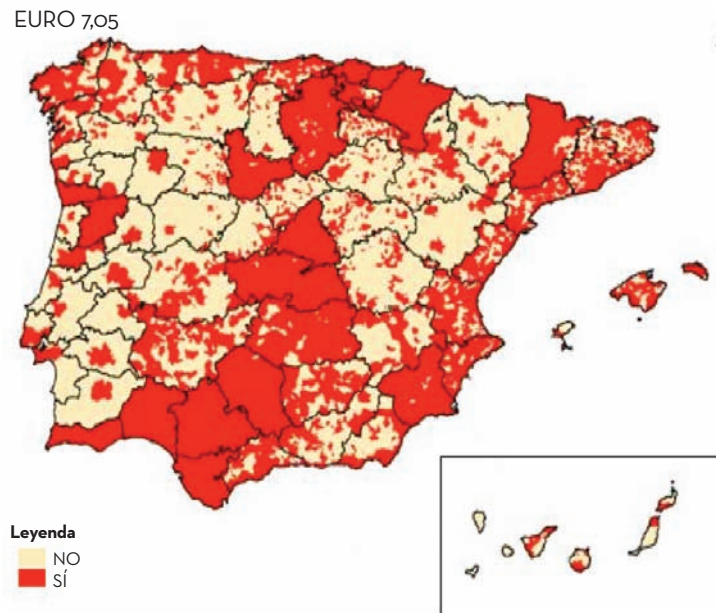


Adicionalmente, la cartografía digital ha pasado de ser un simple mapa digital a ofrecer otros servicios de valor añadido tales como geometría precisa y un nivel de detalle extraordinario sobre el entorno, destacándose que cada segmento de carretera puede presentar hasta 160 atributos tales como nombres de calles, direcciones, restricciones de giro, etc., y 46 categorías de Puntos de

Interés (Pdl) que cubren todos los datos necesarios como hoteles y estaciones de servicio así como aeropuertos e instalaciones deportivas. Así, la cobertura de Europa occidental incluye por ejemplo un millón de puntos de interés con más de 205.000 hoteles y restaurantes, 22.000 aeropuertos y estaciones de tren, 67.000 atracciones turísticas y 27.000 instalaciones deportivas.

Figura 8.12. Mapa de cobertura España y Portugal sobre número de portal 2007: España 91% y Portugal 67%

Fuente: TELEATLAS



8.3.6 Desarrollo del RDS/TMC

El sistema de radiodifusión de datos conocido como RDS, acrónimo del inglés Radio Data System, es un sistema desarrollado por la Unión Europea de Radiodifusión (EBU/UER) que permite añadir, de forma inaudible, información relacionada con los programas de radio en frecuencia modulada.

Desde un punto de vista técnico, el RDS es una transmisión digital, configurada como una sub-portadora de datos (57 Khz.), que viaja dentro de un canal de radio analógico en la Banda II (FM), consumiendo aproximadamente un 3% de los recursos del transmisor.

Bajo esta perspectiva, sus principales aplicaciones son las siguientes:

- Sintonización automática del receptor a una red de emisoras seleccionada por el usuario, lo cual, permite escuchar el mismo programa, durante un largo viaje por carretera, sin necesidad de sintonizar manualmente el receptor a otro centro emisor de la misma red, cuando la recepción pasa a ser deficiente al salir de la zona de servicio de un centro emisor determinado.
- Presentación en la pantalla del receptor del nombre de la red de emisoras que está escuchando y del tipo de programa que está recibiendo en ese momento:

noticias, asuntos generales, deportes, música, variedades, religioso, etc.

- Recepción automática de información relacionada con el tráfico. Cuando se selecciona esta característica se da prioridad a las noticias sobre el tráfico, de forma que el receptor conmutará, de forma automática, dentro de una misma red, a la emisora que emita información sobre el tráfico, y una vez terminada dicha información volverá a sintonizar, automáticamente, la emisora que previamente estaba seleccionada.
- “Radio paging” que posibilita el envío de mensajes a receptores especiales (“buscapersonas”, receptores de alarma, de control, paneles de información en carretera, etc.), mediante las emisiones de FM-RDS.
- Transmisión de otras aplicaciones tales como el Canal de mensajes de Tráfico (TMC-Traffic Message Channel), aplicación específica del RDS utilizada para la radiodifusión en tiempo real del tráfico y de la información meteorológica.

Precisamente, esta última aplicación que contribuye a la mejora de la sostenibilidad en el transporte, constituye un excelente ejemplo de sistema inteligente de transporte, haciendo posible la transmisión dinámica de información al conductor sobre retenciones, accidentes, etc., a tra-

vés de su sistema de navegación y añadiendo un elemento más.

El sistema TMC permite transmitir, codificados digitalmente, mensajes informativos acerca de:

- Naturaleza, gravedad y evolución de los problemas del tráfico que pueda haber planteados, tanto urbanos como interurbanos.
- Ayuda a la navegación a través de la recomendación de itinerarios alternativos a causa de situaciones conflictivas existentes o previstas.
- Información adicional sobre la zona por la que se está circulando.

Un mensaje estándar TMC proporciona la siguiente información:

- *Descripción del evento* (11 bits), que corresponden al código de la frase que representa la información de tráfico, meteorológica o información general.
- *Localización* (16 bits), indica el área, segmento de carretera o punto donde ocurre el evento.
- *Dirección y Extensión* (4 bits), indica el sentido de circulación y la longitud del segmento afectado (ej. longitud de cola).
- *Duración* (3 bits), indica la duración estimada del suceso, 8 valores diferentes que pueden tomarse de diversas tablas que contemplan diversos tamaños de

“grano” (desde el cuarto de hora hasta el resto del día).

- *Itinerario alternativo* (1 bit), indica si se recomienda o no a los conductores a utilizar un itinerario alternativo predeterminado.

A esta información debemos añadir aquella información implícita que el decodificador (es decir, en el sistema de navegación), podrá deducir a partir de los códigos recibidos, bien para presentarla al conductor, o bien para gestionar internamente los mensajes y que tendrá almacenada a bordo. Esta información implícita se almacena en el equipo del vehículo y consiste en:

- Tipo y número de la carretera.
- Segmento de vía.
- Área, región y país.
- Itinerario alternativo pre-asignado.
- Urgencia de presentación: extrema, normal o baja.
- Número de sentidos afectados: un sentido de circulación o ambos.
- Duración: determina si el evento va a evolucionar o va a tener larga duración.
- Status: tipo de frase que debe ser presentada (información, advertencia, peligro, o no presentación).

Para la emisión de un mensaje TMC, el sistema de información de tráfico recoge los datos proporcionados por los diversos

métodos de determinación de incidencias de tráfico (policía, control, sensorización automática, etc.). La información se recoge en la emisora, bien directamente de las fuentes o a través de la organización responsable.

Una vez recibida esta información en la estación emisora de radio que, a nivel nacional y desde finales del año 1999 es Radio Nacional de España, se filtra seleccionando la información de interés en el área de cobertura de la emisora o repeti-

tor y se codifica. La información codificada es inyectada en la señal emitida por la propia cadena y difundida.

De esta forma, un vehículo que disponga de sistema de navegación que permita la decodificación RDS-TMC traducirá el mensaje y lo presentará al conductor a través de su navegador, proporcionando al conductor mucha más información que aquella que pueda ser difundida en modo convencional y facilitando el cálculo de rutas alternativas.

Figura 8.13. Modelo conceptual de un Sistema RDS-TMC

Fuente: ERTICO



Como se ha expuesto anteriormente, el RDS-TMC utiliza un esquema de codificación que permite optimizar el uso del pequeño canal de datos disponible. El esquema se basa en la definición de un catálogo de descripciones verbales de situaciones de tráfico comunes (tabla de eventos) y descripciones verbales de las localizaciones (tabla de localizaciones) donde estas situaciones ocurren (regiones, cruces, carreteras, poblaciones o puntos relevantes) a cada una de las cuales le corresponde un único código. Los códigos también corresponden a frases que describen la duración estimada de eventos, consejos relativos a la conducción o indicadores de magnitud de los sucesos.

Cada tabla de localizaciones (LTN) dispone de un máximo de 65.535 puntos (16 bit), entre el 1 y el 63.487 deben codificarse por una sola entidad en cada país. Las 2.047 localizaciones restantes se reservan para EUROAD, de manera que son comunes para todo el ámbito de cobertura Europeo. Estas localizaciones codificarán mensajes de tipo internacional, dirigidos a Trans European Road Network (TERN). Un país puede tener más de una tabla de localizaciones y para que un navegador pueda mostrar la información de cada una de ellas, será necesario que estén disponibles por el software de navegación (memoria, CD, DVD), así como será necesario que las

tablas de localizaciones sean actualizadas, al igual que la cartografía del navegador.

De la misma forma y en relación con los eventos, existen 2047 posibles códigos (11 bit), de los cuales la tabla 'Alert-C', estándar europeo para el intercambio de información de tráfico a través del RDS-TMC canal, define 1375.

8.3.7 Conclusiones

Los nuevos sistemas de posicionamiento global han permitido el desarrollo de múltiples soluciones que permiten al usuario estar localizado en todo momento, destacándose la navegación entre una de las aplicaciones más significativas.

En el pasado se perfiló como hito tecnológico la integración de tres tecnologías preexistentes que supusieron el gran salto de estos sistemas al mercado: GPS, cartografía digital y comunicaciones inalámbricas. Hoy en día parece que contar con tecnologías de posicionamiento preciso no es suficiente, pues los sistemas evolucionan hacia nuevos servicios cada vez más sofisticados.

En este sentido, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), continuarán evolucionado para proporcionar nuevas soluciones para superar los importantes retos sociales del futuro, incrementando la seguridad vial y la eficiencia global de los sistemas de transporte de forma sostenible.

8.4 LAS TIC Y LOS BUQUES DE TRANSPORTE

Jaime Torroja, RAI

8.4.1 Antecedentes históricos

En la segunda mitad del Siglo XV la aparición de la carabela, dotada de velas latinas, que le permitían ceñir (navegar contra el viento), lanzó a Portugal y a España a la navegación de altura por el Atlántico Sur, el Índico y el Pacífico Sur en el caso de Portugal, y por todo el Atlántico y el Pacífico en el de España.

Frente a los riesgos de una mar muy desconocida, y la incertidumbre de la geografía y de la propia posición, los recursos de los navegantes se limitaban a: emplear en los barcos relaciones dimensionales probadas por la experiencia entre eslora y manga, manga y puntal y calado y puntal; estancar el forro y reforzar la estructura; limitar el calado en carga dejando francobordo suficiente, a juicio del piloto; colocar las cargas pesadas en la parte baja del buque; y calcular la latitud por observación astronómica, y la longitud por estima, con ayuda de la corredera.

En el siglo XVIII dos cambios importantes mejoraron notablemente la segu-

ridad de la navegación de altura: la invención del cronómetro, que permitía, con la observación astronómica, fijar la posición del barco en latitud y longitud, y el desarrollo de la Teoría del Buque, en que podían apoyarse los cálculos de estabilidad intacta y en avería, permitiendo elegir racionalmente las dimensiones, la forma y la disposición general del buque.

Las principales causas de naufragio de los buques eran: la pérdida de estanquidad de las costuras del forro; la pérdida de flotabilidad por insuficiente francobordo y embarque de agua por aberturas sobre cubierta; la pérdida de estabilidad por corrimiento de carga, o por altura excesiva de su centro de gravedad; la varada, por error en el cálculo de la posición, por falta de visibilidad o por fallo del gobierno o del aparejo; y el incendio, generalmente originado en la cocina.

A continuación se tratan los buques actuales y cómo las TIC contribuyen a mejorarlos.

8.4.2 Los buques de transporte

Los tipos de buques mercantes se corresponden con las mercancías que transportan. Con pocas excepciones la maquinaria propulsora, el puente de gobierno y los alojamientos se sitúan a popa de los tanques o bodegas de carga. La propulsión suele ser diésel, por su bajo consumo específico de combustible.

Dependiendo del tipo de carga el tamaño de un buque mercante puede definirse por dos magnitudes: una de peso, el Peso Muerto; y otra de volumen, el Arqueo Bruto.

- El *Peso Muerto* es el peso máximo de carga, consumos, tripulación y efectos que puede llevar el barco, cargado hasta el calado máximo de proyecto. Se mide en Toneladas de Peso Muerto, *TPM* o *DWT* (Deadweight Tons).
- El *Arqueo Bruto* es el volumen de los espacios cerrados. Se mide en toneladas de arqueo, equivalentes a 100 pies cúbicos. Su cálculo, muy complejo, se ha simplificado recientemente, dando como resultado las *GT* (Gross Tons).

La capacidad de transporte de un buque depende de la cantidad de carga que puede transportar y de la velocidad de servicio, que es la del buque a plena carga, en condiciones medias de

mar, casco moderadamente sucio, y equipo propulsor a determinado porcentaje (generalmente el 80%) de su potencia máxima continua.

La medida de carga transportable depende de su tipo. En las de alto peso específico, en que el factor limitativo es el peso (como la mayoría de los crudos, combustibles pesados y graneles sólidos) la magnitud apropiada es el Peso Muerto. En el caso de cargas ligeras, como la carga general, la refrigerada o el gas natural licuado, en que el factor limitativo es el volumen, la magnitud apropiada es el Volumen de Bodegas o Tanques de Carga.

En el caso de carga general en contenedores, que se estiban parte en bodegas y parte en cubierta, la magnitud significativa es el número máximo de TEU's (Twenty-foot Equivalent Units), contenedores de 20x8x8,5 pies, que el buque puede transportar.

A diferencia de lo que ocurre en los vehículos terrestres y, sobre todo, en los aviones, en que un fallo estructural grave o la pérdida de la propulsión o el gobierno pueden ser fatales, en los barcos los mismos fallos suelen tener consecuencias menos graves. El fracaso estructural suele ser por fatiga, y puede evitarse si, conocida la iniciación de una grieta, es posible llevar al barco a aguas protegidas. La pérdida de la propulsión o la del gobierno

dejan al barco a merced de la mar, con el remolque o el fondeo como únicos remedios posibles. El remolque es posible si el estado de la mar no es muy malo y los remolcadores llegan a tiempo. El fondeo es posible si la profundidad no es mucha y hay suficiente distancia a la tierra a sotavento. Por ello son frecuentes el propulsor y el timón únicos.

De todos modos la mayoría de los sistemas de información y comunicaciones en los buques de transporte están más relacionados con la seguridad que con el consumo de combustible que, por tonelada transportada y milla recorrida, es mucho más bajo que en el caso del transporte terrestre y, sobre todo, que en el aéreo. La razón principal de ello es que, mientras un camión o avión transportan decenas de toneladas, y un tren cientos de toneladas, un buque puede transportar desde miles a cientos de miles de toneladas. Como contrapartida, y precisamente debido al gran tamaño de los barcos, un solo accidente puede producir daños ecológicos mucho mayores que en el caso de un camión, un tren o un avión.

Entre los buques de transporte de graneles líquidos figuran:

- Los *Petroleros de crudo*, que han sufrido cambios importantes desde su aparición, a principios del siglo XX. Inicialmente tenían fondo y forro sencillos, un único

mamparo longitudinal a crujía, y varios transversales, que definían parejas de tanques con crudo o productos en los viajes en carga, o agua de lastre en los de regreso. En el segundo tercio del siglo XX el mamparo longitudinal central se sustituye por dos laterales, formando una serie de tanques centrales y dos de laterales.

En la segunda mitad del siglo XX se toma conciencia del riesgo de contaminación por el lavado de tanques de carga en la mar, durante los viajes en lastre. A partir de los años 70 se tiende a separar los tanques de carga de los de lastre y se hacen más estrictas las reglamentaciones internacionales. En el último cuarto del siglo XX, y también por razones ecológicas, aparecen los impropriadamente llamados “petroleros de doble casco” (en realidad, de doble forro), dotados de doble fondo y con mamparos longitudinales muy separados, en que los tanques centrales llevan carga y los laterales y de doble fondo, lastre limpio.

La maquinaria propulsora predominante en los petroleros de crudo ha sido inicialmente la de máquina alternativa de vapor, seguida por la turbina de vapor, y finalmente por el motor diésel, de consumo específico más bajo.

El tamaño de los petroleros de crudo ha ido creciendo con el tiempo, hasta sobrepasar las 500.000 TPM, aun-



Figura 8.14. Monte Granada. Petrolero de producto.

que hoy raramente superan hoy las 250.000. Hay dos tamaños característicos: el Panamax, de unas 65.000 TPM, limitado por las dimensiones aceptables en el Canal de Panamá, y el Suezmax, de unas 150.000 TPM, limitado por las admisibles en el Canal de Suez.

En la figura 8.14 puede verse el “Monte Granada”, Suezmax de 150.600 TPM.

- Los *Petroleros de productos*, casi siempre de 25.000 a 60.000 TPM, han evolucionado de forma similar a los de crudo. Difieren de ellos en el menor tamaño y en que su sistema de tanques y tuberías de carga puede llevar simultáneamente dos o más tipos distintos de producto. Es importante, en estos buques, evitar la contaminación de productos ligeros, llamados “blancos o limpios”, por los pesados, llamados “negros o sucios”. Para ello los tanques para productos blancos suelen llevar revestimiento, innecesario para los negros.
- Los *Quimiqueros*, buques dedicados al transporte de productos químicos a presión y temperatura ambiente, suelen ser menores que los Petroleros de productos, y tienen, aún más que aquéllos, el problema de la contaminación entre cargas. Por ello no sólo llevan revestimiento de tanques sino que, en muchos casos, la estructura de éstos es de materiales

especiales, como aceros inoxidable. Además se procura que los mamparos que limitan los tanques lleven refuerzos por el exterior para limitar la superficie en contacto con la carga. Con frecuencia creciente se construyen buques que pueden operar como Petroleros de Productos o como Quimiqueros.

- Los *Gaseros*, hasta la mitad del siglo XX, llevaban hidrocarburos gaseosos, como butano y propano, en fase líquida y en tanques de presión. En los años 60 empezaron a construirse buques con tanques prismáticos, de aceros de baja aleación, que mantienen sus propiedades mecánicas hasta temperaturas de -48°C . Estos barcos, con equipos de descarga modificados, pueden llevar también amoníaco anhidro óxido de etileno. Su tamaño variaba entre los 3.000 y los 70.000 metros cúbicos de capacidad de tanques. Tienen planta de relicuación del gas evaporado y propulsión diésel.

También a principios de los 60 se inició el transporte de Gas Natural Licuado (GNL), a presión atmosférica y -162°C , lo que plantea complejos problemas de tensiones térmicas debidas a la contracción del material de los tanques. Carecen de planta de relicuación, y la propulsión es generalmente de turbinas de vapor, quemando gas y combustible líquido, o

motores diésel quemando los mismos combustibles.

Tras los importantes avances técnicos en los sistemas de contención del GNL en los buques gaseros, siempre provistos de doble forro, actualmente coexisten dos tecnologías principales:

- La de *tanques autorresistentes esféricos, de aleación aluminio-magnesio*, aislados, apoyados en cáscaras cilíndricas soldadas al ecuador de cada tanque y al casco del buque, y parcialmente aisladas para reducir las tensiones térmicas debidas a la contracción de los tanques. La contención de la carga se asegura mediante una barrera primaria que es el tanque, una barrera secundaria bajo el mismo, y un sistema de detección de fugas.
- La de *membranas aisladas, apoyadas en el forro interior del buque, con una barrera primaria, de aleación Invar*, cuyo bajísimo coeficiente de contracción térmica reduce drásticamente las tensiones, y otra secundaria de acero inoxidable. En el aislamiento entre ambas un sistema de canales permite la detección de fugas.

Los buques de transporte de graneles sólidos incluyen:

1. Los **Graneleros**, destinados al transporte de carga sólida a granel, cuyas densidades varían en un amplio rango, del grano al mineral. Tienen doble fondo y una única cubierta, tolvas laterales

sobre el doble fondo, para aumentar la capacidad de lastre y facilitar la descarga, y tanques altos de sección transversal triangular bajo cubierta, utilizables para lastre o para completar cargas de baja densidad. Carecen de medios de descarga. Los primeros graneleros tenían simple forro en el costado, mientras que los actuales tienen doble forro, formando tanques laterales de lastre.

El amplio rango de densidades de la carga plantea problemas. Las cargas de grano llenan totalmente las bodegas y los tanques altos, mientras que las cargas de mineral no pueden distribuirse entre todas las bodegas, porque bajaría demasiado el centro de gravedad del buque, dando lugar a una estabilidad excesiva y a aceleraciones transversales inaceptables. Por ello la carga de mineral en graneleros debe hacerse en bodegas alternas, elevando así el centro de gravedad del buque y manteniéndolo en posición longitudinal adecuada. Esto último conduce a un número impar de bodegas.

Dos variantes del granelero son el Mineralero puro y el Granelero combinado:

- El *Mineralero puro*, con doble forro y doble fondo muy alto, sin tolvas ni tanques altos, está diseñado exclusivamente para transportar mineral, evitando una estabilidad excesiva.



Figura 8.15. Gasero Madrid Spirit de 138.000 m³ de capacidad y tanques de membrana.



Figura 8.16. Castillo de Catoira granelero de 173.200 TPM.



Figura 8.17. MSC Pamela, portacontenedores de 9.800 TEU's.

- El Granelero combinado (OBO o Ore Bulk Oil) está orientado a hacer en carga dos de los tramos de un mismo viaje: uno con mineral en bodegas centrales altas, similares a las de un mineralero, y otro con petróleo crudo en los tanques laterales y de doble fondo. Por razones ecológicas tiende a desaparecer.

2. Los *buques de carga general* incluyen actualmente, como elemento básico, además de los cargueros clásicos de dos cubiertas, los Portacontenedores y los Buques de Carga Rodada (Roll-on/Roll-off o Ro-Ro en la terminología inglesa).
3. Los *Portacontenedores* están basados en la adopción generalizada del contenedor como pieza fundamental del transporte, tanto marítimo como por ferrocarril y por carretera. De los tipos normalizados propuestos el más aceptado es el TEU (Twenty-foot Equivalent Unit).

La adopción del contenedor como elemento de manejo de carga facilita el transporte multimodal entre barco, tren y camión; protege la carga, reduciendo las reclamaciones; hace más rápidas y baratas las operaciones de carga y descarga y disminuye los espacios muertos. Como contrapartida aumenta las inversiones en

puertos, buques y contenedores; y requiere mover contenedores vacíos que, por razones de estabilidad, hay que colocar en las capas más altas, lo que implica sistemas informáticos complejos.

Como las ventajas superan con mucho los inconvenientes, la difusión de los contenedores ha sido el cambio más importante en el transporte marítimo en el último cuarto de siglo.

Los *Buques de Carga Rodada* son una alternativa a los Portacontenedores en el transporte intermodal, sustituyendo los contenedores por remolques o “trailers” para transporte de carga general, o por vehículos, especialmente automóviles. Los remolques o automóviles entran y salen del buque mediante rampas, arrastrados por tractores en el primer caso y autopropulsados en el segundo.

Finalmente deben citarse los *Buques de Pasaje* que, desplazados por el avión del transporte transoceánico, y por el automóvil del costero, tienen hoy su oportunidad en el transporte marítimo de corta distancia, mediante Transbordadores Rápidos. En paralelo con el incremento del nivel de vida en los países desarrollados han aparecido los buques de crucero, cuya finalidad no es tanto el transporte de pasajeros como un nuevo tipo de ocio.

En los *Transbordadores Rápidos*, de configuraciones muy diversas, que pueden

ir del monocasco clásico al buque de sustentación dinámica, pasando por el monocasco planeador y el catamarán, la idea es acortar el tiempo de travesía, evitando pernoctar a bordo, y sustituyendo el camarote por la butaca, aprovechando mucho mejor el espacio disponible.

Los *buques de crucero*, al contrario de los Transbordadores Rápidos, están orientados al ocio, con estancia de los pasajeros a bordo en camarotes y espacios comunes, y con visitas a tierra en el entorno de los puertos de escala. Básicamente son hoteles flotantes móviles.

8.4.3 Las TIC y los buques de transporte

La relación entre las TIC y los buques de transporte se inicia con los estudios económicos, sigue con las distintas fases del diseño, continúa durante la construcción y se mantiene durante toda su vida útil.

Fase de estudios económicos y decisión de las características comerciales de los buques

Se utilizan recursos informáticos generales para optimización de flotas. Partiendo de las necesidades de transporte y del tipo de buque se determina el número de buques necesario, su peso muerto o capacidad cúbica, velocidad de servicio, dimen-

siones, costos de construcción y operación, ingresos de explotación y cifra de mérito de cada alternativa. Esta cifra suele ser el Valor Actual Neto (VAN) o la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

Conviene aclarar que esta forma de actuar conduce a una inversión más rentable para el Armador del buque y no a un gasto mínimo de combustible. En primera aproximación, prescindiendo de los tiempos en puerto (lo que es legítimo en navegaciones largas y estancias en puerto cortas) la capacidad de transporte de un buque dado es proporcional a su velocidad de servicio, y el consumo de combustible es proporcional al cuadrado de la velocidad citada. Con lo que el consumo y el costo de combustible por tonelada transportada son aproximadamente proporcionales a la velocidad de servicio del buque. Por esta razón, cuando el precio del flete es bajo o el costo de combustible alto, los barcos que no cubren servicios regulares tienden a operar a velocidad inferior a la de servicio de proyecto.

Fase de proyecto de contrato, de clasificación y de detalle

Se utilizan también herramientas informáticas específicas para el proyecto y la construcción de buques, creando modelos tridimensionales, con su geometría y atri-

butos, bien trabajando en una Red de Área Local (LAN), desde un único centro de trabajo, bien desde una red de área extendida (WAN) desde varios centros en localidades diferentes. En la mayoría de los astilleros y empresas de ingeniería de España, y en parte de los de Europa, Asia y América, la herramienta utilizada para realizar las citadas fases del Proyecto es el Sistema FORAN, al que hace referencia en el capítulo 4.

Operación del buque

Durante la Operación del buque se siguen utilizando las TIC para realizar las siguientes funciones:

- En momentos discretos:
 - Mantener comunicación con las oficinas del Armador, con los consignatarios en los diferentes puertos y con las Autoridades portuarias.
 - Planificar las entradas en dique para limpiar fondos con la frecuencia y en las fechas más adecuadas, reduciendo el consumo de combustible sin perder muchos días de operación.
- Durante la carga y la descarga:
 - Comprobar, mediante lectura remota de sensores de calado, que el calado medio al final de la carga no excede del de proyecto, y que la diferencia de calados es adecuada. Análogamente, comprobar

que los calados a proa y a popa durante la descarga, y al final del lastrado, son suficientes para la navegación.

- Comprobar que las estabildades intacta y en avería durante la carga o la descarga, en la condición de salida de puerto y en la de llegada son adecuadas. Los pesos de líquidos en tanques de consumos y en tanques de lastre se calculan automáticamente en función de las sondas correspondientes. Lo mismo se hace con los líquidos en tanques de carga en los petroleros de crudo y de productos, en los quimiqueros y en los gaseros. En los graneros se procura llenar bodegas completas, de peso y centro de gravedad de la carga conocidos, y estimando el peso y centro de gravedad de la carga en bodegas no totalmente llenas. En portacontenedores se utilizan herramientas específicas para reducir el manipuleo de los contenedores, tanto llenos como vacíos, durante cada viaje redondo.
- Comprobar que los momentos flectores y fuerzas cortantes a que está sometido el buque son menores que los establecidos para el buque por las entidades reguladoras.
- Durante la navegación:
 - Repetir, con la frecuencia adecuada, las comprobaciones antes citadas, para

tener en cuenta las variaciones en los tanques de consumos.

- En los buques de línea regular, mantener la velocidad mínima compatible con el cumplimiento de los programas establecidos.
- Elegir la combinación de ruta y velocidades teniendo en cuenta los mapas del tiempo recibidos y el resto de la información meteorológica.
- Utilizar, en caso necesario, los servicios de las empresas de ayuda en la selección de rutas.

8.4.4 Las TIC y la mejora de la seguridad y la eficiencia del Transporte Marítimo

La aparición de la *Radiotelegrafía* a principios del siglo XX, la rápida difusión de las radiocomunicaciones y la pérdida del Titanic dieron pie a la obligatoriedad de la radiotelegrafía a bordo, primer paso en el uso de las TIC en buques, y al Convenio para la seguridad de la vida humana en la mar (SOLAS en su acrónimo inglés).

Es curioso que la Radiotelegrafía diera lugar a la expresión “buque párrafo”, utilizada para designar los barcos cuyas características venían obligadas por alguna regulación nacional o internacional. La existencia de muchos buques con 1.599 TRB se debió a la fijación en 1.600 TRB el

arqueo bruto a partir del cual era obligatorio llevar telegrafista a bordo.

El primer avance en la Radionavegación fue el *Radiogonio*, que indicaba la dirección desde la que se recibían señales de radio, y que se declaró obligatorio en ciertos tipos de buques en 1931. La Segunda Guerra Mundial dio un fuerte impulso a la tecnología, incluyendo las comunicaciones VHF y, sobre todo, el *Radar Marino* y los sistemas de determinación de la posición basados en radio.

En la segunda mitad del siglo XX la navegación marítima se encontraba en una situación singular. En los largos viajes oceánicos la posición del buque se determinaba con ayuda de sextante y cronómetro, como en el siglo XVIII. Por el contrario, en determinadas zonas los *Sistemas de navegación hiperbólica* permitían fijar la posición con razonable precisión hasta a 50 millas de la costa (Decca Navigator), y también a mayor distancia (Loran).

A finales de los 60 del siglo pasado la Organización Marítima Internacional (OMI, o IMO en países anglosajones), consciente de la importancia de los sistemas de navegación por radio para mejorar la seguridad y disminuir el riesgo de contaminación marina, adoptó su primera Recomendación sobre el uso de equipos electrónicos de fijación de la posición en

buques de transporte de combustibles u otras cargas peligrosas a granel.

A finales de la década de los 80 la OMI comenzó un estudio sobre un sistema global de navegación que permitiese fijar la posición en cualquier parte del mundo mediante equipos electrónicos modernos y fiables. No se consideró viable que la OMI financiase este sistema, pero el informe resultante del estudio incluía un resumen de los sistemas de radionavegación terrestre (Omega, Loran-C, Chayka), y también de los *Sistemas de navegación por satélite* que entonces estaban en desarrollo (GPS y GLONASS).

Como resultado la OMI decidió reconocer o aceptar los sistemas existentes o en desarrollo que cumplieran con normas internacionales para uso en buques en rutas internacionales. Con ello se hacía posible fijar la posición en casi todo el Mundo, en cualquier condición atmosférica, dando un gran paso adelante en la seguridad de la navegación y en la eficacia operativa.

Para el futuro, la OMI ha establecido los requisitos básicos para un *Sistema de navegación global por satélite* (GSNS) para usos marinos. La OMI se propone trabajar de acuerdo con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), cuando se produzcan desarrollos en la implantación de tal sistema.

Por lo que respecta a las *Radiocomunicaciones*, la vigilancia manual de los canales de alarma ha sido sustituida por el *Sistema global marino de alarma y seguridad* (GMDSS), mucho más rápido, sencillo y fiable que aquella. La OMI promovió el establecimiento de un sistema marino de comunicación por satélite a principios de los años 70 del siglo pasado. En 1979 el establecimiento de Inmarsat permitió el desarrollo del GMDSS y cubrió el principal objetivo perseguido por la OMI.

El sistema GMDSS asegura que las autoridades de búsqueda y rescate (SAR) en tierra y en los buques próximos al buque o las personas en peligro sean alertadas inmediatamente para movilizarse. Todo buque con GMDSS puede realizar las funciones de comunicaciones necesarias para su propia seguridad y la de los buques en su zona, cualquiera que sea.

Del mismo modo que los avances tecnológicos arrumbaron el sextante y el cronómetro, y más tarde el código morse y la necesidad de radiotelegrafista a bordo, cambiará la forma en que se presenta la información. Actualmente la carta náutica se está sustituyendo por una *Presentación de carta electrónica y sistema de información* (ECDIS) y la información no se limita ya a dos dimensiones. La carta electrónica es en realidad una base de datos accesible de muchas formas: por ejemplo, ais-

lada, integrada con el radar, o integrada también con un Sistema de Identificación automática (AIS).

El *Sistema de identificación automática* (AIS) no sólo presenta la información visible, sino también una vista plana procedente del radar, un diagrama de situación mediante el ECDIS, e información interna de otros buques próximos, como nombre, rumbo y velocidad.

Los desarrollos tecnológicos de los equipos de navegación están creando cierta situación de conflicto entre los conocimientos del oficial de guardia y las reglas que está obligado a seguir. Las reglas de colisión, relacionadas con información visual diurna o nocturna, son un buen ejemplo. Se basaron en la

tecnología y la práctica de los días de la navegación a vela y, a excepción de la introducción del radar, los principios han cambiado muy poco. Pero la tecnología actual permite sustituir las antiguas reglas por un conjunto de instrucciones lógicas que pueda procesar un ordenador.

Muchas empresas navieras utilizan *Sistemas de gestión de la información* que integran las actividades realizadas en tierra con las realizadas a bordo. El Código ISM da un paso más, estableciendo normas internacionales para la implantación de Sistemas de gestión de seguridad en la empresa y en sus buques. El cumplimiento de dichas normas se facilita con aplicaciones informáticas.

8.5 LAS TIC Y EL TRANSPORTE AÉREO

José Luis López Ruiz, RAI

Jesús López Díez, ETSIA

8.5.1 Introducción

El vuelo humano ha representado una conquista más para la mejora de la rapidez de información y de las comunicaciones, permanente deseo del Hombre.

Cuando nace la Aviación, a principios del siglo XX, lo hace con un espíritu deportivo pero sustituye inmediatamente a los aeróstatos, globos y dirigibles, como elemento para captar y transmitir información militar que permite tener al que la posee una clara ventaja frente al enemigo.

Después su aplicación se extiende al ataque de las tropas enemigas en el suelo, bombardeo y ametrallamiento, así como al combate aéreo para impedir que los aviones enemigos puedan realizar sus funciones.

8.5.2 El transporte aéreo

Al acabar la Primera Guerra Mundial se ve ya clara la posibilidad de utilizar el avión como elemento de transporte de correo, pasajeros y mercancías mediante una adecuada transformación de aviones militares.

En el caso del transporte de pasajeros es necesario modificar el fuselaje de los aviones de bombardeo. Nace así un nuevo medio de transporte, complementario de los terrestres, por ferrocarril y carretera, y del marítimo.

Al igual que el transporte marítimo es un medio *flexible* respecto a la estructura que necesita para operar, ya que una instalación terminal adecuada permite el enlace del punto en que está situada con todos los puntos que tengan instalaciones similares y estén al alcance del avión utilizado. No precisa instalaciones de enlace fijas como los medios de transporte terrestre.

Pero lo que es más característico de este nuevo medio de transporte es su *rapidez*, lo que permite realizar viajes intercontinentales de menor duración de la requerida por el transporte marítimo.

Antes de iniciarse el transporte aéreo de pasajeros se había utilizado el avión como medio de *transmisión de información* para el correo o el avance de noticias de la posible llegada a puerto de algunos viajes transatlánticos importantes.

Cuando el transporte aéreo empieza a crecer y aceptarse como normal, los Estados toman conciencia de su obligación de proteger a las personas que vuelan y a las que son sobrevoladas, exigiéndole una *seguridad* que afecta al vehículo, su forma de operación, la adecuada conservación de sus características y las instalaciones que va a utilizar para su operación. A ello se van a unir después exigencias de *ecología*, que el autor de esta monografía resumida prefiere llamar *educación* por ser un buen comportamiento frente a los próximos, ya que la frecuencia va aumentando y concentrándose en ciertas áreas con molestias de ruido y contaminación para los habitantes de su entorno.

El tiempo ha ido consolidando una posición del transporte aéreo con las lógicas exigencias de *confort* y de *economía* que son consustanciales a todo medio de transporte, de forma que este nuevo medio sea una opción más para un sector cada vez más extenso de la humanidad. No cabe duda de que el transporte aéreo puede subvencionarse para favorecer su desarrollo, como cualquiera de los otros medios, entendiéndolo que es un servicio que se presta a la comunidad y es generador de otras actividades, pero si se desea que sea rentable por sí mismo hay que prestar especial atención para que esto se

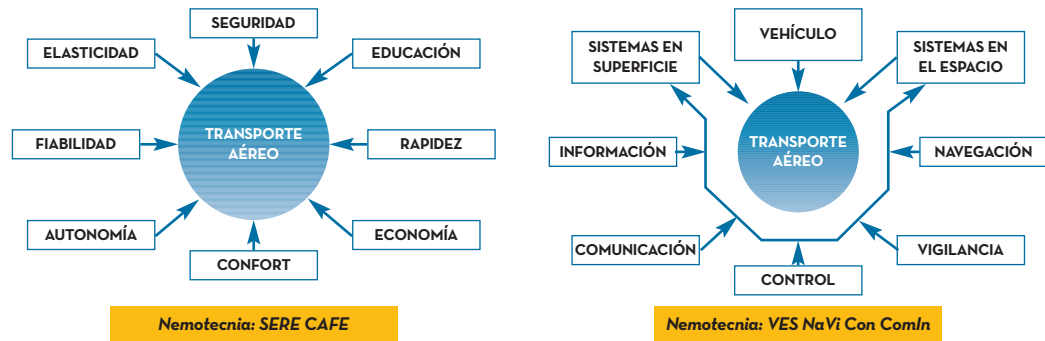
extienda no sólo a quienes operan los aviones sino también a los que los *proyectan, fabrican y mantienen* constantemente en *condiciones seguras de operación*.

Otra característica que cada vez se exige más al transporte aéreo es la *fiabilidad* en el cumplimiento de su función en el tiempo previsto en un sistema de transporte muy sensible a las condiciones atmosféricas. Afortunadamente la espectacular evolución de las TIC y otras ciencias y técnicas durante el siglo XX ha permitido mejorar enormemente los sistemas de información, comunicaciones, navegación y control de los aviones, lo que repercute favorablemente en la fiabilidad de la misión y aceptación por los pasajeros.

Hay otra aspiración en el transporte aéreo y es que tiende a ser cada vez más autónomo, tratando de depender menos de información recibida del exterior para su operación, y también cada vez más elástico, de forma que un mismo avión pueda realizar de forma rentable distintas operaciones de la óptima para la que fue proyectado, lo que permite reducir el número de tipos diferentes de avión para satisfacer demandas de flujo y alcance diferentes.

Si los autores de esta monografía resumida sobre las características del transporte aéreo fueran profesores de esta materia recomendarían a los alumnos la regla nemotécnica SERE CAFÉ, o la grafía

Figura 8.18. Características y elementos del transporte aéreo



de la figura 8.18, para recordar las principales Características del Transporte Aéreo.

En la figura 8.18 se recogen los principales elementos del transporte aéreo ya que, además del vehículo, son muy importantes los sistemas en la superficie terrestre o en el espacio que puedan dar y recibir información. De nuevo una regla nemotécnica podría ser para este gráfico: VES NaVi Con ComIn.

8.5.3 El vehículo

Como consecuencia de todas las exigencias mencionadas, el vehículo aéreo es relativamente complejo, tanto por los sistemas que debe incorporar como por su forma externa, que debe ser adecuada para conseguir una fuerza sustentadora capaz de equilibrar su peso y presentar

una resistencia al avance en el aire lo menor posible. Además debe ser estable en la respuesta a las perturbaciones que presenta la atmósfera, turbulencia y ráfagas, y tener elementos que permitan a la tripulación el control del vehículo.

A todo lo anterior se unen las diferentes formas para conseguir la sustentación ya que puede haber vehículos aéreos de menor densidad que el aire, los dirigibles, o más densos, las aeronaves, que, a su vez, pueden conseguir la sustentación con alas fijas, los aviones, o con alas giratorias, los helicópteros, o bien combinando ambos elementos en formas denominadas combinados o convertibles.

En cualquier caso es un vehículo que, empleado fundamentalmente para mejorar la información y las comunicaciones, debe precisamente la eficacia en estas

funciones a las mejoras en las técnicas de información y comunicaciones incorporadas a los sistemas que se van desarrollando tanto en el propio vehículo, como en la Superficie Terrestre o, a partir de 1957, en el Espacio.

Limitándonos a los aviones, que actualmente es el vehículo aéreo más numeroso para el transporte aéreo, pueden distinguirse tres componentes principales: la célula, la propulsión, y los sistemas (figura 8.19).

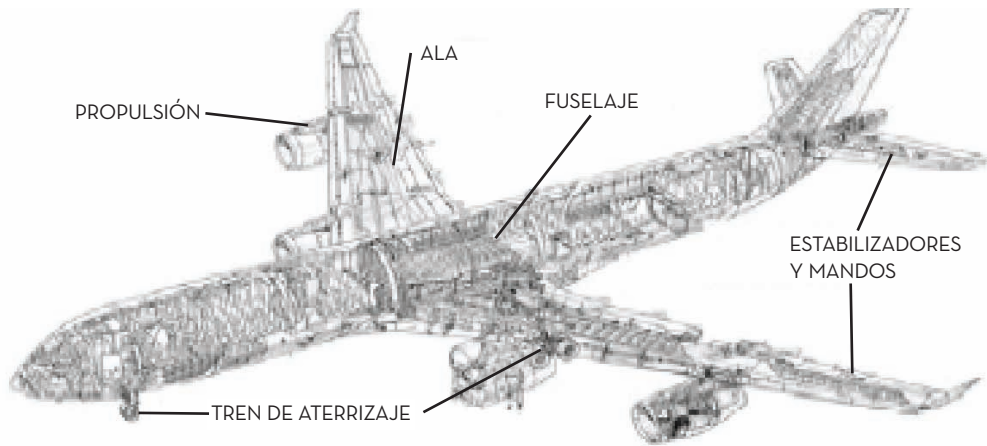
La célula

En la célula suelen distinguirse los elementos sustentadores: las alas (en el caso de

helicópteros sería su rotor o rotores), los portadores de la carga de pago y tripulación: el fuselaje, los de estabilización y control: estabilizadores, timones, compensadores y otros controles (aerofrenos, ruptores de sustentación o spoilers), los necesarios para un contacto con la tierra o el agua en las operaciones de inicio o fin de vuelo: el tren de aterrizaje, y, finalmente, carenas para un acoplamiento suave entre los diversos componentes.

Todos los elementos anteriores constituyen un sólido, deformable a voluntad del piloto o automáticamente, cuya estructura debe ser capaz de resistir sin daño permanente las acciones estáticas y dinámicas de las fuerzas gravitatorias, aerodi-

Figura 8.19. Radiografía del avión con sus componentes principales



námicas e inerciales que se presentan durante la operación de la aeronave.

Su desarrollo ha venido condicionado por la evolución de ciencias como la aerodinámica, la mecánica del vuelo, o los materiales, pero muy fundamentalmente por las ciencias de la información, que han permitido el uso de nuevos métodos para el cálculo estructural y aerodinámico, la mecánica del vuelo, tratamiento estadístico de la información disponible y el propio diseño de toda la célula. Métodos de tipo matricial, como el NASTRAN para el cálculo estructural, los de generación de mallas para la óptima posición de los nudos de cálculo, los de proyecto integral y generación de documentación, como el CATIA, la fabricación asistida por ordenador CAM (Computer Assisted Manufactured) son ahora posibles gracias a la informática. Es más: actualmente los sistemas de ordenadores en paralelo tienen su aplicación en el cálculo de velocidades y presiones en la estela de un elemento como el rotor de helicóptero; todos ellos utilizan para el cálculo la misma ley de Biot-Savart pero cada uno con datos procedentes de todos los otros.

Así, desde las primeras estructuras de madera y tela se ha pasado a las actuales metálicas y de materiales compuestos, después de utilizar las de acero soldado, aleaciones de metales ligeros semimono-

casco o monocasco, o con componentes mecanizados y forjados.

De las configuraciones biplanas arriostradas se ha ido hacia las moplanas cantiléver con formas en planta de ala y con geometría y disposición de estabilizadores y mandos adecuadas a la velocidad de vuelo del avión, especialmente al número de Mach, que expresa la relación entre su velocidad y la del sonido.

El tren de aterrizaje fijo a la estructura de los primeros aviones dio pronto paso al tren de aterrizaje retráctil, para reducir la resistencia aerodinámica en vuelo de crucero y la rueda de cola pasó a proa para permitir la mejor dirección del avión en las maniobras en tierra.

A pesar de todo el avión actual sigue presentando una variedad grande de formas exteriores ya que debe adaptarse al cumplimiento de unas misiones que son también muy variadas, tanto en distancias a recorrer como en cargas de pago a transportar.

La propulsión y sistemas asociados

Sería absurdo no aceptar que uno de los factores más importantes que han condicionado el desarrollo del transporte aéreo ha sido la evolución de la propulsión de las aeronaves.

En la propulsión pueden distinguirse los propios elementos motopropulsores,

los elementos para su unión a la célula y los sistemas del grupo motopropulsor.

Grupo motopropulsor

Los primeros grupos motopropulsores eran motores de explosión que accionaban hélices de paso fijo, tal como en el avión Flyer de los hermanos Wright. Muy pronto empezaron a utilizarse hélices de paso variable, dos pasos o control continuo de paso en vuelo, para poder obtener un rendimiento adecuado, tanto en condiciones de despegue, pequeña velocidad y gran potencia, como en crucero, menor potencia y mayor velocidad. Para ello fue necesario disponer de energía de presión hidráulica para actuar los mecanismos correspondientes.

Como los motores de explosión realizan su combustión a volumen constante y la densidad del aire de alimentación disminuye al aumentar la altura de vuelo, con objeto de evitar las perturbaciones causadas en las capas bajas de la atmósfera, su potencia también disminuye; debido a esto se introdujo la precompresión en algunos motores de explosión, mediante compresores auxiliares y empezaron a utilizarse en los aviones de transporte los motores denominados sobrealimentados.

Pero realmente la verdadera revolución fue la introducción de los motores de turbina. A diferencia de los de combustión

a volumen constante los motores de turbina la realizan a flujo constante con lo cual mantienen su empuje cuando aumenta la velocidad y no necesitan una hélice propulsora, ya que basta con acelerar el flujo de gases en una tobera de salida. Su aplicación inicial fue militar, avión Heinkel 179 en 1939, pero el espectacular aumento de la velocidad de los aviones que incorporaron esta propulsión hizo que se introdujera muy pronto en el campo civil, avión De Havilland Comet 106 en 1949, y un año antes en el avión Vickers Viscount con motores turbohélice en los cuales se aprovecha la turbina para accionar una hélice propulsora como con motores de explosión. Con los turborreactores dotados de postcombustión los aviones de transporte han llegado a volar en crucero a velocidades supersónicas, como el soviético TU-144 (31-12-1968) o el franco-británico Concorde (2-3-1969).

Las mejoras en su rendimiento y educación (ruido y contaminación) se han ido produciendo gracias a los avances en ciencias como la termodinámica, la combustión, la mecánica de fluidos, la combinada aero-termoquímica, en las que han destacado ingenieros aeronáuticos españoles como Gregorio Millán o Amable Liñán, y también en las de los materiales y las técnicas de fabricación. Todas han hecho, y siguen haciendo, un uso intenso de las técnicas de información.

Elementos de acoplamiento a la célula

Son elementos estructurales que realizan el acoplamiento del motor a la célula, aíslan la posible transmisión de fuego desde el motor a la célula en caso de que se produjere, facilitan el suministro de aire y salida de gases para la operación del motor y sirven de carenas para el propio motor y su acoplamiento.

El tipo de estos elementos depende mucho de la geometría elegida para la instalación de los motores que, inicialmente, se instalaban en las alas cuando el número de motores era par, añadiendo uno más en la proa del fuselaje cuando era impar. Cuando se pasó de los propulsores con hélice a los turborreactores, además de la actualmente más frecuente disposición debajo del ala con suspensión vertical, aparece alguna con los motores insertos en el ala y otras con los motores en la popa del fuselaje a ambos lados para número par y uno más embutido al final del fuselaje o en la deriva del avión cuando el número de motores es impar.

Sistemas del grupo motopropulsor

Para que el grupo motopropulsor pueda cumplir su función son necesarios algunos sistemas como los de combustible y lubricante, control, información a la tripulación,

así como sistemas específicos de seguridad y, en ciertos casos, inversión de empuje y reducción de ruido.

Cada uno de ellos debe tener las características adecuadas para realizar su misión y su evolución ha estado marcada por la de los grupos motopropulsores y la de los demás sistemas del avión.

En el combustible se persigue obtener el mayor poder energético por unidad de masa y también por unidad de volumen, pero se intenta que su inflamabilidad sea pequeña en condiciones distintas a las creadas en las cámaras de combustión. Por ello se utilizan gasolinas para aviación (AvGas) en los motores alternativos o keroseno (JP~ Jet Petrol) para motores de turbina. El uso de biocombustibles es también posible pero viene limitado por su coste y la disponibilidad de suministro en los aeropuertos. También se está estudiando el uso de hidrógeno líquido pero exige un mayor volumen de almacenamiento, lo que repercute negativamente en el proyecto del fuselaje y exige también instalaciones especiales de suministro en los aeropuertos.

La evolución de las técnicas de información ha cambiado drásticamente los sistemas de captación, suministro y presentación de información a la tripulación, y han permitido introducir los sistemas denominados EFCS (Electronic Full Control

System) que disminuyen la exigencia activa por parte de la tripulación en el control y operación de los motores. El control actual de los grupos motopropulsores de los aviones está muy lejos de aquellos primitivos vuelos de principios del siglo XX en los que se ajustaba la potencia de los motores por el ruido que recibía de ellos la tripulación.

Algo parecido sucede con los sistemas antifuego y antihielo, con una parte fundamental en las zonas de motor, así como para la inversión de empuje con elementos automáticos que funcionan sólo en caso necesario y no pueden provocar situaciones de peligro ellos mismos.

El avión, como todos los vehículos, necesita que su tripulación tenga información para su correcta operación. En los primeros aviones de transporte de pasajeros esta información era suministrada al piloto por tres instrumentos barométricos: el anemómetro (velocidad de vuelo), el altímetro (altura sobre un nivel de referencia) y variómetro (velocidad de variación de la altura de vuelo). A ellos se añadía un instrumento giroestabilizado que daba la actitud respecto al horizonte, una brújula magnética compensada y un reloj. Esta información básica sigue manteniéndose actualmente, aunque muy modificada en la captación, tratamiento y presentación por los avances tecnológicos que se han incor-

porado. A esta información básica de vuelo han ido añadiéndose otras informaciones para ayuda del vuelo, estado y operación de otros sistemas de la aeronave, de la propia célula y del grupo motopropulsor y sus instalaciones. Los avances en la informática hacen que la tripulación pueda tener una información muy completa a demanda y que sólo se presente en cada momento la que necesita para la operación que está realizando.

En la primera década del siglo XX la comunicación de información entre el avión y el suelo era únicamente óptica, pero muy pronto se adoptó la radio, pasando desde la modulación en amplitud, a la modulación en frecuencia y a la digitalización de las comunicaciones. A partir de la Segunda Guerra mundial el radar, basado en la captación por un equipo de las ondas electromagnéticas emitidas y reflejadas en un obstáculo, ha hecho posible fijar posiciones y velocidades de aviones desde el suelo, y a los aviones conocer la proximidad de otros e incluso de perturbaciones atmosféricas en su ruta.

A partir de 1957, año en que la URSS situó en órbita terrestre el primer satélite artificial, la navegación, que inicialmente era visual sobre tierra o astronómica sobre la mar, ha añadido las posibilidades de uso de sistemas radioeléctricos en el suelo e inerciales en plataformas estabilizadas, la



información recibida desde grupos de satélites como el americano GPS (Global Positioning System) o el soviético GLO-NASS (Global Navigation System), a los que pronto se va a sumar el GALILEO de la Unión Europea.

Todo ello ha conducido a que las primeras tripulaciones con piloto, copiloto, mecánico, radiotelegrafista y navegante queden actualmente reducidas a dos pilotos o, como máximo, un tripulante más, con cabinas de tripulación en las que la ergonomía y visibilidad exterior aportan factores para mejorar el confort de los tripulantes que aumenta la seguridad de vuelo.

Los sistemas de seguridad: anti-fuego, antihielo, antivaho suministro de oxígeno, iluminación y evacuación en emergencia, se han ido incorporando a los aviones de transporte de pasajeros y mejorando notablemente sus características de operación gracias a las técnicas de información, ya que en situaciones especiales el comportamiento humano suele alterarse y esta circunstancia debe ser tenida en cuenta.

Algo parecido puede decirse de los sistemas de confort para pasajeros: asientos, acondicionamiento interior, presurización y climatización de cabinas, servicios de restauración, sanitarios y entretenimiento a bordo. El automatismo y la minia-

turización han sido claves para su perfeccionamiento y mejora de eficiencia.

El piloto automático y los sistemas para aumento de estabilidad (SAS- Stability Augmentation System) de los aviones son elementos que empezaron a incorporarse en los años treinta y desde el momento inicial han estado vinculados al desarrollo de las técnicas de información y control.

Actualmente son ya un componente estándar en aviones de transporte cuya estabilidad puede adaptarse a las condiciones más convenientes para cada fase de vuelo.

El avión Airbus A-320 fue el primer avión de transporte de pasajeros que eliminó la clásica palanca y volante para el control directo por parte del piloto de la actitud del avión en cabeceo y balanceo, sustituyéndola por un pequeño mando oscilante tipo JS (Joy Stick), para definir el deseo del piloto en maniobras del avión que son mandadas de forma automática por sistemas de control. De nuevo todo ello es posible gracias a la informática. La seguridad del software es esencial en estos sistemas de control y es objeto de una estricta normativa creada especialmente para garantizarla.

La mayor parte de los sistemas del avión necesitan energía para su operación. La fuente básica de energía a bordo es el

combustible y los motores se encargan de transformarla en eléctrica, hidráulica o neumática, según necesidades, que pueden almacenarse en los acumuladores adecuados. También puede conseguirse energía de la energía total del avión, potencial más dinámica, pero está limitada ya que altera las condiciones de vuelo y su variación no controlada puede llevar al avión a situaciones de peligro. Otras fuentes de energía, como la solar, están en fase experimental.

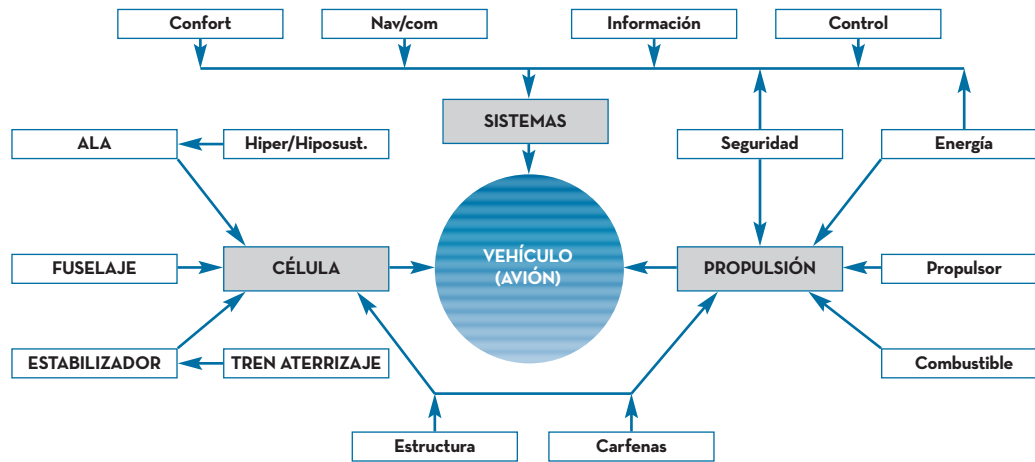
Para el aporte de energía a cada sistema del avión se necesita un sistema de distribución de energía. La tendencia es hacia el sistema eléctrico, reservando la

hidráulica para la actuación del tren de aterrizaje, mandos de vuelo y compensadores que exigen fuerzas intensas durante tiempos más largos.

Cada vez se evita más el uso de instalaciones neumática de vacío, con excepción de la ventilación y eliminación de humos, para lo que suelen aprovecharse las condiciones de corriente superficial exterior del avión.

La energía eléctrica se obtiene normalmente de generadores accionados por los motores propulsores o unidades auxiliares de potencia (APU-Auxiliary Power Unit) que son pequeñas turbinas de gas. Los generadores pueden utilizarse tam-

Figura 8.20. Componentes del vehículo



bién para el arranque de los motores cuando se dispone de apoyo en tierra. La energía se puede generar en forma alterna o continua, transformarse y almacenarse en acumuladores de tipo químico.

La diversidad de demanda en potencia, tensión y frecuencia para dar servicio a todos los sistemas del avión que la demandan, hace que el sistema eléctrico sea bastante complejo, con un cableado de distribución organizado en mazos de longitud total de centenares de veces la del propio avión, a pesar de utilizar como retorno la estructura del avión, cuya continuidad eléctrica debe garantizarse, lo que representa algún problema adicional para las modernas estructuras con material compuesto.

Nuevamente la información sobre el estado de este sistema energético, vital para la operación del avión, es esencial para la tripulación y la actuación de posibles avisos o alarmas que eviten condiciones de peligro.

Los componentes mencionados como integrantes del Vehículo Aéreo (Avión) aparecen en forma gráfica en la figura 8.20.

8.5.4 Política y economía

Desde un principio el transporte aéreo tuvo un carácter internacional, como ya

tenían los otros medios de transporte. Las primeras aerolíneas que operaron en España, a principios de los años veinte eran francesas que enlazaban este país con sus colonias del Norte de África.

Pero muy pronto los Estados tomaron conciencia de la posibilidad de obtener beneficios económicos justificados en el riesgo que suponía el sobrevuelo y el uso de instalaciones en su territorio.

Así, cuando en 1944 se crea la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional) se define el Espacio Aéreo, por similitud con las zonas marítimas, como el tronco de cono con vértice en el centro de la Tierra, de bases no planas, la menor de las cuales es el propio territorio nacional y sus aguas jurisdiccionales, y la mayor es la superficie del esferoide creado al proyectar a 100km de altura la superficie geomórfica que representa la superficie media de la Tierra sobre el territorio nacional. Dentro de este espacio cada Estado puede acordar la concesión a otro Estado cinco libertades: 1ª Sobrevuelo; 2ª Escala técnica para tomar combustible o restauración pero no pasajeros o carga; 3ª Posibilidad de traslado de pasajeros o carga a/desde el Estado con aeronaves matriculadas en él; 4ª Posibilidad de traslado a/desde otros Estados diferentes; 5ª Posibilidad de traslado dentro del propio Estado concesionario. A estas cinco

libertades, que no firmaron todos los países, se añadieron posteriormente otros dos más para obtener las libertades 4ª y 5ª incluso con aeronaves no matriculadas en el Estado que obtenía la concesión, es decir, siguiendo un camino de libre mercado para el transporte aéreo, lo cual favorece a los países con una importante flota de aviones de transporte, pero también a los que carecen de medios para establecer un sistema de transporte aéreo propio.

El esquema de las libertades para el transporte aéreo se representa en la figura 8.21.

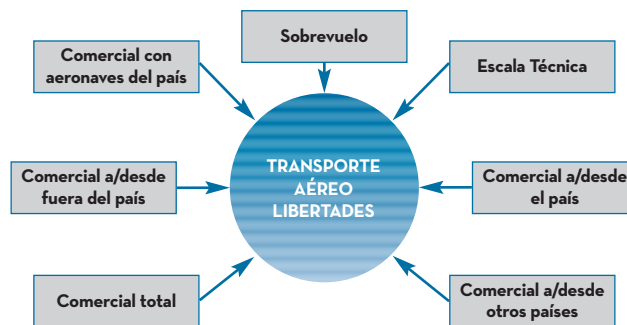
Con relación a la economía el transporte aéreo, como los otros, es una industria cuyo producto unitario es el pasajero o Kg. transportado a un Km. En este sentido se trata de equilibrar la oferta y la demanda, ajustando precios. Pero ni el

que produce y vende aviones, ni el que los utiliza para el transporte pueden perder dinero durante un tiempo prolongado.

Una compañía de producción y venta de aviones debe hacerlo calculando un precio medio de una serie que estima poder vender con un punto de rentabilidad que le proporcione un cierto margen de confianza.

Un operador hace algo parecido con técnicas de mercado que favorecen los vuelos en momentos de menor demanda. Los métodos no son sencillos puesto que hay costes directos (DOC = Direct Operating Costs), que se producen cuando un avión vuela, y otros indirectos (IOC = Indirect Operating Costs) que se originan aunque el avión no vuele, por su propia posesión y organización de la Empresa.

Figura 8.21. Las libertades del transporte aéreo



Respecto a la predicción de costos para fijar los precios de venta las empresas utilizan datos de proyectos anteriores a los que ajustan hiperplanos en gráficos de escalas logarítmicas de las variables más significativas. Se habla muy frecuentemente de precio de avión por pasajero o por Kg. de masa máxima, pero hay que tener en cuenta que el producto importante es el número de pasajeros*Km. que es capaz de producir por unidad de tiempo y, por lo tanto, también cuenta la velocidad del avión y otras variables, como el nivel de innovación. De nuevo las técnicas de información son fundamentales para conseguir fórmulas con buenos ajustes y alta confiabilidad.

En relación con el proyecto, fabricación y venta de aviones estamos en un periodo de concentración de empresas y reducción en la diversidad de ofertas, sobre todo para los grandes aviones, que han quedado prácticamente limitadas sólo a dos, la Boeing en USA y Airbus (EADS) en la UE, mediante procesos de fusión o absorción. Sin embargo en los países de la antigua URSS persisten las cuatro empresas, Antonov, Ilyusin, Tupolev y Yakolev.

También las líneas aéreas se están agrupando para poder hacer frente de la mejor manera a una demanda muy variable en cada ruta individual en distintos momentos. El transporte aéreo es muy sensible al precio del combustible y la

política de concentración puede contribuir a reducirlo.

También las TIC han hecho posible una política comercial en venta de billetes, reserva de plazas y selección de vuelos por el pasajero, a través de internet, lo cual reduce los tiempos de espera en los aeropuertos antes del embarque.

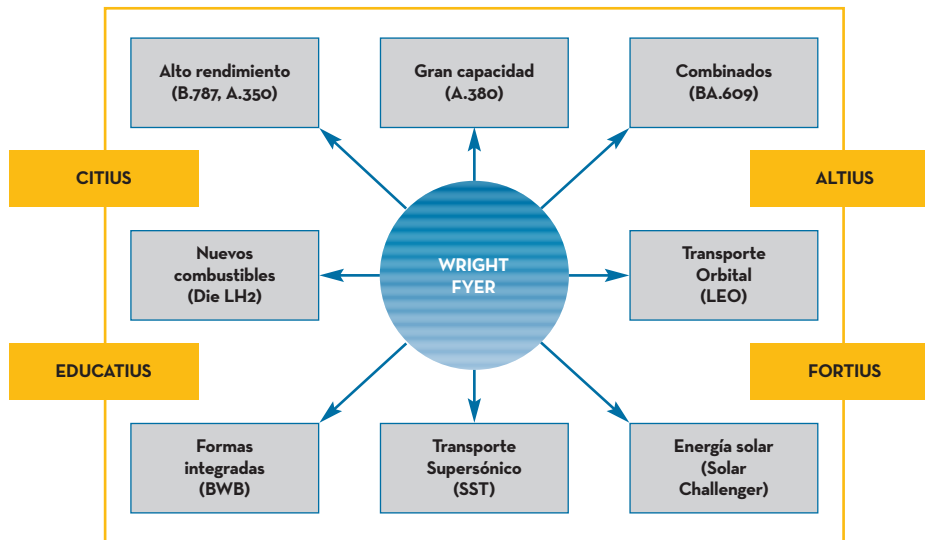
Lo que no se ha conseguido todavía es un sistema capaz de detectar en la mente humana cual es la verdadera intención del viajero al iniciar su trayecto lo que paliaría los inconvenientes de un detallado registro al que actualmente obliga la seguridad por los actos terroristas que se cometen. Sin embargo puede ser algo que se consiga en el presente siglo, gracias también al avance de las TIC.

8.5.5 Los retos del futuro

Cuando se contempla la actualidad del transporte aéreo, con oscilaciones en su rentabilidad y organización pero con un crecimiento continuo a una media del 7% anual, se ve que siguen coexistiendo junto a los aviones más modernos otros, como el Douglas DC-3, cuya antigüedad e ya de 75 años.

En el avión de transporte de pasajeros siguen presentes los retos de poder volar más rápido, más alto y más lejos, que han impulsado su desarrollo en el siglo

Figura 8.22. Los retos del siglo XXI



pasado, sin perder seguridad, educación, economía ni confort.

Actualmente están ya en vuelo representantes de dos tendencias: la primera es hacia un aumento de la capacidad y alcance en aviones como el Airbus A-380 con 550 a 700 pasajeros, que puede llegar hasta los 1000 en un futuro próximo; la segunda es hacia aeronaves de tipo convertible, que no demanden una infraestructura terrestre tan extensa para su operación y la permitan desde puntos más próximos a los centros generadores de tráfico reduciendo el recurso a un transporte terrestre complementario. Son

aeronaves, como el BA-609, impulsados por helirrotores (proprotors), con capacidades de hasta 60 pasajeros.

Otra tendencia, todavía en los “tabletos de diseño”, es hacia una progresiva integración de ala, fuselaje, propulsión y control. Las formas conocidas como BWB (Blended Wing Body) con problemas aun por resolver para su adaptación a los edificios terminales de los aeropuertos y otros problemas de evacuación, para aviones de gran capacidad, y psicológicos en vuelos de larga duración.

Mejorar la economía y educación de los actuales aviones subsónicos es lo que



persiguen nuevos proyectos como los de los aviones Airbús A-350 o Boeing 787, cuyo primer vuelo y entrada en servicio es ya muy próxima.

Pero tampoco se olvida la tendencia hacia el aumento de velocidad: El avión de transporte supersónico, sustituto de los Tu-144 o Concorde, sigue siendo otro reto para resolver los inconvenientes, que el estampido sónico de las ondas de choque asociadas a su vuelo producen en las áreas sobrevoladas.

Geometría y perfil de vuelo son factores a tener en cuenta para reducir estos inconvenientes, sin olvidar nunca la economía de su operación.

Pero de lo que no cabe duda es que poder trabajar una mañana en Washington, para pernoctar cómodamente en Londres, donde se puede trabajar en la mañana siguiente y, en la tarde, en

Madrid es una flexibilidad que ofrecía el Concorde y que hay que recuperar.

¿Más alto, más rápido, más lejos? ¿Por qué no? La aeronave súper-atmosférica en vuelo orbital bajo LEO (Low Earth Orbit) a alturas entre 150 y 200km sobre la tierra, con la energía y propulsión necesaria para su puesta en órbita y capacidad para su reentrada en atmósfera y vuelo final a un destino predeterminado, es un vehículo que sería muy útil en vuelos intercontinentales y cuyo precedente ha realizado ya su primer vuelo: la aeronave espacial White Knite Two es el precedente, ya en vuelos experimentales, de este nuevo tipo para transporte orbital de pasajeros.

El lema del transporte, que llegará a ser aeroespacial, sigue siendo Citius, Altius, Fortius, Educatius (CAFE) que, por otra parte, no es más que el reto constante del progreso de la Humanidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ABEJÓN, M. (1981): *El transporte en la Sociedad actual*.
- ACEA. Intelligent Transport Solutions ACEA.
- ALONSO, F., et al (2002): *Collaborative Engineering in Shipbuilding*. 11th (ICCAS), Vol. 1, pp 243-258.
- AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS (AIAA): Revistas: *AIAA Journal*, y *Journal of Aircraft*.
- ANFAC. Presentaciones de la V, VI y VII Jornadas sobre Sistemas de Navegación en Automóviles.
- APARICIO, F., ARENAS, B., GÓMEZ, A., JIMÉNEZ, F., LÓPEZ, J. M., MARTÍNEZ, L. y PÁEZ, F. J. (2008): *Ingeniería del transporte*. Madrid: Dossat.
- BACHMANN, T. y BUJNOCH, S. (2002): *Connected drive - driver assistance systems of the future*. Astrium-MercatorPark-Forum. 28 Febrero 2002.
- BONNET, C. y FRITZ (2000): *Fuel consumption reduction experienced by two PROMOTE-CHAUFFEUR trucks in electronic towbar operation*. 7th Word Congress Conference on ITS. Turín, Noviembre 2000.
- BREUER, K., NEUNZIG, D. y LUDMANN, J. (2000): *Analysis of advanced autonomous and infrastructure based drivetrain control systems with minimized emissions and optimized driving comfort*. SAE paper nº 2000-01-0348.
- Centro Zaragoza (2003): *Los sistemas inteligentes de transporte*. Zaragoza: Centro Zaragoza.
- Comisión de Transportes (2003): *Libro Verde de los sistemas inteligentes de transporte terrestre*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.
- CONNECT. Bringing TMC to New Markets.

- CUERNO, C. (2008): *Aeronavegabilidad y Certificación de Aeronaves*.
- CHOWDHURY, M. A. y SADEK, A. (2003): *Fundamentals of intelligent transportation systems planning*. Norwood: Artech House.
- DAVIES, D. P.: *Handling the Big Jets*. Air Registration Board UK.
- ERTICO. ITS for Europe - Keeping people and goods moving.
- ERTICO. Bringing TMC to New Markets.
- Federal Highway Administration (2005): *Intelligent Transportation Systems. Benefits, costs and lessons learned. 2005 update*. Washington: Department of Transportation.
- FRICKER, J. D. y WHITFORD, R. K. (2004): *Fundamentals of Transportation Engineering. A multimodal systems approach*. Prentice Hall.
- GABRIELLI, G.: *Lezioni sulla Scienza dei Progetto degli Aeromobili*. Torino.
- GREEN, W.: *The Observer book of Aircraft*.
- GREEN, W. y SWAMBOROUGH, G.: *Airliners*.
- HATIER: *Encyclopédie de l'Aviation*.
- HUBER, W., LÄDKE, M. y OGGER, R. (1999): *Extended floating-car data for the acquisition of traffic information*. 6th Congress on ITS, Toronto (Canadá), Noviembre, 1999.
- JIMÉNEZ, F. y APARICIO, F. (2008): *Aportación de los ITS a la sostenibilidad y mejora del transporte*. DYNA, vol. 83, núm. 7.
- KOMPFNER, P. y REINHARDT, W. (2008): *ICT for Clean & Efficient Mobility*. Final report. Bruselas: eSafety Forum.
- MANZIE, C., WATSON, H. y HALGAMUGE, S. (2007): *Fuel economy improvements for urban driving: Hybrid vs. intelligent vehicles*. Transportation Research Part C, vol 15, nº 1, pp 1-16.
- McDONALD, M., KELLER, H., KLIJNHOUT, J., MAURO, V., HALL, R., SPENCE, A., HECHT, C. y FAKLER, O. (2006): *Intelligent transport systems in Europe. Opportunities for Future Research*. World Scientific.
- MERLE, Guy de: *Construction des Avions*.
- MILES, J. C. y CHEN, K. (2004): *ITS Handbook*. 2ª ed. PIARC.
- NAVTEQ. Annual Tracking Study Diciembre 2007(Alemania, Francia & RU).
- Organization for Economic Co-operation and Development (2003): *Road safety. Impact of new technologies*. OECD.
- PINACHO, J (1996): *Tráfico Marítimo*. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Madrid.
- Revista: *Flight International*.
- REICHART, G., FRIEDMANN, S., DORRER, C., RIEKER, H., DRECHSEL, E. y WERMUTH, G. (1998): *Potentials of BMW Driver Assistance to Improve Fuel Economy*. FISITA World Automotive Congress, París, 27 Septiembre-1 Octubre 1998.
- ROYAL AERONAUTICAL SOCIETY. Revistas: *The Aeronautical Journal, Aerospace International, y The Aerospace Professional*. Great Britain.
- SCHIFF, B.: *Flying*. Golden Press- New Cork.

- TORROJA, J., et al (1999): *The Role of Advanced Communications in Ship Engineering*. 10th (ICCAS), Vol. 1, pp 183-196.
- TORROJA, J. y ALONSO, F. (2009): *La contribución de las TIC al Transporte sostenible en España*. Real Academia de Ingeniería. Madrid. Cap. 4.3.
- Varios autores: *Apuntes sobre el Transporte, Navegación y Economía del Transporte Aéreo*. Biblioteca de la Escuela de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid
- VENHOVENS, P. J. T., BERNASTH, J. H., LÖWENAU, J. P., RIEKER, H. G. y SCHRAUT, M. (1999): *The application of advanced vehicle navigation in BMW driver assistance systems*. SAE paper nº 1999-01-0490.
- WINBOW, A. (2002): *Digital Ship Technology for Seafarers Conference 2002*. IMO.



LA MARCHA ACELERADA HACIA LAS NUEVAS ESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE

Alberto García Álvarez

FFE. Coordinador

Agustín Sánchez Rey

Ministerio de Fomento

Alberto Calvo

Indra Sistemas

Académico revisor

Andrés López Pita

9

9.1 LAS TIC Y LAS INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE: BREVE PANORÁMICA CONCEPTUAL

Alberto García Álvarez, FFE

Los vehículos de transporte pueden, por su propio diseño o por el uso de TIC, reducir su consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, así como otros efectos negativos asociados como son la accidentalidad, la congestión (y la correlativa pérdida de tiempo), el ruido o la contaminación local. Pueden, incluso, disponer de sistemas “inteligentes” que les permitan tomar, en cada momento, las decisiones adecuadas en función de información de que dispongan y de la que reciban del exterior.

Pero en muchas ocasiones –en la mayoría–, la optimización del sistema no depende sólo del propio vehículo; ni siquiera de informaciones que para su uso pueda recibir del exterior, como las relativas, a su posición o al camino que ha de recorrer. Con frecuencia, la optimización requiere datos de la situación o de los movimientos de otros vehículos; del nivel de carga o de uso de las redes de infraestructura; de la situación de las redes eléctricas de alimenta-

ción; de la disponibilidad de la energía, etc. Todos estos datos se caracterizan porque no sólo son relevantes para un único vehículo aislado, sino que con frecuencia lo son para varios de ellos; y además porque dependen de factores o causas exteriores, independientes del vehículo considerado.

Por ello, las infraestructuras del transporte deben incorporar TIC que, en principio, deben cumplir dos funciones:

- Servir de soporte de comunicaciones y permitir transmitir a cada vehículo que se mueve, o que vaya a hacerlo en el ámbito de la infraestructura, las informaciones de la propia infraestructura que puedan ser relevantes para el vehículo. En este orden de cosas, puede mencionarse el posicionamiento del vehículo, informaciones sobre congestión, perfiles de velocidad autorizados, limitaciones de velocidad, irregularidades en el estado de la infraestructura, etc.

Estos datos pueden ser fijos, o bien ser variables. Los primeros podrían no ser

necesarios para el vehículo si éste tuviera memorizadas las características de la infraestructura, y podrían ser reemplazados por un sencillo sistema de posicionamiento.

Los datos variables de la infraestructura, aunque independientes de los demás, necesitan ser transmitidos al vehículo, por lo que se hace necesaria una adecuada infraestructura de comunicaciones superpuesta a la propia del transporte.

- Integración de información en un marco de optimización. Se refiere a otros datos que no dependen de un único vehículo, sino que dependen de otros factores externos, e incluso a la propia infraestructura del transporte.

Así, pueden mencionarse los datos relativos a la congestión (existente o previsible), a la gestión óptima de la energía generada en el freno, a la regulación previa al propio tráfico, a la demanda existente en tiempo real, a la interacción en tiempo real con la red eléctrica en el caso de vehículos vinculados a tal energía, etc.

Con relación a estos temas, la función de la infraestructura no es sólo de “soporte” para el envío al vehículo de un dato o de una consigna, sino que debe incluir también los sistemas en tierra necesarios para la optimización previa al envío al vehículo de la consigna correspondiente.

La integración de la información resulta de creciente importancia. En efecto, no sólo la infraestructura “inteligente” debe integrar informaciones provenientes de la operación de varios vehículos (posición, nivel de carga, previsión de trayectoria, etc.), sino que las decisiones de optimización (ya sean del ámbito de la gestión de la infraestructura o de la operación de los servicios) requieren numerosos datos, cuyas funcionalidades se entrecruzan y que, con frecuencia, proceden de subsistemas diferentes.

La separación funcional entre la gestión de la infraestructura y la operación de los servicios (tradicional en la carretera, relativamente reciente en la aviación, y contemporánea en el ferrocarril) no sólo no hace desaparecer la necesidad de esta integración de información, sino –al revés– la hace aún más necesaria.

En el presente capítulo se abordan tres cuestiones relativas a esta segunda función –integración y optimización– por cuanto la función de la infraestructura como soporte de comunicación no precisa de una reflexión conceptual específica.

Esas tres monografías se refieren a diversos campos posibles de actuación, sin pretensiones de exhaustividad.

La primera trata sobre la llamada “carretera inteligente”, que puede aportar ventajas tanto para la gestión de la

demanda (y así reducir, por ejemplo, la congestión y las pérdidas de tiempo y los consumos innecesarios de energía), como para la propia infraestructura, haciendo posibles los sistemas de tarificación, aforos, predicción de necesidades de mantenimiento. Y también ayudando a la seguridad en la circulación, así como gestionando modificaciones temporales o transitorias de los parámetros de la infraestructura.

La segunda monografía se refiere a la gestión de la circulación de los vehículos ferroviarios y aéreos, con una doble peculiaridad: por una parte, se anticipan las situaciones de tráfico que se presentarán en horizontes temporales futuros; y por otra –y ésta es especialmente relevante– se integra en un sistema único la información de varios subsistemas con tecnologías diferentes, lo que permite que la automatización de las decisiones considere la información recibida de todos ellos. En ambos campos, España es pionera en el diseño y aplicación de sistemas avanzados e integrados de gestión del tráfico y de la infraestructura.

El tercer trabajo se refiere al caso peculiar del ferrocarril eléctrico. La electricidad presenta notables ventajas frente a otros vectores energéticos desde el punto de vista de la sostenibilidad, por lo que podría adquirir una enorme importancia a medio plazo, para distintas modalidades de transporte.

Sin duda, una de ellas es el vehículo privado eléctrico o híbrido, que se pueda conectar a la red, del que se trata ampliamente en el capítulo 11 de este estudio. Pero esta monografía trata sobre el ferrocarril, que es el único modo de transporte masivo que en la actualidad utiliza tracción eléctrica. Por ello, su análisis puede servir para exponer las posibilidades que las TIC ofrecen en este tipo de tracción. En ese ámbito se muestra la necesidad de dotar de una cierta “inteligencia” al sistema que forman los vehículos y la infraestructura para lograr el aprovechamiento óptimo de la energía. Resulta fundamental la diferencia que, en el campo energético, se presenta entre los vehículos que se basan exclusivamente en el almacenamiento de la energía a bordo y aquellos otros (los trenes electrificados, aunque podrían ser también en el futuro los coches) que se conectan a la red, ya sea de forma continua o intermitente, pudiendo captar la energía necesaria en los momentos en que ésta es más barata y cuando se produce en exceso de energías renovables no “gestionables” (como la eólica). Una ventaja adicional de estos vehículos conectados, es que incluso se pudiera verter energía a la red en los momentos de necesidad de ésta (con el freno regenerativo) o reducir su demanda durante cortos periodos.

9.2 LA CARRETERA INTELIGENTE

Agustín Sánchez Rey, Ministerio de Fomento

En muchas regiones del mundo, la movilidad y el transporte por carretera están llegando a sus límites de sostenibilidad, mas allá de los cuales se convierten en algo disfuncional, perjudicial para la economía, para el medio ambiente y para el normal desenvolvimiento de la vida social y la de las personas.

Para remediarlo, o al menos para retrasar el colapso, existen varias alternativas: recurrir por la vía coercitiva o la de la persuasión a que se utilicen otros modos de transporte (solución no siempre factible); fomentar la intermodalidad o utilización combinada de modos distintos cuando ello sea viable; aumentar la capacidad de las redes de carreteras (solución que puede disminuir la congestión, pero no mejorar la eficiencia energética ni la contaminación); o, finalmente, recurrir a los llamados “sistemas inteligentes de transporte” (ITS) en su aplicación a carreteras, que por lo que respecta a la vertiente de la infraestructura dan lugar a las llamadas “carreteras inteligentes”. Éstas no son otra cosa que la aplicación a un modo de comunicación tan antiguo como es la carretera de las posibilidades que actual-

mente ofrecen las telecomunicaciones y la informática, de aparición y desarrollo mucho más reciente y cuyo potencial todavía parece no haber encontrado su límite.

En efecto, ante un crecimiento acentuado de la demanda de movilidad y de transporte por carretera, motivado por el incremento y globalización de la economía y por la mejora de los medios de transporte, el recurso tradicional al paralelo incremento de capacidad de las redes viarias encuentra serias dificultades: de tipo económico, porque los recursos financieros son limitados; de tipo ambiental, cada vez mas limitativo de la ejecución de nuevos proyectos; de tipo social, por la frecuente contestación que surge cuando se plantean nuevos desarrollos; e incluso físicos, por las limitaciones de espacio que se presentan en determinadas zonas de ocupación densa o de difícil orografía.

Ante ese panorama ha habido que recurrir a soluciones ajenas a las tradicionales, provenientes del ámbito de las telecomunicaciones y de la informática. Gracias a ellas es posible, con un coste reducido y sin aumentar las demandas de

espacio físico ni de afectación al medio, incrementar la capacidad de utilización de las vías existentes. Gracias a los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), es posible mejorar la capacidad, mejorar la seguridad vial y mejorar el confort de los usuarios de la carretera. Su utilización, combinada con la más convencional solución de construir nuevas carreteras o de ampliar las existentes, podrá paliar o reducir los efectos negativos que cada vez más pueden derivarse de la creciente demanda de movilidad y transporte. Todo ello sin perjuicio de otras actuaciones que modifiquen los hábitos o necesidades sociales de desplazamiento, como puedan ser el fomento del tele-trabajo o la ordenación racional del territorio, por ejemplo, soluciones que por el momento parecen más lejanas dada la inercia social y las propias características del sistema económico.

Las aplicaciones actuales de los ITS todavía distan mucho de alcanzar el límite de sus potencialidades, por lo que queda afortunadamente un todavía amplio margen de actuación. Pero para poder extraer todo el fruto posible de la aplicación a la carretera de las nuevas tecnologías es precisa la actuación de todos los agentes sociales: poderes públicos, usuarios y sectores productivos.

Dejando aparte todas aquellas aplicaciones de las TIC ajenas a la propia carre-

tera, como son las que se refieren específicamente a los vehículos –y que por supuesto son tan importantes como las relativas a la infraestructura–, aquí se considerarán aquellas aplicaciones más directamente vinculadas a la carretera: algunas de ellas pueden orientarse a la mejora de la gestión de la demanda; otras a la mejora de la gestión de la propia infraestructura; otras a la mejora de la seguridad vial; algunas a la economía y al confort de su utilización; otras a la protección del medio ambiente, etc. No se trata forzosamente de compartimentos estancos, porque lo que es bueno para lograr un objetivo probablemente también lo será para otro u otros, pero a efectos de sistematización se pueden agrupar las aplicaciones que configuran la “carretera inteligente” en aquellas orientadas a la gestión de la demanda y las que están orientadas a la gestión de la propia infraestructura.

9.2.1 Aplicaciones orientadas a la gestión de la demanda

Aplicaciones orientadas a la gestión de la demanda son, por ejemplo, la gestión del tráfico o la información al viajero. Las modernas tecnologías de la información y de las comunicaciones permiten en la actualidad que una gran parte de la red viaria, fundamentalmente la correspon-

diente a las carreteras de alta capacidad, se encuentre monitorizada con estaciones de toma de datos dotadas de sensores piezoeléctricos y lazos inductivos instalados en la calzada, que permiten medir la longitud, número de ejes, masa por eje, configuración, así como con cámaras de televisión en circuito cerrado (CCTV) que permiten conocer en cada momento el número de vehículos que utilizan un tramo de vía, sus características, la velocidad a la que circulan, etc.

La transmisión de los datos así captados utilizando para ello redes de alta capacidad, fundamentalmente sobre fibra óptica, permite disponer en tiempo real de un volumen de datos inmenso que es necesario procesar, para lo cual las TIC ofrecen soluciones perfectamente viables. De esta forma es posible poner a disposición tanto de los gestores de las redes (autoridades de carreteras, organismos de tráfico, etc.) como, en su caso, de los propios usuarios de la red, la información estructurada a voluntad.

No sólo se trata de datos alfanuméricos, sino también de imágenes: la abundancia de cámaras de CCTV que existen desplegadas en la carretera hace posible capturar y transmitir la señal de video a centros de control en donde un conjunto de pantallas permiten visualizar casi por completo en un puesto centralizado la

totalidad de un tramo, de un itinerario o de una red.

Todo ello orientado a una doble finalidad: mejorar la toma de decisiones de los gestores de la red e informar a los usuarios. En esta última función las posibilidades que se ofrecen son casi ilimitadas, ya sea mediante paneles de señalización o mensaje variable instalados en la carretera, o por vía de la telefonía móvil, o a través de navegadores embarcados en el vehículo, o mediante Internet con utilización desde terminales fijos o móviles vía UMTS o GPRS.

En algunas carreteras urbanas o periurbanas se utilizan con elevado grado de eficacia sistemas de información sobre el tráfico y las condiciones de la red viaria. Con un coste reducido se ofrece al usuario en su terminal móvil la posibilidad de visualizar las cámaras instaladas en aquellos puntos de la carretera que le interese consultar; o el plano de la red con la densidad de tráfico existente en cada momento; o con carácter más personalizado, el itinerario más recomendable o el tiempo estimado de recorrido entre dos puntos, con todo lo cual se mejora sustancialmente la funcionalidad del sistema de transporte y movilidad.

La información permanente al usuario de la carretera también se facilita en la actualidad mediante emisoras de radio



propias de los gestores de autopistas o mediante los canales TMC-RDS sobre sistemas de radio en FM, que permiten mantener informado en cada momento al usuario sobre las condiciones del tráfico y de la carretera mediante la introducción de mensajes en las emisiones comerciales. En una carretera “inteligente” la recepción de señales de radio y de telefonía móvil GSM/UMTS/GPRS no debe verse interrumpida: de ahí la proliferación de antenas en las márgenes de las principales vías de comunicación e incluso en lugares singulares como por ejemplo en el interior de túneles mediante antenas repetidoras.

Se trata, en definitiva, de que el usuario (y por supuesto el gestor de la red) disponga de toda la información posible para decidir antes de emprender viaje y durante la realización del mismo para, en su caso, optimizar sus decisiones, por ejemplo mediante el “rerouting” entre itinerarios alternativos. La aplicación de sistemas de inteligencia artificial y la mejora de las capacidades de proceso de datos permitirá a los usuarios una elección óptima, que mejore su desplazamiento en términos de economía, tiempo de viaje, seguridad y confort. Y a los gestores de la red les permitirá orientar a la demanda mediante la reasignación del tráfico entre itinerarios alternativos, respetando en lo posible la libertad de decisión de los indi-

viduos. En definitiva, las modernas TIC permiten la asignación de recursos limitados (como son las carreteras existentes con sus correspondientes capacidades) entre distintos demandantes, cuestión en la cual se basa precisamente la definición de la ciencia de la economía. Hace años no era posible. Hoy, gracias a las TIC, es cada vez más una realidad palpable.

La información al usuario de la carretera, tan importante para mejorar las condiciones del transporte o del desplazamiento, se inició hace varias décadas en España por la Dirección General de Carreteras del entonces Ministerio de Obras Públicas con su conocido servicio “TeleRuta”. Las mejoras introducidas desde entonces en los equipos de captura de información, su transmisión y procesamiento han permitido mejorar el primitivo servicio con una información más completa y en tiempo real, accesible desde cualquiera de los medios actualmente disponibles (desde 1999 en Internet).

9.2.2 Gestión de la propia infraestructura

Otras aplicaciones TIC-ITS en las carreteras inteligentes están orientadas a la gestión de la propia infraestructura: por ejemplo los sistemas de telepeaje, cada vez más ampliamente utilizados y que en algu-

nos países europeos son obligatorios para determinados grupos de usuarios, como por ejemplo los transportistas. Se basan en tecnologías satelitares (GPS, GNSS o Galileo) o en tecnologías DSRC (Dedicated Short Range Communications). Un equipo a bordo (OBE, OBU, tag) permite intercambiar información entre el vehículo y la vía (Road Side Equipment) de forma que aquél no tiene por qué detenerse en las zonas de control o pago, puesto que éste se efectúa telemáticamente. Con ello se evitan demoras y se aumenta la capacidad de la vía. Complementarios de estos sistemas son los de “enforcement”, que permiten la detección de fraudes y en su caso la penalización de los infractores mediante sistemas basados en CCTV, reconocimiento de matrículas y centros de proceso de los datos transmitidos telemáticamente. Una variedad la constituyen los sistemas ITS aplicados a carreteras de las denominadas de “peaje en sombra”, en las cuales la detección de vehículos y su clasificación ha de hacerse forzosamente mediante el recurso a las TIC.

España fue pionera en lograr la interoperabilidad de los sistemas de telepeaje instalados en sus autopistas, a pesar de que es uno de los países en que existen mayor número de sociedades concesionarias titulares de diferentes tramos. Ello se

consiguió gracias al proyecto PISTA, promovido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento con el auspicio de la Dirección General para la Sociedad de la Información de la Comisión Europea. Su experiencia ha sido de gran utilidad para proyectos similares en otros países miembros de la UE y para su aplicabilidad a la denominada Red Transeuropea de Carreteras.

En las “carreteras inteligentes” la preocupación por la mejora de la explotación de las carreteras o, en concreto, de algunos elementos singulares como son por ejemplo los túneles, constituye otro amplio campo de utilización de las TIC. En aquéllos es, en muchos casos, obligatorio el uso de CCTV, de sistemas automáticos de detección de incidentes DAI, de sistemas de detección a distancia de incendios, el telecontrol y automatismo de sistemas de ventilación, de alumbrado, de comunicaciones, de la medida de la opacidad y contaminación, la determinación de gálibos, de temperaturas de los vehículos que acceden al túnel, etc. que son requisitos obligatorios en buena parte de los túneles de carreteras.

Las aplicaciones TIC al control de otros elementos de la infraestructura viaria como son las obras de fábrica y la detección de sus posibles patologías mediante sensores controlados a distancia



y de forma permanente; o la de taludes y otras obras de tierra con el control de posibles movimientos que puedan afectar a la estabilidad, etc. son campos en los que las TIC están iniciando actualmente su implantación, pero cuyo desarrollo puede augurarse como muy prometedor.

○ el despliegue de estaciones meteorológicas en la red de carreteras, que permiten la obtención permanente de parámetros relativos a temperatura, precipitaciones, etc., que mediante su transmisión a distancia a un centro de control hacen posible, por ejemplo, la actuación también tele-comandada de aspersores automáticos de fundentes que eviten la formación de placas de hielo, o la puesta en alerta o en operación de los equipos de mantenimiento de la vialidad invernal.

La necesidad de evitar la degradación excesiva que sufren los firmes, como consecuencia de la sobrecarga de vehículos de mercancías, ha motivado la conveniencia de recurrir a aplicaciones TIC que permiten el pesaje dinámico (sin que los vehículos tengan que detenerse) y a distancia (desde centros o estaciones de pesaje) que se están implantando en las redes de carreteras de muchos países, entre ellos España.

La trazabilidad de transportes de mercancías peligrosas o de animales vivos también encuentra en aplicaciones basa-

das en las TIC soluciones muy importantes de comunicación e información entre el vehículo y la carretera por la que circula, entre otras funciones para la prevención de accidentes.

La propia gestión de las flotas de mantenimiento de las carreteras españolas ha determinado que todos los vehículos quitanieves, distribuidores de fundentes, grúas y vehículos de explotación, estén dotados de equipos GPS que se operan mediante sistemas ITS de gestión de flotas basados en las TIC.

La utilización de los sistemas que se integran en el concepto de carretera inteligente se extiende incluso fuera de la propia vía, por ejemplo a la racionalización del uso de aparcamientos mediante la información al usuario.

Otra faceta en la que la carretera contribuye de forma importante al desarrollo de las aplicaciones TIC se refiere a su papel como soporte físico de muchas de las redes de fibra óptica que utilizan su condición de dominio público para facilitar el acceso, por ejemplo, a la banda ancha tan necesaria en toda sociedad tecnológicamente avanzada.

En España, la integración de los diversos sistemas de información y equipamientos desplegados en las carreteras estatales (estaciones de toma de datos de tráfico, cámaras de televisión, estaciones

meteorológicas, dispositivos de pesaje en movimiento, equipos GPS en vehículos de mantenimiento, paneles de señalización variable, etc. y en general todos aquellos que hacen “inteligente” a la carretera como receptora y transmisora de información) permiten una gestión centralizada desde cualquier lugar en que pueda accederse a la red Internet, ya sea mediante terminales fijos o móviles. La Unidad de Carreteras de Teruel ha sido, por cierto, la primera en España en dotarse de un sistema de gestión “inteligente”, tan potente y versátil que permite optimizar la utilización de los medios disponibles para atender cualquier incidencia además de racionalizar la gestión de las operaciones diarias de mantenimiento.

9.2.3 Mejora de la seguridad vial

Otro gran grupo de aplicaciones de las TIC a la infraestructura viaria (“carreteras inteligentes”) lo constituyen aquellas fundamentalmente orientadas a la mejora de la seguridad vial. Por ejemplo el sistema “e-Call”, que será obligatorio en todos los vehículos que circulen por carreteras europeas, y que permitirá de forma automática el aviso y localización de vehículos que hayan sufrido accidentes, facilitando la rápida actuación de equipos de rescate y sanitarios, lo que permitirá salvar

muchas vidas y reducir la gravedad de los accidentes. Este sistema está basado en aplicaciones de telecomunicación y con él se espera reducir de un 5 al 10% el número de víctimas mortales de accidentes en las carreteras europeas. Otros ejemplos son los sistemas de control de velocidades mediante radares fijos o móviles con transmisión de datos a distancia y procesamiento de infracciones; o los sistemas de identificación de matriculas orientados al control de infracciones y a la mejora de la seguridad vial, o los sistemas de control y verificación a distancia de la documentación y situación legal de los vehículos (seguros, autorización de transporte de mercancías o de animales transportados por carretera, etc.).

Otros dispositivos permiten en las carreteras “inteligentes” detectar inmediatamente la presencia de vehículos circulando en contracorriente, origen de accidentes de especial gravedad causados por conductores temerarios o confundidos. Su presencia una vez detectada es informada por medios diversos, fundamentalmente mediante paneles de señalización variable, a los usuarios para que se aparten de la vía hasta que el vehículo infractor pueda ser neutralizado. Otros dispositivos permiten avisar a los conductores también mediante paneles de mensaje variable de la presencia de personas o animales cru-



zando la calzada, lo que es útil sobre todo cuando la visibilidad es reducida por niebla, lluvia, etc.

Sería interminable la descripción de las aplicaciones TIC a la carretera que permiten calificar a una vía como “inteligente”. Posiblemente el futuro permitirá nuevas aplicaciones que todavía hoy no se han imaginado.

9.2.4 La mejora de la sostenibilidad

Muchas de las aplicaciones TIC descritas contribuyen significativamente a la sostenibilidad funcional del transporte y de la movilidad por carretera, mejorando el rendimiento económico, por ejemplo reduciendo el coste de la congestión (en tiempos, en consumo de carburante, etc.), reduciendo la accidentalidad (que también tiene su valoración económica) y en todo caso haciendo posible que el transporte siga dando respuesta al incremento de la economía y a la globalización creciente, de forma que las disfunciones puedan mitigarse o corregirse.

Los efectos sobre la sostenibilidad medioambiental son también muy importantes. El cumplimiento de los acuerdos de Kyoto ha determinado políticas tanto nacionales como de organismos y entidades internacionales que obligan al sector transporte a reducir significativamente sus emisiones contaminantes. Los medios a

emplear, por lo que se refiere al transporte y la movilidad por carretera se basan fundamentalmente en la aplicación de tecnologías TIC, que permiten conocer y controlar las características de los vehículos que utilizan la carretera, imponiendo tasas o gravámenes correctores. Es el caso de las cargas por el uso de infraestructuras ya implantadas en varios países europeos a nivel general (Alemania, Austria, República Checa, etc.) o a nivel local (Francia, Reino Unido, Suecia, etc.). La tasa que se impone a cada vehículo depende de las características contaminantes de éste que figuran en su equipo a bordo, el cual es controlado a distancia (vía satélite o con sistemas DSRC) incentivando la utilización de vehículos menos contaminantes. O imponiendo tasas diferenciales en función de la congestión, que no sólo implica disfunciones en términos de economía de tiempo, consumo, seguridad y confort sino también nocivos efectos medioambientales (contaminación, ruido, etc.).

La próxima revisión de la denominada Directiva “euroviñeta” 1999/62/CE, que regula el establecimiento de tasas por el uso de infraestructuras viarias requerirá sin duda la utilización de aplicaciones TIC, probablemente basadas en soportes satelitales.

En definitiva la aplicación de las TIC en las llamadas “carreteras inteligentes” permite mejorar:

- La sostenibilidad como cualidad de un sistema de transporte seguro, es decir con bajos índices de accidentalidad y mortalidad.
- La sostenibilidad como eficiencia de un sistema de transporte que asigne sus recursos de manera óptima en el sentido económico en cuanto a reparto modal, atribución de medios y selección de tecnologías.
- La sostenibilidad como minimización de las afecciones urbanísticas o territoriales de los sistemas de movilidad y transporte.
- La sostenibilidad como minimización de la huella ecológica, y en particular de la emisión de CO₂ y demás GHG en el transporte.
- La sostenibilidad como mitigación de otras externalidades negativas de consecuencias preocupantes: congestión, irregularidad de los tiempos de viaje, contaminación acústica, etc.

9.2.5 Políticas y normativa apoyadas en las TIC

Las políticas públicas de sostenibilidad del transporte de la UE se basan en gran medida en el recurso a las tecnologías TIC para su implementación generalizada.

En su documento “Action plan for the deployment of intelligent road transport systems in Europe” (26.5.2008) la

Comisión Europea señala hasta seis áreas de acción prioritarias: optimización del uso de los datos de la carretera y el tráfico, la gestión de la demanda, la seguridad, la integración del vehículo en el sistema ITS, la protección de datos y la concertación y coordinación europeas en este campo, dentro de los tres ámbitos de comunicación: V2V (vehículo a vehículo), V2I (vehículo a infraestructura) e I2I (infraestructura a infraestructura).

Recientes directivas europeas como la 2004/52/CE sobre interoperabilidad de los sistemas de tele-peaje implantados en las carreteras europeas o el ambicioso Plan ITS Europe, o la gran cantidad de iniciativas y proyectos I+D+i financiados con la colaboración de instituciones comunitarias, constituyen un buen ejemplo del convencimiento de que sin las TIC no sería posible lograr los objetivos eurocomunitarios de sostenibilidad del transporte. En el ámbito de la normalización los organismos internacionales ISO, CEN, Comité CEN-TC278 ETSI están embarcados en un amplio programa de elaboración de normas relativas a las TIC aplicadas a la carretera y al transporte, sin las cuales la implantación de las nuevas tecnologías se vería dificultada y resultaría más costosa. A modo de ejemplo de la necesidad de normalización baste citar el acierto al unificar en la frecuencia de 5,8 GHz los siste-

mas DSRC, básicos para la comunicación entre la carretera y el vehículo, por ejemplo para el tele-peaje.

En España, la aplicación a las carreteras de las TIC se concreta tanto en el ámbito normativo (disposiciones reglamentarias) como en el de la implantación práctica. La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento dispone de más de 500 paneles de señalización variable PMV, 20 Centros de Control de Autopistas, 30 Centros de Control de túneles y centenares de cámaras de TV en circuito cerrado. El tele-peaje ínter-operable está implantado en todas las autopistas de peaje (cerca de millón y medio de usuarios disponen de OBES, el porcentaje de transacciones utilizando el sistema se acerca al 30% en el conjunto de la red), 60 estaciones meteorológicas a distancia, centenares de estaciones de aforo y de toma de datos, 20 estaciones de pesaje dinámico o tele-peaje en proyecto u operativas, GPS en equipos de conservación y explotación, de control de obras de fábrica, de obras de tierra, etc. y su implantación continúa aumentando. Los organismos de tráfico (DGT y sus homólogos autonómicos, locales y municipales) disponen también de redes de toma de datos de tráfico, incluyendo CCTV y Centros de Control así como de radares fijos y móviles para el control de velocidades, etc.

En el plano de la normalización el Comité AENOR, CTN-159 “telemática aplicada a las carreteras” lleva a cabo una significativa actividad de elaboración de normas técnicas. Y la Asociación ITS España celebra anualmente Congresos Nacionales en los que la participación es amplísima y en la que se difunden las nuevas tecnologías y sus aplicaciones.

Las instituciones de la Unión Europea consideran como objetivo altamente deseable la generalizada aplicación de las TIC a la carretera y al transporte. Se basan en razones de muy distinta índole: mejorar la sostenibilidad del sistema de transporte y movilidad en Europa y promover la innovación tecnológica y el desarrollo de la industria en este campo, con una especial consideración al proyecto Galileo y a sus posibles aplicaciones tecnológicas. Sin perjuicio de la voluntad política por alcanzar ese objetivo y de las medidas públicas para lograrlo (normativas, financieras, etc.) deberá tenerse en cuenta el importante papel que desempeñará el mercado y la libre voluntad de los usuarios: los ITS y demás aplicaciones TIC a carreteras alcanzarán un desarrollo tanto más intenso y extenso cuanto más contribuyan a facilitar la vida de los ciudadanos. Ello hará que unas aplicaciones alcancen éxito y otras no tanto, pero en todo caso muchas de ellas se consolidarán y harán

que en el futuro las carreteras y el uso que de ellas se realice sean bastante diferentes a los de la etapa anterior a la aparición y desarrollo de las TIC.

La aplicación de criterios coste/beneficio parece en todo caso muy aconsejable a la hora de decidir la implantación de cualquiera de los equipos y/o sistemas propios de una carretera “inteligente”. De la experiencia existente se comprueba que en la mayoría de los casos dichas ratios coste/beneficio son muy reveladoras de la eficiencia de las tecnologías TIC aplicadas a la carretera. Con un coste reducido, al menos en comparación con el de la obra civil, se logran sustancia-

les mejoras en la capacidad de la vía, seguridad, confort, etc. y por consiguiente en la funcionalidad y sostenibilidad del sistema de transporte y movilidad.

No resulta fácil predecir el futuro en un sector de tan rápida evolución como es el de las TIC, pero parece seguro que su aplicación al transporte y en concreto a las carreteras no ha hecho más que empezar. Sus resultados hasta ahora han sido muy estimulantes y permiten vaticinar un cambio cualitativo y cuantitativo en muchos de los parámetros asociados al uso de las carreteras, que permitirá que éstas sigan prestando soporte al transporte del futuro en condiciones de sostenibilidad.

9.3 ANTICIPACIÓN E INTEGRACIÓN COMO ATRIBUTOS DE DECISIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO FERROVIARIO Y AÉREO

Alberto Calvo, Indra Sistemas

En el presente entorno de demanda creciente del transporte, con usuarios cada vez más exigentes, las TIC aportan una herramienta esencial para la continua mejora de los servicios ofrecidos. Esta monografía trata de la optimización del tráfico y aborda tanto el tráfico aéreo como el ferroviario, aunque dedica mucha más atención a este último por dos razones: el ferrocarril es un sistema más antiguo, en el que los sistemas de control y gestión se diseñaron en entornos menos automatizados y, por ello, ha requerido una mayor innovación en la puesta al día e incorporación de las posibilidades que aportan las TIC. Por otra parte, la liberalización del mercado ferroviario está conduciendo a la separación entre el administrador de la infraestructura y el operador, lo que requiere sistemas de intercambio de información y de colaboración optimizados.

9.3.1 Las TIC en el tráfico aéreo

La demanda de tráfico aéreo ha crecido en los últimos años a un ritmo sostenido superior al 12% anual. Es preciso estructurar los medios de transporte de forma que permitan absorber el fuerte crecimiento de la demanda. Un claro ejemplo es el establecimiento del “cielo único” europeo, donde es importante reseñar que España ha sido el primer país en establecer un “cielo único” nacional. Tanto es así, que los sistemas de control de tráfico aéreo nacional se han convertido de hecho en el estándar a nivel europeo, habiéndose formado un gran consorcio en el que participan AENA, NATS y DFS para la definición de los sistemas de gestión del cielo único europeo.

La importancia de las TIC no ha pasado desapercibida en el mundo de la gestión del tráfico aéreo. Concedores de

las necesidades de aumento en el tráfico, con crecientes necesidades de seguridad en los aeropuertos y en el transporte, unos usuarios cada vez más exigentes y una emergente competitividad con medios de transporte alternativos (por ejemplo la alta velocidad ferroviaria), el sector del tráfico aéreo está realizando importantes inversiones en TIC con objeto de mejorar y optimizar todos sus procesos de gestión. Así, de acuerdo al estudio SITA 2007, más de 192 aeropuertos están mejorando y optimizando sus procesos de gestión gracias a la incorporación de las TIC.

Son de especial relevancia los entornos de soporte a la toma de decisiones que se están comenzando a implantar en el sector del tráfico aéreo. La propia definición del “cielo único” europeo introduce un concepto de gestión colaboradora entre las diferentes administraciones. De igual importancia es, si cabe, la colaboración que debe existir entre los administradores del tráfico aéreo y las compañías aéreas. En este entorno complejo, las TIC proveen soluciones importadas de otros sectores para ayudar a la implantación de estos entornos colaboradores de toma de decisiones.

Es de interés notar que conceptos que están ya maduros en el tráfico aéreo deberán ser importados desde el sector ferroviario. Los primeros ejemplos vendrán

de la mano del ERTMS y la posibilidad de disponer de trenes transnacionales de forma habitual. Esto va a requerir la colaboración entre diferentes administraciones ferroviarias, probablemente convergiendo hacia conceptos similares a los del “cielo único” europeo, (tal vez “la vía única europea...”) como se apunta en el capítulo 7 de este estudio. Al igual que ocurre en tráfico ferroviario, los operadores comerciales y los administradores de la infraestructura van a requerir, cada vez más, de entornos colaboradores para la toma de decisiones óptimas.

La gestión del tráfico aéreo se sustenta en un elemento clave, que es la automatización de la gestión y el aumento del grado de autonomía en vuelo de la propia aeronave. Esto requiere que los propios sistemas embarcados asuman cada vez mayor responsabilidad en la seguridad del vuelo. Para esto es necesario –y cada vez lo será más– disponer de la mayor cantidad de información embarcada. Esto exige complejos y modernos sistemas de comunicación, que permitan ir sustituyendo progresivamente las comunicaciones de voz analógicas por sistemas inteligentes de envío de datos de forma digital. Es por tanto, el factor clave de éxito el intercambio de información en tiempo real entre la aeronave y el lado tierra. Para ser capaces de implementar esto,

se requieren complejas infraestructuras de comunicaciones terrestres y espaciales. Igualmente, es importante resaltar que el punto de máxima saturación y por tanto que mayores procesos de mejora y optimización requiere es toda la fase de operación terrestre de la aeronave y de los pasajeros. En este entorno soluciones como WIMAX, para comunicaciones móviles de alta velocidad, deberán ir emergiendo como las soluciones naturales para la gestión del parque en el aeropuerto.

Como ya se ha comentado anteriormente, España es líder mundial en las tecnologías de gestión de tráfico y de operaciones aeroportuarias, disponiendo de los sistemas más modernos del mundo. Por ello, España es un exportador habitual de estas tecnologías. Actualmente el 50% de los vuelos internacionales son, en algún momento de su trayectoria, controlados por tecnología española.

9.3.2 La integración de las TIC como marco colaborador en el futuro y el presente ferroviario

Marco español como modelo tecnológico ferroviario en producción

España, como en el caso del transporte aéreo, ha sido pionera en sistemas evolucionados por la implementación integrada

de sistemas y subsistemas de información y comunicación ferroviarios. En concreto, fue el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), que posteriormente se integró en el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), quien implementó una innovadora plataforma tecnológica que se basa en el principio de integración e interoperabilidad de la información. Se concibió y especificó desde una perspectiva que fusiona la información y el control de todos y cada uno de los elementos que forman parte de una línea de alta velocidad, desde la generación estratégica de los planes de explotación hasta el control en tiempo real de los trenes, integrando todos los sistemas que intervienen en la explotación.

Poco a poco el gestor de la infraestructura evolucionó su “invento”. En un principio, éste constaba esencialmente de dos capas de operación que se fueron difuminando: Centro de Regulación y Control (CRC) y Sistema de Regulación Central (SRC). Para la explotación se contemplan e interrelacionan sus sistemas y subsistemas; y en función de su naturaleza operativa se disponen en las siguientes redes: Red de Tiempo Real, Red de Tiempo Casi-Real, y Red Corporativa y externa de Intranet/Internet.

Los sistemas CRC-SRC aportan por lo tanto al ámbito mundial ferroviario, no

sólo control integral y gestión multidisciplinar, sino valor añadido al desempeño global de la explotación ferroviaria, facilitando la toma de decisiones a través de una información compartida y transparente para los actores que intervienen en dicho entorno, tanto internos como externos.

La plataforma tecnológica española está radicada en los CRC, centros de operación neurálgicos. Hay uno o dos por línea, siendo el segundo normalmente un centro de respaldo o emergencia. Hoy en día la división entre CRC y SRC se ha difuminado. En función del gestor se despliegan unos subsistemas u otros, intercomunicados a través de un canal o bus RSB de mensajes y servicios ferroviarios (Railways Services Bus), que es la base de la infraestructura básica de interoperabilidad en TR.

El futuro puede estar dirigido a los siguientes objetivos: maximizar el uso de estándares y herramientas en la medida que preserven la calidad del producto final; desarrollar un CTC abierto, modular, escalable, realizado con software de libre distribución; adaptar el sistema para líneas de cercanías, sistemas urbanos o con alta frecuencia de circulación; extender la arquitectura de modo que pueda abordarse la integración desde los mismos enclavamientos, mediante redes de amplitud geográfica.

También se persigue integrar de una forma natural procesos de expedición de billetes, recuento y recaudación, de forma que la gestión de los sistemas se conciba como una actividad global.

Integración trans-fronteriza, trans-nacional, pan-europea

La normativa europea es muy clara en el sentido de que deben impulsarse y, en la medida de lo posible, normalizarse, los sistemas y procesos de gestión del transporte y de control del tráfico. Por este motivo estándares como el ETCS / ERTMS o EIRENE buscan romper las barreras fronterizas en general, y las europeas en particular.

ERTMS (“European Rail Traffic Management System”, Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo) es el sistema común, que ya cuenta con algunas realizaciones operativas, para la gestión del tráfico de las líneas de ferrocarril trans-europeas. ERTMS surgió por la existencia de múltiples sistemas de señalización y control de tráfico, sistemas de electrificación heterogéneos, distintos anchos de vía; y está contribuyendo a lograr un sistema común de gestión de tráfico con señalización en cabina. Las especificaciones de ERTMS son fijadas por la UNISIG (Union Industry of Signaling) y controladas por la ERA (European Railway Agency), de



acuerdo con la UIC (Union Internationale des Chemins de Fer).

Los objetivos principales de ERTMS son:

- a) Mejorar decisivamente la interoperabilidad del material rodante, definiendo un estándar técnico de señalización y seguridad que permita superar las diferencias entre los distintos países de Europa.
- b) Aumentar la capacidad de las líneas, reduciendo el intervalo entre trenes.
- c) Aumentar los niveles de seguridad.
- d) Reducir los costes.

EIRENE define las especificaciones funcionales y de sistema para comunicaciones móviles de la radio de los ferrocarriles. Es una norma UIC, que define servicios y aplicaciones sobre redes GSM-R en el ámbito europeo. EIRENE proporciona interoperabilidad para trenes que circulan por líneas internacionales, de gran velocidad o con alto nivel de tráfico, que cruzan fronteras entre países, distritos, áreas o sistemas. Finalmente, el estándar hace énfasis en procedimientos que facilitan la sustitución de los sistemas nacionales para la adopción del estándar, con la vista puesta en el control del coste económico que ello suponga.

Otros estándares deben diseñarse con objetivos similares. Se trata de reducir el número de instalaciones fijas, equipos y puestos de operación mediante la exclu-

sión de sistemas propietarios, cerrados y poco competitivos, y así terminar con mercados cautivos por países y compañías.

Sistemas en desarrollo

La UIC está espoleando tecnologías concretas para los distintos procesos del mando, control, planificación y gestión de los ferrocarriles. Por ejemplo, existe gran interés en el uso de satélites para organizar la circulación de los trenes, la información a los viajeros, la gestión del parque de material móvil y la optimización de la energía, además del seguimiento del programa Galileo y de proyectos europeos para migración al GNSS (Global Navigation Satellite System) y basados en EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). A continuación se presentan un par de ejemplos representativos:

- **Locomotive Locations** (LOCOLOC) es un proyecto ESA-EC que busca crear un sistema de señalización y protección por satélite a bajo coste para líneas de baja densidad de tráfico. La idea fundamental es abaratar costes transfiriendo de la vía al tren toda la seguridad posible.
- **Railway User Navigation Equipment** (RUNE) está usando EGNOS como una parte de un sistema que incrementa la atención del maquinista del tren, aumentando la seguridad.

En España, ADIF considera prioritaria la línea de estudios sobre el impacto socioeconómico de la infraestructura del transporte, participando de lleno en Programas Marco Europeos. Especial interés hay en el proyecto INTEGRAIL, que investiga la coordinación e integración de diferentes módulos del transporte ferroviario mejorando el uso de EGNOS y siguiendo los requisitos de ERTMS (ver más abajo). Dado que los sistemas de información integrados deben mantener a los viajeros informados en tiempo real, las normas europeas para redes de voz y datos en trenes y vía necesitarán evolucionar, desarrollando componentes estandarizados dirigidos a instalaciones del ferrocarril urbano y de largo recorrido. Hay que subrayar que, aparte del gestor de la infraestructura, resultarán beneficiados los operadores de trenes gracias a la armonización de los sistemas de señalización.

9.3.3 Contribución y enfoque de las herramientas actuales en la creación de inteligencia para la gestión ferroviaria automatizada

Control por re-planificación

En la explotación ferroviaria moderna se requiere la contribución de herramientas que soporten todos los procesos de con-

trol y supervisión de la explotación y que sean susceptibles de ser automatizados. Las tecnologías actuales permiten definir un nuevo concepto que denominamos “Control por re-planificación”. En este proceso, las tareas del gestor de tráfico se ciñen a la toma de decisiones de regulación del tráfico y, en general, a la resolución de conflictos, permitiendo la creación de inteligencia para la explotación. Esta resolución de conflictos debe estar apoyada en herramientas de ayuda a la toma de decisiones.

De esta forma, el proceso de operación ferroviaria se debe concebir como un proceso iterativo, en el que cada iteración tiene un “time frame” más cercano al tiempo real. En este sentido los procesos iterativos a repetir son: gestión de la capacidad de la línea; optimización de los surcos; optimización y asignación de material rodante y personal embarcado; generación del plan de transporte; ejecución automática del plan de transporte; supervisión del plan de transporte; predicciones de evolución del plan y detección de conflictos.

Una vez detectados los conflictos, se vuelve a iterar en el proceso, buscando una solución al conflicto. Esta solución al conflicto requiere de una re-planificación y por tanto un nuevo plan de transporte que, idealmente, debería ser óptimo den-

tro del marco impuesto por la situación actual del tráfico.

El número de iteraciones habituales en este proceso suelen ser las siguientes: 1ª iteración, Plan estratégico [6 meses a 1 año vista]; 2ª iteración, Plan táctico [1 semana a 1 mes vista]; 3ª iteración, Plan diario [1 día vista]; 4ª y sucesivas, reprogramación y tiempo real.

Con los planes diarios y las re-planificaciones de tiempo real, los sistemas son capaces de tele-comandar de forma automática todas las instalaciones conforme a lo que está planificado. Es incluso posible, que los sistemas tomen decisiones básicas de regulación de tráfico con el objeto de ajustar lo que está ocurriendo a lo que está planificado.

Predicciones precisas

El punto crítico en este estadio es realizar un seguimiento de la explotación lo más preciso posible y disponer de algoritmos avanzados que sean capaces de realizar buenas predicciones. Los sistemas tradicionales sólo eran capaces de considerar la evolución del tráfico como proyección del estado actual de cada circulación, realizando esta proyección conforme a la marcha horaria planificada. Un sistema moderno debe ser capaz de predecir la evolución del tráfico consi-

derando el conjunto de la explotación y no cada circulación individual; esto significa poder predecir los efectos de cada circulación en todas las demás. Esta visión predictiva no permite saber qué va a ocurrir con el tráfico si no se realiza ninguna acción de regulación. Por poner un ejemplo, si se han planificado dos trenes en sentidos contrarios que deben atravesar un tramo de vía única, es importante predecir cómo el retraso de un tren en uno de los sentidos puede afectar al otro. Se trata por tanto de detectar conflictos presentes y futuros y ser capaz de determinar el impacto de dicho conflicto en la explotación.

Una vez detectado el conflicto, el trabajo del regulador de tráfico se circunscribe a determinar cómo resolverlo. En este sentido, es posible dotar al operador de sistemas tales que evalúen y cualifiquen las diferentes alternativas de resolución. En este punto se trata de analizar los diferentes grados de libertad de la infraestructura y la operación para resolver el conflicto y determinar la idoneidad de la solución. La idoneidad de esta solución deberá venir definida por un índice de calidad de la explotación prevista y un factor de coste de la solución. Estos índices de calidad y coste son específicos de cada administración ferroviaria y de cada tipo de explotación.

Los procesos de optimización

En este enfoque de procesos de optimización en la explotación ferroviaria hay que distinguir claramente entre los procesos de optimización estratégica y las soluciones “óptimas” en tiempo real. Se trata de dos entornos absolutamente diferentes y con aproximaciones al problema completamente distintas.

En el caso de la optimización estratégica, se trata de un arduo problema matemático de minimización con restricciones, donde el espectro de soluciones es muy amplio y hay que encontrar la mejor solución en un tiempo finito, pero no existe presión temporal para encontrar la solución.

En el entorno de tiempo real la situación es la contraria, es un entorno donde hay pocas soluciones, hay gran presión temporal para encontrar una buena solución y -lo que es más importante- hay que determinar la idoneidad de la solución en base a cómo afectaría al resto de la explotación.

Si bien desde el punto de vista puramente matemático el primero de los procesos (optimización estratégica) es bastante más complejo, se trata de procesos y algoritmos bien conocidos. El segundo de ellos es un proceso mucho más innovador, donde a partir de las predicciones de evolución del tráfico el sistema evalúa alternativas, predice la evolución del tráfico en caso

de ejecutar dicha alternativa y es capaz de comparar ciertos indicadores de calidad entre la situación actualmente predicha y la que se obtiene de la ejecución de la alternativa; y todo esto en tiempo real.

Herramientas de simulación y reconstrucción

La integración de todos los sistemas que componen una explotación ferroviaria, supone una plataforma de lanzamiento de múltiples herramientas paralelas a la propia explotación:

- Pruebas integrales de nuevas versiones de los sistemas software del centro de control, tanto desde el punto de vista de funcionalidad como del de interoperabilidad o compatibilidad entre ellos.
- Formación integral, en un entorno similar al real, y con las herramientas reales, de los distintos tipos de operadores que controlan la explotación.
- Detección, a través de la experimentación, de carencias o puntos débiles de la línea, tanto de capacidad como de operación.
- Formación de los operadores en resolución de situaciones conflictivas, mediante la repetición de ejercicios que simulen dichas situaciones.

España dispone de un entorno sintético de simulación ferroviaria que engloba



Fuente: www.ertms.com

enclavamientos electrónicos, detectores en vía y tren, ASFA, GSM-R, alimentación de energía y ERTMS en sus niveles 1 y 2.

Estos sistemas simulados del entorno sintético se conectan a las mismas versiones de software que está instalado en los sistemas de control en producción, lo que permite verificar su funcionalidad, sin necesidad de desarrollar software de operación específico para simulación.

La reconstrucción, ya establecida y usada en determinados telemandos, tiene su siguiente paso en la reconstrucción integrada que permita, no sólo analizar incidentes concretos ocurridos en la explotación, sino también la posibilidad de analizar y estudiar situaciones sin incidentes, pero sí con cargas especiales de tráfico. Dicho análisis permite detectar fallos en la operación para ser corregidos en el futuro en situaciones similares, que permitan una mejora continua de la operación de explotación.

En España se dispone de plataformas de integración de aplicaciones de reconstrucción de telemandos, que suministran la grabación y recuperación de las secuencias de datos que conforman la reconstrucción; y un sistema de sincronización y control de la reconstrucción, que permite la operación sincronizada de los reconstructores de las diferentes técnicas, y ayuda a la explotación inteligente, mediante procesos de retro-alimentación.

9.3.4 Las herramientas del futuro: nivel de integración multidisciplinar y nivel de anticipación

Incrementar el grado de integración entre herramientas

La integración de los sistemas de energía en los de control ferroviario es recomendable porque: primero, el estado de la catenaria (secciones eléctricas, interruptores y zonas neutras) afecta al control de tráfico; y segundo, la minimización del consumo de energía es uno de los parámetros clave en la confección de los planes de explotación. Este punto es el más interesante, porque la definición de los servicios podría hacerse a partir de los Kwh. o kilos de combustible consumidos por línea y por unidad operativa. Posteriormente, habría que encontrar una manera intuitiva de representar gráficamente los datos de consumo en una ventana de “mallas”, implementar un módulo que visualice dinámicamente esta información, e implementar otro que registre esos datos en bases de datos.

Asimismo, la integración de los sistemas de energía podrá reforzarse con la de los sistemas de pesaje de los trenes, ya que, conociendo la carga exacta de un tren, su curva de marcha, y la topología de la infraestructura, podría calcularse el consumo de energía de cada servicio de forma precisa.

La integración de los sistemas de recaudo en los procesos de control y planeamiento sería muy valiosa, porque la minimización del número de usuarios que no puede abordar los trenes es uno de los parámetros que emplea los gestores de infraestructuras en la definición de los planes de explotación. De los sistemas de recaudación y control de billetes y accesos se necesita básicamente la afluencia de entrada y salida por estación. Ello permitiría establecer matrices de origen-destino para alimentar algoritmos que calcularán cómo repercute en el nivel de servicio a los usuarios las circulaciones de un determinado PE.

Otras integraciones interesantes en un entorno como el *Da Vinci* serían las de aplicaciones logísticas para el transporte de mercancías, de soporte al mantenimiento, y de gestión de turnos de personal.

La integración entre sistemas nacionales en ámbitos geográficos transnacionales proseguirá su curso hasta que se desvanezcan las fronteras operativas, al menos en Europa.

Definición de nuevas normativas ferroviarias y refinamiento de las existentes

Es obvio que la tendencia actual se extenderá a tecnologías, procesos y productos,

de forma que mejore la interoperabilidad entre aplicaciones heterogéneas. La definición de estándares en XML para intercambio de información a distintos niveles de abstracción, y en distintas capas de arquitectura, está en perspectiva.

Aumento del nivel de integridad de la seguridad

Éste no es sólo un objetivo de operadores y gestores, sino también gubernamental. Veremos sin duda cómo emergen nuevos sistemas de protección de los trenes, sistemas complementarios de detección de trenes basados en sensores de mayor precisión y fiabilidad; nuevas normas y sistemas de tolerancia al fallo; aplicaciones en estaciones y vía de reconocimiento de imágenes y visión artificial; sistemas basados en conocimiento para soportar más inteligentemente los sistemas de predicción de conflictos en la operación; biometría para acceso a los puestos de operación; y un sin fin de nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad de la operación y las circulaciones.

Reducción de costes

La reducción de costes está presente en cualquier nuevo desarrollo o sistema que pueda implantarse. En aras de dicho obje-

tivo, las organizaciones están abocadas a la actualización permanente de sus sistemas y a la incorporación de nuevas tecnologías, entre las que cabe destacar el aprovechamiento total de las posibilidades que Internet vaya ofreciendo en cada momento.

Además del uso profuso de las TIC, el ahorro vendrá por caminos muy distintos: nuevos sistemas ATO, simplificación de tareas de control, abaratamiento de los sensores de seguridad, etc. Cualquier sistema de ingeniería ferroviaria debe tener una buena relación calidad-precio, pues de otro modo se quedará en un simple prototipo.

La única excepción a esta regla pueden ser precisamente los procesos y productos relacionados con la integridad de la seguridad, donde una mayor inversión puede justificarse mejor. Así pues, aunque muy probablemente se moverá en unos márgenes asequibles para operadores y administradores, es previsible que la ingeniería de seguridad crezca de manera sostenida a medio plazo, dado que las organizaciones ferroviarias nunca podrán mantener y aumentar la integridad de los usuarios finales a costa de reducir la calidad de su servicio. Por ejemplo, no es aceptable bajar la frecuencia de paso de los trenes en un Metro para minimizar las posibilidades de accidente. Más al contrario, la calidad del servicio debe mejorar

paulatinamente, y en esa misma medida crecerá el sector de la seguridad.

Dotar de más inteligencia a las herramientas de planificación

Es lógico que la experiencia acumulada por operadores y planificadores se vaya trasladando a las herramientas para que muchos procesos que se realizan manualmente se hagan automáticamente. Véase como ejemplo la regulación automática del sistema español implantado en Metro de Medellín, donde los usuarios asimilaban rápidamente los beneficios de despreocuparse de la tarea de mantener los trenes en hora.

Los sistemas basados en programación de reglas o restricciones también podrán desarrollarse para impulsar otros tipos de planificación: aparcamiento y estacionamiento, turnos de personal en las tripulaciones de las unidades operativas, tareas de mantenimiento (en función de su influencia en las limitaciones temporales de velocidad, zonas de protección, etc.), logística de las estaciones, y un largo etcétera.

Creación de sistemas y aplicaciones de movilidad

De las aplicaciones de movilidad se beneficiarán sobre todo los clientes finales, de modo que estén puntualmente informados

de los servicios prestados por las organizaciones ferroviarias. Por “cliente final” deben entenderse no sólo los pasajeros, sino también los maquinistas o conductores, controladores de tráfico, y los usuarios de redes corporativas. Es decir, la movilidad mejorará las prestaciones informativas tanto en el exterior como el interior de los operadores y gestores, facilitando hacia fuera la difusión de información en casi-tiempo real, y el intercambio de informes dentro de la organización. La manejabilidad creciente de los nuevos dispositivos de red y la configuración automática al conectar son garantía de que este nicho es prometedor.

Mejora de las herramientas de simulación y análisis

Se necesitarán simuladores más realistas para formación de conductores, operadores, supervisores y gestores. A ello puede contribuir la integración entre simuladores de distintos entornos (por ejemplo, aplicación de la tecnología HLA, integración de un simulador de cabina de conducción de un tren con las aplicaciones de un CRC, etc.); más ayudas a la definición de escenarios y ejercicios; y los sistemas basados en conocimiento para escrutinio inteligente de datos y descubrimiento de patrones.

Además, estas herramientas (dirigidas en principio a la reconstrucción de

situaciones problemáticas o a la instrucción de nuevos profesionales), saldrán de su ámbito natural, para beneficio de usuarios de Internet o de la red de tiempo real (TR). Por ejemplo, como soporte a la actividad de control, se podría utilizar un módulo de simulación en TR que permitiese la detección de conflictos con una determinada probabilidad ante ciertas acciones del operador.

Sistemas de transporte intermodal

El intermodal es uno de los sectores que apuntan a un crecimiento a medio y largo plazo. Se requerirán planificaciones transparentes que minimicen criterios o parámetros de servicios que circulen por carretera, ferrocarril, mar o aire, que utilicen como datos restricciones de bajo nivel, como las existentes entre unidades o vehículos que corren en los distintos medios; y de alto nivel, como las que existen entre corporaciones o países.

Indudablemente, los sectores de transporte de viajeros y de mercancías son un terreno abonado para las aplicaciones de mando y control intermodal. Pero no serán los únicos, sino que se aplicarán en otros, como por ejemplo el de protección civil y gestión de emergencias, que de forma natural no distinguen entre modos de transporte.

9.4 INTERACCIÓN ENTRE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE Y EL SISTEMA ELÉCTRICO

Alberto García Álvarez, FFE

La electricidad presenta notables ventajas frente a otros vectores energéticos desde el punto de vista de la sostenibilidad, por lo que podría adquirir una enorme importancia a medio plazo, para distintas modalidades de transporte como el vehículo privado eléctrico o híbrido, que se pueda conectar a la red.

En la actualidad, el ferrocarril es el único modo de transporte que utiliza la energía eléctrica suministrada en tiempo real al vehículo para producir el movimiento¹. En ambos casos la interacción del vehículo con la red eléctrica constituye un aspecto fundamental del modo de transporte. En la presente monografía se van a tratar en detalle las posibilidades de la utilización del freno regenerativo para mejorar la eficiencia energética del transporte, así como las oportunidades de contribución del ferrocarril al equilibrio de potencia del sistema eléctrico general.

Los diferentes sistemas de trenes eléctricos presentan diferencias importantes con otros tipos de tracción. Incluso

entre ellos son muy relevantes las diferencias entre las tensiones de suministro y funcionamiento; las tecnologías de los motores y de las cadenas de tracción empleadas; y la variedad de sistemas de freno. Los trenes eléctricos disponen de freno regenerativo, capaz de producir energía eléctrica. Esta energía regenerada se aprovecha en la actualidad parcialmente, pero el desarrollo de nuevas tecnologías permitirá, apoyándose en la TIC para la gestión de esta energía, reducir de forma importante el consumo neto de energía y, por ello, de las emisiones asociadas.

9.4.1 Introducción

Ventajas de la electricidad como vector energético

Las ventajas que, desde el punto de vista de la sostenibilidad, presenta el empleo de la energía eléctrica en el transporte son muy numerosas. Las más destacadas son:

¹ El transporte por tubería (oleoductos, gasoductos) también utiliza la electricidad como vector energético, pero su ámbito de aplicabilidad es menor que en el ferrocarril (ya que se limita al transporte de ciertos líquidos y gases) y no tiene la posibilidad de emplear el freno eléctrico regenerativo, lo que hace que el caso del ferrocarril eléctrico sea mucho más rico y completo para su análisis.

- La deslocalización de las emisiones de contaminantes de efecto local. Estas emisiones se producen en los puntos de generación de la energía eléctrica, en vez de emitirse en el lugar de su uso final; es decir, no se producen emisiones en el lugar en que se produce el transporte. Esto es especialmente importante en el transporte urbano, al evitarse la contaminación local en las ciudades.
- La menor emisión de gases de efecto invernadero por cada unidad de energía final requerida (el porcentaje de diferencia depende del mix de generación de cada país, pero en general tiende a ser siempre menor y con más posibilidades de mejora que en el caso de la tracción que emplea los motores térmicos).
- Los vehículos de tracción eléctrica tienen un mejor rendimiento energético global, incluso si se analiza en términos de energía primaria total. Desde luego, si se considera el rendimiento en términos de energía primaria fósil o derivada del petróleo, la ventaja de la tracción eléctrica aumenta de forma significativa.
- Los vehículos eléctricos tienen la posibilidad de generar energía eléctrica en el proceso de frenado de forma fácil y con el mismo motor que emplean para la tracción. Esta energía regenerada pueden aprovecharla o reutilizarla de una u otra forma para reducir el consumo neto

de energía y, por ello, de las emisiones de todo tipo asociadas a la generación y uso de la energía. Además, en general, los vehículos eléctricos son menos ruidosos y por ello también contribuyen más a la sostenibilidad del sistema de transporte.

El caso de los vehículos conectados permanentemente a la red

La energía que precisan los vehículos de tracción eléctrica pueden recibirla de baterías o de sistemas de acumulación embarcados (como es el caso de los “coches de golf”, de algunos autobuses o coches eléctricos, etc.). Por el contrario, los vehículos ferroviarios de tracción eléctrica están conectados en tiempo real y de forma permanente (mientras se mueven) a la red eléctrica, ya sea a través un sistema catenaria-pantógrafo o de un tercer carril y su captador.

Mientras están conectados y en movimiento, los vehículos ferroviarios pueden recibir energía de la red (es lo habitual) pero también pueden moverse en algunos periodos sin recibir energía, e incluso pueden devolver energía a la red.

Esta conexión permanente presenta la ventaja adicional de que los vehículos pueden inter-actuar con la red eléctrica en las formas que se expondrán seguida-

mente. Esta inter-actuación puede ser de dos tipos:

- **Pasiva**, entendiendo por tal la que se realiza sin perseguir un objetivo específico de eficiencia y sin considerar situaciones futuras o la posición de otros trenes, como se hace en la actualidad.
- **Inteligente**, que sería la que considera todas las prestaciones del sistema y analiza en tiempo real la situación del sistema eléctrico, del sistema ferroviario y las previsiones de evolución para optimizar las decisiones.

Las TIC presentan grandes posibilidades de ayudar a la inter-actuación “inteligente”, como se describirá en esta monografía.

9.4.2 El freno regenerativo

La mayor parte de los vehículos ferroviarios de tracción eléctrica en la actualidad disponen de freno eléctrico regenerativo que permite producir energía eléctrica.

Principios de funcionamiento

Cuando un tren dotado de freno regenerativo precisa reducir rápidamente la velocidad o la altitud, la energía que necesita extraer del tren la puede convertir en energía eléctrica “invirtiendo” el sentido

de uso del motor de tracción, que pasa a funcionar como generador.

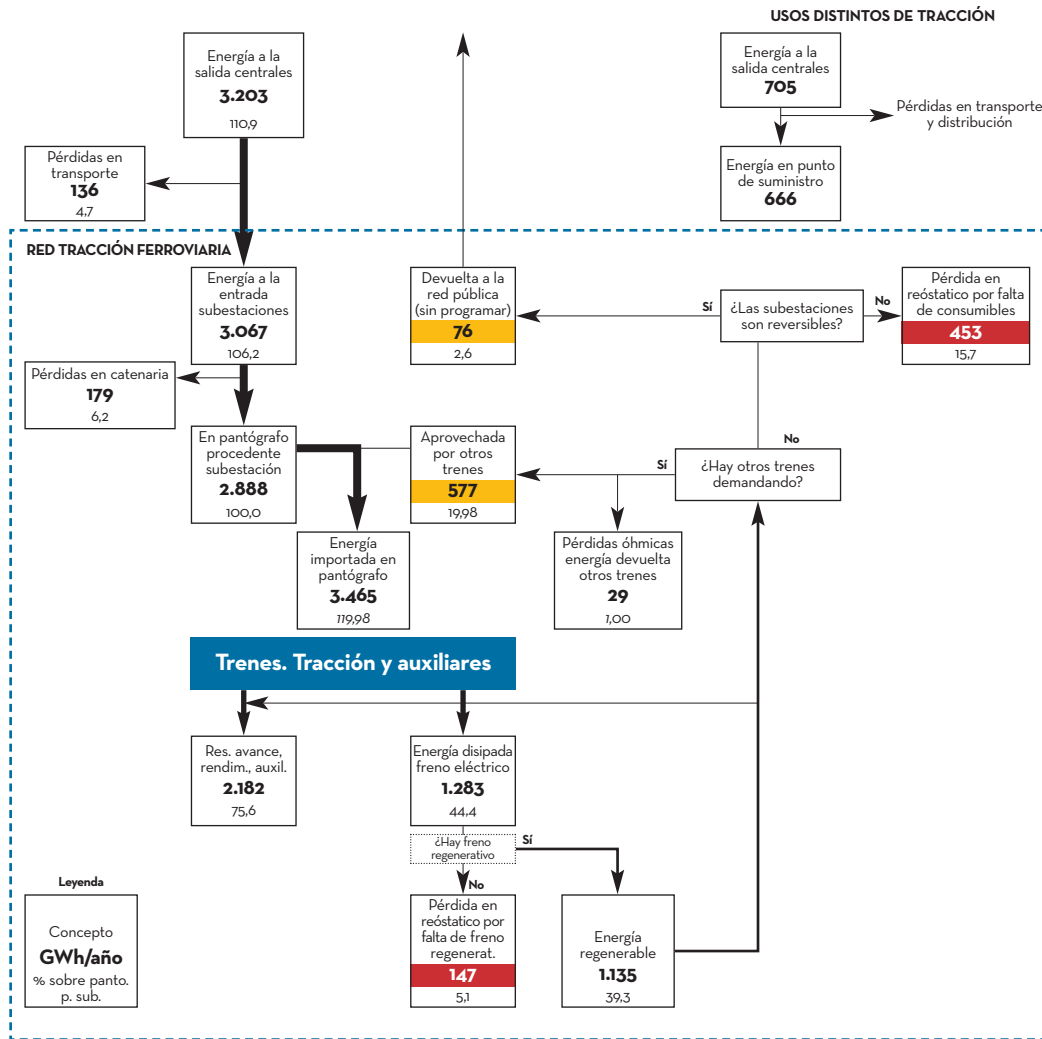
La energía eléctrica así generada puede ser empleada para la alimentación de los servicios auxiliares del propio tren; pero la potencia de éstos es, en general, pequeña si se compara con la potencia del freno eléctrico, por lo que aún alimentando los auxiliares, “sobra” mucha energía en el proceso de frenado.

Esta energía sobrante del frenado puede ser devuelta a la catenaria (red eléctrica que alimenta a los trenes) si existe otro consumidor que precise esta energía (por ejemplo, un tren que esté frenando en las proximidades).

Si no hay consumidores “cerca”, la energía puede ser devuelta a la red eléctrica pública a través de las subestaciones del ferrocarril si éstas son reversibles. Con mucha frecuencia el ferrocarril se alimenta con corriente continua, y en estos casos la energía no suele ser devuelta a la red, pues el proceso de conversión en alterna requiere equipos específicos y la inversión correspondiente ha carecido de interés económico hasta ahora, ya que la energía devuelta tradicionalmente no ha sido remunerada al ferrocarril. En este caso, la energía es disipada en el llamado “freno reostático”, que está compuesto por unas resistencias embarcadas en los propios trenes.

Figura 9.1. Flujos de energía eléctrica de tracción en el sistema ferroviario español en 2007

Fuente: García Álvarez (2008)



Ventajas del freno regenerativo y la devolución a la red

La generación de energía eléctrica por el frenado de los trenes y su devolución a la red eléctrica pública tiene las siguientes ventajas:

- No supone emisiones, ni consumo de energía procedente de fuentes no renovables.
- La cantidad de energía que va a ser aportada a la red pública puede ser conocida con un razonable grado de aproximación.
- El coste marginal de esta generación es nulo.

Por ello, el aumento de la cantidad de energía exportada a la red conduciría a una mejora de la eficiencia del sistema eléctrico y, a la vez, una reducción de las emisiones asociadas a la generación. Por otra parte, la integración de esta energía en el mercado eléctrico evitará la producción con tecnologías menos eficientes, por lo que se están desarrollando numerosos esfuerzos para obtener el máximo provecho de esta energía.

Cuantificación de la energía devuelta

Los flujos de energía eléctrica de tracción en el ferrocarril español (incluyendo en el

sistema tanto a los trenes de alta velocidad como trenes convencionales, metros y tranvías) en el año 2007 han sido cuantificados [García Álvarez, 2008] de acuerdo con el esquema de la figura 9.1.

Del estudio puede deducirse que en los pantógrafos de los trenes entran al año 3.465 GWh, poco menos que la producción en 2006 de la central nuclear de Santa María de Garoña (CNE, 2008). Para ello se han producido en las centrales del sistema de generación 3.203 GWh; y el resto (así como la energía necesaria para subvenir las pérdidas) proceden de la recuperación de otros trenes.

De la energía que reciben los trenes, alrededor de una tercera parte (1.283 GWh al año) se convierte en energía eléctrica en el freno eléctrico, pero de esta parte 147 GWh se pierden después de haberse generado en el freno reostático, pues se producen en trenes -generalmente antiguos- que no tienen posibilidades de devolución a la catenaria. En el caso de los trenes que sí pueden devolver electricidad a la catenaria, una parte se aprovecha para los auxiliares del propio tren, y otra parte va a la catenaria. A su vez, una parte importante de la energía generada (577 GWh al año) se aprovecha para otros trenes que se mueven a la vez; pero la parte que no puede ser aprovechada por no haber otros trenes "traccio-

nando” mientras el primero frena sólo puede ser aprovechada, como se ha expuesto, si la subestación es reversible, lo que en la actualidad solo ocurre –de hecho– en las subestaciones de las líneas de alta velocidad alimentadas en corriente alterna. Ello permite que 76 GWh al año sean devueltos a la red pública, pero como la mayor parte de las subestaciones no son reversibles, se pierden otros 453 GWh en el freno reostático de los trenes.

Obsérvese que, sumadas las dos cantidades que se pierden en el freno reostático de los trenes, se obtiene un total de 600 GWh hora al año que es aproximadamente 6 veces que toda la energía producida por la energía solar fotovoltaica en España en 2006 o la producción en 2006 de la central térmica de carbón de Puertollano (CNE, 2008).

9.4.3 Aprovechamiento de la energía del freno regenerativo

De lo expuesto, puede deducirse que la energía generada por los trenes en el frenado puede ser aprovechada de cuatro formas fundamentales: en el propio tren (para los auxiliares); almacenándose para su uso posterior; por otros trenes que la requieran a la vez que el tren frena; y devolviéndola a red eléctrica pública.

Almacenamiento

Cuando no conviene que la energía generada por el freno sea aprovechada en tiempo real o no puede ser aprovechada por el propio tren o por otros trenes, ni puede ser devuelta a la red pública, es posible almacenarla para su uso en otro momento. Este almacenamiento se puede producir en el mismo tren (almacenamiento embarcado), o en otros puntos (almacenamiento en tierra). El almacenamiento de energía de frenado no sólo permite el ahorro de energía, sino también reducir las puntas de potencia requeridas por el sistema ferroviario y para reducir las caídas de tensión entre subestaciones muy distantes.

El almacenamiento de energía eléctrica procedente del frenado puede realizarse en baterías (como en los tranvías Citadis Alstom de Niza); en volantes de inercia embarcados (como en los tranvías de Rotterdam y próximamente en la red suburbana de Paris); o en condensadores (como el “MITRAC Energy Saber” que Bombardier instaló en 2003 en el tranvía Mannheim, Alemania). También puede ser almacenada en tierra, en volantes de inercia (como en la línea 1 del Metro de Londres o el proyecto ACE2 de Adif) o en súper-condensadores (Metro de Madrid).

El almacenamiento de energía procedente del freno regenerativo es, sin embargo, muy poco utilizado, y existen incertidumbres sobre la mejor tecnología a emplear en cada caso y la dificultad de definir la estrategia óptima de su combinación con otro tipo de acciones, así como sobre el mejor destino de este almacenamiento (que puede ser ahorro de energía, reducción de puntas, evitar caídas de tensión en tramos con subestaciones muy separadas, etc.).

Dificultades para el aprovechamiento del freno regenerativo

Pese a sus ventajas, diversas dificultades impiden un mayor y más extendido aprovechamiento del freno regenerativo. Entre ellas, pueden citarse la configuración de las redes eléctricas, que limita las zonas físicas en que puede aprovecharse la energía por otro tren; las escasas posibilidades de devolución de la energía excedente a la red pública (que además no está remunerada); y la diversidad de tecnologías y escasa experiencia práctica en la acumulación de esta energía, ya sea en tierra o embarcada, ya sea en acumuladores estáticos o cinemáticos.

Por otra parte, existen numerosos factores que hacen que los procesos de arranque y frenado no estén sincronizados entre sí, por lo que en vez de aprove-

chase la energía del freno, se producen puntas de consumo eléctrico que, además, aumentan las necesidades de dimensionamiento del sistema eléctrico.

Actuaciones para el aprovechamiento de la energía del freno

Para salvar las dificultades existentes, y para favorecer la regeneración de la energía de frenado se investiga en las siguientes líneas:

- Optimización del diseño de horarios para evitar coincidencias en los arranques, y propiciar coincidencias entre el arranque de unos trenes y el frenado de otros.
- Diseño de la forma óptima de conducción en cada momento, decidiendo que se produzcan “marchas en deriva” (sin “traccionar” ni frenar) y así evitar que se disipe energía en el freno (aún cuando ésta puede ser regenerada) cuando no sea perjudicial para el servicio la pérdida de tiempo que supone la “marcha en deriva” (por ejemplo, si el tren se va a detener ante una señal que se sabe que va a estar cerrada un cierto tiempo).
- Aumentar el tamaño y el mallado de cada cantón eléctrico. En la medida en que existan más tramos interconectados entre sí, aumentará la probabilidad de que exista un receptor para la energía que regenera un tren que frena.

- Uso de dispositivos acumuladores de energía. Con independencia de la tecnología que usen para almacenarla, estos dispositivos pueden consumir energía de la catenaria (proceso de carga) o bien devolver energía a la catenaria (proceso de descarga), siempre hasta agotar la energía acumulada en el proceso de carga. Por ello, el uso de estos dispositivos a lo largo de la catenaria permite aumentar la probabilidad de que exista un receptor para la energía que regenera un tren, al permitir diferir el momento en el que otro tren consume esa energía regenerada.
- Uso de subestaciones de tracción reversibles. En las electrificaciones de corriente continua, debido a la tecnología que se suele emplear (puentes de diodos), las subestaciones sólo pueden transmitir la potencia eléctrica en un sentido –desde la red de distribución hacia la catenaria–. Por ello, cuando no hay otro tren que pueda consumir la energía que un determinado tren regenera, la regeneración no se produce. Por el contrario, si las subestaciones permitieran el flujo de energía en sentido contrario –desde la catenaria hacia la red de distribución– los trenes podrían devolver siempre la energía cinética que pierden al frenar. En las electrificaciones de corriente alterna, las subestaciones ya

permiten transmitir energía en ambos sentidos.

En la Memoria del Proyecto EnerTrans (FFE, 2007) se estima (advirtiendo que el dato puede ser una pobre aproximación) que en una situación tendencial, la energía generada en 2010 por el freno de los trenes sería de 2.146 GWh, de los que se aprovecharía el 38% (864 GWh) para alimentar otros trenes y en la devolución a la red pública. En dicha Memoria se evalúa el impacto de las medidas posibles sobre el diseño de los vehículos, que podrían reducir el consumo y en consecuencia la energía disipada en el freno de los trenes a 2.070 GWh. De esta energía disipada en el freno, se estima que podría pasarse del aprovechamiento actual del 38% hasta un 85%.

Por ello, los dos grupos de actuaciones podrían suponer una reducción del consumo anual del ferrocarril del orden 773 GWh. De ellos, 142 GWh vendrían de actuaciones sobre el vehículo y otros 631 GWh por aprovechamiento de energía del frenado.

9.4.4 Las TIC para la gestión de la energía del freno regenerativo

Un mayor grado de aprovechamiento del freno regenerativo, como el que propone

en el citado proyecto, no es posible sin el uso de las TIC, ya que las estrategias a aplicar en cada momento no pueden determinarse previamente off-line en un “laboratorio”, sino que tienen que recalcularse en tiempo real función de diversos parámetros. En efecto:

- Las consignas de conducción a enviar al maquinista (o al sistema de conducción automática) dependen de las previsiones de la marcha futura del propio tren, de la situación previsible del tráfico, de las limitaciones temporales de velocidad, y de la situación de otros trenes. Además, estas consignas deben respetar la prioridad absoluta de las indicaciones de seguridad. Es muy importante señalar que, aunque se están desarrollando muchos esfuerzos en la optimización de la forma de conducción, existe una grave laguna en la forma de comunicar esta información al tren.
- El uso óptimo de la energía generada con el freno regenerativo no depende sólo del propio vehículo, sino del conjunto del sistema (en concreto, del funcionamiento de otros vehículos, de red eléctrica, de rendimientos posibles, de los sistemas de almacenamiento, etc.).
- En el caso de que existan dispositivos de almacenamiento adecuados, la gestión del almacenamiento de energía, embarcado o en tierra, debe considerar la

situación en el momento y la previsión futura, tanto del movimiento de cada vehículo, como del conjunto de sistema del transporte y del sistema energético.

- Finalmente, la interacción con el sistema eléctrico, aportando en su caso el mayor o menor consumo para el equilibrio instantáneo de la red e incluso contribuyendo al desplazamiento espacial de los consumos en la media en que sea posible y necesario.

Puede resumirse señalado que, cuando hay un único instrumento para la reducción del consumo de energía como pudiera ser la conducción económica o la devolución a la red o el almacenamiento, resulta relativamente sencillo saber cuál es la estrategia a aplicar, pues tal estrategia pasa por emplear en mayor o menor grado el instrumento disponible. Sin embargo, parece claro que si puede disponerse de más instrumentos a la vez, ya no es trivial determinar cuál es la combinación óptima de unas y otras estrategias. El proyecto ElecRail pretende avanzar en este punto.

9.4.5 La aportación de la energía exportada e importada al equilibrio de la red eléctrica

Otra oportunidad relevante en relación con la posibilidad que tienen los trenes de

devolver energía eléctrica de la red y con el hecho de que están conectados a ella de forma permanente, consiste en que los trenes pueden asumir, sin grandes consecuencias sobre el servicio, interrupciones cortas de suministro de energía, e incluso realizar aportaciones extraordinarias al sistema eléctrico en casos de desequilibrio momentáneo del mismo por diferencias puntuales entre la generación y demanda de electricidad.

Como es bien sabido, el funcionamiento del sistema eléctrico se basa en el equilibrio instantáneo entre la generación y la demanda de electricidad. Para lograr este equilibrio es preciso realizar una eficiente programación de la generación y un seguimiento de la demanda del sistema.

En el caso de que, por alguna circunstancia (por ejemplo, por un fallo de una central de generación en cualquier punto del sistema eléctrico europeo) se produzca un fuerte desequilibrio, es necesario para el adecuado funcionamiento del sistema, disponer de cargas que acepten su inmediata desconexión, aún cuando fuera por un corto periodo de tiempo, hasta que puedan entrar en funcionamiento las reservas secundaria y terciaria.

En este sentido, las cargas de la tracción ferroviaria son especialmente adecuadas para ser interrumpidas durante breves periodos de tiempo, por cuanto los

trenes pueden continuar circulando sin suministro eléctrico aprovechando su inercia; y, al menos en interrupciones cortas, sin grandes pérdidas de tiempo. Solo en ciertos casos, como en túneles singulares o en tramos subterráneos urbanos, sería desaconsejable esta estrategia; pero en el resto de los casos, puede estimarse que un corte de 30 segundos sólo produciría un retraso medio de 11 segundos a los trenes que circulan en ese momento.

Téngase en cuenta que en cada instante la potencia demandada por los trenes españoles es, como media, de 365 MW, de forma que una descarga automática del sistema ferroviario de tracción podría suponer una aportación de potencia de esta magnitud; es decir, aproximadamente la cuarta parte de la capacidad de la interconexión eléctrica con Francia.

Desde luego, para que ello sea viable, sería necesario disponer de un sistema automático de desconexión y conexión, pues los grados de “interrumpibilidad” son diferentes dependiendo de la posición de la subestación correspondiente y del tipo de tráfico que atiende. Por otra parte, la reconexión debería ser ordenada y progresiva en función de la situación de la red pública.

En este punto la aportación de las TIC es fundamental para ordenar la desconexión cuando sea preciso atendiendo

a la naturaleza de la causa que origina la necesidad y a la situación de los trenes o grupos de trenes en el sistema. Mas aún para la reconexión, debe garantizarse que se haga de forma adecuada a fin de no causar un perjuicio mayor que el beneficio obtenido.

Una oportunidad adicional podría venir de (además de dejar de alimentar los equipos de tracción) ordenar la aplicación del freno regenerativo de una parte de los trenes para lograr una aportación adicional de energía de frenado a la red pública. También, y simultáneamente, se podría

proceder a la descarga sobre la red eléctrica pública de los acumuladores en tierra que hubiera. Así, el sistema ferroviario, en momentos de falta de potencia del sistema público, podría contribuir no sólo dejando de consumir por cortos periodos, sino incluso aportando energía de forma distribuida.

En este caso serían necesarias tecnologías específicas que permitieran actuar, no sólo sobre las subestaciones del sistema ferroviario, sino sobre cada uno de los trenes, para evaluar sus posibilidades de aportación de energía al sistema.

BIBLIOGRAFÍA

CNE (Comisión Nacional de la Energía).

Información relevante de los sectores de la energía, 2007. Energía eléctrica.

FFE (Fundación de los Ferrocarriles

Espanoles), et al. (2007): Memoria del proyecto ElecRail (Análisis sistemático del consumo energético en líneas ferroviarias metropolitanas, de cercanías y de alta velo-

cidad, con valoración del impacto energético y del resultado económico, incluyendo el desarrollo de modelos y simuladores parametrizables).

GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2008): *Inventario de consumos de energía del ferrocarril en España, Versión 4.0*, 8 de octubre de 2008; Monografía ElecRail, 4.



GESTIÓN DE LA MOVILIDAD PARA UN TRANSPORTE SOSTENIBLE Y SEGURO

José Carlos Riveira

Telvent. Coordinador

Eduardo Bonet

INDRA

José Luis Añonuevo

INDRA

Juan Carlos González de Frutos

Telvent

Carlos Acha

Alsa

Alberto Cillero

Alsa

Equipo del Ayuntamiento de Madrid

Jesús Mallol

INDRA

Coordinador de capítulo

Académico revisor

Ricardo Torrón

10

10.1 PANORÁMICA CONCEPTUAL SOBRE LAS TIC Y LA GESTIÓN DEL TRANSPORTE

El capítulo aborda un análisis del estado del arte de las tecnologías que permiten hacer más eficiente y sostenible el transporte por carretera, desde distintas perspectivas que completan una amplia panorámica de las TIC al servicio de este sector.

El transporte por carretera es el que ofrece a sus usuarios una mayor versatilidad y capilaridad. Por ello es el más ampliamente utilizado y el generador de los mayores impactos medioambientales, tanto por su alto consumo de recursos energéticos (dos tercios de la energía consumida por el transporte) como por la elevada emisión de gases de combustión (80% de las emisiones del sector). Los consumos y emisiones del transporte por carretera por unidad de carga-distancia son más elevados que los de algunos otros modos.

Sin embargo, la penetración de estos modos de transporte más ecológicos es lenta, pues se requieren fuertes inversiones para la dotación de infraestructuras (ferrocarril, Metro) o para el desarrollo de tecnologías innovadoras a costes competitivos

(motores eléctricos, de gas natural, de hidrógeno).

Por tanto, el servicio ofrecido por el transporte por carretera es actualmente irremplazable. Para mejorar su eficiencia energética se destinan importantes esfuerzos a la optimización de su gestión, ampliamente soportada en el desarrollo de las TIC, que han logrado numerosas innovaciones con impacto directo en la sostenibilidad del transporte, ámbito que nos ocupa.

El análisis de estas innovaciones se ha estructurado en cuatro monografías, para cubrir los campos que concentran los mayores esfuerzos de desarrollo tecnológico en la mejora de la sostenibilidad: los sistemas de gestión del exceso de la velocidad para incrementar la seguridad vial; los entornos colaborativos de soporte a la mejora de la movilidad en núcleos urbanos; las tecnologías de gestión de flota que operan las empresas de transporte por carretera; incluyéndose también unas reflexiones sobre las nuevas tendencias urbanas en transporte y sostenibilidad a través de las TIC en la ciudad de Madrid.

10.1.1 Seguridad vial: Gestión del exceso de velocidad

En la primera monografía los autores se centran en describir la utilidad de las TIC al servicio de la preservación de nuestro recurso más preciado, las vidas humanas.

El consumo energético de los vehículos varía con el régimen de revoluciones al que se someta el motor y por ello –en condiciones normales de circulación–, a mayor velocidad se produce un mayor consumo. Por tanto el control del exceso de velocidad influye en el consumo racional de recursos energéticos y en la emisión de los gases producidos en su combustión.

En el análisis de las causas de los accidentes se constata que el exceso de velocidad aparece como factor concurrente en un elevado número de los accidentes con fallecidos y en las colisiones. En 2003 la tasa de mortalidad en España era un 54% superior a la de otros países de la Unión Europea con planes de seguridad más avanzados.

La Comisión Europea publicó un libro blanco con la política europea de transportes, que establecía las líneas estratégicas para la mejora de la seguridad vial. En España la responsabilidad de implantar estas recomendaciones es competencia de la Dirección General de Tráfico, que elaboró en 2003 un plan para reducir los accidentes en un 40% en el

horizonte de 2008. Entre otras medidas, se implantaron políticas que ya habían dado muy buenos resultados en otros países, como el carné por puntos o la gestión del exceso de velocidad.

En su informe de siniestralidad correspondiente a 2007, la DGT señala que por cuarto año consecutivo desde 2004 ha descendido la siniestralidad en las carreteras, hasta un 32% sobre las cifras de 2003, con un efecto equivalente a salvar más de 3.000 vidas en este periodo.

Indra ha participado, junto a otras empresas del sector, en el proceso de normalización de los cinemómetros fijos que la DGT viene desplegando en las vías controladas y gestionadas desde los diferentes Centros de Gestión. Desde 2005 Indra cuenta con un equipo de tecnología propia, el Cirano-500, que es el primer cinemómetro radar desarrollado íntegramente por una empresa española.

La tecnología ha evolucionado a toda una gama de productos adicionales, como son CIVEME (cinemómetro de velocidad media en tramo) o CIVELEX (cinemómetro para detección de infracciones de vehículos extranjeros). Como colofón a su participación en las actividades en torno al control de velocidad, Indra resultó adjudicataria en UTE del concurso público de la DGT para la implantación de un Centro estatal de tramitación de denuncias automatizadas.

En el limitado espacio disponible en la monografía se explican someramente las tecnologías desarrolladas al servicio de los equipos de medida y para la gestión del Centro ESTRADA. Se describen los sistemas de medida de la velocidad, las comunicaciones, el reconocimiento de matrículas, el procesado automatizado de denuncias y otras utilidades específicas para ofrecer servicios adicionales de valor para los gestores y usuarios de las infraestructuras viales.

Finalmente se comentan las líneas de investigación para la innovación en la mejora de la seguridad vial, y en concreto los objetivos del proyecto Operación de Autopistas Seguras, Inteligentes y Sostenibles (OASIS), iniciativa participada por Indra que cuenta con financiación del CDTI a través de un programa CENIT en su convocatoria 2008-2011.

10.1.2 Entornos colaborativos para la movilidad y la sostenibilidad

En consonancia con el crecimiento económico y social de las últimas décadas, las administraciones públicas, y en especial las grandes ciudades, se enfrentan al importante reto de asegurar la movilidad al tiempo que la sostenibilidad tanto para sus propios habitantes como para aquellos que se desplazan desde la periferia por razones de trabajo u ocio.

El incremento del transporte privado, particularmente en el centro de las ciudades, genera importantes problemas de seguridad, emisiones y ruidos, además de la ocupación del espacio físico en detrimento de los peatones y otros usuarios. Es igualmente preocupante la saturación en los accesos en horas punta, tanto de entrada como de salida, causando retenciones de gran magnitud, de forma repetitiva. Las soluciones aportadas mediante modificaciones de las infraestructuras tienen un importante coste tanto económico como de entorno y, en numerosas ocasiones, no resulta posible su implantación.

El fomento del transporte público es, asimismo, un objetivo irrenunciable de las políticas municipales, tanto mediante el incremento decidido de los servicios disponibles como por la mejora de los mismos en cuanto a rapidez, regularidad y cobertura.

Conjuntamente con la seguridad ciudadana y los servicios de emergencias, la gestión de la movilidad es, en numerosas ciudades, una preocupación de primer nivel y alto coste, creándose unidades gestoras especializadas en la administración, tanto local como autonómica o nacional, mediante inversiones intensivas y continuadas en sistemas de control para la “semaforización”, para las infraestructuras singulares y la atención rápida a incidencias.

Sin embargo, el control de cada una de las partes implicadas en los movimientos mediante transporte individual o colectivo, de forma aislada o independiente sólo ha dado una solución parcial y temporal, considerándose ahora esencial una actuación coordinada de los diferentes actores, desde la gestión eficiente del transporte público, la peatonalización o restricción de acceso a centros comerciales o históricos hasta la aplicación de tecnologías novedosas para facilitar el pago de servicios diversos mediante un único medio, el fomento del cambio modal o la adaptación continuada a la cambiante situación del tráfico. En este ámbito, los esfuerzos se centran actualmente en dos líneas de acción principales:

- La interoperabilidad e integración de sistemas, permitiendo una visión global de la situación o un uso conjunto de capacidades hasta el momento independientes.
- La generación de información, en algunos casos con valor añadido, que puede ser difundida a usuarios de la vía (conductores, peatones, ciclistas, etc.).

La integración de informaciones y la interoperabilidad de sistemas se extiende a ámbitos inicialmente inconexos o de difícil interrelación, del tráfico privado y transporte público, el estado de la circulación hasta el soporte a la decisión para la vialidad invernal

o la aplicación de estrategias para la reducción de la contaminación ambiental.

Para un futuro próximo quedan las promesas de información personalizada y embarcada, entregada al propio conductor en función de sus preferencias o trayecto por medio de mensajes de voz, y como resultado de un proceso de selección y con resultados de alto valor añadido para el receptor. Asimismo, también resulta prometedor el conjunto de servicios que pueden ser creados mediante la obtención y tratamiento de informaciones procedentes de miles de vehículos para la toma de decisiones de las autoridades competentes.

10.1.3 Contribución de las tecnologías de gestión de flotas a la competitividad de las empresas de transporte por carretera

La tercera monografía tiene como objetivo analizar el papel que juegan las tecnologías de gestión remota y control del posicionamiento en flotas de vehículos de transporte en las estrategias de competitividad de las empresas. La reflexión pretende ir más allá de realizar un mero repaso a las soluciones tecnológicas que ofrece actualmente la industria en este ámbito, para profundizar en las oportunidades de diverso orden que ofrecen las tecnologías para evolucionar los modelos

organizativos y en paralelo las estructuras económicas de los negocios.

En opinión de los autores, esta contribución positiva de las tecnologías solo es posible desarrollarla en toda su magnitud si se encuadra en un proceso más amplio de revisión de las estrategias corporativas. Y, dentro de estas estrategias, de manera especial, se precisa una revisión paralela y un alineamiento con los procesos de ordenación de las Operaciones y de Organización / Control Interno de las empresas.

Las tecnologías de gestión y posicionamiento de flotas afectan plenamente a factores clave para la gestión moderna y competitividad de las empresas, en un entorno de negocio caracterizado actualmente por la necesidad de abordar procesos de cambio, modernización y transformación organizativa interna para poder sobrevivir. Ante unos mercados (tanto para viajeros como mercancías) aparentemente sobredimensionados y con síntomas de madurez, expuestos a competencia creciente y con unas estructuras de costes poco controlables y dependientes de variaciones exógenas en sus partidas fundamentales, cobran especial relevancia los procesos estratégicos de diverso orden que permitan una mayor eficiencia y por consiguiente un re-posicionamiento competitivo.

En este entorno, las tecnologías de gestión y posicionamiento de flotas y, de

manera especial, la visión estratégica con que se apliquen, constituyen instrumentos y oportunidades de primera magnitud para fundamentar procesos de crecimiento realmente eficientes. Se precisa para ello, en opinión de los autores, un alineamiento claro de las funciones de IT, Operaciones y Organización / Control Interno. Esto conlleva, además, en ocasiones, transformar organigramas funcionales clásicos de las empresas de transporte.

Se lleva a cabo una reflexión final sobre las implicaciones del desarrollo de las tecnologías avanzadas de gestión de flotas con la mejora del resultado y rentabilidad del negocio. Se analizan las oportunidades de mejora de la calidad del servicio ofrecido a los usuarios que permiten estas tecnologías, incidiendo además en la mejora del aprovechamiento económico de las explotaciones (en términos de productividad y sinergias de red). Se enfatiza en la necesidad de abordar procesos de eliminación de costes no relacionados con la creación de valor, para lo cual este tipo de tecnologías pueden contribuir a la racionalización de los procesos de gestión. Una última reflexión final es relativa a la contribución a la mejora de la sostenibilidad del sistema de transporte, en términos de una mayor eficiencia en el consumo energético y una minoración de impacto ambiental.

10.2 SEGURIDAD VIAL: GESTIÓN DEL EXCESO DE VELOCIDAD

Eduardo Bonet, INDRA

José Luis Añonuevo, INDRA

Los principales problemas en torno a la sostenibilidad del transporte son las elevadas emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero, producidas tanto por los propios medios de transporte como durante el proceso de construcción de las infraestructuras (por ejemplo mezclas bituminosas), así como el elevado consumo de recursos naturales escasos.

El consumo de recursos energéticos por unidad de carga-distancia (T.Km o pasajero.Km) varía notablemente entre modos de transporte, desde los muy eficientes modos ferroviario y marítimo hasta los de mayor consumo, entre los que destaca el transporte por carretera, que sin duda aporta otras utilidades evidentes.

Más allá de su interés para reducir el consumo de recursos energéticos, este capítulo se centra en describir la utilidad de las TIC al servicio de la preservación de nuestro recurso más preciado, las vidas humanas.

10.2.1 La seguridad vial

En el año 2000 los accidentes de tráfico en la Unión Europea provocaron la muerte de 40.000 personas y más de 1.700.000 heridos.

En septiembre de 2001 la Comisión Europea publicó el Libro Blanco “La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad”. Uno de los objetivos principales en esta política, en lo referente a Seguridad Vial, es atajar la elevada siniestralidad, reduciendo en un 50% el número de fallecidos por accidente de tráfico con el horizonte del 2010. En el documento se establecen las líneas estratégicas a implementar por las autoridades de los distintos países de la Comunidad.

En España la responsabilidad de implantar estas recomendaciones es competencia de la Dirección General de Tráfico, que elaboró en 2003 el “Plan Estratégico de Seguridad Vial 2005-2008” en el que se planteaban acciones para reducir los muertos por accidente de cir-

culación en un 40% en el horizonte de 2008. Entre otras medidas, se implantaron políticas que ya habían dado muy buenos resultados en otros países, como la implantación del carné por puntos o la gestión del exceso de velocidad.

10.2.2 El exceso de velocidad y la seguridad vial

En 2003 España alcanzó la media de la Unión Europea en niveles de motorización (vehículos por habitante). Nuestro parque era de 27 millones de vehículos, con una red de carreteras de características muy similares a la media europea, con 12.000 Km. de vías de alta capacidad.

Los accidentes de tráfico habían aumentado un 25% en 10 años, si bien la tasa de mortalidad se había reducido en un 15%, debido principalmente al desarrollo de elementos de seguridad pasiva en los vehículos, a la mejora de las infraestructuras viarias, y a una concienciación en el uso del cinturón de seguridad en automóviles y del casco en ciclomotores.

En el análisis causal de los accidentes se constataba que el exceso de velocidad aparecía como factor concurrente en el 28% de los accidentes con fallecidos, en el 36% de las salidas de vía y en el 14% de las colisiones. El uso del cinturón y del casco

en los accidentados reducía notablemente los índices de mortalidad. Las estadísticas mostraban que un conductor con el cinturón de seguridad abrochado tenía cuatro veces más posibilidades de sobrevivir que otro que no lo llevase. Por la misma razón, un herido que no llevase el casco o el cinturón lo sería de gravedad en el doble de ocasiones que si lo llevase.

En 2003 la tasa de mortalidad en España era un 54% superior a la de otros países de la Unión Europea con planes de seguridad más avanzados: Holanda, Suecia o Reino Unido. En estos países se aplicaban de forma sistemática medidas coercitivas y disuasorias, por ejemplo el permiso de conducir por puntos.

En este sistema el conductor es despojado con cada infracción de un número de puntos en función de su gravedad, hasta la posible retirada del permiso al agotar los puntos. El sistema fue implantado en Francia en 1992 y renovado en 2003, apoyado con un aumento de la vigilancia que permitió una reducción del 17% de fallecimientos entre 2002 y 2003. En Italia se implantó en 2003, reduciendo en un 30% las muertes por accidente de tráfico en su primer año de aplicación.

Otra medida que tiene una incidencia directa en la reducción de accidentes es la ampliación de los controles de alcoholemia. En 2002, la Unión Europea reco-



mendó realizar controles para cubrir entre el 30% y el 40% de los conductores en periodos anuales. Países como Finlandia cumplen sobradamente esta recomendación, con una cobertura del 40%, mientras otros como por ejemplo Francia controlaron al 25% de sus conductores en 2003.

El control de velocidad es otra medida que influye decisivamente en la reducción de los accidentes de tráfico. En el Reino Unido, en el periodo 2000 a 2003, se instalaron 1.000 radares fijos, reduciendo el exceso de velocidad en un 43%. En ese mismo periodo se redujo la mortalidad en un 40%.

10.2.3 Estrategias orientadas a la reducción de la siniestralidad

Las líneas estratégicas marcadas en el libro blanco citado anteriormente para atajar la siniestralidad han sido básicamente la armonización de las sanciones y el fomento de nuevas tecnologías al servicio de la seguridad vial.

En la línea de armonización de las sanciones, las acciones a seguir por todos los países de la Unión Europea son igualar los límites de velocidad, homogeneizar la señalización e igualar los límites de alcoholemia.

En cuanto a la línea de fomentar el uso de nuevas tecnologías para ponerlas al

servicio de la seguridad vial, las medidas concretas que el Libro Blanco propone son las siguientes:

- Cajas negras a bordo de los vehículos, similares a las que se instalan en los aviones, que permitan determinar las causas de un accidente en caso de producirse, si éste es debido a un fallo humano o mecánico, como el estado de los componentes del vehículo, las acciones del conductor, etc.
- Dispositivos para limitar la velocidad de los vehículos de más de 3,5 toneladas a 90 Km/h o la de aquéllos con capacidad de más de 8 pasajeros a 100 Km/h.
- Investigación independiente de las causas de los accidentes, medida que resulta de difícil aplicación ya que en la determinación de responsabilidades existen multitud de implicaciones (compañías de seguros, responsabilidad del conductor, etc.).
- Permiso de conducir electrónico que permitirá, entre otras cosas, disponer de una base de datos general de conductores a nivel europeo, de forma que un conductor con el permiso retirado en un país fuese detectado en otro con facilidad.
- Mejora de la seguridad en los vehículos, con sistemas embarcados que informen de la posibilidad de una colisión, investigación en nuevos

materiales que permitan que la carrocería del vehículo absorba el impacto en caso de accidente; comunicación vehículo-infraestructura que facilite información al conductor ayudándole a realizar su desplazamiento de forma más segura; neumáticos con mejor adherencia en superficies deslizantes, etc.

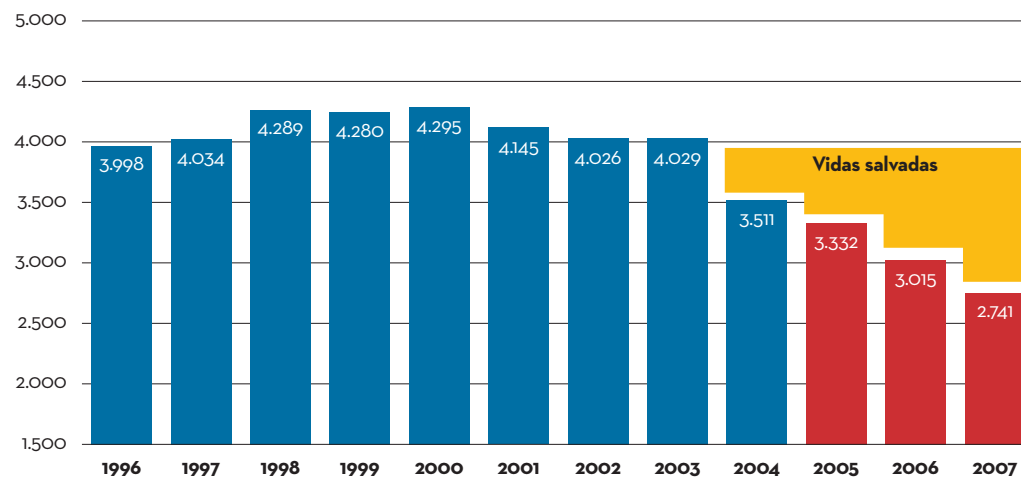
- Control más eficaz de la velocidad de los vehículos, incrementando el número de agentes, instalando cinemómetros, etcétera.

10.2.4 Logros conseguidos con la implantación de las nuevas políticas

En su informe de siniestralidad correspondiente a 2007, la DGT señala que por cuarto año consecutivo desde 2004 ha descendido la siniestralidad en las carreteras. En 2007 se produjeron 2.741 víctimas mortales en accidentes de tráfico, un 32% menos que en 2003.

En la figura 10.1, extraída del mencionado informe, se puede ver la evolución del número de víctimas mortales.

Figura 10.1. Evolución del número de víctimas mortales en las carreteras españolas



10.2.5 Tecnologías al servicio de la mejora de la seguridad

Indra Sistemas se alineó con las necesidades de la Dirección General de Tráfico en el fomento de las nuevas tecnologías en la batalla contra el exceso de velocidad.

Inicialmente se participó, junto a otras empresas del sector, en la definición de las funciones y elaboración del protocolo de comunicaciones de los cinemómetros fijos (véase más adelante), que la DGT desplegó en las vías controladas y gestionadas desde los diferentes Centros de Gestión. También se definieron las condiciones de las instalaciones de dichos equipos tanto en cabinas como en postes y pórticos.

En paralelo con este proceso de normalización de cinemómetros se desarrolló un equipo con tecnología propia, el Cirano-500, primer cinemómetro radar desarrollado íntegramente por una empresa española. Durante 2005 se consiguió la preceptiva certificación de homologación en el Centro Español de Metrología, única entidad de homologación y certificación con competencias en esta materia y dependiente de la Administración del Estado.

También se desarrollaron los aplicativos necesarios en los Centros de Control, tanto para la gestión de los propios cine-

mómetros como para la recepción y tratamiento de infracciones capturadas por los mismos y su posterior tratamiento a nivel de reconocimiento automático de matrícula, extracción de información del titular del vehículo, información del propio vehículo y alta de expediente en el procedimiento sancionador.

En 2007, siguiendo una línea de evolución sobre Cirano-500, se ha desarrollado toda una gama de productos como son CIVEME (cinemómetro de velocidad media en tramo) o CIVELEX (cinemómetro para detección de infracciones de vehículos extranjeros).

Como colofón a la participación y cierre de la cadena de actividades en torno al control, detección de exceso de velocidad y posterior tratamiento de las infracciones y su transformación en sanciones y procesos de tramitación, en 2007 Indra resultó adjudicataria en UTE y por parte de la DGT del concurso público de “Servicio para la puesta en producción, gestión y explotación del Centro Estatal de Tramitación de denuncias automáticas”. En el desarrollo de este centro converge la aplicación de tecnologías de la información para la creación de los sistemas informáticos necesarios, con tecnologías de reconocimiento automático de matrículas y de procesos (BPO) para su fase de explotación.

En la fecha de publicación del presente texto, el centro está operando a pleno rendimiento, habiendo tramitado 1.900.000 infracciones en los primeros 9 meses de funcionamiento, desde marzo a diciembre de 2008. Los sistemas del Centro están dimensionados para tramitar de forma ágil ocho millones de sanciones al año.

10.2.6 Equipos de detección del exceso de velocidad

Cinemómetros radar

Los cinemómetros radar usan tecnología de microondas para la medida de la velocidad, obteniendo una precisión que alcanza el 99%. Estos equipos pueden disponer además de funciones adicionales, buscando una diferenciación comercial, como el reconocimiento automático de matrículas en tiempo real o la recolección de datos de tráfico.

La incorporación en el propio cinemómetro de la función de reconocimiento automático de matrículas en tiempo real constituye un refuerzo a los reconocedores de matrículas del sistema experto del Centro de Gestión de Cinemómetros, además de la posibilidad de usar este reconocimiento en el cinemómetro para cálculo de tiempos de recorrido.

La recolección de datos instantáneos de tráfico se extiende a variables como la velocidad media, longitud media, ocupación, sentido de la circulación, intensidad del tráfico, distancia inter-vehicular, cambio de sentido, alarma vehículo en sentido contrario y nivel de congestión. Estos aparatos se pueden utilizar como ETD (Estación de Toma de Datos de Tráfico) de altas prestaciones, por su precisión, complementando los puntos de medida que la DGT ya tiene instalados en numerosos puntos de las carreteras españolas.

Los equipos disponen de unidades de iluminación para captar fotos por la noche con flashes de xenón de larga duración. Los módulos de control de los cinemómetros pueden gestionar hasta dos cabezas radar, para facilitar su instalación en vías con 2 carriles. Los equipos disponen de una mecánica muy robusta para su funcionamiento en condiciones severas de operación. El grado de protección antes de la instalación de los componentes dentro de un armario es ya IP65.

Las comunicaciones soportan protocolos tradicionales (Ethernet-IP) y otros más avanzados, como las comunicaciones inalámbricas encriptadas (Wireless 802.11G), que permiten informar en tiempo real a los agentes de tráfico en las inmediaciones, de infracciones cometidas por vehículos extranjeros (CIVELEX).



Pórtico



Armario lateral

Portátil

Figura 10.2. Cinómetro radar CIRANO-500 en sus tres modalidades de montaje.

El producto se complementa con medidas anti-vandálicas como la instalación de cámaras de televisión, video-grabadores y sensores de presencia integrados. Estas medidas garantizaron en gran medida la integridad física de los cinemómetros en el despliegue masivo realizado por la Dirección General de Tráfico.

Indra ha instalado un total de 155 cinemómetros en dos años, tanto para la Dirección General de Tráfico (72 del total de 250 instalados), el Servei Català de Transit Vial en Cataluña, y 8 para el Ayuntamiento de Madrid en Calle-30 (una completa red de túneles en Madrid). La mayoría de los radares que ha instalado Indra (un 90%) se han montado en cabinas laterales.

Cinemómetros de velocidad media

Los emplazamientos de los cinemómetros fijos son públicos y además están debidamente señalizados, tanto en señales fijas como por paneles de mensaje variable. Esta determinación de la localización de los mismos puede llevar al efecto de que los conductores respeten los límites de velocidad en estos puntos, pisando el acelerador en el resto de la carretera.

Una posible solución es que se gestionen los límites de velocidad en tramos, por velocidades medias, lo que anularía el efecto anterior y se conseguiría que los conductores respetasen los límites durante todo el trayecto.

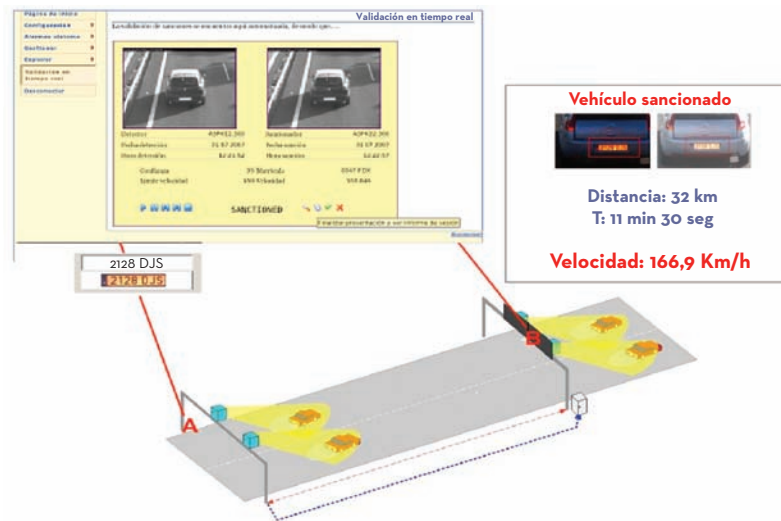
La legislación española ya ha definido los requisitos funcionales de los equipos para medición de velocidades medias. Se está en estos momentos trabajando en Metrología para reunir las condiciones necesarias para certificar los equipos que posibiliten estas medidas de velocidad media preservando las garantías de los conductores.

En la línea de disponer equipos que cubran esta necesidad, se han desarrollado productos como el CIVEME, con tecnología de reconocimiento de matrículas y capacidad de determinar la velocidad media entre dos puntos. Los equipos se instalan por parejas en dos puntos de

medida, el punto recolector origen y el punto de detección de infracción. Ambos equipos están sincronizados entre ellos, bien por NTP (Network Time Protocol), con un servidor en la red que sirve de base de tiempos, o por GPS (Global Positioning System), ya que la señal GPS que emiten los satélites incluye información muy precisa de fecha y hora.

El cálculo de velocidad media del vehículo entre los dos puntos se realiza por emparejamiento del reconocimiento de su matrícula, dividiendo la distancia por el tiempo invertido. El mecanismo se muestra en la siguiente figura:

Figura 10.3. Mecanismo de cálculo de la velocidad media



Es previsible que los sistemas de cinemómetros fijos y cinemómetros de velocidad media convivan en las instalaciones y se gestionen en los mismos centros, con lo que previsiblemente los cinemómetros fijos y los de velocidad sean compatibles a nivel de protocolo.

La topología actual de uso está pensada para que los tramos sean unitarios, con un origen y un destino. En el futuro se podría pensar en topologías en las que existan varios orígenes y un solo destino o un solo origen con varios destinos o puntos finales, lo que permitiría disponer de una cobertura amplia sin añadir componentes al sistema.

10.2.7 Centros de gestión automatizados

En junio de 2007 la Jefatura Central de Tráfico recibió la autorización del Gobierno para contratar la producción, gestión y explotación del Centro de tramitación de denuncias automatizadas o Centro ESTRADA.

El principal objetivo del Centro ESTRADA es contribuir a la reducción de los accidentes de tráfico por exceso de velocidad, reforzando la imagen de que el incumplimiento de la normativa llevará con certeza emparejada la sanción correspondiente. Se trata de evitar que las infracciones queden impunes, para lo que se forta-

lece el proceso de tramitación de las denuncias recibidas y se dota de un servicio de seguridad jurídica para evitar vacíos legales.

El Centro entró en funcionamiento el 1 de marzo de 2008 y se ha creado siguiendo el modelo de otros centros similares en Holanda, Reino Unido, Gran Bretaña y Francia.

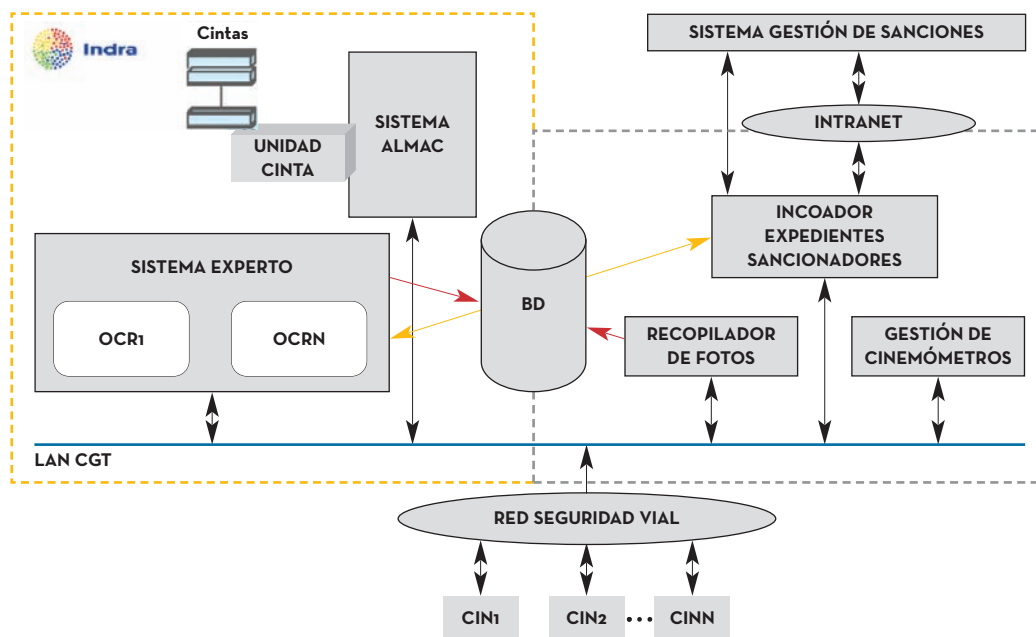
10.2.8 Sistemas de gestión de cinemómetros

Los cinemómetros envían al Centro de gestión una fotografía del vehículo, así como información de velocidad de circulación y la fecha y la hora de la medida. En el centro se extrae la matrícula del vehículo infractor y se inicia el procedimiento sancionador.

Los cinemómetros almacenan las fotos encriptadas con los datos referentes a la infracción. El Centro de Gestión las recupera de forma periódica, extrae las fotos y las procesa a través de un sistema experto de reconocimiento, compuesto por varios reconocedores de matrículas, que emiten su reconocimiento para cada foto. El sistema experto, en función de los resultados, emite un veredicto definitivo sobre la matrícula reconocida.

Los requisitos del sistema experto son que la tasa de aciertos esté por

Figura 10.4. Arquitectura completa Centro de Gestión de Cinemómetros



encima del 85% y que la de falsos positivos se sitúe por debajo de 2 por mil. Los reconocimientos que no alcanzan esta tasa se reconocen de forma manual por un operador.

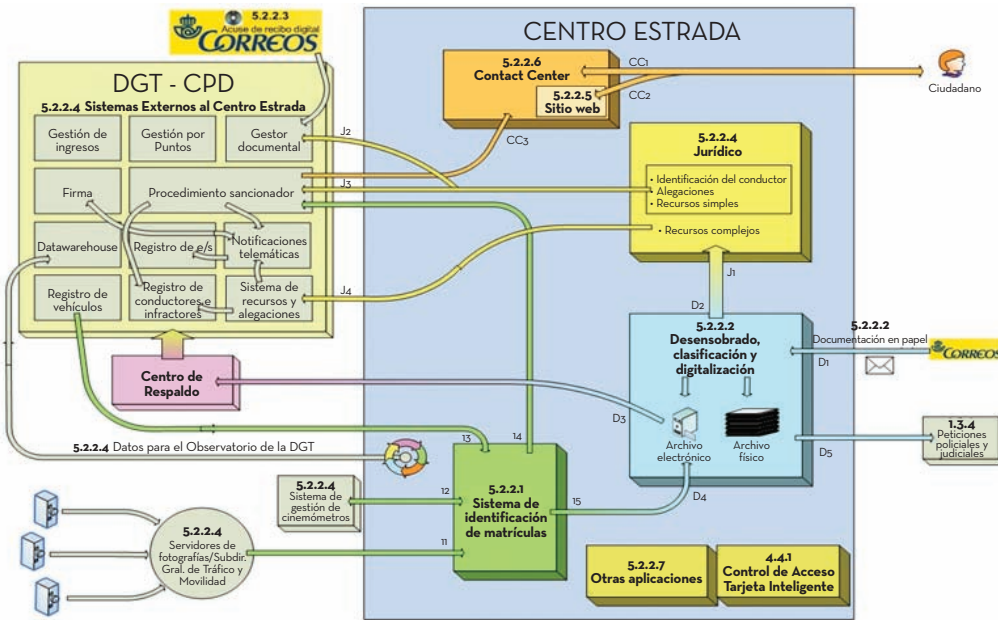
10.2.9 Procesado automático de denuncias

El paso siguiente que efectúa el sistema es iniciar el procedimiento sancionador, recuperando los datos del vehículo y

del conductor desde el registro general de vehículos del Centro de proceso de datos de la Dirección General de Tráfico.

Identificado el infractor automáticamente, se genera la notificación de la denuncia y se le envía boletín de denuncia por correo ordinario. En el Centro ESTRADA se dispone básicamente de un Call-Center, un gabinete jurídico, un módulo de gestión documental y de un sistema de identificación de matrículas.

Figura 10.5. Componentes del sistema



La operativa del sistema se basa, al igual que los centros de gestión de cinemómetros presentados en el apartado anterior, en los recursos que la DGT tiene en su Centro de Proceso de Datos: gestor de documentos, procedimiento sancionador, permiso por puntos, firma, gestión de ingresos, etc.

Las funciones principales del centro son: el tratamiento automático de las infracciones, con reconocimiento automático de matrículas, responsabilidad que

hasta hace poco se desempeñaba en los centros de gestión de cinemómetros, la digitalización y archivo de la documentación, la atención al ciudadano y una gestión jurídica.

La digitalización de la documentación recibida vía correo genera tantos archivos en formato digital como documentos recibidos. Realizada la captura del documento, el sistema de escaneo proporciona los mecanismos necesarios de visualización, ajuste y manejo de la imagen escaneada.

Cuando se guarda el archivo en el sistema, éste queda asociado a un código de barras del propio documento y a un expediente ya existente.

Tras la digitalización del documento en papel, se procede a su archivo físico. El envío de los documentos para su consulta se efectúa en cajas normalizadas y con los debidos testigos y boletos de préstamo, guardando la privacidad de los datos en cualquier momento. Las normas sobre la destrucción de documentos originales serán establecidas por la Subdirección General de Normativa y Recursos.

La atención a preguntas y sugerencias presentadas por el ciudadano se realiza a través de un Contact Center que incluye tres canales de atención: telefónica, vía correo electrónico y vía correo tradicional.

Las responsabilidades del equipo jurídico son: el tratamiento de alegaciones, la información de pruebas complementarias solicitadas por el ciudadano, la tramitación de recursos sencillos y la incorporación al sistema de las nuevas situaciones de los expedientes.

10.2.10 Tendencias de futuro en la mejora de la seguridad vial

En el apartado de estrategias orientadas a la reducción de la siniestralidad se presen-

taban las propuestas del Libro Blanco para el desarrollo de nuevas tecnologías al servicio de la seguridad vial. El campo de trabajo abierto es muy amplio y ya se está llevando a cabo en toda Europa numerosas iniciativas de innovación tecnológica soportada en las TIC.

En España destaca, por el volumen de recursos destinado a la investigación en esta material, el proyecto OASIS financiado por el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) a través de un programa CENIT en su convocatoria 2008-2011. Indra participa en el proyecto junto a un nutrido número de reconocidas empresas españolas, concesionarias de autopistas, integradoras, constructoras e ingenierías, así como quince organismos de investigación.

El proyecto Operación de Autopistas Seguras, Inteligentes y Sostenibles (OASIS) tiene como objetivo principal definir la autopista del futuro, aquella que en su operación presentará niveles diferencialmente superiores de seguridad, servicio al usuario y sostenibilidad. Las tendencias en la mejora de la seguridad vial quedan recogidas en el alcance del programa de investigación de OASIS, y se concretan en los siguientes ámbitos:

- Crear nuevas soluciones de diseño desde el punto de vista de seguridad

pasiva, que permitan minimizar la peligrosidad de los accidentes.

- Investigar en nuevos conceptos de servicios de seguridad activa, preparando a la infraestructura para la introducción de sistemas cooperativos.
- Promover un enfoque integrado de la seguridad vial que se centre en el diseño y la tecnología de los vehículos para crear una autopista inteligente que envíe y reciba información de éstos.

- Mejorar la capacidad de respuesta ante incidentes a través de generación de modelos de evaluación del nivel de seguridad de la autopista en tiempo real.

Adicionalmente, para contribuir a la sostenibilidad de las autopistas, OASIS se plantea como objetivo avanzar en la reducción de la huella energética y en la integración dinámica con el entorno en la fase de explotación de las mismas.

10.3 ENTORNOS COLABORATIVOS PARA LA MOVILIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD

José Carlos Riveira, Telvent

Jesús Mallol, INDRA

10.3.1 Introducción: la gestión integral de la movilidad

Con el incremento del parque móvil en las dos últimas décadas y a pesar de la mejora notable en las infraestructuras, particularmente en la red de alta capacidad, las soluciones que aún ayer eran válidas y permitían obtener mejoras notables para problemas específicos, se vuelven inútiles si no se acompañan eficientemente con actuaciones complementarias.

La sostenibilidad requiere compatibilizar el desarrollo económico y social con las exigencias medioambientales que el bienestar social reclama. La dificultad, en el caso concreto del transporte, radica principalmente en el control y reducción de los efectos externos de forma que las necesidades de desplazamiento de los ciudadanos no se vean condicionadas. Los avances que han venido dándose a lo largo de estos últimos años han ido encaminados a la reducción de los impactos negativos ocasionados por el transporte,

tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a los vehículos e infraestructuras como en el desarrollo de carburantes alternativos. Todo ello, sin dejar de introducir nuevos sistemas de gestión de la demanda que permitan mejorar la movilidad de los ciudadanos, modificando sus pautas de comportamiento, así como una mejor utilización de las propias infraestructuras.

Hoy en día, más que resolver problemas específicos, los organismos municipales, regionales, autonómicos y nacionales dirigen sus miradas hacia sistemas integrales de gestión de la movilidad, mediante la coexistencia y colaboración de soluciones complementarias cuyo fin último no es sino facilitar los necesarios desplazamientos de los ciudadanos en su vida diaria o en periodos extraordinarios. Para ello, se conjugan tanto mejoras en la eficiencia de los procesos como actuaciones coordinadas que impulsan a los usuarios al uso de medios de transporte distintos a los que habitualmente utilizaban.

Si bien los mayores problemas y oportunidades de mejora se presentan en el contexto urbano, en los que la densidad del tráfico generan continuas distorsiones, la redacción de la presente monografía resulta, en muchos aspectos, aplicable igualmente a entornos peri-urbanos e incluso interurbanos.

10.3.2 La adaptación continua. Sistemas adaptativos

Desde los años 80, vienen apareciendo en el mercado soluciones de mayor sofisticación para la adaptación continua de la circulación a las necesidades cambiantes de la misma. En tiempos pasados, las infraestructuras viarias, y particularmente en el entorno urbano, disponían de suficiente capacidad para absorber el volumen de tráfico existente, realizándose la adecuación a los cambios cíclicos mediante estudios de ingeniería de tráfico cuyo fin último era la generación de planes de regulación semafórica que podían ser implantados mediante cambios horarios.

A medida que se incrementaba la circulación de vehículos, la regulación se ha adaptado mediante un uso creciente de sensores, adecuadamente dispuestos que, en un inicio permitían una operación centrada en selección dinámica,

dependiente de unos patrones predefinidos de intensidades circulatorias; y en última instancia, el uso extendido de detectores para una adaptación continua a las condiciones del tráfico, de forma dinámica y flexible, incrementando notablemente el uso de las infraestructuras existentes.

Han transcurrido ya 15 años y numerosas ciudades se benefician de las ventajas ofrecidas por sistemas de regulación denominados adaptativos. Dichos sistemas, además de permitir mayor fluidez con altos niveles de tráfico, tienen también sus consecuencias en las reducciones de emisiones al procurar una optimización de la red viaria orientada a la reducción de paradas y demoras que, según estudios realizados se cifra en torno a un mínimo del 5% de mejora en los indicadores típicos de tráfico (comparado con una regulación por selección dinámica adecuadamente calibrada) considerándose una reducción efectiva de emisiones de aproximadamente del 2 al 3%.

Adicionalmente, estas cifras de mejora se incrementan típicamente con el paso de los años ya que los sistemas adaptativos mantienen su alta capacidad de regulación con la propia evolución del volumen de tráfico, al contrario de los sistemas de selección (horaria o dinámica)

que disponen de unos planes predefinidos, calculados para situaciones conocidas y que requieren actualizaciones periódicas o generadas a posteriori por la detección de cambios importantes en las condiciones del tráfico.

Los pasos para el futuro se centran ahora en aspectos relevantes para mejorar la flexibilidad de los sistemas de regulación:

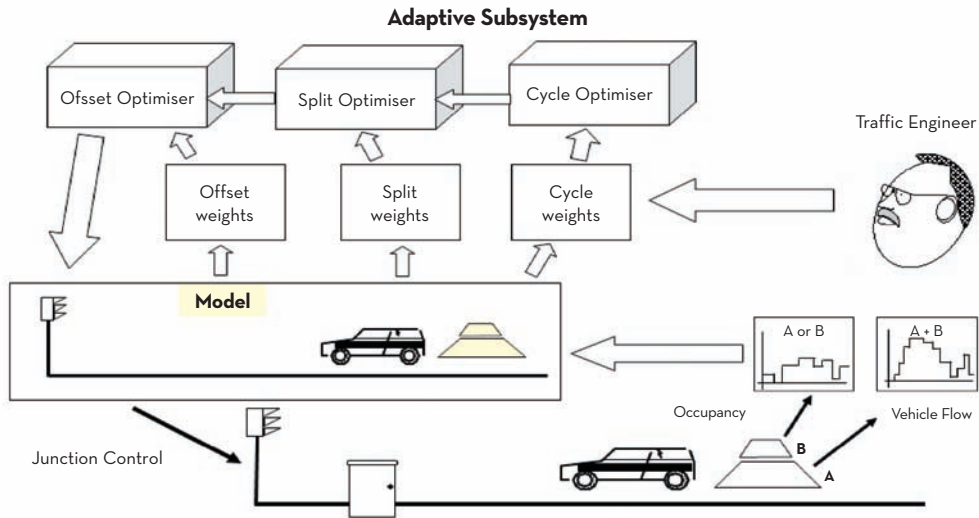
- En mejoras de los sistemas de detección de vehículos, con tecnologías magnética, micro-ondas, láser o visión artificial, favoreciendo el uso de parámetros hasta ahora no contemplados o calculados internamente, y facilitando la actuación del sistema en bucle cerrado.
- En el incremento de capacidad “inteligente” para la respuesta rápida a situaciones conflictivas, lo que queda actualmente resuelto mediante la implantación de sistemas expertos cuyas reglas se diseñan mediante reingeniería del conocimiento del experto humano,
- En la aparición de sistemas acíclicos, cuyo método de regulación no está fundamentado en el uso de las variables típicas de los planes (reparto, desfase, ciclo).

SISTEMAS ADAPTATIVOS DE GESTIÓN SEMAFÓRICA

Los sistemas adaptativos de gestión semafórica son la respuesta TIC que aporta mayores avances en el uso de tecnologías de gestión de tráfico. Dichos sistemas se adaptan en todo momento a las condiciones reales de la circulación, analizando permanentemente las variables de estado aceptadas para su cuantificación e implantando el plan de tiempos que mejor responda a la demanda real de tráfico.

Los sistemas adaptativos en tiempo real permiten que las variables de estado (intensidad de tráfico medida en un punto de detección y el tiempo de ocupación) tomadas en periodos de integración muy cortos generen actuaciones frecuentes sobre las variables de control (ciclo, reparto y desfase) en la primera ocasión que sean susceptibles de ser cambiadas.

Figura 10.6. Bloques funcionales de Sistema Adaptativo



10.3.3 Soluciones avanzadas para el aparcamiento

Con el crecimiento del núcleo urbano, su actividad como polo de atracción comercial, y el propio parque móvil, las ciudades se enfrentan de forma cada vez más intensa a la escasez de aparcamiento, lo cual genera a su vez una recirculación de vehículos en busca de la deseada plaza libre.

Para paliar esta escasez, las políticas usuales se centran en la implantación de aparcamientos públicos o la generación de rotación mediante restricciones en tiempo (zonas ORA).

En este aspecto, las TIC juegan un rol relevante por su capacidad de integración e interoperabilidad. Cabe destacar las iniciativas de integración tarifaria y tarjeta única en aparcamientos concertados, que ofrecen al usuario el uso de un único medio de pago en diversas instalaciones, siendo el pago a los diferentes concesionarios o propietarios realizado por una entidad de compensación. El uso de tarificación unificada constituye un hito en la fidelización de los clientes, con la posibilidad de realización de descuentos en umbrales de consumo planificados.

Asimismo, la capacidad de proceso y facturación unificada influye positivamente en el fomento del transporte público en áreas peri-urbanas, facilitando la implantación de aparcamientos disuasorios en los principales intercambiadores de transporte, impulsando el cambio modal desde el vehículo privado al transporte público, particularmente para usuarios que realizan desplazamientos diarios a sus lugares de trabajo desde la periferia.

La monitorización centralizada de ocupación en aparcamientos, realidad desde los años 90 en diversas ciudades, ha permitido la creación de herramientas adicionales para la gestión del tráfico, fundamentado en proporcionar información a los usuarios, mediante paneles informativos o vía medios informáticos (Internet, SMS) que les permiten acortar los tiempos de búsqueda de aparca-

miento mediante información actualizada de disponibilidad, por zonas y/o parkings. Estas soluciones, combinando la monitorización en tiempo real, procesos de orientación y difusión de información se han mostrado muy efectivas en la reducción de la recirculación interna en busca de plazas. Estudios realizados estiman que, en ciudades medias, una cifra cercana al 15% del tráfico en el núcleo urbano está generada por la búsqueda de aparcamiento.

Los beneficios de la interoperabilidad entre sistema de gestión de aparcamientos y transporte público se aprecian mediante la creación de un “círculo virtuoso”, en que la reducción del tráfico privado en el núcleo urbano y el fomento del transporte público incrementan la propia calidad del servicio, con mayor puntualidad en los desplazamientos.

GUIADO DE APARCAMIENTOS

Como parte de la solución para mejorar la movilidad urbana, este módulo recoge información sobre las plazas de aparcamiento disponibles en toda la ciudad orientando a los conductores hasta el aparcamiento más próximo, informando del número de plazas disponibles en tiempo real.

10.3.4 Gestión de prioridades

Coexistiendo en el contexto urbano, el vehículo privado y el transporte público se encuentran con intereses en algunos casos enfrentados para los gestores de la movilidad. El fomento del transporte público sigue siendo un objetivo político ineludible en aras de la sostenibilidad en ámbito urbano.

Asimismo, en áreas peri-urbanas, la potenciación del transporte público para el traslado de personas a los núcleos de actividad (polígonos industriales y áreas comerciales y financieras), se ve condicionada por las retenciones de horas punta que se repiten inevitablemente en los grandes ejes de acceso. El éxito del transporte colectivo depende en gran medida de su capacidad para sortear dichas retenciones, bien por no discurrir por las carreteras (caso obvio de trenes y tranvías), bien por disponer de carriles reservados que permiten alta velocidad media.

Las experiencias hasta la fecha demuestran la alta efectividad de la adecuada utilización de los sistemas centralizados de gestión semafórica para la “priorización” del transporte público. Cabe destacar el uso de diversos modelos de actuación:

- La “priorización” forzada se adapta a situaciones en las que el beneficiario



Figura 10.7. Guiado de aparcamiento en Santiago de Compostela.

tiene paso prioritario debido a sus particulares características o funciones. Así, se aplica particularmente en el caso de tranvías, cuyas capacidades dinámicas y de desplazamientos laterales son limitadas o incluso inexistentes, habiéndose adaptado la infraestructura viaria a sus necesidades específicas. Se consideran igualmente en esta categoría las experiencias de buses lanzadera, de amplia aplicación en USA y Canadá y países iberoamericanos.

- La “priorización” de emergencias, mediante el establecimiento temporal de corredores, particularmente adap-

tada al desplazamiento de vehículos de emergencia en la red viaria principal de la ciudad, permite establecer estrategias de despeje en la calzada que permiten a estos vehículos llegar a sus destinos en tiempos reducidos y con mínimos obstáculos teniendo en cuenta su tamaño (particularmente para vehículos de bomberos). Los resultados de la implantación de rutas de salida para bomberos en la ciudad de Barcelona muestran sin lugar a dudas las ventajas de estas estrategias, con una implantación creciente de corredores desde el año 1997, hasta los 12 configurados actualmente y los 18 Kilómetros de longitud.

- La “priorización” selectiva, mediante actuaciones puntuales en cambios de fase, permite la interacción entre sistemas de ayuda a la explotación de redes de autobuses y gestión semafórica, ofre-

ciendo capacidades de regulación adicionales con el fin de incrementar y mantener una alta calidad de servicio en cuanto a velocidad comercial pero sobre todo puntualidad en los desplazamientos urbanos.

La colaboración entre la gestión del transporte público y la gestión semafórica ofrece pues un amplio abanico de posibilidades para el fomento del transporte público, minimizando en lo posible las consecuencias negativas para el vehículo privado.

Las TIC ruegan un papel esencial en el fomento del transporte público y los beneficios de sostenibilidad asociados ya que aportan los medios técnicos necesarios para vertebrar el uso cooperativo de sistemas ya existentes, potenciando las ventajas que cada uno de ellos aporta de forma individual.



Figura 10.8. Priorización Bus-MetroRapid (USA).

CORREDORES DE BOMBEROS EN BARCELONA

También se consideran capacidades de preferencia, permitiendo la generación local o centralizada y la optimización de corredores de emergencia, que proporcionan un fácil movimiento de los vehículos de emergencia dentro de la circulación normal en su red de calles.

10.3.5 Zonas de acceso restringido

Mediante la restricción de acceso a zonas céntricas, comerciales o históricas de las ciudades, los gestores municipales potencian la peatonalización como herramienta para la recuperación de los espacios públicos para sus habitantes.

En este contexto, las TIC tienen un importante papel en la compatibilización de estas iniciativas con las necesidades de residentes y comerciantes de la zona, mediante la generación de permisos de acceso y políticas horarias, e incluso en la gestión de infracciones.

Las necesidades de integración de informaciones procedentes de centros de proceso de datos municipales, de monitorización y control del equipamiento instalación y de interacciones con sistemas semafóricos y de señalización constituyen la base fundamental para la implantación de un entorno de acceso controlado.

Asimismo, la operativa de gestión para posibles infracciones requiere ineludiblemente la consideración de usuarios ocasionales, que pueden ser identificados como ocupantes temporales de plazas de aparcamiento en hoteles o aparcamientos públicos. Para ello, la generación de servicios disponibles para la identificación de estos usuarios en hoteles o la identificación de vehículos en su entrada en aparcamientos supone unos

requerimientos propios de comunicaciones y sistemas de proceso de información.

Estas iniciativas contribuyen tanto a la preservación del espacio público en áreas de interés especial, como a la recuperación del protagonismo por parte del peatón y a la sostenibilidad general en el núcleo urbano.

10.3.6 Información a usuarios

Como en otros ámbitos de la vida, la información fiable y en el momento adecuado constituye una ventaja significativa en los desplazamientos diarios u ocasionales. No sólo se trata de poder ofrecer a los usuarios un mapa preciso para su desplazamiento entre origen y destino preseleccionados, también se hace indispensable poder informar de posibles contratiempos durante el trayecto, incluso poder adaptar en tiempo real el trayecto precalculado a las incidencias existentes.

Como principio básico, se requiere una importante capacidad de integración de la información disponible en una gran variedad de proveedores, desde empresas de distribución de energía (gas, electricidad, agua), que aportan posibles obras de acondicionamiento, ampliación o atención a averías que afecten a la red viaria, hasta información procedente de centros de gestión del tráfico diversos o avisos de retenciones de empresas de transporte y

taxi. Las TIC, en su actual nivel de desarrollo permiten tanto crear la infraestructura de intercomunicación entre “proveedores” y “consumidores” como las capacidades de integración, proceso y difusión de la información disponible, permitiendo una elevada fiabilidad de la misma.

La integración y proceso de información permite además la coordinación de acciones entre los diferentes actores en casos de incidencias no previstas, de un modo más natural y con menores tiempos de reacción, lo que redundará en una mayor eficacia de las acciones de respuesta emprendidas.

El resultado disponible actualmente está constituido por portales Web, accesibles tanto en casa como durante los des-

plazamientos y una creciente capacidad para acceso mediante teléfono móvil, con centros de atención de alta capacidad mediante tecnología de reconocimiento y respuesta vocal.

Asimismo, el tratamiento personalizado de la información, por combinación de los diferentes factores correspondientes a un usuario individualizado, facilita la elaboración y comunicación de aquellos mensajes y recomendaciones más adecuados. La capacidad actual de comunicación personalizada con el conductor se encuentra restringida, en nuestros días, por la capacidad de intercomunicación y los condicionantes de seguridad en la conducción, pero estas limitaciones están ya a punto de desaparecer, con las nuevas capacidades que diversos proyectos de

SISTEMAS 511

A lo largo de los últimos cinco años, las administraciones norteamericanas han dedicado importantes esfuerzos y recursos para la puesta en marcha de sistemas de información de tráfico y transporte a ciudadanos. Este esfuerzo se ha plasmado en la puesta en operación de sistemas de información de tráfico y transporte a los que los usuarios pueden acceder a través de un número telefónico 511 y portales Web.

Integrando información procedente de diversos sistemas existentes, los sistemas 511 mandan información hacia sistemas de nivel jerárquico superior, facilitando su difusión interestatal, inter-administraciones y hacia los ciudadanos facilitando información en tiempo real sobre las condiciones del tráfico, tiempos de viaje, recomendaciones de itinerario, alertas de accidentes, orientación sobre aparcamientos, etc. En nivel de información es escalable, siendo los sistemas 511 de mayor despliegue y demanda en Estados Unidos los de Nueva York y sus estados colindantes (www.trips123.com) y de San Francisco (www.511.org).



Figura 10.9. Web de información de Transporte (511 New York).

investigación y desarrollo están poniendo en valor mediante interacción vehículo-vehículo y vehículo-infraestructura, las capacidades crecientes de los ordenadores embarcados y la capacidad de interacción por voz.

Cabe destacar igualmente la importante penetración en el mercado de los dispositivos “navegadores”, tanto incorporados de fábrica en los vehículos como los instalados after-market o nómadas, cuya aportación es significativa para facilitar los

desplazamientos de origen a destino. El incremento de la precisión de posicionamiento, con la liberalización de GPS así como técnicas de corrección (cabe citar EGNOS) y el futuro incremento de servicios disponibles (nuevos modelos GPS y GALILEO), constituyen hechos de especial relevancia, tanto para su uso privado como profesional. (Ver capítulo 8 de este estudio).

Asimismo, complementar las cartografías semi-estáticas disponibles con

Figura 10.10



información de tiempo real (procedentes de portales integradores), es un reto constante para la industria y las administraciones, con diversos proyectos en curso para dar una cobertura creciente a la segmentación TMC así como asegurar la transmisión de informaciones y eventos mediante radio digital, telefonía móvil y redes Wifi/Wimax/Wave. La repercusión prevista en la sostenibilidad será tanto más importante cuanto más información esté disponible y pueda ser de utilidad al conductor en sus decisiones durante los desplazamientos.

10.3.7 Las mediciones ambientales

La interrelación entre movilidad y sostenibilidad resulta particularmente pronunciada en el contexto urbano, en el que la circulación de vehículos es responsable de la mayor proporción de emisión de gases CO_2 y NO_x .

La visualización, en tiempo real, de niveles de tráfico y contaminación ambiental, sobre un mismo mapa, facilita la tarea de los gestores en la determinación de posibles actuaciones.

La relación entre los sistemas de medición ambiental en tiempo real y los de gestión de la movilidad permite un beneficio mutuo, que redundará en menores niveles de emisión de gases mediante el desarrollo y aplicación de estrategias coordinadas que permitan una adecuada gestión de la distribución del tráfico.

Asimismo, es importante reseñar, en el ámbito interurbano, la utilización actual de modelos de predicción meteorológica, aplicados a redes de carreteras para las actuaciones de vialidad invernal, permitiendo el uso de fundentes con el ajuste adecuado de periodo, tipo y cantidad, manteniendo limitada la contaminación residual en el suelo.

MEDICIONES AMBIENTALES RWIS

Se presta actualmente una atención creciente a la meteorología y al estado de la calzada, particularmente en zonas altas o montañosas donde estos parámetros constituyen una fuente de información primordial para actuaciones de mantenimiento. Los sistemas RWIS (Road Weather Information System) ayudan a la operación y mantenimiento de las redes de carretera a través del suministro de información precisa que incluye previsiones sobre los parámetros atmosféricos y del estado de la superficie de la calzada. Los componentes básicos de este sistema son: instrumentación meteorológica, sistemas de adquisición de datos, sistemas de comunicaciones y centros de control con capacidad de predicción.

La solución no sólo mejora la seguridad de las carreteras y la fluidez del tráfico, sino que además permite tomar decisiones rápidas y precisas en situaciones críticas como las generadas ante la aparición de hielo o la congestión y falta de fluidez en las carreteras. Por otro lado, favorece la protección del medio ambiente dado que a través de datos precisos y en tiempo real se puede reducir la aplicación innecesaria de agentes químicos anticongelantes.



Figura 10.11. Nevada en Piedrafita (España).

10.3.8 Conclusiones

Las ciudades de hoy en día sufren a diario continuos problemas de tráfico y una excesiva polución debido al uso excesivo del transporte privado. Por ello, es vital afrontar el problema aplicando un conjunto de soluciones que mejoren la movilidad, reduzcan los gases contaminantes e incrementen la seguridad.

Asimismo, la potenciación del transporte colectivo, tanto en el ámbito urbano como peri-urbano constituye hoy, una necesidad básica para el desplazamiento de las personas al dar respuestas para una mayor eficiencia energética.

Las tecnologías de la información ofrecen importantes posibilidades no sólo

para la realización de sistemas de gestión específicos, que den solución a aspectos concretos de la gestión de la movilidad, permitiendo optimización y eficiencia, sino que proporcionan la base necesaria para la interacción y colaboración entre diferentes sistemas existentes, potenciando los beneficios obtenidos. Asimismo, las posibilidades de integración aportan igualmente nuevas capacidades para la generación de servicios novedosos y de alto valor añadido cuyo acceso ya no se limita a emplazamientos específicos (ordenador en casa, paneles en carretera o quioscos de información), sino que puede ser consultado en el momento más adecuado durante los desplazamientos, para la planificación de viajes y el acceso a recursos adecuados.

10.4 REFLEXIONES SOBRE LAS NUEVAS TENDENCIAS URBANAS EN TRANSPORTE Y SOSTENIBILIDAD A TRAVÉS DE LAS TIC EN LA CIUDAD DE MADRID

Equipo del Ayuntamiento de Madrid

La ciudad de Madrid ha experimentado, con las nuevas infraestructuras que se ejecutan en ella y actuaciones de movilidad, unos importantes cambios en lo que se refiere a la movilidad de sus ciudadanos y visitantes. Durante los últimos años se han desarrollado diversas acciones como son: la creación de las Áreas de Prioridad Residencial, peatonalización de zonas en el centro urbano, ampliación del Servicio de Estacionamiento Regulado, la mejora y extensión del transporte público y, sobre todo, la remodelación de la M-30, que han demostrado su eficacia al haberse producido un importante cambio en los hábitos de movilidad del ciudadano, incrementándose capacidad de transporte y mejora medioambiental.

El concepto antiguo del uso de las tecnologías para efectuar un control rígido del tráfico y permitir el desplazamiento de

un mayor número de vehículos por sus vías, ha sido sustituido por el concepto de “gestión de la movilidad”, primando un modelo de ciudad sostenible donde la integración de todos los modos de transporte (el peatón, transporte público colectivo, taxis, vehículos privado, motocicletas, bicicletas, etc.) se encuentra gobernado por un sistema tecnológico que gestiona en cada localización e instante cuál es el modelo de movilidad más adecuado, con un importante entramado de comunicaciones en tiempo real y flujos de información entre todos los entes involucrados.

El principio de una ciudad abierta hacia la vida en su interior y una importante conexión con todo su entorno, son una constante en las actuaciones llevadas a cabo y son una realidad ya consolidada. Los avances tecnológicos y su aplicación posterior permiten actuaciones novedosas

y suponen la recuperación de unos importantes espacios así como la modificación de los hábitos de transporte en la ciudad. Con todo ello, se busca la complicidad del ciudadano y visitante remarcando el concepto y necesidad de crear una ciudad sostenible donde el concepto de la movilidad responsable debe ser una constante y el Ayuntamiento propone o establece sistemas atractivos con los que se pretende el cambio sistemático de los medios de transporte utilizados, con la premisa del uso responsable y restrictivo del vehículo privado en aquellos movimientos donde se considera no compatible con la configuración de la ciudad.

Figura 10.12. Túneles de Calle 30.



Hoy en día los sistemas de control y seguridad de túneles y vías de alta capacidad han permitido la ejecución y posterior puesta en explotación de unas nuevas infraestructuras que han promovido ejecutar actuaciones de movilidad sin restar capacidad de reacción a la ciudad. Los nuevos viales y túneles externos en las ciudades atraen de forma clara una importante cantidad del tráfico que anteriormente utilizaba los viales internos y ahora circulan por unas vías tecnológicas de altas prestaciones en las que de forma continuada se efectúa un seguimiento del estado de la circulación por medio de detectores de vehículos y cámaras de televisión, produciéndose el ajuste de las condiciones de explotación a la situación real del tráfico y manteniendo una velocidad constante para cada nivel de tráfico, y que se complementa con mejoras en la vigilancia con el uso de sistemas automáticos de detección de incidentes por visión artificial y la utilización de sistemas de filtrado del aire en los túneles, mejorando en gran medida la seguridad vial y las condiciones medioambientales.

Para garantizar en todo momento la seguridad de los usuarios y las infraestructuras, así como para adecuar las condiciones de movilidad, Madrid dispone de un total de 1.400 cámaras específicas para el control del tráfico de las cuales 1.150 están

configuradas con sistemas de visión artificial que permiten a los sistemas de control detectar de forma automática los incidentes y activar los correspondientes protocolos de intervención. El resto de las cámaras permiten su posicionado desde el Centro de gestión de la movilidad, alcanzando en la actualidad el seguimiento de más del 75% de los movimientos de los vehículos en la ciudad de Madrid.

Todas las herramientas tecnológicas disponibles no serían útiles si no se dispusiera de un elemento integrador, para ello Madrid crea el Centro de gestión de la movilidad con un servicio continuado las 24 horas los 365 días del año. Desde él, por medio de una extensa red de comunicaciones basada en sistema de conexión de fibra óptica dedicada junto con un total de 102 nodos de comunicaciones distribuidos por toda la ciudad, permiten gestionar y trabajar con la totalidad de los equipamientos así como detectar incidencias en el tráfico o en los propios equipos, llegando a detectar el fallo de los focos de un semáforo o la desconexión de un panel de información variable.

Una vez se dispone de unos viales de gran capacidad que dan respuesta a las necesidades de la ciudad, se han efectuado actuaciones novedosas como son la creación de las Áreas de Prioridad Residencial (destacando las actuaciones

de Madrid en los barrios de Las Letras, Las Cortes y Embajadores) donde por medio de un sistema automático de control de accesos de los vehículos por medio de la lectura de las matrículas, únicamente se permite el acceso a la zona centro de Madrid de los vehículos privados de los residentes. Existe un sistema de interacción con el vecino por medio de páginas web con certificados digitales, sistemas de mensajería electrónica o atención presencial, que permite una gestión de todas sus necesidades de una forma eficiente y sin que las restricciones al vehículo privado externo hayan supuesto una merma en su movilidad, habiéndose obtenido una reducción del tráfico rodado que ha alcanzado el 30% en algunas zonas. Para ello en las Áreas de Prioridad Residencial se dispone de un total de 24 puntos de control de acceso que permiten verificar la entrada de más de 17.000 vehículos diarios así como normalizar las operaciones de carga y descarga y diversas franjas horarias, con las ventajas de optimizar la logística de estas actuaciones así como minimizar el efecto en los residentes.

Otro tipo de actuaciones como son la peatonalización, calmados de tráfico, zonas 30, etc., que se realizan en el resto de la ciudad tienden a movilizar los flujos circulatorios, para alcanzar que el 80% del tráfico se mueva por menos del 25% de los viales

Figura 10.13. Control de acceso en zonas residenciales.



en los que el uso de tecnología de regulación semafórica posibilite efectuar una gestión eficiente de los movimientos.

De forma complementaria, la tecnología ha permitido el ajuste de los sistemas de control de tráfico a las necesidades reales de las ciudades, de tal forma que si antes los sistemas controlaban y ajustaban los tiempos de los semáforos, sistemas de visión por cámaras e información de los paneles de mensaje variable para una potenciación al máximo del número de vehículos existentes en los viales; hoy en

día variables como eventos singulares, situación medioambientales, preferencia al transporte público, potenciación de los itinerarios peatonales, etc., son las variables básicas del sistema con lo que la integración de los Centros de Control de las entidades de transporte, el uso de nuevos detectores de peatones o bicicletas, utilización de GPS con información asociada de Movilidad para personas con movilidad reducida como son los avisadores acústicos, existencia de obras en calzada o acera e itinerarios sin barreras arquitectó-

nicas (como escaleras o bordillos de gran altura), son necesarios para el ajuste a la demandas de la sociedad.

Un aspecto singular es la importancia de la tecnología en los sistemas de explotación de los operadores de transporte, de tal forma que se garantice en todo momento una calidad del servicio adecuada a los viajeros, disponiéndose para ello de sistemas que permiten la localización y estimación de tiempos de viaje de cada unidad de transporte junto con la información asociada de su grado de ocupación, permitiendo por medio de los sistemas de comunicación el ajustar las frecuencias de paso y número de unidades en cada una de las líneas así como su interconexión con otros modos de transporte en los intercambiadores, primándose actualmente estos modos de transporte con el uso de tecnologías de preferencia en la circulación. Para ello, en la ciudad de Madrid, el transporte público en superficie dispone de sus correspondientes corredores específicos en los que se han establecido plataformas exclusivas con separadores físicos del resto de usuarios de la vía, estableciéndose los parámetros de regulación para darle preferencia en la circulación, así como en otros medios de transporte con plataforma exclusiva, como es el Metro Ligero en los nuevos desarrollos urbanísticos de Sanchinarro y

Las Tablas, se han realizado las actuaciones oportunas para obtener la máxima prioridad posible al transporte público, de tal forma que no se produce la parada de las circulaciones en los cruces en superficie con los viales de autobuses y coches.

Todo ello es complementado con unos sistemas de información al usuario donde prevalece la información pre-viaje y del estado real de la circulación con previsiones a corto plazo, actuando de forma inmediata con alternativas de itinerarios o modificación del modo de transporte frente a eventos que se puedan producir. La demanda de la sociedad se dirige a sistemas interactivos en los que cada ciudadano se crea su entorno de información, ruta a realizar y medio de transporte más adecuado, suministrándose posteriormente una información de calidad así como propuestas de movilidad ajustadas a los condicionantes existentes. La información de los gestores de movilidad se configura como una herramienta básica ante problemas singulares en la ciudad y que se llego a estimar en que puede alcanzar un 60% de la mejora de la movilidad en la zona afectada, pero siempre que sea pro-activa y basada en expectativas de situaciones a corto y medio plazo (de 15 minutos a una hora) y en información de alternativas o recomendaciones ya que la movilidad de los usuarios en la ciudad no



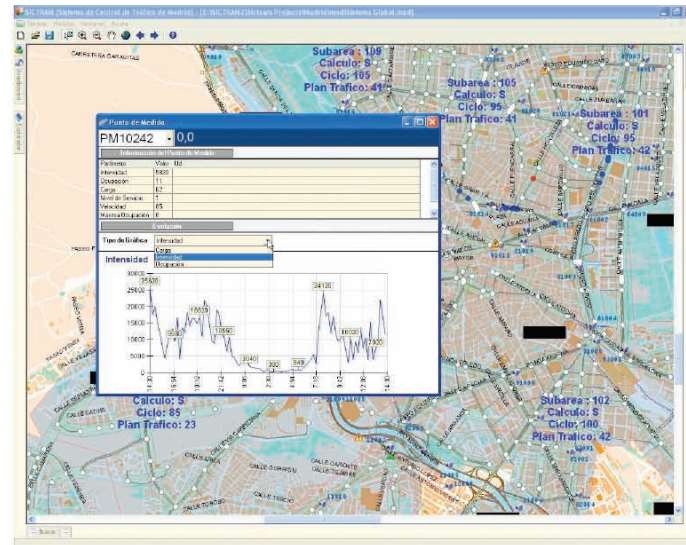
Figura 10.14. Metro Ligero y priorización semafórica.

permite dilatarlas en el tiempo al tratarse de necesidades inmediatas. Para ello, se impone el uso de simuladores y modelos de tráfico en los que a partir de la situación real obtenida de los sensores y parámetros de control de los sistemas junto con las previsiones estimadas, se pueden obtener resultados con un gran ajuste a la realidad observada.

Para la realización de las actuaciones anteriormente enumeradas, Madrid dispone de la herramienta denominada SIC-TRAM (Sistema Integral de Control de Tráfico de Madrid) en la que de forma continuada se realizan modelos y simula-

ciones de eventos e incidencias en la ciudad para el estudio de las estrategias más adecuadas a cada situación. Con ello se han establecido al menos cinco soluciones para cada una de las posibles actuaciones singulares que se pueden dar en la ciudad de Madrid, como son el corte de viales principales de la ciudad, cortes de accesos principales, actuaciones de apertura de corredores de tráfico, etc., proponiendo el sistema de forma automática cual es la mejor opción de trabajo en función del estado real del tráfico y las previsiones conocidas, cuando se produce la eventualidad.

Figura 10.15. Centro de Gestión de la Movilidad.



10.5 CONTRIBUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE GESTIÓN DE FLOTAS A LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE TRANSPORTE POR CARRETERA

Carlos Acha, Alsa
Alberto Cillero, Alsa

10.5.1 Preámbulo

El presente apartado tiene por objeto analizar el papel que juegan las tecnologías de gestión remota y control del posicionamiento en flotas de vehículos de transporte en las estrategias de competitividad de las empresas. La reflexión pretende ir más allá de realizar un mero repaso a las soluciones tecnológicas que ofrece actualmente la industria en este ámbito, para profundizar en las oportunidades de diverso orden que ofrecen las tecnologías para evolucionar los modelos organizativos y, en paralelo las estructuras económicas de los negocios.

Las tecnologías de gestión y posicionamiento de flotas afectan plenamente a factores clave para la gestión moderna y competitividad de las empresas, en un

entorno de negocio caracterizado actualmente por la necesidad de abordar procesos de cambio, modernización y transformación organizativa interna para poder sobrevivir. Ante unos mercados (tanto para viajeros como mercancías) aparentemente sobredimensionados y con síntomas de madurez, expuestos a competencia creciente y con unas estructuras de costes poco controlables y dependientes de variaciones exógenas en sus partidas fundamentales, cobran especial relevancia los procesos estratégicos de diverso orden que permitan una mayor eficiencia y por consiguiente un re-posicionamiento competitivo.

En este entorno, las tecnologías de gestión y posicionamiento de flotas y, de manera especial, la visión estratégica con que se apliquen, constituyen instru-

mentos y oportunidades de primera magnitud para fundamentar procesos de crecimiento realmente eficientes. Se precisa para ello, en opinión de los autores, un alineamiento claro de las funciones de IT, operaciones y organización/control interno. Esto conlleva, además, en ocasiones, transformar organigramas funcionales clásicos de las empresas de transporte.

Se lleva a cabo una reflexión final sobre las implicaciones del desarrollo tecnológico de las tecnologías avanzadas de gestión de flotas con la mejora del resultado y rentabilidad del negocio. Se analizan las oportunidades de mejora de la calidad del servicio ofrecido a los usuarios que permiten estas tecnologías, incidiendo además en la mejora del aprovechamiento económico de las explotaciones (en términos de productividad y sinergias de red). Se enfatiza en la necesidad de abordar procesos de eliminación de costes no relacionados con la creación de valor, para lo cual este tipo de tecnologías pueden contribuir a la racionalización de los procesos de gestión. Una última reflexión final es relativa a la contribución a la mejora de la sostenibilidad del sistema de transporte, en términos de una mayor eficiencia en el consumo energético y una minoración de impacto ambiental.

10.5.2 Tecnologías de Gestión de Flotas: planificación, optimización, control y medición del rendimiento de la explotación

Necesidades y requerimientos de los diferentes agentes implicados en el sistema de transporte en relación a las nuevas tecnologías

Esta monografía analiza el papel que juegan las tecnologías de gestión remota y control del posicionamiento en flotas de vehículos de transporte en las estrategias de competitividad de las empresas. Se profundiza en las oportunidades que ofrecen las tecnologías para evolucionar las organizaciones y en paralelo las estructuras económicas de los negocios de transporte, tanto de viajeros como de mercancías, en el contexto actual.

Esta contribución positiva solo es posible desarrollarla en toda su magnitud si se encuadra en un proceso más amplio de revisión de estrategias corporativas. Y, dentro de estas estrategias, de manera especial, se precisa una revisión paralela y un alineamiento con los procesos de ordenación de las operaciones y de organización/control interno de las empresas.

Se introduce, además, el concepto de “sostenibilidad” de la tecnología, con una doble intención: por un lado, para

hacer ver la necesidad de abordar procesos de evolución tecnológica y reorganización con una perspectiva de medio y largo plazo, integradas en la formulación de la estrategia de creación de valor del negocio; y, por otro, atendiendo a la necesidad de alinear ese desarrollo tecnológico (y el cambio organizativo) con los diferentes intereses, expectativas y necesidades de los agentes relacionados de una u otra forma con el negocio. Sólo así podrá conseguirse una estrategia realmente perdurable en el tiempo, que permita maximizar el retorno de las inversiones a realizar en el cambio tecnológico.

Se lleva a cabo, en primer lugar, una breve mención al alineamiento necesario previo que debe producirse en los intereses de los diferentes agentes (stakeholders¹) que de una u otra forma están relacionados con la empresa y su actividad. ¿Qué necesitamos de las nuevas tecnologías? ¿Qué esperamos de ellas? Una aproximación posible, necesariamente simplificada, podría ser la siguiente:

- Para la empresa, la necesidad de disponer información fiable, rápida y económica acerca de factores clave para la gestión de su negocio de transporte, como puede ser el conocer la posición real de su flota (y de la carga que transporta) en cada momento, y poder tomar decisiones eficaces que contribuyan a

una optimización del rendimiento de los recursos (vehículos y conductores). Y, más allá, y en la medida de que las tecnologías lo hacen ya posible, establecer comunicaciones rápidas en tiempo real desde un puesto de control remoto y una flota más o menos amplia de vehículos en movimiento.

- Para los clientes (cargadores, agentes de la cadena logística, usuarios finales, etc.), la necesidad de tener una certeza plena relativa a las condiciones de puntualidad, regularidad, seguridad, etc., con que se produce el transporte que han encomendado, eliminando los costes asociados a la incertidumbre, retrasos, deterioros en la carga, etc.
- Para los trabajadores (conductores, personal de tráfico, terminales, etc.), la necesidad de realizar su trabajo en condiciones de seguridad máxima, y con una demanda creciente de factores que inciden en el bienestar y en la calidad con que desarrollan su trabajo: planificación anticipada de los turnos, reducción de pernoctaciones fuera de bases, adecuación de descansos, etc.
- Para la administración (de manera especial en las actividades de transporte consideradas como servicios públicos o esenciales), y para la sociedad en general, la necesidad de contar con un sistema de transportes –espina dorsal del

¹ Este término, utilizado por Freeman, R.E. en su obra "Strategic Management: A Stakeholder Approach", (Pitman, 1984), hace referencia al conjunto amplio de grupos o individuos que pueden afectar o son afectados por las actividades de la empresa. Estos grupos o individuos, según Freeman, son elementos esenciales en la planificación estratégica de negocios.

crecimiento económico y de la vertebración del territorio- realmente eficaz y que dé respuesta adecuada y al menor coste posible a las necesidades de movilidad.

La pregunta concreta, en relación a las tecnologías de gestión y posicionamiento de flotas, es en qué medida pueden convertirse en instrumentos válidos para alinear estas necesidades, lo cual va más allá del simple desarrollo tecnológico, y entra de lleno en las formas de gestión de las empresas. Esta cuestión se puede formular de otra manera, analizando en qué medida el desarrollo tecnológico actual de la industria en este ámbito ofrece ya soluciones sólidas para hacer posible este alineamiento, o si por el contrario se precisa un progreso y un desarrollo mayor para obtener soluciones más adaptadas.

La reflexión de los autores a estas cuestiones, que no son sencillas y desde luego no generalizables o extrapolables, es que la industria de las tecnologías de gestión y posicionamiento remoto de flotas ofrece ya soluciones sumamente atractivas y adecuadas a necesidades de diverso orden de las ya expuestas, si bien hace falta en muchos casos una reflexión -previa o paralela- que sitúe estas tecnologías en la cadena de valor de las actividades

de transporte, y se produzca una alineación de las IT con la estrategia corporativa de los negocios.

Requisitos funcionales que deben satisfacer los sistemas de gestión de flotas

Para conseguir ese alineamiento de intereses entre los diferentes agentes, y enfocando el análisis desde la perspectiva de negocio de una empresa dedicada al transporte, la funcionalidad básica que debe exigirse a los sistemas de gestión y posicionamiento remoto puede resumirse en las siguientes premisas:

- **Seguridad.** Convertirse en un instrumento básico para asegurar la seguridad de las explotaciones de transporte, desde diferentes perspectivas, de las cuales destacamos cuatro: controlar el cumplimiento estricto de la normativa vigente de turnos de conducción y descanso, controlar el cumplimiento de la planificación de los mantenimientos de flota, asegurar la trazabilidad de la carga transportada, y garantizar las comunicaciones remotas entre el puesto de control y la flota de vehículos en todo tipo de situaciones.
- **Fiabilidad.** Aportar información real (y adecuada a lo que realmente necesita la empresa para apoyar su gestión) relativa a la medición y seguimiento del rendi-

miento real de las explotaciones de transporte. No se trata de almacenar información, ni de obtener el mayor número de datos posibles, sino de obtener, transmitir, almacenar y procesar aquellos datos clave que realmente sean efectivos para medir el rendimiento (*yield*) en cuanto a productividad y adecuación real a los objetivos definidos.

- **Economía.** Se precisa desarrollar sistemas económicos y que sean asumibles por las empresas en un entorno de deterioro económico de la rentabilidad de las explotaciones, en el que están primando además objetivos económicos de corto plazo no siempre acordes procesos de inversión en el medio y largo plazo. En este sentido, los sistemas deben evolucionar hacia soluciones asequibles y adaptadas a las necesidades (y posibilidades reales) de cada negocio. Además, se precisan sistemas económicos en cuanto a su explotación posterior, que minimicen los costes asociados de comunicación, mantenimiento y gestión de la información.
- **Flexibilidad y sencillez de operativa.** Para adaptarse no sólo a los requerimientos reales y específicos de cada explotación, sino además para integrarse con el resto de Sistemas informáticos y de gestión ya implantados en las empresas. Evitando el riesgo de caer en duplicidades de equipos

y/o de funciones poco aprovechadas (por desconocimiento de su potencial real, por su falta de capacidad de adaptarse al día a día de la gestión, etc). Asimismo, precisando de sistemas escalables que puedan ir evolucionando e implementando nuevos usos y funcionalidades conforme vayan creciendo las empresas, surgiendo nuevas normativas que afecten a la explotación, etc.

- **Integración e interoperabilidad.**

Garantizando no sólo la plena compatibilidad con otros sistemas y equipos (a nivel por ejemplo de protocolos de información y lenguajes de datos), sino además orientando el propio diseño del sistema a conseguir una multi-funcionalidad efectiva en sus usuarios. En este sentido, los autores consideran que una de las claves de éxito en la introducción de sistemas de nueva generación para la gestión y posicionamiento de flotas recae en su posibilidad efectiva para desarrollar procesos de Centralización de Operaciones y de Polivalencia en las funciones del personal vinculado al tráfico (en cuanto a su planificación, control y análisis).

Surge de nuevo el interrogante de si estos requisitos funcionales ya se satisfacen actualmente con los sistemas de gestión y posicionamiento existentes en el mercado.

Aquí la respuesta, probablemente, es más cuestionable, y será preciso una colaboración cada vez mayor entre las empresas “cliente” de transporte y los suministradores de sistemas para desarrollar conjuntamente los sistemas y adaptarlos e integrarlos con sus estructuras de gestión. Es previsible que una de las claves de futuro en cuanto al desarrollo de estas tecnologías sea precisamente dejar de considerarlas como “algo aislado”, y pasen a integrarse en el proceso completo de toma de decisiones en la gestión del negocio. Y ahí, necesariamente, debe tener lugar la reflexión estratégica previa a la que ya se ha hecho mención relativa al posicionamiento que deben tener las IT (y en concreto las relacionadas -no necesariamente exclusivas- con el ámbito de la planificación, control y seguimiento de la explotación) con la formulación de la propuesta de éxito de cada empresa.

Inventario de soluciones tecnológicas actuales vinculadas a la gestión de flotas: ¿una aplicación para cada necesidad?

Relacionado directamente con el alcance técnico y funcional de los sistemas, es importante llevar a cabo una reflexión relativa a qué se entiende por sistemas de gestión y posicionamiento remoto de flotas, aplicando estos conceptos a empresas

de transporte (ya sean de viajeros o de mercancías). Y, profundizando más en la cuestión, cuál es el estado del arte actual de este tipo de tecnologías, así como la existencia (y estado de avance) de otros sistemas paralelos y que guardan estrecha relación con la propia función de la gestión remota.

La concepción tradicional de este tipo de sistemas se fundamenta en equipos de ayuda a la explotación de una flota de vehículos dispersa en un ámbito geográfico determinado, basado en equipos embarcados con posicionamiento remoto (generalmente por vía GPS) y sistema paralelo de comunicaciones (tecnologías GSM/SMS/GPRS). De forma resumida, estos sistemas posibilitan conocer en tiempo real la posición de los vehículos, y supervisar los itinerarios realizados, con soporte añadido de cartografías digitales. Además, los sistemas suelen implementar módulos añadidos de gestión de la información obtenida de la explotación. Se suelen emitir informes con históricos de posiciones espacio-tiempo, velocidades medias, eventos ocurridos, etc.

A partir de esta arquitectura funcional básica de gestión remota, se han desarrollado diferentes aplicaciones y sistemas, que ofrecen soluciones añadidas particularizadas para determinados tipos de explotación y/o modos de transporte.

En el ámbito concreto de las comunicaciones, se han desarrollado gran variedad de aplicaciones, que en el sector de las mercancías permiten por ejemplo comunicar a los conductores por vía SMS o GPRS modificaciones “on line” del itinerario, o conocer eventuales cargadores que puedan surgir para optimizar los recorridos en vacío o de posicionamiento.

Se hace posible además asegurar la trazabilidad de las mercancías y de la paquetería, y gestionar (en el caso de los viajeros) el *booking* de manera dinámica integrando la venta en ruta, optimizando de esta forma la capacidad instalada y producida.

En el ámbito específico de las explotaciones de transporte urbano y metropolitano de pasajeros, se han desarrollado aplicaciones muy avanzadas de SAEs, que llegan a integrar no sólo el mero control y seguimiento remoto de la explotación, sino además otro tipo de funcionalidades como la información dinámica del estado del servicio en los puntos de parada (a través de pantallas electrónicas que informan del tiempo de paso estimado y de posibles eventualidades), información dinámica vía Web y SMS, comunicaciones avanzadas (voz y datos) entre el puesto remoto y los vehículos, etc. Además, ya existen soluciones que pretenden integrar datos del sistema de posicionamiento con

los procesos internos de administración de la empresa y planificación de los servicios como la Generación automatizada de nóminas, nombramiento de turnos y conductores, integración con los sistemas Monética (p. ej. tarjetas sin contacto), informes sobre productividad, control desde terminales remotas (PCC, terminales PDA), etc.

Se observa, en definitiva, una adaptación (y sofisticación) progresiva de este tipo de tecnologías, partiendo siempre de la base previa fundamental del control y posicionamiento remoto, implementando nuevas funcionalidades para dar respuesta por un lado a necesidades complementarias, y por otro aprovechando las oportunidades que ofrece el desarrollo de las tecnologías.

Carencias y limitaciones actuales que deben resolverse

En un proceso de evolución tecnológica de esta naturaleza, que parte de una base conceptual que en estos momentos es sólida y comienza a estar extendida en su aplicación, surge el interrogante al que se enfrentan actualmente numerosas empresas y entidades vinculadas al transporte: ¿continuar desarrollando aplicaciones paralelas o diferenciadas para cada necesidad, o es posible avanzar en una integra-

ción real de sistemas que abarquen diferentes tecnologías y usos aparentemente relacionados entre sí? La respuesta a este interrogante no tiene una solución determinada de antemano y válida para todo tipo de situaciones. En función del tamaño y complejidad de cada empresa y/o cada negocio, la solución a adoptar será diferente.

En cualquier caso, sí es posible concluir que el estado actual de la industria permite ofrecer soluciones cada vez más complejas y evolucionadas para dar cobertura a necesidades concretas en los diferentes modos (viajeros y mercancías). El reto, no obstante, parece estar en la capacidad de integrar los sistemas entre sí, dando lugar a plataformas tecnológicas integradoras de los diferentes elementos (subsistemas) que están implicados en la gestión de la explotación del negocio de transporte. Este tipo de soluciones integradoras se han desarrollado ampliamente en otro tipo de sectores, y en el propio sector del transporte, el ferrocarril ha avanzado notablemente en los procesos de integración y telemando remoto de los diferentes sistemas. (Véase el capítulo 9).

El transporte por carretera hasta el momento ha evolucionado muy poco en este camino integrador, probablemente por la pequeña dimensión relativa de las empresas que operan en el sector, y por el

estado todavía reciente en que se encuentran los procesos de integración y consolidación empresarial.

10.5.3 Integración de Sistemas: gestión centralizada de las operaciones de transporte

Localización e interconexión de los sistemas

Para dar respuesta a las cuestiones planteadas hasta el momento, los nuevos sistemas de gestión remota de flota deben partir de una arquitectura funcional que haga posible que un número limitado de personas puedan controlar, de forma óptima y con las máximas condiciones de seguridad, un número creciente de recursos móviles (personas y flota). Bajo este planteamiento, la evolución lógica de los sistemas de gestión remota de flotas, en cuanto a su componente tecnológica y funcional, debe estar cada vez más al servicio de los requerimientos de tipo organizativo que precisan los procesos de centralización de operaciones en las empresas de transporte.

Con independencia de la localización física de los equipos, la gestión central de las operaciones debe favorecer la obtención de sinergias a través del desarrollo de estrategias a largo-medio plazo que se

coordinen con acciones en el corto plazo. Una gestión descentralizada no es, en ningún caso, compatible con una estrategia global.

Así, la disposición de todos los datos de la operación en tiempo real facilita el cumplimiento de los requisitos y funciones de una central de operaciones, en lo relativo a la optimización y garantía de seguridad y fiabilidad en el servicio prestado. Es igualmente necesario disponer de datos no solamente de explotación, sino del resto de áreas de gestión, con el objetivo de conocer rendimientos y rentabilidades asociadas a la operación. El apoyo e interconexión de los sistemas resulta, pues, fundamental.

Surge así otra derivada añadida para los sistemas de gestión remota de flotas, y es la necesaria coordinación e integración funcional con otras áreas de información de la empresa, fundamentalmente con procesos vinculados a la gestión administrativa, laboral y contable de los negocios.

Además, los componentes de seguridad apriorística, por los cuales ya es posible generar alarmas cuando existen potenciales situaciones de riesgo, ofrecen un valor añadido a la gestión remota de flotas, por cuanto pueden contribuir de manera decisiva a evitar dichas situaciones. Este campo de la seguridad apriorística, no obstante, es probablemente el

menos evolucionado hasta el momento en el ámbito de la gestión remota de flotas. Todavía hay un terreno importante por recorrer en la investigación aplicada a la sensorización de elementos críticos para la seguridad en las flotas de vehículos, y este es un camino que deben recorrer necesariamente unidos las empresas suministradoras de flota, los operadores de transporte, y las empresas proveedoras de soluciones de integración tecnológica.

Técnicas de inteligencia de negocios (business intelligence) y gestión de información (data mining) aplicadas a la Gestión de las Operaciones

Para obtener una visión completa del estado actual y potencial de futuro de las tecnologías de gestión de flotas se puede dejar de lado la problemática (y oportunidad) asociada al manejo de la información generada por estos sistemas.

En este sentido, los sistemas de gestión de flota generan no solamente información en tiempo real; también registran y almacenan gran cantidad de información que puede analizarse a posteriori para la optimización del rendimiento del sistema de transporte. Esta información, además, se observa que cada vez resulta más útil a un mayor número de departamentos dentro de las empresas.

La información de operaciones y tráfico tradicionalmente era analizada en los departamentos de explotación, y con ella se verificaba el cumplimiento de los servicios y se tomaban decisiones diversas de optimización y ajuste de las actividades.

La aparición de sistemas de gestión de la calidad total, y con el tiempo su evolución hacia enfoques de calidad de procesos y, en fechas recientes hacia la calidad del servicio, ha motivado que se demande cada vez más un mayor control de la operación, abarcando no sólo ya parámetros intrínsecos a la fiabilidad del servicio, sino además aspectos vinculados a la adecuación de ese servicio con las necesidades reales de los clientes finales.

Las posibilidades actuales de cruce de información resultan casi infinitas con el apoyo de herramientas de *Business Intelligence*, de forma que los análisis pueden hacerse tan pormenorizados como se desee. Además, la disposición de series de datos históricos ayuda a predecir los comportamientos en situaciones similares, por lo que se pueden simular y modelar escenarios probables en función de dichos históricos, y predecir la demanda para poder configurar la oferta.

Estas herramientas están llamadas a provocar una profunda revolución en los sistemas de gestión de flotas, especialmente en aspectos predictivos, como

puede ser la fijación de rutas y tarifas con una base científica predictiva.

El desarrollo tecnológico de los sistemas de gestión remota de flotas debe ir unido, necesariamente, al avance en técnicas de *Data Mining* aplicadas a explotaciones de transporte. Este camino todavía no está suficientemente recorrido, y de nuevo se precisa un alineamiento entre los diferentes proveedores tecnológicos implicados en la cuestión, con los operadores y administraciones “usuarias” de esa información.

Diseño de cuadros de mando integrales

Hasta el momento se ha analizado de forma sintética las diferentes implicaciones de las tecnologías de gestión remota de flotas, en el contexto y realidad actual de los negocios de transporte (viajeros y mercancías). Se ha puesto de manifiesto la estrecha relación –entre otras implicaciones– de las tecnologías de posicionamiento remoto con la centralización de operaciones, así como sus derivadas con la gestión de la seguridad y la calidad del servicio realizado. Asimismo, se ha analizado el potencial de contribución de estas tecnologías para la eficiencia económica y la rentabilidad de las actividades.

En este sentido, cabe preguntarse en qué medida la gestión adecuada de las tecnologías de gestión de los recursos

(personas y flotas), teniendo en cuenta la realidad de todas sus implicaciones e interrelaciones organizativas, es o no una pieza fundamental para la consecución de los objetivos estratégicos del negocio. La respuesta, aparentemente, es afirmativa, y se puede llegar a concluir que una importante ventaja competitiva en el contexto actual de mercado y competencia reside en saber alinear el enfoque de este tipo de tecnologías con los objetivos estratégicos propios de cada empresa.

En este proceso de “adaptación” necesaria de las tecnologías a la realidad de cada empresa (en cuanto a su alcance y funcionalidad), es importante poner de manifiesto la necesidad de saber encajar el desarrollo tecnológico en los procesos de definición e implantación estratégicos. Para ello, las modernas herramientas de mapas estratégicos y *Balanced Scorecard*² (Cuados de Mando Integrales), resultan apoyos fundamentales.

La aplicación de técnicas de CMI, además de requerir una reflexión previa importante acerca de la visión, estrategia y objetivos de cada negocio, precisa por un lado de la definición de las “relaciones causa-efecto” fundamentales que articulan los procesos y actividades críticas de la empresa, y en paralelo la definición de “indicadores estratégicos” para medir el desempeño de cada área de análisis.

En esta fase de concatenación de actividades estratégicas, es fácil comprobar (para una empresa de transportes) la relevancia y trascendencia que tiene la gestión y organización de las operaciones. Los enfoques de CMI, y sus diferentes perspectivas de análisis, pueden suponer apoyos importantes para “ordenar” y situar adecuadamente en la estrategia de negocio de las empresas, el conjunto amplio de implicaciones y relaciones funcionales que tienen las tecnologías de gestión de flotas y personas.

Adaptación necesaria de la estructura organizativa de las empresas

Los nuevos sistemas de gestión de flotas están cambiando el perfil profesional de los gestores de éstas, motivando incluso cambios en las estructuras organizativas de las empresas. Los conceptos tradicionales, basados en la garantía de cumplimiento de los servicios, van quedado atrás, y esto motiva necesariamente cambios en la cualificación y en el perfil profesional del personal de operaciones y tráfico.

La estructura organizativa de las empresas está siendo también modificada, por cuanto se requiere un grado de especialización técnica muy avanzado en esta área. Por el contrario, la mano de obra

2. El concepto de *Balanced Scorecard*, introducido por Robert Kaplan y David Norton en 1992, aporta un método para medir el rendimiento de las actividades que desarrolla una empresa, en términos de su visión y estrategia. Entre otras novedades, este tipo de técnicas introducen diferentes “perspectivas” desde las cuáles se procede a evaluar de manera continua el rendimiento de los negocios. En su definición tradicional, los CMI consideran cuatro perspectivas de análisis: financiera, cliente, procesos, innovación y aprendizaje. Para cada una de estas perspectivas, cada sector (y cada empresa y negocio) debe definir Indicadores estratégicos de medición de su actividad.

requerida en el control de la propia operación es mucho menos exhaustiva. Migrar los conceptos tradicionales a la gestión avanzada de flotas, apoyada por herramientas tecnológicas, supone un cambio cultural en todos los sentidos y debe tratarse como tal en el momento de la implantación. Los usuarios han de convertirse en los perceptores del sistema si se pretende obtener éxito en dicha implantación. Los puestos clásicos de “jefes” y “responsables de tráfico” van evolucionando hacia puestos polivalentes de “técnicos de operaciones”, con una visión y un potencial de desarrollo cada vez mayor.

Las funciones intrínsecas a la mera supervisión y aseguramiento de la realización del servicio pierden más valor, ya que cada vez se fundamentan más en el apoyo tecnológico de los sistemas de control de operaciones, con el consiguiente ahorro de costes y mejora de la fiabilidad. Por el contrario, en el desempeño moderno de la función de operaciones cobran importancia tareas polivalentes y realmente generadoras de valor para las empresas, aportando la capacidad necesaria para analizar e interpretar el rendimiento de la explotación, ajustando la producción a lo que realmente precisa el mercado en cada momento, con las prescripciones debidas de seguridad.

Estos sistemas hacen igualmente que toda la jerarquía de la empresa disponga

de la misma información y casi al mismo tiempo, por lo que es factible una auditoría permanente de la gestión óptima de la explotación. Y esa gestión óptima debe afectar al resto de departamentos asociados a las operaciones, aunque no tengan repercusión directa sobre la misma.

Es posible concluir nuevamente que la gestión de las operaciones pasa a convertirse en un elemento determinante para la estrategia del negocio, produciendo diferentes oportunidades de generación de valor, y, por consiguiente de diferenciación competitiva en el contexto actual del mercado.

10.5.4 Tecnología y negocio: aportación de las tecnologías avanzadas de gestión de flotas al resultado y rentabilidad del negocio

Mejora de la calidad del servicio ofrecido a los usuarios de transporte: regularidad, fiabilidad e información

La gestión centralizada de las operaciones permite alcanzar una visión superior del negocio respecto a la que se puede obtener desde las diferentes unidades de negocio o de actividad por separado. Esto facilita la obtención de sinergias no sólo por el mayor aprovechamiento de los recursos, sino además por la posibilidad

de determinar el recurso óptimo para cada situación en cada momento.

Con el apoyo adecuado de los sistemas de gestión, debe buscarse permanentemente una rentabilidad-objetivo, así como las implicaciones asociadas a los cambios o incidencias que se registran. El uso de herramientas predictivas facilita igualmente la minimización de las holguras de recursos, y el dimensionamiento óptimo en función de las necesidades.

Los procesos de centralización y gestión remota de las operaciones permiten un mayor grado de control sobre parámetros diversos que definen la oferta de servicio: cumplimiento de horarios, adecuación de tiempos de viaje, estado de las mercancías transportadas, etc. En definitiva, contribuyen a mejorar la fiabilidad del servicio prestado, y la calidad de la información aportada a los clientes (antes, durante y después de la prestación del servicio).

Todos estos aspectos se relacionan directamente con una mayor capacidad del negocio para generar ingresos y rentabilidad, mejorando la satisfacción de los clientes, optimizando a la vez los costes de prestación del servicio.

La ecuación, aparentemente, tiene solución: la gestión eficiente de las tecnologías contribuye a reducir los costes de explotación (cambiando “costes malos”

por “costes buenos”), redundando en una organización más eficaz, y un servicio mejor y de mayor calidad que genera una mayor satisfacción en los clientes.

Mejora del aprovechamiento económico de las explotaciones: productividad y sinergias de red

Otra variable competitiva fundamental en el nuevo entorno es la capacidad que tengan las empresas para generar economías de red en sus explotaciones. El sector del transporte, tanto de viajeros como de mercancías, es una industria que se caracteriza por la posible existencia relativa de economías (o “deseconomías”) de escala vinculadas al tamaño, en función de su capacidad para generar un crecimiento realmente eficiente y sinérgico en su producción. Además de esta presencia relativa de economías de escala, lo que sí resulta diferencial en esta industria y genera importantes ventajas competitivas, es la generación de “efecto red” por la mayor capilaridad y conexión de las explotaciones.

El crecimiento eficiente de las redes de transporte, conforme aumentan los centros de cargas, rutas y mercados atendidos por las empresas, precisan de sistemas de gestión eficientes y adaptados a ese crecimiento capilarizado. Esta genera-

ción (“natural”) de economías de red en el transporte sólo es posible si se fundamenta en un modelo de organización y de sistemas verdaderamente eficiente. Y, en este contexto, las tecnologías de gestión remota de recursos (flota y conductores) se convierten una vez más en una piedra angular sobre la cual avanzar en la centralización de las operaciones e integración de procesos.

Eliminación de costes no relacionados con la creación de valor: racionalización de procesos y reorientación de la estructura organizativa hacia el cliente

Un enfoque adecuado de estas tecnologías contribuye a la generación de dos tipos de ahorros en costes. Un primer ahorro, que podríamos calificar de “directo”, es consecuencia de la propia optimización y racionalización de medios que permite la gestión remota y centralizada. Se recortan excesos no productivos, se favorecen las sinergias de red, y se logra un mayor aprovechamiento de los recursos en términos de adecuación oferta-demanda. Este tipo de ahorros no son discutidos, siempre que garanticen las restricciones debidas de seguridad y fiabilidad del servicio.

Pero, además de estos ahorros directos sobre el coste de explotación, las tecnologías de gestión de flotas pueden

generar otro tipo de economías, vinculadas a la consecución de una mayor eficiencia en el modelo de organización y en la interrelación eficaz de los procesos críticos con la generación de valor de la empresa. Es en este segundo tipo de ahorros donde realmente pueden generarse ventajas competitivas diferenciales y sostenibles, que vayan más allá de meros ahorros de coste puntuales por una mayor optimización de las operaciones.

Se plantea ahora el objetivo de conseguir ventajas estructurales, cambiando “costes malos” por “costes buenos”, optimizando los procesos y adaptando funcionalmente la organización a las necesidades de la estrategia.

La singularidad que presentan las tecnologías de gestión remota de recursos, en cuanto a su interrelación directa con los procesos de gestión centralizada de las operaciones, pueden suponer un instrumento de apoyo importante –no el único por supuesto– para avanzar en esa mayor eficiencia interna de la organización.

En este proceso, cobra especial relevancia la capacidad que tengan las áreas de operaciones de las empresas para orientarse realmente al cliente y no tanto a la producción, y en ese camino las tecnologías de apoyo a la gestión de la explotación son herramientas fundamentales.

Contribución a la mejora de la sostenibilidad del sistema de transporte: eficiencia en el consumo energético y minoración del impacto ambiental

Finalmente, es importante hacer mención a una derivada relativamente nueva para la gestión de las empresas de transporte, ante la necesidad de conseguir un desarrollo y crecimiento económico que sea realmente sostenible desde diferentes perspectivas. Entran en juego aquí (entre otras) las políticas de responsabilidad corporativa y de gestión medioambiental, que cada vez juegan un papel más determinante en la fijación de objetivos y metas corporativas.

En un contexto, además, caracterizado no sólo por una mayor concienciación social y de las diferentes administraciones hacia estas materias, sino además por una dependencia económica muy elevada de las explotaciones de transporte respecto a sus costes y consumos de energía (carburantes y electricidad). Para las empresas de transporte por carretera, los de combustible suponen una de sus partidas de coste fundamentales (junto a los ligados al personal), y esta elevada dependencia se agrava aún más por el encarecimiento progresivo de las materias primas.

Las tecnologías de gestión remota de recursos (flotas y conductores) ofrecen una vía novedosa –y especialmente atractiva– para contribuir a una optimización del consumo de combustibles y reducción de emisiones asociada. Comienzan a desarrollarse soluciones tecnológicas integradoras, que hacen posible no sólo el control y posicionamiento remoto de las flotas, sino además la posibilidad de obtener mediciones remotas de consumos de carburantes e incluso de emisiones generadas.

Este tipo de soluciones, todavía incipientes y en muchos casos en fase de I+D+i, pueden ser herramientas muy potentes para los gestores de las operaciones en las empresas de transporte, en la medida de que contribuyan a optimizar y reducir consumos y emisiones. Comienzan a desarrollarse aplicaciones que hacen ya posible el control estadístico singularizado de unidades de producción (vehículos y conductores) en términos de consumos energéticos generados, siendo posible así introducir políticas de diversa naturaleza tendentes a minorar los consumos y emisiones: introducir planes de conducción eficiente, políticas de inversión y compra de flota que primen los vehículos eficientes desde el punto de vista energético, adaptar la flota a las necesidades reales de la demanda y de los trazados, etc.



UNA NUEVA GENERACIÓN DE VEHÍCULOS: LOS ELÉCTRICOS

Miguel Ángel Sánchez Fornié

Iberdrola. Coordinador

Francesc Andreu

NISSAN Iberia

Alberto Carbajo

REE

José Corera

Iberdrola

Juan Manuel Rodríguez

REE

Académico revisor

José Ignacio Pérez Arriaga

11

11.1 PREÁMBULO

El coche eléctrico se implantará de forma masiva. Probablemente mucho antes de lo que se pueda suponer. Hay dos hechos que configuran un entorno favorable a dicha implantación. Por un lado, está la cada vez más difícil situación del suministro de combustibles fósiles, en especial del petróleo por el enorme efecto que tiene en el transporte¹. No debe olvidarse que en tan sólo seis meses del año 2008, el precio del barril pasó de batir un récord histórico con 150 \$ a reducir en más de la mitad ese valor, demostrando una variabilidad prácticamente impredecible.

El uso de los combustibles fósiles en el transporte tiene un efecto comprobado en el medioambiente pero es que, además, la tendencia si no se sustituye puede empeorarlo². El cambio climático, como resultado de la emisión de gases de efecto invernadero, en especial del CO₂, es un hecho demostrado científicamente. Muy poca gente duda ya de la necesidad de reducir dicha emisión. Cuanto antes, mejor.

Pero además, se da la circunstancia de que la evolución tecnológica brinda soluciones ya disponibles que hace una década no lo estaban y que permiten a corto plazo la materialización del vehículo eléctrico como sustitución progresiva del vehículo con tracción basada en combustible fósil.

La batería era el principal problema tecnológico. Hoy se puede afirmar que ya está resuelto. Y en esta solución las TIC han jugado un papel nada desdeñable. El espectacular desarrollo de la telefonía móvil y los ordenadores portátiles han fomentado un desarrollo acorde en la tecnología de baterías que, sin duda, será muy aprovechado en los vehículos eléctricos.

Por otra parte, las TIC ya disponibles permitirán algo imprescindible para que el vehículo eléctrico sea una realidad: la utilización sin grandes modificaciones de las infraestructuras existentes de distribución eléctrica existentes³.

En suma, el coche eléctrico, incluyendo aquí al vehículo híbrido enchufable

1. El 95% del transporte mundial depende del petróleo. El 50 % de las extracciones de petróleo se destinan al transporte.

2. Así lo confirman previsiones de un incremento de la demanda de vehículos en países como Rusia, Brasil, India o China con índices de motorización relativamente bajos (100 coches por cada 1.000 habitantes frente a los 800 de EE.UU) así como el crecimiento de la población mundial (de 6.700 millones actuales a 9.500 millones en el 2050).

3. Este hecho establece una enorme ventaja comparativa frente a la solución alternativa de hidrógeno-pilas de combustible que requiere nueva infraestructura.

a la red, consume menos petróleo, emite menos CO₂ y puede recargarse con la infraestructura eléctrica existente, siempre y cuando se acomode adecuadamente en el sistema eléctrico. Sería bastante absurdo que la humanidad no aproveche esta circunstancia para inten-

tar un cambio tan beneficioso para su complejo futuro.

A lo largo de este capítulo, se van a detallar y soportar las afirmaciones anteriores, estableciendo las principales necesidades en el uso de las TIC para que el vehículo eléctrico sea una realidad.

11.2 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. HISTORIA Y FUNDAMENTOS

A principios del siglo XIX (año 1801) aparecieron los primeros vehículos autopropulsados de uso público, gracias a la aplicación de la máquina de vapor. En paralelo, se inicia el refinado del petróleo como combustible para las necesidades de la sociedad del momento. El primer uso social que se dio, fue para el alumbrado público sobre el año 1850. Sin embargo, las necesidades de movilidad en una sociedad que prosperaba rápidamente, gracias al desarrollo de la industria, hicieron que varias iniciativas en este campo convergieran. El resultado fue que, a finales del siglo XIX convivieron vehículos propulsados por la máquina de vapor, los primeros vehículos propulsados por motores de combustión interna ingenierados por el alemán Gottlieb Daimler en 1862; y el primer vehículo eléctrico construido por Jean Taud, accionado por 26 baterías.

En 1901, Ferdinand Porsche desarrolló un vehículo híbrido en el que un generador movido con gasolina producía electricidad para cargar baterías con las que alimentar motores eléctricos directamente acoplados a las ruedas. Dos años antes, se

había establecido la empresa “Woods Motor Vehicle Company” en los EE.UU., que se convirtió en una de las empresas líderes de coches eléctricos, pero que solo duró hasta 1918. La razón, muy clara: el modelo “dual power” que incluía un motor eléctrico y otro de combustión intensa se ofrecía, en 1916, en 2.650 \$. El Ford T⁴ costaba 750\$ y, sobre todo, la gasolina era abundante y barata.

La abundancia del petróleo, sus bajos precios, su facilidad de almacenamiento y reposición así como la falta de consciencia sobre los efectos que los gases producidos por su combustión podrían tener en el planeta, lo convirtió en la energía hegemónica en la movilidad individual así como en el transporte de mercancías. Pero no es menos cierto que también desde mediados de este siglo no han cesado las señales de advertencia del posible agotamiento del modelo: las crisis de los años 70 advirtieron de los riesgos de unos precios altos del combustible y los primeros estudios basados en series estadísticas de la evolución de la temperatura mostraban indicios de incrementos anómalos de las temperaturas.

4. El impulso definitivo se lo dio la incipiente industria del automóvil al establecer en 1908 el sistema de producción de automóviles en línea de montaje diseñado por Ford, incrementando rápidamente la capacidad de abastecimiento del mercado a la vez que mejoraba los costes de producción.

Un hecho que, por su relevancia, se ha convertido en el primer ejemplo dado por un regulador, debe tenerse en cuenta. En el año 1990, el Estado de California, el más preocupado por los temas medioambientales de EE.UU. y a la vez, en alguna ciudad, con uno de los mayores índices de contaminación atmosférica, dicta una normativa pionera en el mundo: La *Zero Emission Vehicle Mandatory* (ZEV). Esta ley pretendía obligar a las marcas de coches que quisieran seguir vendiendo en el estado de California que el 2% de sus ventas correspondieran a vehículos que emitieran cero gramos de CO₂. Los fabricantes se pusieron manos a la obra y abordaron ambiciosos proyectos que, según cada fabricante apuntaban hacer los vehículos totalmente eléctricos (EV) con recarga en la red o bien los también eléctricos pero que producían su propia electricidad a través de un proceso químico que tiene como combustible el hidrógeno. Se construyeron los primeros prototipos de coches eléctricos modernos por parte de GM y Toyota, mientras que Nissan y Mercedes optaron por el hidrógeno. Sin embargo, unos plazos de tiempo inalcanzables así como los altos costes del desarrollo obligaron a modificar dicha normativa para que aquel 2% de vehículos de emisiones cero se convirtiera en el 2% de vehículos de bajo nivel de contaminación.

Y así nacieron los vehículos híbridos que seguían emitiendo CO₂, pero en menor proporción, al combinar un motor de combustión interna con uno eléctrico.

Haciendo un repaso a la historia de la de automoción, se constata que los cambios radicales han sido poco frecuentes. Las inversiones necesarias para un nuevo vehículo desde su diseño hasta que sale de la línea de montaje son tan importantes en recursos económicos y en tiempo que no hay margen de error. En el caso de la estética, la necesidad de mejorar los consumos ha hecho los coches más aerodinámicos, y esta directriz ha sido la que ha marcado la evolución en sus formas. La seguridad sí ha avanzado de manera imparable, desde la incorporación de los cinturones de seguridad a mediados de los años 70, a la incorporación de hasta 12 bolsas de aire que se despliegan en caso de impacto para proteger a todos los ocupantes.

En cuanto al corazón del coche, en los últimos 15 años la tendencia mayoritaria en el desarrollo de plantas motrices se ha concentrado en las tecnologías que básicamente intentaban reducir el consumo y aumentar las prestaciones. La inyección directa, tanto en gasolina como en diesel, así como la incorporación de las unidades de control electrónico en la gestión integral de las cadenas cinemáticas,



han sido los avances más significativos en las dos últimas décadas. Un motor diésel de última generación con una cilindrada de alrededor de 2.000 c.c. consigue reducir su consumo en cerca de un 30% respecto a sus antecesores consiguiendo una cifra cercana a los 5 litros por cada 100 kilómetros en un recorrido mixto urbano/carretera/autopista. Lógicamente, esta drástica reducción en el consumo tiene su consecuencia directa en las emisiones de gases como el CO₂. Para este mismo motor, se pueden esperar alrededor de 135 g. por cada 100 kilómetros. Pero esta disminución del CO₂ viene dada, básicamente, por el menor consumo.

Las mejoras conseguidas en la eliminación del resto de gases de escape se tienen que buscar fuera del grupo motriz. Se trata del sistema de escape. Desde principios de los años 90 se incorporó de manera generalizada un elemento catalizador capaz de convertir, a través de una reacción química, gases tan nocivos como el monóxido de carbono (CO) o los óxidos

de nitrógeno (NO_x); pero no se pudo eliminar el dióxido de carbono (CO₂) identificado como el principal causante del calentamiento global.

Y con esta evolución de casi cien años, se ha llegado a la situación actual, con una fuerte industria de automoción que en los primeros años del siglo XXI ha sido capaz de fabricar casi 200 millones vehículos anuales en todo el mundo. El parque mundial estimado es ahora de 800 millones, previéndose un fuerte aumento que puede llevar en 20 años a duplicar dicha cifra. Y este parque depende en su inmensa mayoría del petróleo. Hay que iniciar la transformación cuanto antes.

Obviamente, se van a emplear los enormes avances descritos anteriormente en los que las TIC han jugado una importancia creciente, pero la sustitución progresiva del papel del motor de combustión interna, como principal actor, por el motor eléctrico, introducirá cambios muy importantes en el sector de la automoción, en el que las TIC van a tener una función aún más destacada.

11.3 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD

La eficiencia energética (medida en términos de cantidad de energía mecánica aprovechada en el movimiento del vehículo en comparación con la energía total almacenada en el combustible) de un vehículo de combustión interna es muy baja. Aproximadamente, y en un promedio de sus regímenes de funcionamiento, sólo un 18%, para la gasolina, y un 23%, para el diesel, de la energía del combustible se utiliza en mover el coche. El resto se pierde en forma de energía térmica (transferida al escape y refrigeración), mecánica (fricción de muchas partes móviles) y acústica.

Por su parte, un motor eléctrico desarrolla una energía mecánica que puede llegar a ser el 80% de la energía almacenada en la batería. Teniendo en cuenta todo el conjunto de motor, transmisión y ruedas, se acepta generalmente una efi-

ciencia del 65%. La eficiencia energética del motor eléctrico es muy superior a la del motor de combustión interna.

Sin embargo, la producción, transporte y distribución de electricidad tienen sus propias ineficiencias que deben ser incorporadas para comparar adecuadamente los dos vehículos desde el punto de vista de consumo de energía primaria.

Es decir, el vehículo eléctrico con baterías tiene una mayor eficiencia energética, teniendo en cuenta toda la cadena energética, que la del vehículo de combustión interna. Si la energía primaria fuera en ambos casos petróleo, ello significa que el uso del coche eléctrico se traduce en una reducción del 6% en el consumo de petróleo.

Pero la realidad es que sólo una pequeña parte de la electricidad generada procede del petróleo. En 2005, alrededor

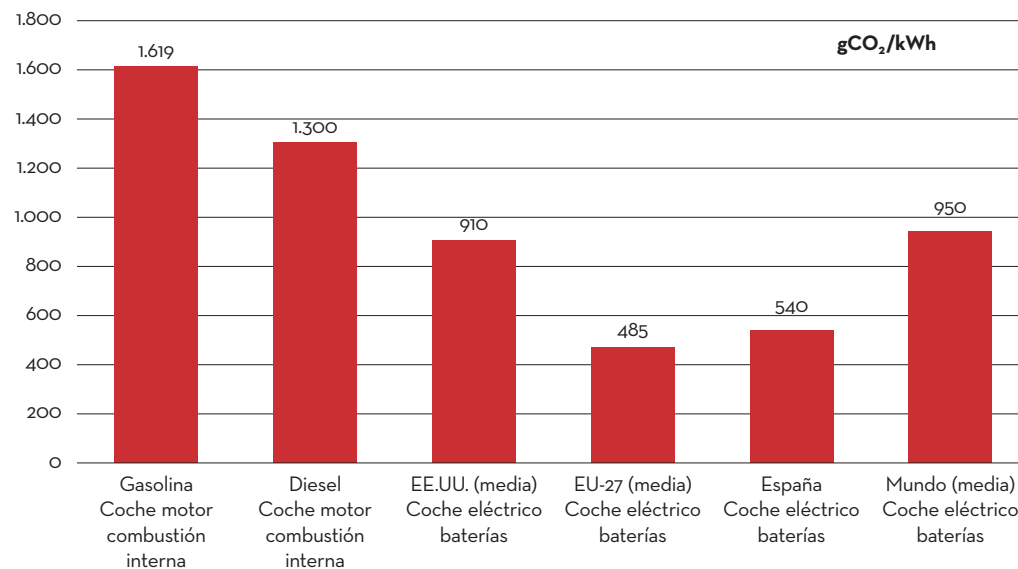
Vehículo Motor combustión interna		Vehículo Eléctrico con baterías	
Refinería	83%	35-42%	Central eléctrica
Transporte-Distribución		92%	Transporte-Distribución
Depósito-ruedas	18-23%	65%	Batería-Ruedas
Total Refinería-Ruedas	15-19%	21-25%	Total Central-Ruedas

de un 6,5% en el mundo y algo menos, un 3,3% en EE.UU. y un 4,18% en la Europa de los 27⁵. En consecuencia, la sustitución del coche con motor de combustión interna por un coche eléctrico, se convierte directamente en una importante reducción del consumo de petróleo (del orden de un 25%), que es muy superior a la que se deriva exclusivamente de su mejor eficiencia energética.

En cuanto se refiere a la sostenibilidad, ya se expuesto que en la evolución hacia una mejora en la emisión, el CO₂ es

el gas con mayor dificultad de reducción, siendo uno de los principales actores en el cambio climático. Es oportuno comparar, desde el punto de vista de la cadena energética completa, los coches con motor de combustión interna y los coches eléctricos. La cantidad de CO₂ emitida en la combustión de gasolina o diesel, afectada por la eficiencia energética en la refinería, distribución y motor de explosión, ofrece un resultado de 1.619 g de CO₂/Kwh. en el caso de la gasolina y 1.300 g de CO₂/Kwh. en el caso del diesel.

Figura 11.1. Comparativa de los coches con motor de combustión interna y los coches eléctricos

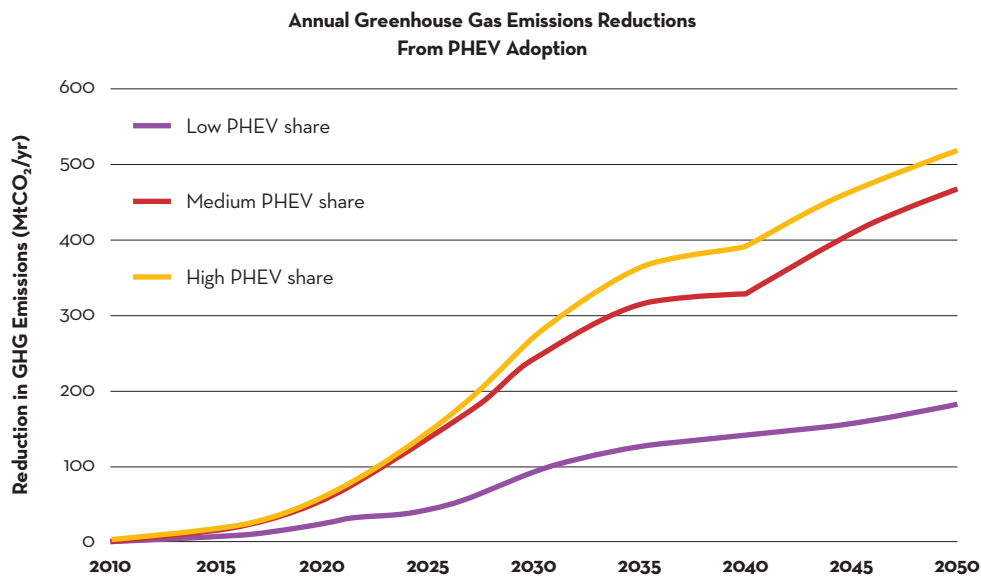


5. En España esta cifra supera el 8%.

La cantidad de CO₂ emitida en la producción de un Kwh. de energía eléctrica, que es diferente en cada país, porque cada país tiene su mix energético diferente, afectada por la eficiencia de la generación, transporte y distribución de electricidad, así como la del motor eléctrico, ofrece un resultado comparable a los anteriores, para el caso de los vehículos eléctricos.

En la tabla se reflejan los valores medios para los casos de EE.UU., Unión Europea y España, obtenidos a partir de los datos registrados en 2006. Es bien cierto que partir de valores medios de emisiones, no sólo geográficamente sino temporalmente, puede llevar a conclusiones equivocadas. En EE.UU. hay Estados con diferente mix y en alguno de ellos el carbón juega un papel muy relevante. También, en Europa,

Figura 11.2. Análisis del efecto de una introducción masiva del vehículo híbrido enchufable



EPRI studies indicate that putting PHEVs on the road could reduce U.S. greenhouse gas emissions by as much as 500 million metric tons a year by 2050. By that time, cumulative reductions are expected to total 3.4-10.3 billion metric tons, depending on PHEV market share and several other factors.

como ocurre en Polonia. Además, la cobertura de la demanda del parque de vehículos eléctricos, en función de la disponibilidad del sistema de generación, en el período adecuado (lo verá más adelante), no tiene por qué ser el de la media anual del sistema de producción. Se necesitan análisis muy detallados para extender la comparación favorable a cualquier lugar y en cualquier momento.

Dos importantes conclusiones pueden obtenerse. La primera es que, con las salvedades anteriores, en términos de intensidad por Kwh. motriz, la emisión de CO₂ de un vehículo eléctrico es inferior a la del vehículo con motor de combustión interna en las regiones estudiadas⁶. En Europa puede ser incluso más de tres veces inferior al del motor de gasolina. La

segunda es que si el mix energético evoluciona favorablemente, también lo hará, (en el sentido de reducirla), la intensidad de emisión de CO₂ motivada por el uso del coche eléctrico. En cierto modo, es otra de las grandes oportunidades de las energías renovables en cuanto a su contribución en el citado mix energético.

El Electric Power Research Institute (EPRI) de los EE.UU., ha llevado a cabo un detallado análisis del efecto, en las emisiones de CO₂, de una introducción masiva del vehículo híbrido enchufable en ese país, con el resultado de estimar una reducción anual, en el 2005, entre 200 y 500 millones de toneladas de CO₂, dependiendo de los escenarios de penetración estudiados. La figura 11.2 resume esa estimación.

⁶. Puede haber regiones donde el mix energético lleve a un resultado diferente, fundamentalmente donde el uso del carbón sea predominante.

11.4 TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. CARACTERÍSTICAS Y REGÍMENES DE CARGA

Estructuralmente, un vehículo eléctrico es muy parecido a un vehículo de combustión interna. La principal diferencia radica en la energía que utiliza para accionar un motor y cómo se almacena y repone ésta. Es decir, en lugar de un tanque para una capacidad de 60 a 90 litros de combustible líquido, se encuentra una batería recargable de diversa capacidad y autonomía, de la que se tratará más adelante por ser el elemento clave en la introduc-

ción masiva y desarrollo de los vehículos eléctricos.

Precisamente la realidad actual de las baterías obliga a la combinación de los dos motores, el convencional de combustión interna y el eléctrico, surgiendo así el híbrido como la solución más adecuada para iniciar y potenciar la transición desde el petróleo a la electricidad.

De manera simplificada, pueden distinguirse tres tipos principales de vehículos eléctricos:

Figura 11.3. Principales vehículos eléctricos

Fuente: WWF y elaboración propia

Los vehículos eléctricos (ref. 1)

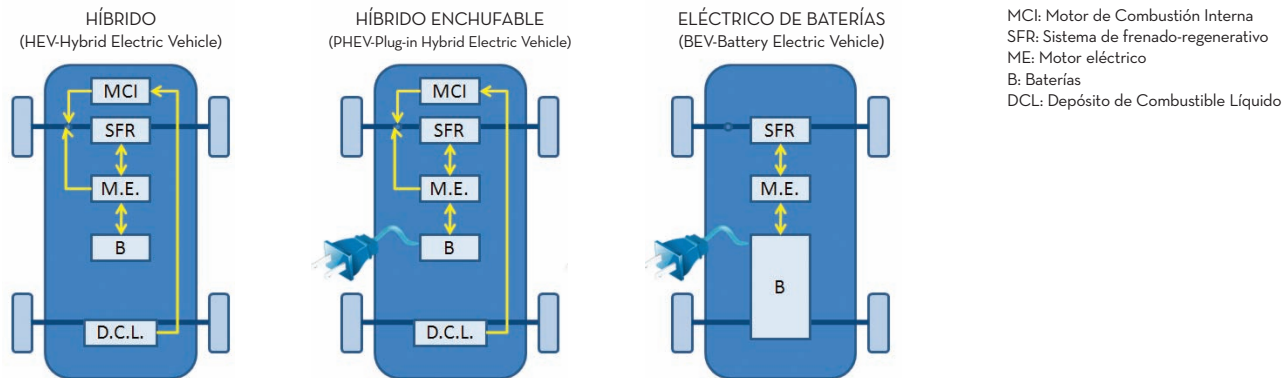
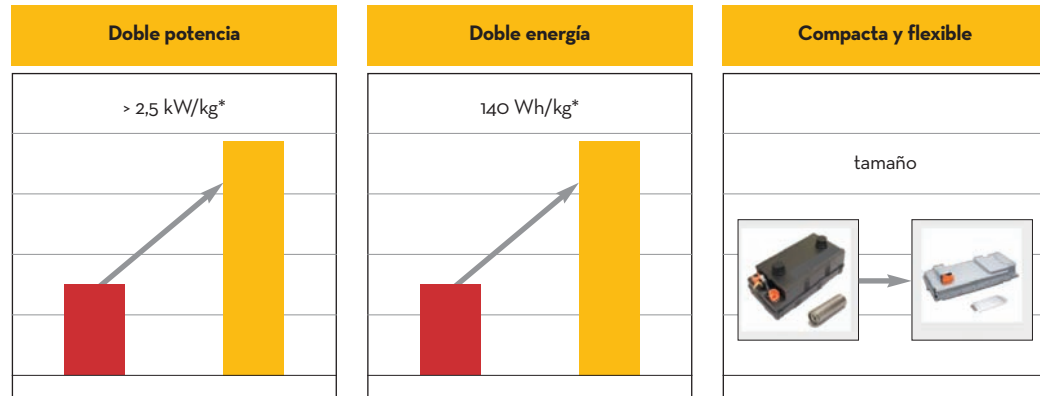


Figura 11.4. Aspectos básicos de las baterías



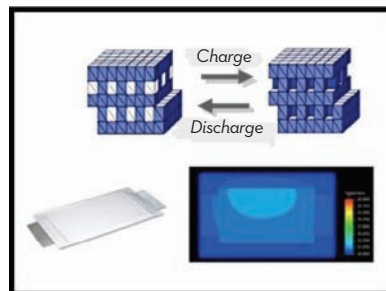
El vehículo híbrido obtiene la mayor parte de la energía motriz de la combustión interna del combustible de su depósito. El sistema de frenado regenerativo proporciona mejoras de eficiencia energética.

El vehículo híbrido enchufable obtiene toda su energía motriz de la bate-

ría, que se carga de la red eléctrica cuando el vehículo se encuentra parado, beneficiándose también del sistema de frenado regenerativo, y utilizando el motor térmico como sistema de propulsión de reserva.

Los tres aspectos claves de las baterías son: materiales, estructura y control.

Figura 11.5. Batería compacta de ion de litio



El cambio de los formatos cilíndricos a los planos laminados, así como la transición del níquel cadmio a ion de litio ha permitido importantes avances en las últimas dos décadas, como se ve en la figura 11.4.

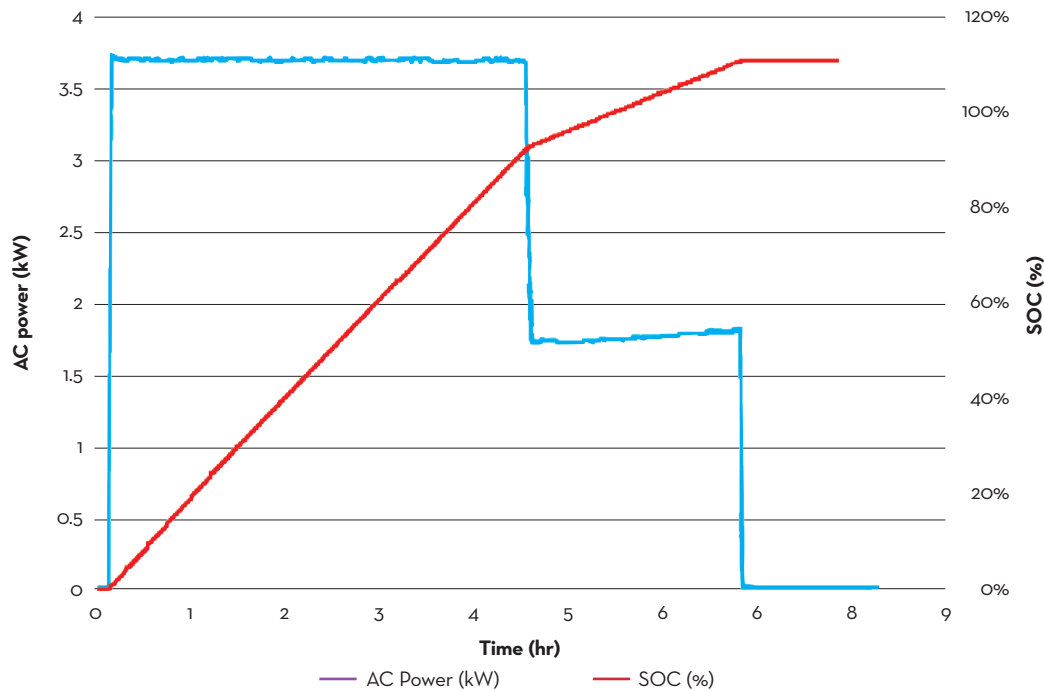
Asimismo, la utilización de nuevos materiales como la estructura de las celdas de espinela y manganeso ha incrementado la fiabilidad y seguridad. Por otro

lado el módulo ha sido dimensionado para maximizar el volumen, eficiencia y capacidad de refrigeración de las celdas. El cátodo está hecho en litio manganeso y el ánodo en carbono.

Vistos los avances en la potencia, formato y fiabilidad de las nuevas baterías, el otro gran reto está en la autonomía que son capaces de ofrecer y los tiempos de recarga. En este sentido, cada fabricante

Figura 11.6

Fuente: EPRI



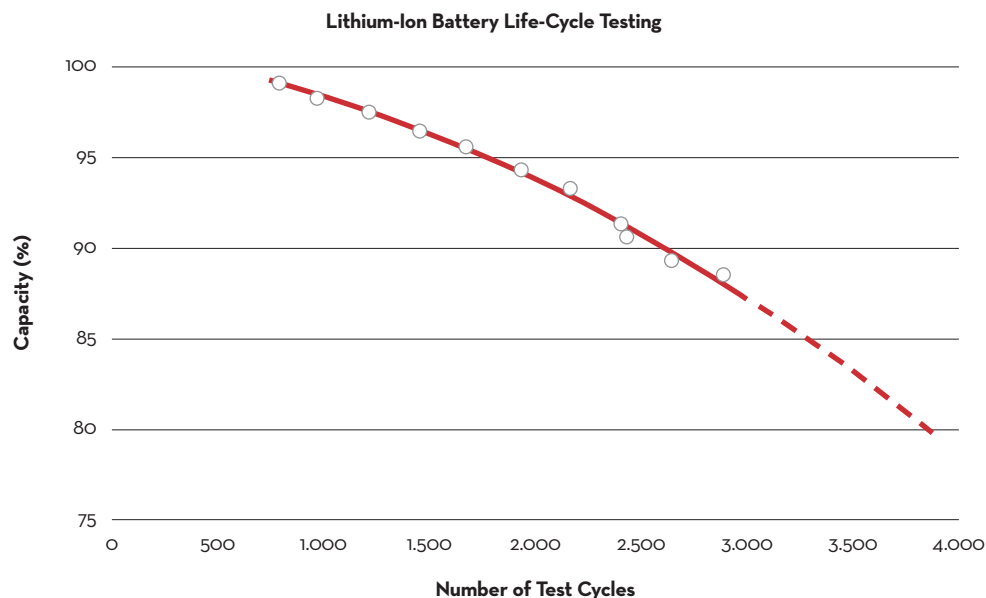
está evolucionando con sus propias baterías. Algunas cifras comunicadas por los propios constructores de coches van desde los 60 Km. del Chevrolet Volt hasta los 160 del EV de Nissan previstos para el año 2010. No obstante, al igual que ocurrió con los teléfonos celulares, la tecnología avanza muy rápidamente y es muy probable que se llegue a los 400 ó 500 Km. a principios de la próxima

década. Una cifra muy similar a la de los vehículos actuales.

En este aspecto, la flexibilidad que presenta el uso combinado de un motor auxiliar de combustión en el tipo híbrido hay que tenerla muy en cuenta a la hora de juzgar la autonomía.

En la figura 11.6 se observa el régimen típico de carga de las últimas baterías empleadas en vehículos híbridos enchufa-

Figura 11.7. Capacidad útil de las baterías de Lítio-ion



Battery durability testing sponsored jointly by EPRI and Southern California Edison demonstrate that current lithium-ion batteries are likely to retain sufficient capacity for more than 3000 dynamic deep-discharge cycles - about 10-12 years of typical driving.

bles del tipo furgoneta para las que una carga, a 240 V a una potencia continua de 3 a 3,3 Kw., se consigue completar en un intervalo de 5 a 7 horas.

En el caso de vehículos híbridos enchufables del tipo sedán, en EE.UU., el EPRI espera una carga completa entre 4 y 8 horas, a 120 V con una potencia de 1,4 kW.

Éstas son las llamadas “cargas lentas” que permitirán un número de ciclos de carga-descarga suficientes como para asegurar una vida útil de la batería. Las pruebas efectuadas recientemente por el EPRI

y la empresa Southern California Edison demuestran que las baterías disponibles en la actualidad de Litio-ion, pueden mantener su capacidad útil durante 3.000 ciclos de descarga completa, lo que supone alrededor de 10 años de una conducción típica.

También se consideran las llamadas cargas rápidas, en las que se puede conseguir con una mayor tensión y, en definitiva, potencia, alcanzar el 80% de la carga completa en unas decenas de minutos. Se volverá a mencionar esta carga en el apartado de conexión a la red eléctrica.

11.5 PREVISIONES DE PENETRACIÓN

En la comercialización del coche eléctrico, y dejando aparte la obvia del precio del combustible, hay que tener muy en cuenta las cuestiones que el posible comprador se plantea: la autonomía del vehículo, el tiempo necesario para recargar la batería y, por supuesto, el precio del vehículo, muy condicionado por el coste de las baterías.

Respecto de la autonomía, es importante atender a los hábitos y previsiones de desplazamiento de la población. En EE.UU., el 50% de todos los conductores viajan menos de 40 Km. al día y el 80% recorren una distancia inferior a 80 km. En la media de la Unión Europea (EU-25), no hay mucha diferencia. Cerca de 460 millones de ciudadanos europeos viajan una media diaria de 36 Km., 27 de los cuales se hacen en coche. El 83% de los Km. terrestres viajados por pasajeros se hacen en coche.

En España, la media diaria de kilómetros recorridos en coche es algo menor de la media europea, encontrándose en el entorno de los 22 Km.

En Europa, el motivo del mayor número de Km. recorridos es el ocio, seguido del trabajo, lo que refuerza el carácter de que hay pocos viajes largos

para vacaciones y ocio en general y muchos viajes cortos para acudir y regresar del trabajo tal y como se ha demostrado estadísticamente en EE.UU.

Este hecho refuerza el uso potencial del coche eléctrico teniendo en cuenta, como se ha dicho antes, la limitación en la autonomía de las baterías. Los 60 ó 100 Km. de autonomía permitirán perfectamente resolver el desplazamiento diario al trabajo en la mayoría de los casos, debiendo resolverse, con una alternativa a las baterías, los desplazamientos largos. ¿Cómo? La mejor solución es con los coches híbridos enchufables en los que el motor auxiliar de combustión permitirá completar toda la distancia necesaria y, sobre todo, resolverá el principal problema psicológico constante en un cliente: “¿qué hago si me quedo sin batería en medio de un trayecto?”.

Otras soluciones contempladas son las estaciones de recarga rápida y las de reemplazo rápido del conjunto de batería del vehículo. En ambos casos, se trata de soluciones que requieren de desarrollo e inversión en infraestructuras. El vehículo híbrido enchufable permite aprovechar las existentes, tanto la de distribución eléc-

trica como la de distribución de combustibles líquidos.

Todo ello está muy relacionado con la respuesta a la segunda cuestión, el tiempo necesario para la recarga. Obviamente, un tiempo de horas en una estación de recarga, comparado con los minutos de una gasolinera, es inviable. La solución directa pasa por las recargas rápidas o la sustitución del conjunto batería, pero con la necesidad de nuevas infraestructuras. Para disminuir tiempos de espera, las TIC podrían jugar un papel decisivo para conocer congestiones de cargas, reservar hora, etc.⁷

Sin embargo, a juicio de los autores, todo ello no sería necesario en una primera etapa, si se facilitan las recargas lentas en los lugares donde el usuario puede mantener su vehículo estacionado durante un mínimo de tiempo, de 2 a 3 horas, lo necesario para conseguir una recarga, si no completa, suficiente. Aparcamientos públicos de oficinas, de centros comerciales, comunales y, por supuesto, garajes privados son los lugares adecuados para conseguir esas cargas lentas. Sólo necesitan una ligera adaptación en su infraestructura eléctrica interior para permitir dicha carga.

La tercera cuestión, el precio del vehículo no será tratada en profundidad en este capítulo por estimarse mucho más

relacionada con la comercialización en un sector tan competitivo como el del automóvil. Cualquier comparación simple puede llevar a conclusiones erróneas. Un vehículo eléctrico de batería de la más alta gama, como el Tesla Roadster, se vende a un precio en el entorno a los 67.000 €. Su autonomía de 395 Km. por carga, velocidad máxima de 210 Km./h y aceleración de 0 a 100Km./h. en 4 s, ofrecen gran parte de las prestaciones más exigentes. En la gama baja, encontramos el Reva, comercializado en Europa por unos 17.000 €.

El vehículo híbrido enchufable tendrá un precio también diverso en función de las prestaciones y, sobre todo, de su momento de lanzamiento, anunciado por diversos fabricantes para un futuro muy próximo. No se pueden anticipar precios ya que las estrategias comerciales no están todavía definidas. Modelos híbridos enchufables adquiribles a corto plazo serán: el Chevrolet Volt de General Motors (en Europa, será el OPEL flexnet) para el 2010; el Golf twin-drive de Volkswagen, el F3 DM de la china BYD; el Mini E de BMW, etc.

Como cabe esperar, el precio de un coche eléctrico, sea de baterías o híbrido enchufable, es superior al de un coche de motor de combustión interna de prestaciones similares. El principal motivo es el

7. El proyecto Better Place, mencionado en el capítulo 2 de este libro, en desarrollo en Israel y recientemente anunciado en Canadá, se basa en dicha alternativa.

coste de las baterías, que en este momento se encuentra alrededor de los 12.000 €, para una autonomía de 100 Km. Sin embargo, como ya se ha expuesto, se espera una gran evolución, fruto del crecimiento del mercado, que las abarate considerablemente. Además, no es descabellado pensar en subvenciones, ya sean directas o indirectas, desde las administraciones, como una ayuda para acelerar la introducción de unos vehículos que tantos beneficios pueden introducir para la sociedad.

En cualquier caso, hay una base evidente de ahorro en el combustible, siempre dependiendo del muy variable precio del petróleo, que permite una recuperación, por el momento durante varios años, de la mayor inversión. Es en este aspecto donde la comercialización debe introducir innovación y agresividad con todas las fórmulas posibles, desde la simple venta hasta el leasing completo, o sólo de las baterías,

serán alternativas que bien justificadas facilitarán su introducción comercial.

Las previsiones de penetración son muy aventuradas por no decir imprecisas en este momento y, en cualquier caso, es uno de los datos más confidenciales de los fabricantes, algunos de los cuales han anunciado unas primeras series de 100.000 vehículos como la General Motors para los primeros años desde el lanzamiento, en EE.UU. Una vez montadas las cadenas de producción, el incremento del número de unidades es fácil. Por todo ello, la cifra del millón de vehículos eléctricos resulta asumible, sobre todo en países, como EE.UU. y Alemania, donde dicha cifra representa un pequeño porcentaje de su parque móvil.

Se verá en los apartados siguientes que esas cifras representarían un consumo de electricidad relativamente menor y perfectamente asumible con las infraestructuras eléctricas existentes.

11.6 IMPACTO SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO

El sector eléctrico, que ha ocupado y ocupará un lugar destacado en la economía moderna, aun sin compartir algunas de las características presentes en otros sectores productivos, se enfrenta en los últimos años a una espectacular evolución en gran parte del mundo. Este gran cambio está siendo provocado, más que por la continua incorporación del desarrollo tecnológico, por la variación del contexto regulatorio y la irrupción en el sector eléctrico de mecanismos de mercado y fomento de la competencia. Esta transformación iniciada en España con la *Ley 54/97 del Sector Eléctrico*, es común, con distintas variantes, a la experimentada en otros ámbitos y sectores cuyas características específicas justificaron en el pasado la consideración de un funcionamiento de tipo monopolístico.

La razón de ser de todo sistema eléctrico es una demanda de energía eléctrica que debe ser satisfecha, y el objetivo del mismo es el suministro de dicha energía con unos adecuados niveles de fiabilidad y en condiciones de rentabilidad económica. Esta finalidad justifica el diseño de un sistema eléctrico, cuya composición

básica de demanda, generación y red (elementos esenciales que configuran la infraestructura física del sistema), se refleja en los modernos sistemas eléctricos interconectados.

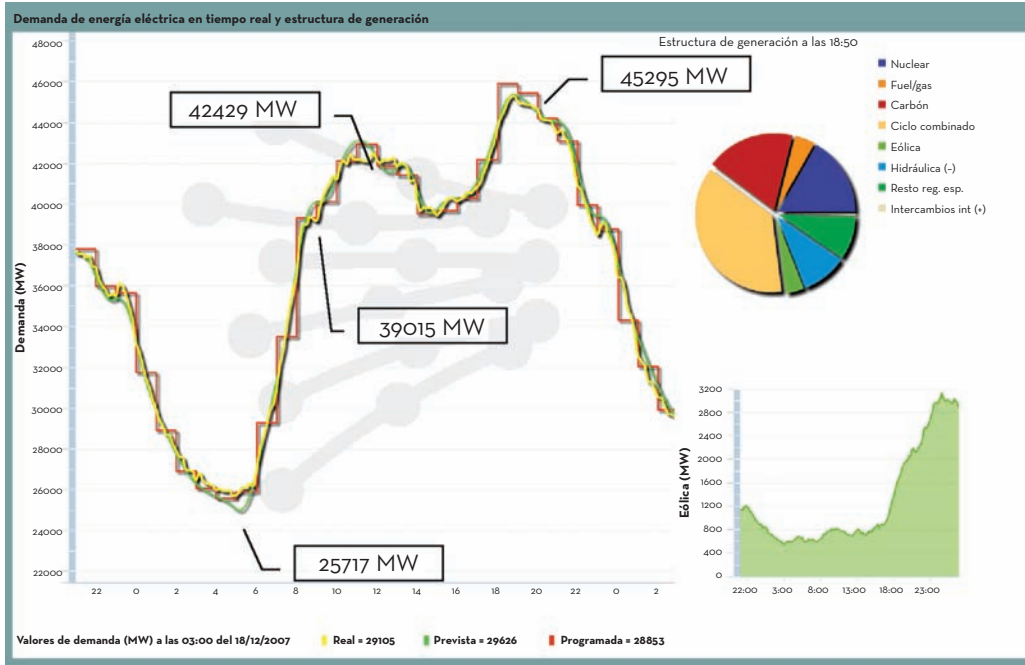
Los elementos físicos que componen dicho sistema requieren una herramienta destinada a llevar a cabo la gestión coordinada del mismo, lo que se lleva a cabo con la “operación”, que se ocupa de las relaciones funcionales de los elementos que lo componen, de manera que éste se comporte como tal. El término “operación”, que tradicionalmente y de forma muy generalizada se ha denominado “explotación”, ha venido incluyendo simultáneamente la gestión técnica y económica del sistema eléctrico aplicada a su conjunto, en un sector de enormes exigencias económico-financieras y de grandes repercusiones sociales.

El sistema eléctrico presenta una serie de aspectos singulares que dificultan su homologación con muchos otros sistemas e incluso con el resto de los que como el eléctrico estarían en la categoría de redes de flujo. A continuación, se relacionan las singularidades más significativas:

1. La singularidad más acusada y más restrictiva para el sistema eléctrico, es que existe la necesidad de una producción que, de forma continua, se adecue a la evolución de la demanda, de manera que su suministro sea permanente y en tiempo real. A este respecto, el principal inconveniente reside en la inviabilidad de un almacenamiento eficaz en forma de energía eléctrica. Consecuentemente, este necesario equilibrio dinámico ha de considerar una variedad de factores inciertos entre los que destacan la variabilidad de la demanda y la consideración de posibles fallos en los componentes del sistema (contingencias).
2. La circulación de energía a través de las redes eléctricas se realiza en función de las leyes físicas, sin que apenas existan recursos de control direccional eficiente a través de los elementos de la red, ni a disposición de la operación, ni de los propios agentes. Esta circunstancia provoca dificultades en una doble vertiente: en el aspecto técnico, se produce una posibilidad de la vulneración de las capacidades de los elementos del sistema; complementariamente, en el aspecto comercial, no permite poner «barreras» a circulaciones indeseadas ni resulta fácil articular y controlar acuerdos contractuales entre agentes propietarios y usuarios.
3. En relación con el aspecto anterior (en lo referente a las potenciales barreras), y a diferencia de muchos otros sistemas, no es posible llevar a cabo por parte del usuario final una diferenciación o seguimiento del producto que originalmente se entregó al sistema. En efecto, el sistema común «mezcla» las energías originales haciendo imposible para el usuario final la diferenciación del origen; finalmente, el grado de calidad percibido por el usuario es consecuencia del sistema, y especialmente de la red⁸.
4. El sistema eléctrico, y en esto es común en el fondo, pero no en la forma, con otros sistemas, ha de satisfacer un «peaje físico» por la transmisión de energía eléctrica: son las pérdidas de transporte y distribución que provocan que una fracción del producto se «pierda» en los elementos de la red.
5. Aún reconociendo el protagonismo de la potencia activa, es preciso tener en cuenta la presencia en el sistema eléctrico de la potencia reactiva y la necesidad de una gestión eficiente de la misma.
6. El funcionamiento del sistema exige el cumplimiento de unos requisitos de calidad que, aun siendo un propósito compartido con todo tipo de sistemas y

8. Hay empresas que ofrecen “energía verde” entendiéndolo por ello un aumento de contribución de la producción de origen renovable en el mecanismo de mercado marginalista.

Figura 11.8. Curva récord de demanda de invierno 18/12/2007 y contribución de la energía eólica a su cobertura (curva inferior derecha)



procesos, tiene una particular complejidad para el sistema eléctrico. En primera aproximación, estos requisitos están relacionados tanto con la continuidad del suministro eléctrico como con los atributos esenciales del mismo (calidad de la onda). En un ámbito más amplio, la fiabilidad es el concepto técnico que permite la valoración de la calidad en el suministro de demanda

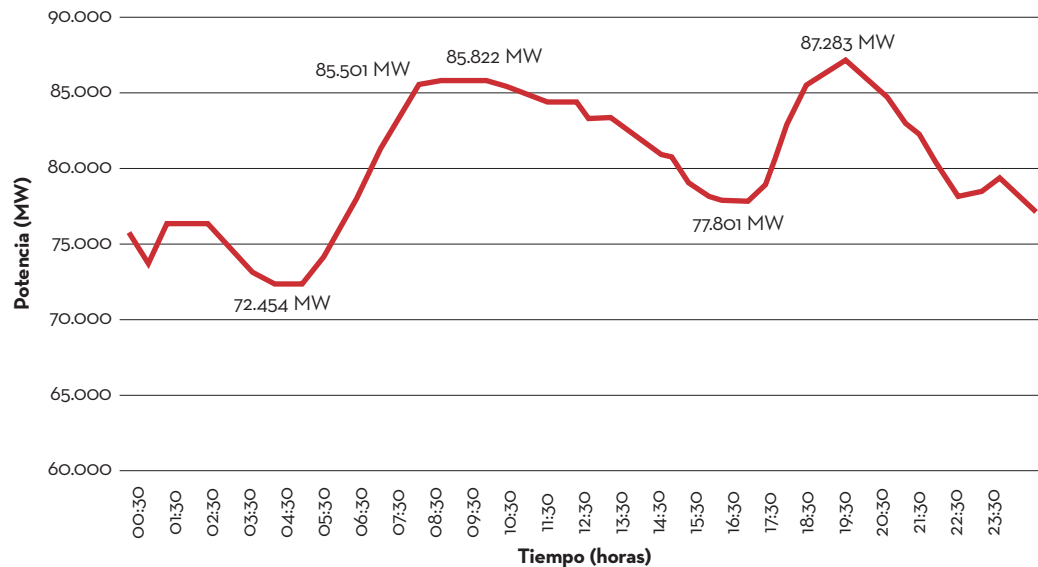
asociada a un sistema eléctrico, así como concretamente a las redes de transporte y distribución. Esto se lleva a cabo mediante la evaluación de la capacidad de las mismas para satisfacer un conjunto de condiciones técnicas de idoneidad -exigencias para el comportamiento en régimen permanente- y de seguridad -requisitos en los regímenes transitorios subsiguientes a contingen-

cias. Adicionalmente, la fiabilidad incluye como tercer atributo la integridad, asociada a la garantía de la conectividad de la red en lo que concierne a evitar tanto el funcionamiento en régimen aislado de parte del sistema como la ocurrencia de corte de suministro al mismo. Por último, la fiabilidad obliga a diseñar, desarrollar, programar y operar el sistema y la red de forma que se garantice el cumplimiento de los requisitos técnicos y atributos esenciales del suministro.

La demanda en España se caracteriza por su fuerte dependencia de la laboralidad, temperatura y época del año. Ahora bien, se dispone de modelos y herramientas de predicción que, con un horizonte suficiente para la programación diaria de los medios de producción eléctrica, proporciona errores en el entorno del 2% o inferiores.

Otra característica que presenta la curva de demanda del sistema peninsular español y que la diferencia de los países del entorno español es la relación que

Figura 11.9. Curva récord de demanda de invierno en Francia. 19/12/2007

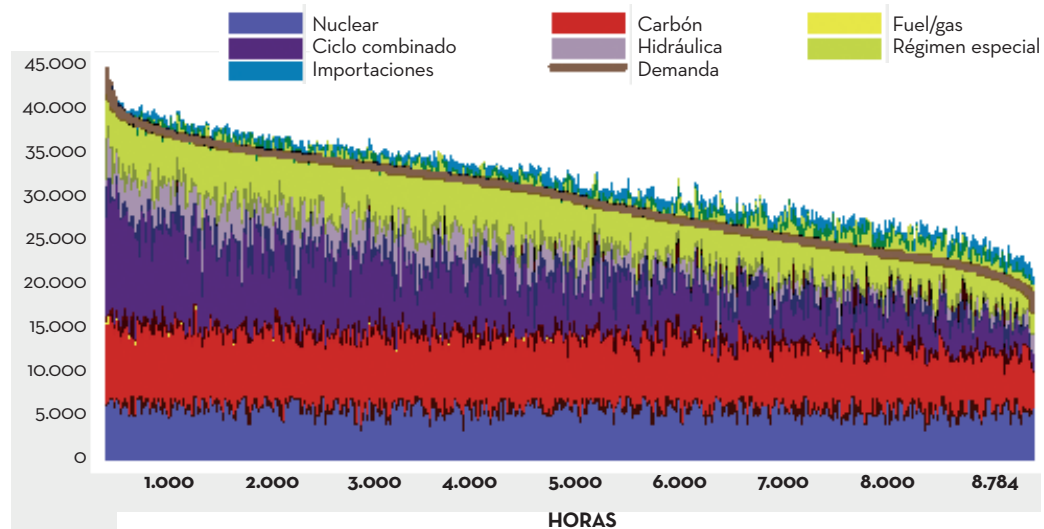


existe entre la demanda punta y la demanda valle. Esta relación, que en el caso de Francia es alrededor de 1,2 a 1,3, en España alcanza valores de 1,6 a 1,7. Esta circunstancia, en principio desfavorable porque representa una menor utilización de la capacidad instalada (y la inversión realizada), se torna como ventajosa a la hora de atender un consumo como el que representaría un parque de vehículos eléctricos, subrayando, eso sí, la necesidad de controlarlos en la hora de su carga para evitar un incremento, a todas luces indeseable, de la punta de la demanda.

La existencia de esta relación entre las demandas de valle y punta hace que existan horas a lo largo del día con fuertes gradientes de incremento o reducción de la demanda en potencia, que alcanzan valores de hasta 4000 MW y que deben ser gestionados con los incrementos o decrementos correspondientes de la producción del equipo generador gestionable. Por lo tanto el sistema peninsular español debe contar con más generación lo suficientemente flexible para ser capaz de escalar la pendiente de la curva de demanda y además, cubrir la punta.

Figura 11.10. Curva monótona de la demanda (2007)

Fuente: Red Eléctrica de España



Analizando los consumos horarios registrados en el sistema peninsular español para cada hora del año 2007, puede apreciarse que, para unas 2.000 horas, el consumo horario superó los 35.000 MWh y existe una única hora en la que el consumo superó los 45.000 MWh. Ahora bien, el sistema eléctrico debe ser capaz de responder a esa solicitud aunque solamente ocurra una vez en el año; en otras palabras, no se admiten embotellamientos. Por lo tanto es conveniente para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico y la adecuada integración del aumento del consumo demandado por la carga de las baterías que equipen los coches eléctricos, que ésta se efectúe en periodos horarios de bajo consumo y se trate de evitar los periodos de punta.

En cuanto al origen de la energía, en los últimos tiempos, las políticas europeas y nacionales han dado un importante impulso a la integración de energías renovables en el sistema eléctrico. Este impulso continúa, entre otros motivos, debido a la necesidad de reducción del consumo de otras energías primarias, el objetivo de disminución de la dependencia exterior y de reducción de las emisiones de CO₂. Sus resultados son patentes y hoy en día ya se cuenta con 15.000 MW de potencia eólica instalada y la energía solar, en sus dos vertientes, fotovoltaica y

térmica, está viviendo un importante despegue; habiéndose alcanzado más de 3.000 MW fotovoltaicos instalados y 11 MW termo-solares acoplados a las redes.

Ahora bien, la integración en el sistema eléctrico de estas energías de forma segura supone un reto para la operación del sistema. Una de las características principales de las centrales de generación de origen renovable, y en concreto de las eólicas y solares, es su escasa disponibilidad. Para el caso de la generación eólica, en cualquier hora del año sólo está asegurada (con una certidumbre del 95%) una generación del 5% de la potencia instalada. En el caso de las centrales solares la disponibilidad es mayor. Sin embargo, si no disponen de sistemas de almacenamiento de energía, no estarán listas para la cobertura de la punta de invierno que se produce en horas sin insolación (19-20 horas).

Es difícil prever la energía eólica con la que puede contar el sistema. La potencia eólica depende del viento y éste “no sigue” a la curva de demanda, es lo que se denomina “no gestionabilidad”⁹. Además, muy frecuentemente presenta valores más altos en horas valle que en las horas punta, con lo que, si se interpreta la producción eólica como una demanda negativa, el efecto observado es el aumento del cociente entre punta y mínima producción. En este sentido y como se indicaba anteriormente,

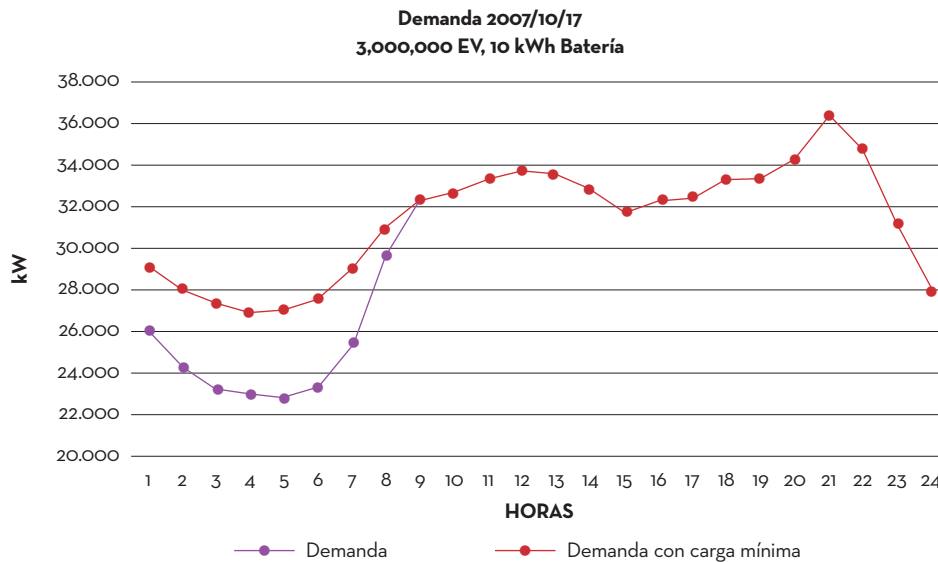
9. De acuerdo con el Real decreto 661/2007, ANEXO XI Acceso y conexión a la red, 3: “...se define como generación no gestionable aquella cuya fuente primaria no es controlable ni almacenable y cuyas plantas de producción asociadas carecen de la posibilidad de realizar un control de la producción siguiendo instrucciones del operador del sistema instrucciones del operador del sistema sin incurrir en un vertido de energía primaria, o bien la firmeza de la previsión de producción futuro no es suficiente para que pueda considerarse como programa...”.

resulta beneficioso tanto para el sistema como para integrar más energía eólica, incrementar la demanda en periodos valle o de baja carga bien desplazando hacia dichas horas consumos (carga de baterías) o bien incrementando el almacenamiento de energía con más centrales de bombeo.

Se plantea ahora la cuestión de si este sistema eléctrico puede acoger una importante penetración de vehículos eléctricos. Como se ha dicho antes, un millón de ellos parece un número de por sí elevado y, en cualquier caso, de difícil conse-

cución con carácter inmediato. Pero a los efectos de esta consideración, se va a suponer incluso tres veces más, es decir, 3 millones de vehículos que representarán un 15% de penetración de un parque superior a los 20 millones. Con las características de las cargas denominadas lentas, citadas anteriormente, se ha elaborado una simulación de carga ajustándola a las horas de menor consumo, denominadas de valle, resultando, como refleja la figura, que se mantiene la demanda total bastante por debajo de la punta, no exi-

Figura 11.11. Efecto en la curva de la demanda (2007) al introducir 3 millones de vehículos eléctricos de 10 kWh, optimizando la carga



giendo mayor capacidad de generación ni sobrecargas en las redes, que están diseñadas para esa punta. Se ha supuesto que la distribución geográfica de la carga de los vehículos será semejante a la distribución de la carga actual del sistema.

Es muy importante insistir en este punto acerca de la necesidad de ajustar la carga de las baterías en los tiempos en que no representa ninguna exigencia adi-

cional al sistema. Una carga simultánea de ese parque supuesto puede exigir una potencia máxima de unos 5.000 MW que obviamente no podría suministrar el sistema en horas del mayor consumo sin el correspondiente desarrollo de infraestructuras de generación, transporte y distribución. En consecuencia, es imprescindible controlar la carga agregada algo que sólo será posible con el uso masivo de las TIC.

11.7 MODALIDADES DE CONEXIÓN Y GESTIÓN

Como se ha indicado anteriormente, dada la diversidad de vehículos eléctricos, se pueden anticipar varios tipos de conexión a la red, dependiendo de la velocidad deseada de la carga, que a su vez dependerá de las características del vehículo y de su utilización:

- **Carga lenta**, típicamente monofásica, de poca potencia máxima (valores citados por los fabricantes entre 3 y 6 Kw.). Corresponderá a vehículos PHEV o EV que se recargan por la noche, o adicionalmente durante el día en varias horas (por ejemplo, en aparcamientos en los lugares de trabajo). La autonomía máxima eléctrica será inferior a 100 Km., al estar dotados de capacidad de batería inferior a 20 kWh.
- **Carga rápida**, necesariamente trifásica, de varias decenas de Kw. de potencia máxima (se anuncian valores entre los 60 y los 200 Kw.). Será necesaria para vehículos que quieren realizar la carga, parcial o completa, en periodos inferiores a una hora. Se tratará normalmente de vehículos no híbridos, que requieran hacer esa carga de forma ineludible.

Respecto a su efecto en el sistema eléctrico, como cualquier otra carga hay que considerarlo en los diferentes *componentes*. El hecho de que sean cargas *nuevas*, repetitivas, y que totalicen un volumen muy significativo, ofrece una oportunidad para que su suministro se realice de forma óptima para el conjunto de los agentes involucrados: los propios EV, las redes, y la generación eléctrica, evitando inversiones cuantiosas en red con un factor de utilización muy bajo

Solamente con la gestión “inteligente” de estas cargas se podrá conseguir el adecuado control, con dos objetivos principales:

- Evitar problemas eléctricos en las redes: desequilibrio generación-carga, sobrecargas (en distribución), colapso de tensión (en transporte), y, en consecuencia, evitando inversiones (un mínimo de desarrollo de la red de baja tensión será necesario).
- Que la energía necesaria de los vehículos sea la producida de forma más eficiente: en la medida de lo posible, dicha carga tendrá lugar en valle (es decir, usando las centrales más eficientes), y preferible-

mente empleará energías renovables que no tengan posibilidad de almacenamiento.

Para conseguir lo anterior, es necesario, que la gestión de las redes en tiempo real llegue hasta el punto de carga del vehículo, acomodando la carga de los diferentes vehículos según la situación de la red de distribución y transporte, y de la generación disponible. Se deberá establecer para ello un control a varios niveles:

- A nivel de centro de transformación (CT) media/baja tensión, que secuenciará las cargas, en base a la situación de la propia red y a consignas superiores desde los despachos de control. El CT se comunicará con el sistema de carga inteligente del vehículo, de forma indirecta a través del contador telegestionado.
- A nivel de despacho de distribución, que observa la red que alimenta los CTs. El empleo de aplicaciones, como el flujo óptimo de carga eléctrica, permitirá evaluar las capacidades de aumento de carga del sistema sin ocasionar problemas de tensiones o sobrecargas, que serían sufridas por la totalidad de los clientes conectados
- A nivel de operador del sistema de transporte, comunicado con los despachos de distribución anteriormente mencionados, que además de vigilar las condiciones de dicha red con aplicaciones de flujo de

cargas y de estabilidad de redes, preparará las consignas de carga a nivel nacional o por nudos de transporte en base a la disponibilidad de la generación, dando prioridad a la energía renovable no almacenable, como es la eólica. Con esos criterios de seguridad ante, por ejemplo, una situación de carga valle y con gran presencia de eólica, se perseguirá la carga masiva de los vehículos eléctricos; o al contrario, ante un déficit de generación convencional y renovable, se limitarán las cargas a las prioritarias (típicamente, vehículos puros eléctricos).

Estas funciones constituyen la verdadera necesidad de las TIC para que la carga del vehículo eléctrico se pueda convertir en una realidad que, como se ha repetido, puede tener lugar, además, en un plazo muy corto. Los sistemas de control en tiempo real existen, siendo perfectamente posible la incorporación de la gestión de cargas, individuales o agregadas en los despachos de distribución y agregada a mayor nivel en el despacho del operador del sistema.

Pero no basta con esa incorporación a nivel de aplicación en sistemas SCADA (tiempo real). Es necesario mantener una comunicación bidireccional con las cargas, para medirlas y para controlarlas. Éste es uno de los grandes retos al que se enfrenta un control de cargas dispersas y

numerosas: el establecimiento de una red de telecomunicaciones de acceso que tenga la capilaridad y capacidad suficiente como para permitir el desempeño de esas funciones. Esta misma red de telecomunicaciones de acceso es la que se va a necesitar para el desarrollo de la inteligencia en red eléctrica que permitirá conseguir en un futuro no muy lejano las redes inteligentes (Smart Grids) con las que se gestionarán de forma mucho más eficaz unas redes eléctricas que hasta ahora no han empleado masivamente las TIC.

Los programas de tele-medida y telegestión que se están lanzando en numerosos países pueden y deben enten-

derse como un primer paso en la dirección de las “Smart Grids” y sólo teniendo en cuenta ese futuro amplio se podrán evitar errores en la adopción de esos programas. De hecho, en su conocida teoría de la tercera Revolución Industrial, el profesor de la Universidad de Pennsylvania, Jeremy Rifkin apunta a que “el cambio de nuestro régimen energético y de nuestra tecnología automovilística es el punto de entrada en la tercera revolución industrial y en una economía post-carbono durante la primera mitad del siglo XXI”, siendo uno de los elementos imprescindibles para ello, la existencia de las redes eléctricas inteligentes.

11.8 MEDIDA Y FACTURACIÓN DE LA CARGA

La medida de la carga no sólo es necesaria para su gestión, sino también para su correspondiente facturación, con la problemática nueva de que es una carga *móvil*. El equipo *frontera* vehículo-red a través del que se realizan las dos funciones, gestión y facturación, podría ser el mismo (contador, cargador inteligente).

La carga del vehículo se llevará a cabo en diferentes emplazamientos. A continuación, se mencionan las diversas situaciones que pueden darse, apuntando la solución de las TIC para cada una.

- Carga del vehículo en garaje individual, o garaje colectivo en bloque de viviendas con posibilidad de extender una toma eléctrica a cada plaza en derivación del contador individual. En este caso, tanto la medida como la facturación seguirían el cauce establecido: la empresa distribuidora realiza la lectura y la empresa comercializadora la facturación integral.
- Carga del vehículo en aparcamiento público: parkings, centros comerciales, empresas, etc. En la solución más general, requerirá un contador por plaza, y preferentemente una gestión centrali-

zada de los mismos. La facturación podría realizarse de forma específica en el punto de carga (por ejemplo, mediante una tarjeta de pago validada en dicho punto), conjuntamente con el pago por estacionamiento (caso de parkings de pago de uso eventual), o bien de forma periódica acumulada, junto con otros gastos de mantenimiento (casos de parkings para residentes).

La identificación automática del vehículo (de forma similar a los sistemas de telepeaje) sería un aporte adicional de las TIC, que redundaría en una mayor comodidad para el propietario del vehículo, y automatizaría las facturaciones.

En todo lo mencionado hasta ahora se supone el contador estacionario y en el punto de carga, si bien se apuntan soluciones por las que el contador vaya incorporado al propio vehículo, comunicando al punto de carga tanto la energía demandada como la identificación pertinente, para que pueda ser realizado el cargo. Esta solución es ciertamente válida técnicamente, pero está más expuesta al fraude que las soluciones anteriores.

11.9 FUNCIONES AVANZADAS: ALMACENAMIENTO Y GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

A largo de las líneas de este capítulo se ha presentado la faceta “pasiva” del vehículo eléctrico como una carga más. También se ha examinado el impacto que presenta en la demanda y cómo puede acomodarse ese incremento de la forma más eficiente posible y además facilitando la integración de energías renovables. Un paso más en esta visión futura lo constituye la posibilidad que brindan las baterías que incorporarán esos automóviles. Estas podrán actuar como verdaderos “depósitos” de energía; si bien energía química pero relativamente fácil de convertir en energía eléctrica en forma de corriente continua, que en caso de querer devolverse al sistema o a la red de distribución se deberá convertir en alterna. Esta idea no es original puesto que la carga y descarga de baterías sobre la red de corriente alterna es algo que ya es posible realizar desde hace décadas gracias a la electrónica de potencia.

Anteriormente se insistía en la necesidad de controlar las cargas de los vehículos eléctricos para evitar las avalanchas

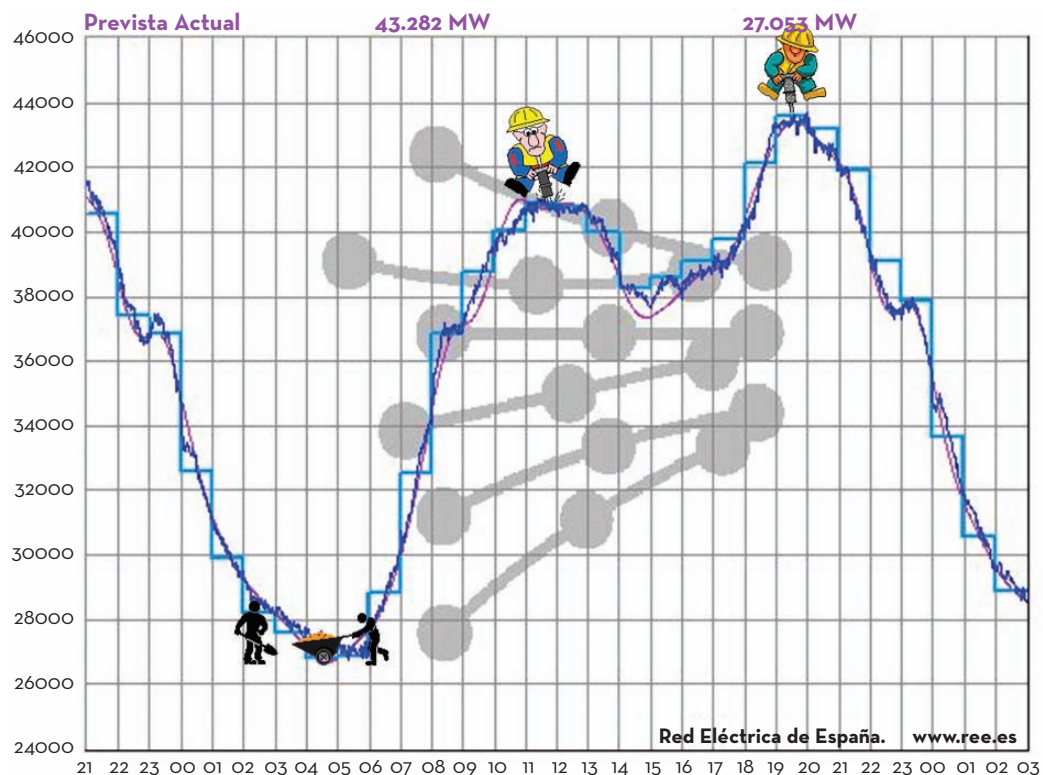
de carga en las redes, en especial de distribución; así como en acomodar esa carga en periodos de menor consumo. Un segundo escalón está en conseguir que la baterías que portan esos vehículos puedan descargarse (no necesariamente todo el parque móvil) en aquellos periodos de máxima demanda (las puntas).

Evidentemente, el telecontrol y supervisión de las redes para evitar sobrecargas así como subidas de tensión indeseables sigue siendo igualmente necesario.

En la actualidad, el empleo de las TIC es más completo en los niveles altos de tensión y escaso en los niveles de media y baja tensión.

Si los vehículos (no necesariamente todos) están equipados con elementos capaces de rectificar y de invertir la energía eléctrica, el propietario de los mismos podría aprovechar las horas de baja carga y por lo tanto de menor precio para cargar las baterías (consumir) y las horas punta, de mayor precio de la energía eléctrica para devolver la energía a la red (generar). De esta forma se conseguiría “limar” las

Figura 11.12. Ilustración alegórica del efecto de rellenar el valle y aplanar la punta



puntas a las que debe hacer frente el sistema eléctrico. Para hacer realidad este supuesto hay que recorrer un camino que exige en primer lugar una importante concienciación por parte de los ciudadanos propietarios de los vehículos para que sean sensibles a los precios de la energía. Por otra parte, dotar a los sistemas de

medida de la capacidad de recibir señales de control externas que arranquen el sistema de descarga de las baterías. Estas señales podrían estar asociadas a periodos tarifarios, bien podrían ser programables por el usuario o bien podrían ser enviadas desde un centro agregador de cargas.

Continuando con esta excursión por el futuro, se podría llegar a la situación en la que debido a condiciones adversas para el sistema, el operador del sistema detectase una situación en la que no es posible cubrir la demanda, bien nacional o de una zona específica del sistema. En coordinación con los gestores de las redes de distribución y agregadores de cargas, el operador del sistema podría enviar una señal de cuánta carga es necesaria reducir para hacer frente a la punta que se avecina. Esa señal llegaría hasta el sistema de carga / descarga de las baterías de los vehículos para que se descarguen contra la red de tal forma que el vehículo actuaría como un pequeño generador. La acción conjunta de muchos automóviles reduciría la punta de consumo. Evidentemente este “servicio de descarga” debería estar adecuadamente reconocido. Para ello las tecnologías de comunicación para enviar la señal y los sistemas de control y supervisión de las redes; así como la información en tiempo real de cuánta potencia y energía almace-

nada hay en las baterías de los vehículos son aspectos críticos. También es esencial en este proceso incluir una señal de “bloqueo” de carga en el momento que alguna de las baterías se haya descargado completamente. Por último, se debe indicar que este servicio tendría un carácter voluntario para los propietarios.

En cualquier caso, este tipo de servicios, que se han denominado avanzados, necesitan de mayor plazo de desarrollo y puesta en práctica empezando por el propio sistema del vehículo. En este momento, no todos los fabricantes de vehículos eléctricos reconocen ni la necesidad ni la conveniencia de estas funciones y no tiene previsto la adaptación de su conjunto de baterías y cargador para ello.

Se necesitará más tiempo para confirmar su necesidad así como para establecer las condiciones de actuación. Por el momento, parece mucho más acertado centrarse en la función de carga y contribuir desde todos los aspectos a que sea una realidad en el plazo más corto posible.

11.10 CONCLUSIONES

A lo largo de este capítulo se han ofrecido datos y constatado hechos que confirman lo indicado en su preámbulo, donde ya se anunciaban, de forma somera, alguna de las conclusiones que se resumen a continuación:

1. El uso progresivo del vehículo eléctrico facilitará la sustitución, también progresiva, del petróleo como combustible básico del transporte.
2. El uso del vehículo eléctrico puede contribuir a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, siempre que se gestione la producción empleada en su carga, utilizando generación con energía de menor intensidad de emisión que la del petróleo y, muy en particular, la de origen renovable.
3. Hay un camino por recorrer en cuanto a la autonomía proporcionada por las baterías. Con esta salvedad, se puede afirmar que la tecnología del vehículo eléctrico está desarrollada y lista para su empleo en el corto plazo, sobre todo si se refiere al uso del vehículo híbrido enchufable, aun cuando ello se considere un paso intermedio para el vehículo eléctrico total, en un plazo posterior.
4. El sistema eléctrico, incluyendo generación, transporte y distribución, está preparado para acoger la demanda de un parque numeroso de vehículos eléctricos, siempre y cuando se pueda controlar la carga en su magnitud y en su plazo.
5. El procedimiento de carga lenta en horas valle es el preferible al evitar inversiones en red.
6. Las TIC deberán emplearse de forma intensiva y masiva con objeto de permitir el control y la gestión adecuada de la carga.

BIBLIOGRAFÍA

KENDAL, Gary (2008): *Plugged in. The end of the oil age*. WWF for a living planet.

IEA (2006). World Energy Outlook.

IEA (2008): CO2 emissions from fuel combustion.

Electric Power Research Institute (Spring 2008): *Plug in Hybrids on the Horizon. Building a business case*. EPRI journal.

Eurostat (2007): *Panorama of Transport*.

Eurostat (July 2007): *Passenger mobility in Europe*.

GILES, Jim (September 2008): *Born to be wired*. NewScientist.

European SMART GRIDS Technology Platform: *Vision and Strategy for Europe's Electricity Network of the Future*. Directorate General for Research Sustainable Energy Systems 2006- EUR 2204.

RIFKIN, Jeremy (Diario El Mundo, 1-12-2008): *La tercera revolución industrial llama a la puerta*.



INFLUENCIA DE LAS TIC EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN SOCIAL Y EN LA CONCIENCIACIÓN CIUDADANA SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE

Luis Miguel Uriarte
Experto TIC. Coordinador

**Equipo del Ayuntamiento
de Madrid**

**Equipo de la Secretaría de Estado
y Telecomunicaciones y para la
Sociedad de la Información (MITyC)**

Académico revisor
José Luis Díaz Fernández

12

12.1 COMUNICACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN CIUDADANA EN LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN. FUNDAMENTOS

12.1.1 De la información al ciudadano a su implicación activa: e-gobierno

Son muchas las definiciones que tratan de explicar el concepto de e-gobierno, pero básicamente todas ellas coinciden en que se asienta en la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) a la administración pública o, yendo un poco más allá, el e-Gobierno visto como la transformación de las relaciones tanto externas como internas del sector público, mediante actuaciones en Internet y a través de las TIC, con el propósito de atender a los ciudadanos mejor y más eficientemente.

La aplicación intensiva de las TIC ofrece nuevas posibilidades, como la participación ciudadana, en el desarrollo de las políticas públicas que serían inviables de otro modo. Permite definir nuevas relaciones entre el gobierno y los ciudadanos a través de, cuando menos, dos niveles esenciales: la información y los procesos de consulta y co-decisión.

El primer nivel produce una relación de sentido único en la cual el gobierno genera información objetiva y fácil de entender y la difunde a los ciudadanos. Esta práctica es la más extendida actualmente en los gobiernos de nuestro entorno.

La consulta es, sin embargo, una relación de doble dirección en la cual los ciudadanos plantean propuestas e ideas sobre la base de unas consultas previas sobre temas concretos por parte del gobierno. La consulta requiere herramientas tecnológicas más avanzadas, como debates *on line*, portales con encuestas, realización de eventos virtuales, etc., que ofrezcan mayores grados de interacción con los ciudadanos.

En cuanto a la co-decisión, los ciudadanos se comprometen activamente en el proceso de diseño, debate y generación de alternativas, ayudando en la toma de decisiones al gobierno, que siempre tiene la responsabilidad final. Esto requiere de herramientas específicas para facilitar el aprendizaje, debate y elaboración de pro-

puestas concretas a fin de que los ciudadanos transformen la información en conocimiento.

Un ejemplo muy interesante de proceso de co-decisión lo encontramos en el proyecto *Helsinki Metropolitan Area Vision 2020* que se describe en este capítulo.

12.1.2 Las redes sociales como herramienta de sensibilización ciudadana

Las TIC son herramientas que, bien entendidas y utilizadas, mejoran y/o facilitan la consecución de cualquier objetivo y, aunque instrumentos, configuran crecientemente una nueva forma de estar en la sociedad y plantean una concepción determinada de la sensibilización ciudadana.

En este contexto, las administraciones públicas, así como las diferentes organizaciones de la sociedad civil o las empresas, deben realizar una reflexión crítica sobre la concepción y utilización de las tecnologías al servicio de la sensibilización ciudadana y de la acción hacia colectivos específicos.

Pese a las críticas expresadas por algunos detractores de Internet, los intereses de los usuarios de redes sociales no coinciden sólo en aspectos relacionados con el divertimento. Las campañas de sen-

sibilización social, cuando son bien gestadas y presentadas, logran un sólido respaldo y son capaces de generar un impacto significativo.

La web es utilizada como medio y herramienta para informar, debatir, compartir fotos y videos de los asuntos a los que se convoca e incluso para animar y organizar eventos concernientes dentro y fuera del espacio virtual.

Que estas iniciativas puedan tener un impacto importante en los ciudadanos depende de múltiples factores (económicos, tecnológicos, estratégicos) pero, una razón para que consigan alcanzar un diálogo más atinado, un contacto más directo y fluido, es que los organizadores y animadores de las actividades en la red sean los miembros más cualificados, destacados o conocidos, involucrándose en las iniciativas a través de las múltiples herramientas que proporcionan estas nuevas tecnologías, ya sean páginas web, foros, *chats*, *blogs* o los diferentes medios de acceso: terminales móviles, ordenadores personales, teléfonos fijos o TV.

Probablemente, si más organizaciones públicas o privadas involucraran a sus mejores gestores, cuadros directivos y profesionales en el desarrollo de estos nuevos canales, el impacto sería más sólido y, consecuentemente, la sociedad en su conjunto saldría beneficiada.

12.1.3 TIC y medios de comunicación social en el diseño y desarrollo de campañas de información y concienciación

Las TIC representan una gran oportunidad para potenciar desde entornos virtuales el trabajo de sensibilización y comunicación que se ha venido haciendo desde los medios tradicionales, con mayor o menor eficacia o fortuna.

Nuevas tendencias en Internet han irrumpido con fuerza para involucrar a los ciudadanos (web social, 2.0), haciendo posible su participación virtual a través de un rango creciente de canales electrónicos.

No defenderemos aquí que las TIC sustituyan los medios de sensibilización y comunicación tradicionales, pero sí que ambas aproximaciones han de apoyarse mutuamente y que ese apoyo no puede dejar de crecer en el futuro.

Todos los estudios realizados (Ayuntamientos, CC.AA., Estados, Unión Europea) sobre sostenibilidad del transporte, destacan el potencial de las TIC en la “desmaterialización” de procesos, en el desarrollo de soluciones más eficaces de accesibilidad y en la reducción de las necesidades de desplazamiento; reconociendo a su vez, todos ellos, su inmenso potencial de concienciación y sensibilización social.

El transporte de pasajeros y mercancías es un componente fundamental de la industria y la sociedad española (y europea). Pero desde la misma Unión Europea se asegura que es imprescindible reconciliar el sector del transporte con la sociedad a la que sirve, porque ya no es posible mantener la trayectoria seguida hasta ahora, so pena de llegar a una situación de congestión e insostenibilidad que, en definitiva, termine “paralizándonos”.

Informar al ciudadano, concienciarle de esta situación, animarle a nuevos usos y costumbres, se presenta como un reto fundamental de toda la sociedad.

La capilaridad que proporcionan las TIC y su capacidad integradora son un potente elemento diferenciador para afrontar los diferentes trabajos a realizar tanto en las áreas de sensibilización como de comunicación social y nos ayudarán en la optimización del uso de canales de difusión masiva tradicionales y en la utilización de nuevos canales electrónicos alternativos y complementarios.

El objetivo es doble: primero, sensibilizar a la población respecto a la problemática de sostenibilidad del transporte, sus efectos y consecuencias, reforzando sus valores éticos como individuos y la corresponsabilidad en la búsqueda activa de soluciones; segundo, informar y comunicar institucionalmente

a los ciudadanos sobre temáticas relacionadas y campañas.

Se pretende llegar a los ciudadanos aprovechando la potencialidad multimedia y multi-perfil de las nuevas tecnologías y su capacidad de acceso global a cualquier nodo de la red social: ciudadanía en general, organizaciones e instituciones de la sociedad civil, administraciones públicas o empresas.

Los medios de comunicación social: televisión, radio, medios escritos, son el instrumento primordial por el que se hacen llegar todos estos mensajes a los ciudadanos y a menudo los medios asumen funciones que deberían ejercer las propias instituciones. A través de los medios se fija muchas veces la agenda política y las prioridades sociales.

El circuito mediático está conformado, no lo olvidemos, por las empresas, las administraciones públicas, los medios y el público. Las empresas generan mensajes pero, a su vez, reciben presiones del poder económico y del poder político; el público recibe estos mensajes y los transforma en consumo y los medios, a través de los cuales se transmiten, tampoco son transmisores neutros.

Los medios masivos de comunicación tienen un poder y una influencia crecientes en la vida política y social. Situar la necesidad de un transporte más sosteni-



ble en la agenda social depende pues, en gran medida, de ellos.

Las TIC, de nuevo, juegan un papel preponderante en esta posición de los medios como catalizadores sociales. Su masiva utilización es uno de los factores fundamentales de su posición de privilegio e influencia.

Sin embargo, y como hemos comentado anteriormente, las redes sociales surgidas de Internet están creando, con su intrínseca capacidad de des-intermediación y de fortalecimiento del ciudadano como nodo independiente e interrelacionado, un nuevo escenario. Los medios intentan explotar su potencial y, sobretodo, entender las nuevas reglas de juego para no perder peso en el circuito mediático.

12.2 TIC Y CONCIENCIACIÓN CIUDADANA EN LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE. LOS ACTORES

12.2.1 Introducción

En el contexto del transporte son muchos los actores implicados:

- Los ciudadanos particulares, con sus múltiples decisiones cotidianas, desde el tipo de vehículo o combustible que usan hasta con qué frecuencia, cómo lo conducen o si utilizan el transporte público o prefieren andar o ir en bicicleta.
- Las administraciones públicas locales, autonómicas, estatales o de la Unión Europea, que planifican estrategias, políticas y campañas.
- Los medios de comunicación con su enorme poder de persuasión, fabricación de opinión, hábitos e imaginarios colectivos.
- Las organizaciones de la sociedad civil con su capacidad de convocatoria, concienciación y planteamientos alternativos.
- Las empresas, que no sólo fabrican automóviles, proporcionan las TIC, o suministran todo tipo de servicios de valor añadido, sino que tienen una enorme influencia sobre los ciudadanos a través

de la publicidad y pueden desarrollar tareas de concienciación a sus propios empleados.

Se adjuntan en la figura 12.1 dos gráficas del IDAE con el ranking de automóviles que menos consumen y sus emisiones de CO₂, tanto de gasolina como de gasóleo.

12.2.2 Ayuntamientos y TIC: promoviendo una nueva cultura ciudadana

Muchas Áreas de Transporte en municipios de toda España están elaborando planes de movilidad urbana sostenible. Los objetivos que persiguen son la optimización del servicio prestado a los ciudadanos, desde la cantidad del servicio a ofrecer y la fiabilidad de la información suministrada, hasta la capacidad de respuesta ante incidencias, la accesibilidad y la atención al usuario; pasando por la disminución de los tiempos de espera, la comodidad, la propia credibilidad del transporte público y la promoción de nuevos hábitos.

Figura 12.1. Ranking de automóviles que menos consumen

Fuente: IDAE 2008

Modelo	Consumo (l/100 km)	Emisiones (gCO₂/l)
Coches con menor consumo de gasolina		
Toyota Prius Executive	4,3	104
Smart 45 MHD coupe Pure 61 CW (oftip)	4,3	103
Smart 52 coupe 52 coupe micro híbrido	4,3	103
Smart 52 cabrio 52 cabrio micro híbrido	4,4	105
Smart 52 MHD coupe Passion 71 CV (oftouch)	4,4	104
Smart 45 MHD coupe Pure 61 CV (oftouch)	4,4	104
Smart 52 MHD cabrio Passion 71 CV (oftouch)	4,5	106
Honda CIVIC 4P.1.3 i - DSI Hybrid	4,6	109
Citröen C1 1.0i 12 W	4,6	109
Peugeot 107 5P Urban/Urban Move 1.0.68.2-Tronic	4,6	109
Peugeot 107 5P Basic/Urban/Urban/Urban Move 1.0 68	4,6	108
Peugeot 107 3P Urban/Urban Move 1.0.68.2-Tronic	4,6	108
Toyota Aygo 1.0 MMT 3/5 p	4,6	109
Citroën C1 1.0i 12V Senso Drive	4,6	109
Peugeot 107 3P Basic/Urban/Urban Move 1.0.68	4,6	108
Coches con menor consumo de gasóleo		
Smart CDI Pure Cabrio CDI 45 CV	3,3	88
Smart CDI Pure Coupe CDI 45 CV	3,3	88
Seat Ibiza Ecomotive 1.4 TDI MAN. 5V	3,8	99
Volkswagen Polo Blue Motion 1.4 TDI MAN. 5V	3,8	99
Mini Cooper D (R56)	3,9	104
Skoda Fabia (nuevo) Green Line Station Wagon 1.4 TDI MAN. 5V	4,1	109
Volkswagen Polo Blue Motion 1.4 TDI MAN. 5V	4,1	108
Skoda Fabia (nuevo) Green Line 1.4 TDI MAN. 5V	4,1	109
Mini Cooper D Clubman (R56)	4,1	109
Citröen C1 HDi 55	4,1	109
Peugeot 107 3P RC-LINE 1.4 HDI 54	4,1	108
Toyota Aygo 1.4 3/5 p	4,1	109
Peugeot 107 5P Urban / Urban Move 1.4 HDI 54	4,1	109
Peugeot 107 3P Urban / Urban Move 1.4 HDI 54	4,1	109
Fiat 500 1.3 Multijet	4,2	111

Esta base de datos contienen información sobre indicaciones de consumos y emisiones de CO₂.
El IDAE actualiza semestralmente esta base con la información suministrada por la ANFAC y la ANIACAM.

Pero para cumplir con estos objetivos es condición *sine qua non* definir y evaluar las expectativas de los ciudadanos respecto al nivel de servicio que consideran necesario y, para ello, hacen falta introducir nuevas mejoras técnicas y de gestión y fomentar la implicación ciudadana.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones se presentan como un aliado imprescindible y un perfecto facilitador para el desarrollo de un nuevo concepto de movilidad urbana más respetuoso con el medio ambiente.

12.2.3 ¿En qué consistiría este nuevo concepto de movilidad urbana?

Podríamos contestar a esta pregunta, alineándonos con las reflexiones de la Comisión Europea: alcanzar unos objetivos comunes de prosperidad económica y de gestión de la demanda de transporte para garantizar la movilidad, la accesibilidad, la calidad de vida y la protección del medio ambiente, desarrollando para ello un uso combinado de los diferentes modos de transporte colectivo (metro, autobús, taxi, tren, tranvía) e individual (automóvil, bicicleta y marcha a pie).

Los Ayuntamientos son elementos clave para crear una nueva cultura de movilidad urbana que afronte el enorme reto del desarrollo sostenible en las ciuda-

des: reconciliar el desarrollo económico urbano y su accesibilidad, con la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y la protección del medio ambiente.

Los Planes de Movilidad Urbana Sostenible son instrumentos que se orientan en esta dirección, soportados por directrices comunitarias, estudios y experiencias nacionales e internacionales y por encuestas para conocer la opinión de los ciudadanos y recoger sus sugerencias y necesidades.

Nuevos itinerarios peatonales y para movilidad ciclista, aparcamientos y préstamos de bicicletas, mejora de la eficiencia energética de los distintos modos de transporte público, experiencias de “coche privado compartido”, reorganización de rutas y una información sobre el tráfico y los transportes públicos fiable y en tiempo real, son los primeros y esperanzadores resultados.

Al final del capítulo, se analizarán algunas de las experiencias más interesantes y pioneras en estos campos.

Algunos elementos imprescindibles para desarrollar esta nueva cultura ciudadana son:

- **La marcha a pie y en bicicleta y su integración plena en la política de movilidad urbana.** Esto se consigue mediante la construcción de infraestructuras adecuadas, pero también con la

utilización de los procedimientos más innovadores para estimular la plena participación de las familias, los jóvenes y los adultos, con iniciativas en espacios públicos, empresas o colegios. Iniciativas, como la puesta en marcha de módulos educativos y divulgativos personalizados -integrados o no en campañas institucionales más amplias-, juegos interactivos relacionados con la circulación, la seguridad vial, el ejercicio y la salud, o la responsabilidad compartida por un medioambiente más limpio, en las que las TIC harán de multiplicador de impacto y eficacia. Ejemplos significativos del uso de la bicicleta como transporte público en España se pueden ver en este capítulo.

- **Un uso de los automóviles privados y unas formas de conducción más sostenibles**, como la puesta en marcha de nuevas soluciones que apoyen su uso compartido, lo que redundaría en una disminución del número de coches en calles y carreteras, o de aplicaciones como el tele-trabajo, la telecompra, o la videoconferencia, basadas en el poder de “desmaterialización” de las TIC o, también, el fomento de nuevos hábitos de conducción en las autoescuelas y centros de formación para conductores profesionales. Sin olvidar los sistemas electrónicos de apoyo al conductor,

infraestructuras y sistemas de gestión del tráfico mejorados y automóviles más “inteligentes”.

Soluciones todas ellas que, posibilitadas por las TIC, nos ayudarían a la reducción del consumo de energía y contribuirían a una forma de entender el automóvil más comprometido con el ahorro y la sostenibilidad.

Experiencias reales sobre usos compartidos del coche y sistemas de gestión inteligente del tráfico, se exponen en el presente capítulo.

12.2.4 Campañas institucionales, sociedad civil y nuevos medios de comunicación: internet y el protagonismo de las personas

Crear una nueva cultura de la movilidad urbana exige llevar a la población a mayores cotas de conocimiento y participación. Ello significa un mayor esfuerzo en la educación, formación y concienciación de los ciudadanos.

Cumplir con este objetivo implica trabajar aspectos tales como poner en marcha campañas dirigidas a influir en los hábitos de movilidad de distintos grupos de ciudadanos (familias, conductores, jóvenes, jubilados, profesores, empleados...), promover la creación de asociaciones de la sociedad civil, sensibilizar a los anun-

ciantes (y no sólo a la población) sobre los valores y comportamientos relacionados con la movilidad difundidos a través de la publicidad y reflexionar en general sobre los efectos que aquélla tiene sobre las actitudes de la ciudadanía hacia la movilidad sostenible o abordar iniciativas de creación de nuevas redes relacionadas con la movilidad urbana e investigar nuevos métodos y herramientas de relación con el conjunto de grupos de interés que afectan y se ven afectados por las dinámicas del transporte; entre ellos, además de los ciudadanos, las empresas, las administraciones, las organizaciones de la sociedad civil o los medios de comunicación.

A nivel europeo la propia UE, los Estados y las administraciones regionales y locales están trabajando en algunos de estos aspectos, aunque podrían hacer más y hacerlo más eficazmente, facilitando en forma más sistemática y cohesionada la organización de campañas, actividades de formación e intercambio de experiencias.

La Comisión Europea ha venido trabajando desde URBACT, un programa de intercambio de experiencias entre ciudades europeas, y desde el foro europeo de movilidad CIVITAS II, en el que uno de sus cuatro consorcios establecidos: MOBILIS, trata específicamente de la concienciación de los ciudadanos sobre las ventajas que comporta un transporte saludable a través

de la difusión de una nueva cultura de movilidad.

Otra iniciativa a nivel europeo y que se pone en marcha en muchos ayuntamientos de España es la Semana Europea de la Movilidad. Los objetivos de la misma son ayudar a las autoridades locales a fomentar políticas, iniciativas y mejores prácticas para una movilidad urbana sostenible y aumentar el nivel de concienciación sobre los desafíos de la movilidad urbana y las cuestiones medioambientales, reforzando el compromiso local con las políticas de transporte urbano.

Los resultados prácticos de todas estas campañas, foros e iniciativas en muchos casos quedan lejos de resultar exitosos. Por ejemplo la Semana Europea de la Movilidad antes reseñada, que tiene como importante evento “un día sin coches”, es muy poco conocida y mucho menos seguida por la población, y cuando se habla de ella en los medios, lo es en “negativo” debido a su casi nulo seguimiento.

Se impone una reflexión, un cambio en los mensajes y en los canales. Corregir los errores para así llegar de una forma más eficiente a los ciudadanos.

La concienciación pública es fundamental para cualquier iniciativa que se pretenda promover. La gente tiene pensamientos, sentimientos y hábitos que a

veces son contrarios a los prerequisites que impone un sistema de transporte sostenible. Sin embargo, esto se podría solucionar si se diesen los pasos apropiados.

La pregunta inicial es quién debería ser la población objetivo de una campaña de concienciación pública. De acuerdo con los expertos de marketing social, los grupos objetivo deben estar bien definidos y los mensajes claves definirse por separado para cada uno de estos grupos, pero alineados con ese objetivo principal que se busca: promover el transporte urbano sostenible.

Los movimientos sociales se desarrollan cada vez más en la sociedad, en torno a códigos culturales, a valores. La sostenibilidad del transporte, la preocupación por el medio ambiente y los hábitos de consumo responsable son movimientos de valores. Por lo tanto, dependen sobre todo de la capacidad de comunicación y de la capacidad de llevar a cabo un reclutamiento de apoyos y de estímulos mediante esa llamada a los valores, a los principios y a las ideas.

Pues bien, las TIC son fundamentales en este contexto, ya que permiten la transmisión instantánea de ideas en un marco muy amplio, permitiendo la coalición y la agregación en torno a valores.

Internet se presenta a la vez como estructura organizativa y como instru-

mento de comunicación en esta sociedad crecientemente “reticulada”. Permite flexibilidad y temporalidad en las campañas y personalización de los grupos destinatarios (cada ciudadano puede pertenecer en exclusiva A UNO o a varios simultáneamente), manteniendo al mismo tiempo un carácter de coordinación, de enfoque mono o multi-perfil y de permanencia de las ideas que provocaron la campaña, a lo largo de las posteriores movilizaciones, eventos o dinámicas puestas en marcha.

Disponer de canales para llegar al grupo destinatario concreto con mensajes personalizados, al ciudadano en sus múltiples dimensiones sociales, contar con un amplio rango de nuevas tecnologías y servicios para “conversar”, debatir, recibir o transmitir quejas, necesidades y propuestas o meramente informar, son herramientas que “empoderan” al individuo en su relación con las administraciones, con las otras personas y con las propias organizaciones a las que pertenece o con las que interactúa.

12.2.5 El papel de las empresas. Una mejor información para una movilidad más sostenible

La clave del éxito para la movilidad en las redes urbanas es poder tomar decisiones en tiempo real sobre la ruta, la hora y

duración del trayecto, las incidencias y los múltiples modos de transporte y facilidades para inter-operar entre ellos, sobre la base de una información pertinente, veraz y de fácil uso para una planificación óptima del viaje.

Para ello se están tomando medidas paliativas, como la potenciación del transporte público, las políticas de aparcamiento regulado, la *peatonalización* de centros urbanos o la imposición de peajes de entrada en determinadas áreas urbanas; y se ha fomentado el uso intensivo de tecnologías e infraestructuras innovadoras.

En este último aspecto, hemos de señalar todo un conjunto de recursos que posibilitan rutas y modos de transporte que contribuyen a reducir el tiempo y el recorrido de los desplazamientos al tiempo que procuran mayor fluidez de tráfico, mejor nivel de servicio de las vías y la racionalización del consumo y de las emisiones. Se trata de una serie de cambios en la concepción del desarrollo del transporte, de carácter marcadamente tecnológico, y que, al no implicar restricciones en la movilidad de la población, son generalmente bien aceptados por la misma.

Una de las soluciones más eficientes a los problemas de sostenibilidad del transporte es el uso intensivo de las TIC aplicadas a la gestión del tráfico. Son los comúnmente denominados Sistemas

Inteligentes de Transporte (SIT), que están proporcionando un apoyo decisivo para el ciudadano y las instituciones públicas locales y regionales en el intento no sólo de mejorar la movilidad sino de hacerla más sostenible.

Los SIT posibilitan una gestión dinámica de la infraestructura existente, consiguiendo capacidades suplementarias gracias al uso más eficaz de los diferentes espacios viales.

También la distribución urbana de mercancías puede optimizarse debido a la utilización de los SIT, sobre todo mediante una mejor coordinación de las operaciones, unos índices de carga más elevados y un uso más eficiente de los vehículos.

El corazón de un SIT lo constituyen los sistemas que integran la planificación inteligente de las rutas, los sistemas de ayuda al conductor, los “vehículos inteligentes” y la interacción con las infraestructuras.

El agente clave, aparte de las administraciones locales, en la puesta en marcha y explotación de todas estas aplicaciones y servicios es el sector empresarial y, en particular, el sector de las TIC: desde los proveedores de software y de servicios de valor añadido, hasta los operadores de telecomunicación, las empresas de cartografía digital y las de posicionamiento por satélite (GPS).

Este sector que está ayudando, a través de sus soluciones de información y comunicaciones, a lograr una eficacia creciente en la actuación y toma de decisiones del resto de actores del transporte (ya sean conductores, ciudadanos en general, administraciones locales, operadores públicos o privados, industria, fabricantes de automoción o empresas de servicios), contribuyendo a un desempeño más racional de sus actividades o servicios y, en definitiva, a la reducción del impacto ambiental.

Pero hay otro papel, y no menos importante, que la empresa puede desarrollar: su enorme capacidad de influencia sobre los consumidores en general y sobre sus propios empleados en particular.

Desde la publicidad empresarial con fines comerciales se puede potenciar un uso abusivo y poco racional del vehículo privado motorizado, promover valores contrarios al uso del transporte público o de indiferencia ante los recursos limitados de la naturaleza, pero también se puede poner en contacto el valor publicitario de las marcas con hábitos de movilidad respetuosos con el medio ambiente en la vida cotidiana o utilizar los enormes recursos de comunicación y publicidad de las empresas como elementos de información y reflexión de los consumidores sobre



modelos más sostenibles de transporte y movilidad.

Asimismo, desde las herramientas de comunicación interna empresarial fortalecidas por las TIC, como las redes privadas (intranet), los portales web dedicados al empleado o el voluntariado *on line*, se podrían elaborar materiales de intervención en educación ambiental, informar sobre iniciativas cívicas o colaborar con instituciones públicas en campañas sobre una movilidad más sostenible.

TIC y empresa es un binomio inseparable, ambas se potencian, amplificando su significación social y convirtiéndose en elementos claves para afrontar el reto de la sostenibilidad del transporte y el respeto por un medioambiente siempre vulnerable.

12.3 EXPERIENCIAS REALES BASADAS EN LAS TIC COMO HERRAMIENTA DE IMPLICACIÓN DE LOS CIUDADANOS

12.3.1 Nuevos modelos de uso del coche privado: el coche compartido (car-sharing y car-pooling)

Cuando se habla del uso compartido de un automóvil, se hace referencia a dos conceptos distintos, denominados por sendas expresiones inglesas: “car-sharing” y “car-pooling”.

Por “car-sharing” se entiende el hecho de compartir un vehículo entre varios conductores (multipropiedad o uso alternativo del mismo), mientras que “car-pooling” es el uso compartido de un vehículo privado por varios pasajeros (una forma de “auto-stop” organizado).

Aunque dichas prácticas no sean hasta la fecha ampliamente seguidas por los ciudadanos, tienen efectos positivos en disminuir la congestión urbana y las emisiones de CO₂, y esto debería bastar para que ciudadanos y administraciones les prestaran un mayor apoyo.

Las estimaciones en Europa dan una ocupación media de entre poco más de 1 y 1,5 ocupantes por vehículo; y si bien no

parece que el modelo de uso de “coche compartido” pueda llegar (al menos a corto plazo) a hacerse masivo, se deben alentar los múltiples esfuerzos que al respecto se están haciendo para aumentar tales ratios.

Algunas referencias de iniciativas en España son, entre otras, *Viajamosjuntos.com*, *Compartir.org*, *Shareling* para la modalidad (más extendida por ser más sencilla de implantar) del “car-pooling”, y *Avancar* para la modalidad de “car-sharing”.

En todas ellas, las TIC juegan un papel muy importante, pues todas se apoyan en plataformas de servicio basadas en web, fácilmente accesibles desde ordenadores personales o terminales móviles y, en las más desarrolladas, con sistemas de localización y equipos GPS / GPRS embarcados y centrales de reserva y notificación de informaciones en tiempo real.

Aunque la tecnología juega, como se puede ver, un papel muy importante, la iniciativa privada, la sensibilización ciudadana y el apoyo de las instituciones locales

parece imprescindible para un despegue definitivo de estas prácticas.

12.3.2 El ejemplo de la ciudad de San Francisco en sistemas de “aparcamiento inteligente”

“Sfpark Smart Parking Management Program”, es un proyecto promovido por el Ayuntamiento de la Ciudad de San Francisco y que entró en 2009 en su fase piloto de despliegue.

Se trata de un sistema de “aparcamiento inteligente” cuyo objetivo es facilitar la localización de sitios libres por los conductores, con la consiguiente reducción del tiempo de búsqueda y, por tanto, del tráfico y nivel de emisiones de CO₂ que genera.

La tecnología se basa en etiquetas (“tags”) RFDI (Radio Frequency Identification) adheridos al asfalto en cada lugar de aparcamiento, con una autonomía de las mismas de 5 a 10 años. Este sistema de sensores distribuidos por las zonas de aparcamiento forma una red de comunicaciones inalámbrica conectada a su vez, a través de Internet, con el Centro de control del Ayuntamiento.

El sistema permite localizar las plazas libres en sitios web accesibles desde dispositivos inalámbricos, como PDA o teléfonos móviles, o directamente en pantallas

localizadas en la calle, así como el pago directo desde los dispositivos móviles, lo que evita tener que colocar un ticket en el vehículo.

Otra novedad del sistema es que éste asigna precios a los sitios de aparcamiento disponibles de modo dinámico en función de la oferta disponible, por lo que el precio de una misma plaza puede variar a lo largo del tiempo. Esto permite una asignación más eficiente, ya que cuando el aparcamiento escasea, el coste de las plazas aumenta, desincentivando a una parte de los conductores y, por tanto, reduciendo la congestión en la ciudad.

12.3.3 Dos ejemplos distintos de utilización de las TIC en Europa: Helsinki y Estocolmo

El caso de Helsinki

Helsinki está inmerso en un proyecto de desarrollo “policéntrico” (*Helsinki Metropolitan Area Vision 2020*), cuyo objetivo es desarrollar una estructura urbana integral en la región de Helsinki, creando “pueblos-ciudades” donde las casas, los lugares de trabajo y los servicios cotidianos sean fácilmente accesibles andando, en bicicleta o en transporte público.

Se basa en ocho líneas o políticas:

- Desarrollo orientado al transporte público.
- Mejora de la red y servicios ferroviarios, incluyendo una nueva línea al aeropuerto.
- Una nueva línea de Metro.
- Nuevo intercambiador autobuses.
- Estrategia sobre la bicicleta.
- Construcción de una gran área peatonal en el centro de la ciudad.
- Incremento de la capacidad de “conducción y aparcamiento” en el área metropolitana.
- Áreas libres de coches.

La novedad más interesante de este plan es, precisamente, la intensa participación que los ciudadanos han tenido en su formulación utilizando todas las herramientas TIC a su alcance.

Internet ha sido ampliamente utilizado como canal de información y participación, en todas y cada una de las fases del proyecto, y los resultados del informe final fueron publicado en la web del “Helsinki Metropolitan council YTV”. Los ciudadanos masivamente han participado en discusiones interactivas en las páginas web que preparaban la “Visión 2020”.

El proceso de participación consistió en talleres de trabajo y discusiones en Internet, seminarios con investigadores y expertos en planificación urbana. El

Ayuntamiento lanzó el proceso de discusión en 1997 (“Signs of the Time”) preguntando a todos los ciudadanos por carta, e-mail y fax. Los cuestionarios se mandaron a los que debían decidir en el Ayuntamiento, a los expertos en planificación urbana y participantes de los talleres de trabajo futuro.

El caso de Estocolmo

Se utiliza un sistema basado en tecnología RFID de gestión de tráfico, con el objetivo de cambiar los hábitos de los conductores hacia una menor utilización del coche privado a favor del uso del transporte público para ir al centro de la ciudad y, de esta manera, mejorar el medio ambiente.

El sistema consiste en lo siguiente: los coches que circulan de lunes a viernes en un área acotada del centro de la ciudad, en la cual se han instalado puntos de control con cámaras digitales y sensores para la identificación de vehículos, deben pagar por ello.

El coste varía en función de la hora del día, en horas punta (7:30 a 8:30) cuesta dos euros y en horas valle (18:30 a 6:30) y días festivos es gratis.

Autobuses, taxis, ambulancias y demás servicios públicos, además de automóviles privados respetuosos con el

medio ambiente, están exentos de pago; para el resto de usuarios el pago se genera automáticamente por Internet, una vez que se ha identificado el vehículo.

Este reconocimiento puede hacerse bien con tecnología RFID (mediante una etiqueta electrónica que se pega en el cristal delantero del coche) o, si el conductor opta por no instalar nada, mediante reconocimiento de la matrícula al pasar el vehículo por los centros de control a tal fin habilitados.

El proyecto está resultando un éxito, habiéndose reducido un 25 % el volumen de tráfico en la zona centro de la ciudad e, incluso, reducido las multas de una forma sustancial.

Éste es un nuevo ejemplo de cómo las TIC ayudan al cambio de hábitos de la población y a una mayor sostenibilidad del transporte urbano. Pero también enseña que las tecnologías de la información por sí solas no bastan, ya que para que este sistema basado en pago de peajes en determinadas horas del día tuviera éxito, las autoridades locales y el gobierno sueco hubieron de invertir en infraestructuras de transporte público, entre ellas, nuevas líneas rápidas de autobús, ampliación del servicio en 18 líneas y 1.800 nuevas plazas de aparcamiento en estaciones de tren de cercanías, fuera del centro de la ciudad.

12.3.4 Algunas referencias en España: Sistema Inteligente de Transporte de la EMT de Madrid y experiencias con el uso de la bici en Barcelona, País Vasco y Sevilla

La EMT cuenta con un Sistema de Ayuda a la Explotación, basado en comunicaciones móviles, localización mediante GPS diferencial y un software central de control de flotas que permite comunicarse, localizar y controlar a una flota de más de 2.000 vehículos, como se ha recogido en el capítulo 6.



Figura 12.2.
Fuente: E.M.T.

Adicionalmente, ofrece a los usuarios la posibilidad de conocer el tiempo de espera en una determinada parada, proporcionando con un refresco de 30 segundos la posición exacta del autobús.

La información se puede obtener mediante Web (consulta inmediata en tiempo real) y por sms desde el terminal móvil.

La experiencia del servicio Bicing en Barcelona

El Bicing es un nuevo modo de transporte público y un sencillo y sostenible complemento al transporte tradicional de la ciudad de Barcelona. Su finalidad es cubrir en bicicleta los pequeños trayectos diarios que se hacen por dentro de la ciudad.

Figura 12.3.

Fuente: www.bicing.com



La forma más habitual de abonarse es a través de la página web del servicio, aunque también se puede realizar en forma presencial en la Oficina de Atención al usuario. Una vez realizada la solicitud, se recibe en el domicilio la tarjeta y toda la información necesaria para utilizar el servicio.

El uso es muy sencillo: se retira la bicicleta de cualquiera de las estaciones de Bicing, se utiliza durante el trayecto y se devuelve en la estación más cercana a destino. La mayoría de estaciones Bicing están cerca de los accesos del Metro, del tren y de los aparcamientos públicos y el servicio está operativo los 365 días del año.

Los primeros treinta minutos de cada trayecto (entendiéndose por tal el recorrido que se hace en bicicleta desde una estación hasta la estación donde ésta se devuelve) están incluidos en la tarifa de abonado/a. A partir de ahí, se paga según el tiempo de utilización de la bicicleta, con un máximo de dos horas por trayecto.

Experiencias de uso de la bicicleta en el País Vasco

En la provincia de Vizcaya se ha puesto en marcha un proyecto de red de bicicletas de 200 Km. para garantizar, a largo plazo, el enlace entre todos los grandes centros urbanos de la provincia, las ciudades pequeñas y los pueblos.

También en el País Vasco, la ciudad de San Sebastián, cuenta con el proyecto Lehendabizi Kalapie, para impulsar la creación de redes viarias para bicicletas y se están proyectando nuevos itinerarios para permitir numerosas conexiones con la red de transporte público. También, mediante campañas de sensibilización, se hacen esfuerzos para promover el uso de la bici como medio de transporte urbano.

El Plan de la Bicicleta de Sevilla 2007-2012

Atendiendo a que la topografía de Sevilla es prácticamente llana, lo que

favorece los desplazamientos a pie y la utilización de medios no motorizados y a que, sin embargo, la ciudad carecía de una suficiente dotación viaria para uso peatonal y de bicicletas, se diseñó un Plan que primaba la proximidad sobre la accesibilidad.

A tal fin se está dotando a la ciudad de viarios con rangos de desplazamiento asumibles a pie o en bicicleta para aumentar las posibilidades de uso de medios de transporte alternativos.

La apuesta por la bicicleta es notoria, favoreciendo su competencia mediante una red segregada para este medio.



LAS TIC Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA EDUCACIÓN DEL INGENIERO

Carlos Mataix
UPM. Coordinador

Jorge Pérez
ETSII-UPM

Ana Moreno
ETSII-UPM

Ignacio Pérez Arriaga
RAI

Francesc Robusté
UPC

Académico revisor
José Ignacio Pérez Arriaga

13

13.1 EL PAPEL DE LA UNIVERSIDAD EN EL SIGLO XXI

Para encuadrar las reflexiones sobre el papel de la Universidad en hacer de las TIC un instrumento que ayude a la mejora del impacto del transporte en la sostenibilidad ambiental, es necesario entender su misión. El punto de vista con el que abordar esta misión de la Universidad no es único, por eso los autores hemos elegido alguna de las voces legitimadas que mejor recogen los valores y funciones de la Universidad en el siglo XXI.

Ortega y Gasset (1930) en su *“Misión de la Universidad”* hace un repaso de esta misión con una perspectiva histórica. Distingue dos funciones complementarias: la formación de los profesionales y la ciencia. Desde una perspectiva histórica recuerda que el papel original de la Universidad medieval era la “cultura general”, entendida como *“el sistema vital de ideas en cada tiempo”*.

Los desafíos sociales y medioambientales de ámbito global están actualmente en la agenda de la Universidad. El informe GUNI *“La educación superior en el mundo. Educación superior: nuevos retos y roles emergentes para el desarrollo humano y social”* es una buena síntesis de muchos

de los debates en marcha. Este informe recoge la misión de la Universidad desde la perspectiva del impacto en la sociedad: *“Su objetivo es primordialmente promover la utilidad social del conocimiento, contribuyendo a la mejora de la calidad de vida; por ende, demanda perspectivas bidireccionales entre la Universidad y la sociedad e implica la multiplicación directa de usos críticos que tiene el conocimiento en la sociedad y en la economía”* (GUNI, 2007).

Es este compromiso, de la Universidad con la utilidad social, el motor para incorporar en la formación y en la investigación los desafíos a los que, en cada momento, se enfrenta la sociedad, como es el deterioro ambiental. Tünnermann (2004) concreta algunos de los principios que debieran guiar ese compromiso:

- El conocimiento y la formación superior representan un bien social.
- El acceso a la Universidad debe ser igual para todos.
- La educación superior asume en la sociedad contemporánea funciones cada vez más complejas, susceptibles de dar nuevas dimensiones a su cometido esencial

de búsqueda de la verdad, como centro de pensamiento crítico.

- La dimensión ética debiera ser la base de la reflexión.
- Hay que formar ciudadanos conscientes y responsables con equilibrio entre docencia, investigación y extensión.

Una de las formas de sintetizar estas aportaciones desde la Universidad, es alinear esfuerzos para que los profesionales que se forman en ella actúen desde la ética profesional y se impliquen en la construcción de organizaciones responsables allá donde ejerzan su actividad.

Un buen profesional es aquel que en el desarrollo de su vocación y el ejercicio de su actividad aporta a la sociedad los bienes internos de su profesión. Los bienes internos de la ingeniería son fundamentales en la búsqueda de respuestas a los desafíos medioambientales, especialmente en los sectores de alto contenido tecnológico, como es el caso del transporte. Adela Cortina (conferencia ETSII-UPM 2008) resalta que la ética de la sociedad es la que marca la forma en que los bienes internos deben desplegarse y enuncia tres principios básicos: cada persona es un fin en sí mismo, a la hora de tomar decisiones hay que tener en cuenta a todos los afectados, y lo que es valioso por sí mismo hay que respe-

tarlo, lo que lleva a la responsabilidad sobre la naturaleza.

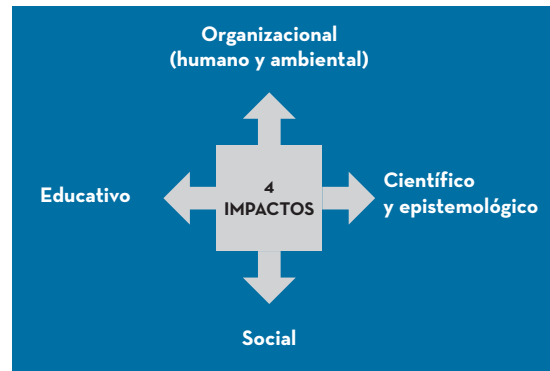
Pero no sólo la Universidad interviene a través de los profesionales que pasan por sus planes de estudio. Como organización, la Universidad también puede ser un actor comprometido con el desarrollo sostenible. En los últimos años en la agenda de las Universidades comienza a aparecer la Responsabilidad Social Universitaria. UNESCO la basa, entre otros, en los siguientes puntos: preservar y crear capital social del saber, apoyar elaboración de políticas públicas y privadas teniendo en cuenta necesidades de los distintos sectores, crear una vigorosa política de desarrollo del personal, incluir un currículo transversal que asuma la realidad del país, ofrecer formación permanente, y mantenerse abierta a cambios.

François Vallaey, profesor de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2006), propone que estos objetivos se estructuren a partir del análisis de los impactos que la Universidad provoca en su entorno (Figura 13.1).

Siguiendo con el análisis que hace el profesor Vallaey, los cuatro ejes que, a su juicio, deben sustentar una gestión socialmente responsable de la Universidad son:

- La gestión socialmente responsable de la propia organización, del clima laboral, la gestión de recursos humanos, los proce-

Figura 13.1. Impactos de la universidad de Valleays



Por François Valleays

Gustavo A. Yepes López-MBA



RSU - ETSII

• La gestión socialmente responsable de la producción y difusión del saber, la investigación, y los modelos epistemológicos promovidos desde la misma.

- La gestión socialmente responsable de la formación académica y la pedagogía, tanto en sus temáticas u organización curricular como en sus metodologías didácticas.

- La gestión socialmente responsable de la producción y difusión del saber, la investigación, y los modelos epistemológicos promovidos desde la misma.
- La gestión socialmente responsable de la participación social en el Desarrollo Humano Sostenible de la comunidad.

13.2 LA INGENIERÍA, LAS TIC Y LA SOSTENIBILIDAD

El avance de la sociedad en red, basada en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y en la electrónica, está suponiendo un entorno profesional y cotidiano cada vez más tecnológico. En palabras de Lauría, en un encuentro de las Academias Nacionales de Educación e Ingeniería (Lauría, 2001): *“La filosofía de la educación del ingeniero tiene sus fuentes en el rol que desempeña el ingeniero en la sociedad moderna. Se trata de una sociedad impregnada de tecnología, en la cual esta última se ha convertido en el instrumento de todas las actividades sociales.”* Según este autor, se pueden enumerar cuatro grandes rasgos que caracterizarán a la ingeniería del siglo XXI: complejidad científico-técnica creciente, protagonismo de la creatividad y la innovación, y su repercusión socioeconómica y ambiental.

El objeto de este estudio es un buen ejemplo de un ámbito de intervención técnica para dar respuesta a importantes problemas de la sociedad, donde confluyen los cuatro rasgos enunciados. La compleji-

dad técnica que supone hacer confluir la innovación de tres ámbitos diferentes de especialidad –transporte, TIC y desarrollo sostenible–, invita a revisar y a enriquecer los enfoques de la formación y de la investigación en las Universidades, para que la necesaria integración pluri-disciplinar se afronte de una forma sistémica.

Los dos bloques de estudio escogidos, la optimización de desplazamientos en la sociedad en red apoyándose en las TIC, por un lado, y las TIC como instrumento de mejora del impacto ambiental de los desplazamientos que se efectúan, por otro lado, abren nuevos ámbitos de trabajo profesional y de investigación. Todo esto requiere un planteamiento más amplio y sistémico de la función del ingeniero, de forma que se incorpore de una forma natural el concepto de sostenibilidad en su proceso de formación en la Universidad y después en sus actuaciones profesionales sobre el diseño y fabricación de vehículos, la provisión de los diversos tipos de movilidad o la logística del transporte.

13.3 LAS NECESIDADES DE FORMACIÓN DE INGENIEROS PARA HACER FRENTE A ESTE DESAFÍO

En un reciente estudio sobre cómo las relaciones entre la Universidad y la sociedad han ido evolucionando, desde la Edad Media hasta nuestros días, Philip G. Albatch concluye que *“cuando las Universidades dejan de involucrarse en la sociedad y en los emergentes avances científicos y políticos de una nueva era, suelen entrar en crisis”* (Albatch, 2008). En sentido recíproco, también señala que las sociedades que ignoran las múltiples finalidades y funciones de las Universidades serán mucho más débiles. Charles Vest (Vest, 2005), Presidente del MIT desde 1990 a 2004 y hoy Presidente de la Academia de Ingeniería Norteamericana, afirma que *“Hoy, la ciencia y la tecnología, la cultura y la política, la industria y la administración pública, la producción y la comunicación, están interrelacionadas más que nunca. La nación necesita hombres y mujeres jóvenes educados de forma amplia, para que sean líderes de la próxima generación. La comprensión de la ciencia y la tecnología es seguramente parte de lo que necesitarán esos líderes.*

Asimismo, aquellos que utilizan la ciencia y la tecnología necesitan un conocimiento aún mayor del mundo en el que trabajan y deben ser capaces de contribuir con sabiduría a las políticas que afectan al desarrollo y uso de la tecnología... En el MIT tenemos la obligación especial de formar ingenieros, gestores y científicos que puedan liderar este entorno cambiante. Nuestro reto más importante a este respecto es desarrollar en nuestros estudiantes las actitudes, tanto como las aptitudes, necesarias para transferir nuevo conocimiento desde la investigación hacia sus usos prácticos.” Y nos atrevemos a añadir que sólo las sociedades que promuevan la investigación y la innovación, que integren en esta tarea a la Universidad y que ésta lo haga a su vez con el tejido empresarial, institucional y social, podrán liderar futuros desarrollos y en última instancia progresar en el conjunto de las naciones.

Hoy se espera que las Universidades, junto con las empresas, sean motores de la economía del conocimiento. Dice Castells (2004) que si el conocimiento es

la “electricidad” de esta nueva economía, las Universidades son sus “fuentes de energía”. Pero, al mismo tiempo, también se reclama, cada vez con más intensidad, que las Universidades estén al servicio de los objetivos humanísticos y culturales de la sociedad y de los individuos (GUNI, 2008) o, lo que es igual, que se comprometan de un modo decidido en la promoción del Desarrollo Humano y del Desarrollo Sostenible.

La humanidad se enfrenta a una nueva situación, en la que el orden prevalente está en quiebra, poniendo en peligro la convivencia entre los seres humanos, y entre éstos y el medio natural. Lo que tiene de particular esta situación y el reto desconocido que representa, es la necesidad de que las respuestas que se den surjan, necesariamente, de un amplísimo consenso entre civilizaciones y culturas. Esto no será posible si no se supera el etnocentrismo que ha predominado en la concepción occidental del desarrollo.

Necesitamos dejar paso a “una nueva mirada a la realidad, donde complejidad e interdependencia son conceptos clave” (Escriga, 2008). La complejidad procede de la enorme sofisticación y profundización del saber y, en particular, del conocimiento tecnológico, cuyo dominio requiere, en muchos campos, el trabajo coordinado de equipos multidisciplinares

que, desde regiones muy distantes y en instituciones de diferentes tipos, se apoyan en potentes sistemas que hacen posible el almacenamiento, el procesamiento y la puesta común de un enorme caudal de información.

La interdependencia, que siempre ha existido, adquiere una enorme intensidad en la sociedad globalizada. En la esfera de los avances tecnológicos, ha quedado ya en evidencia que las opciones tecnológicas no pueden aislarse de sus efectos culturales, organizativos y ambientales. Es más, estas opciones están guiadas por valores, valores que, aunque no en exclusiva, se cultivan y se transfieren en las Universidades.

Una Universidad en la que los saberes estén fragmentados (Cortina, 2006), en la que los académicos construyan barreras defensivas en torno a sus específicas áreas de conocimiento, difícilmente podrá formar a profesionales que sean capaces de desenvolverse en entornos de complejidad creciente y, a la vez, puedan desarrollar y adquirir la actitud crítica y sistémica suficiente para poder entender cómo sus decisiones locales pueden afectar a los sistemas globales. En el extremo opuesto se encuentra el concepto de meta-universidad propuesto por Charles Vest (Vest, 2007), y que dio comienzo con la política de acceso abierto (Open

Courseware) del MIT “de materiales educativos, archivos de conocimientos e incluso laboratorios creados y compartidos globalmente, que podría ser una fuerza dominante y democratizadora en las próximas décadas. Podría crecer para entrelazar y fortalecer los campus universitarios de todo el mundo, tanto ricos como pobres... La creación de conocimiento y las enseñanzas de cada universidad mejoraría con los esfuerzos de una multitud de grupos e individuos por todo el mundo. Se adaptaría rápidamente a los diferentes estilos de aprendizaje de estudiantes que han crecido en un medio con acceso a medios informáticos. Los países en vías de desarrollo serían los más favorecidos potencialmente”.

Quizás uno de los ámbitos en los que se manifiesta con mayor claridad la necesidad de esa nueva mirada a la hora de enfrentar los problemas de nuestro tiempo, es el de la búsqueda de soluciones a la pobreza que asola todavía a más de mil millones de personas. Como señalaba Jaime Cervera, Director de Cooperación de la Universidad Politécnica de Madrid, en una carta dirigida a todos los Grupos de Investigación de dicha Universidad (Cervera, 2006) “*La experiencia y capacidad de las Universidades del Norte se ha construido a través del estudio de los problemas*

ligados al desarrollo de dichas regiones privilegiadas –cabe decir a los problemas ligados a una minoría en el planeta– o, con más precisión, buscando una solución particular a problemas cuya solución general está aún pendiente de abordar. Aun cuando sigue abierto el debate sobre la aplicabilidad universal –o general– de las soluciones construidas en el desarrollo del Norte, resulta cada vez más evidente que no es posible extenderlas miméticamente, y que el desarrollo del Sur requiere la imaginación y puesta en práctica de soluciones nuevas, mestizas –que incorporen saberes de fuentes y culturas múltiples– y que están en buena medida por construir”.

Así, por ejemplo, en el ámbito de las TIC, cuando desde las Universidades se plantea el diseño y la puesta en práctica de tecnologías adecuadas a las necesidades de los países en desarrollo, integrando en sus especificaciones de diseño la necesidad de adaptación a contextos con bajos recursos y frágiles infraestructuras, donde la población carece de servicios esenciales, como la salud o la educación, las opciones tecnológicas y organizativas que se conciben difieren mucho de las que habitualmente se aplican en regiones industrializadas.

¿Tienen que plantearse este tipo de problemas en nuestras Universidades?

La experiencia de la UPM en potenciar la Cooperación al Desarrollo como un contenido disponible y transversal para sus estudiantes es un buen ejemplo del camino que podrían seguir los contenidos de sostenibilidad¹.

En 2003 la Universidad Politécnica de Madrid creó la Dirección de Cooperación para el Desarrollo, dependiente de su Vicerrectorado de Relaciones Internacionales. Era el reflejo del compromiso de esta Universidad, coherente con su propia misión, de potenciar la cooperación y el desarrollo humano, y suponía el reconocimiento de la labor que muchos profesores, investigadores y alumnos venían realizando, dedicando importantes esfuerzos, cada uno desde su campo, en la investigación aplicada, la formación y la sensibilización para el Desarrollo Humano.

Desde disciplinas muy variadas, como el desarrollo rural, la energía fotovoltaica o los asentamientos humanos, a lo largo de los años anteriores se había ido conformando una comunidad informal de profesores e investigadores, cuya actividad en cooperación era demostrativa del potencial que la Universidad puede tener cuando aporta sus capacidades a la lucha contra la pobreza y la exclusión. Muchos de ellos habían coincidido en “Ingeniería sin Fronteras”, una ONG de desarrollo, que surgió en la UPM y en su evolución supo encontrar un modelo de complementariedad con la Universidad, modelo que hoy es una referencia para otros casos de vinculación ONG-Universidad (ver Fouguet, 2008).

Desde la creación de la Dirección de Cooperación, el esfuerzo de coordinación e impulso de la cooperación para el desarrollo en la UPM, tanto en la docencia como en la investigación, ha dado resultados muy prometedores.

En el ámbito de la docencia, sobre la base de asignaturas de libre elección que se habían ido impulsando en diversos Centros, se ha elaborado y lanzado una oferta conjunta de título propio en cooperación en la que participan veintitrés departamentos. Los alumnos de ingeniería pueden complementar su título en Ingeniería o Arquitectura, con unos estudios introductorios sobre desarrollo, específicamente orientados a su campo (http://www.upm.es/rinternacional/cooperacion/titulo_coop.html)

Además, se ha realizado un importante esfuerzo en facilitar que los alumnos de últimos cursos puedan realizar, si así lo desean, su proyecto fin de carrera en cooperación, ofreciendo una oferta conjunta de becas, bolsas de viaje, y convocando, junto con otras universidades técnicas españolas, el Concurso de Proyectos Fin de Carrera sobre Cooperación, del cual ya se han celebrado seis ediciones (las dos últimas han incluido, además, premio a tesis doctorales)

En el ámbito de la investigación, la Dirección de Cooperación impulsó una normativa pionera en las universidades españolas, mediante la cual se reconocía y estimulaba la creación de los llamados “grupos de cooperación”, formados por profesores, investigadores y alumnos que llevan a cabo proyectos de investigación aplicada al desarrollo. En la actualidad hay en la UPM veinte grupos de cooperación, especializados en áreas muy diversas como, por ejemplo, electrificación rural, calidad o seguridad alimentaria.

En la actualidad la UPM estudia la creación de un Instituto tecnológico para el desarrollo humano, que sobre la base de las iniciativas que ya están funcionando, facilite la investigación multidisciplinar, y la creación de redes, conformando una oferta de postgrado adecuada a las necesidades futuras del sistema de cooperación internacional.

* No es ésta ni la primera ni necesariamente la experiencia más avanzada al respecto en la Universidad española, pero sí un excelente ejemplo de lo que constituye una iniciativa positiva. Un notable ejemplo a destacar es el Plan de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña, comenzado en 1996 y ya en su tercera edición, y que, entre otros logros, ha conseguido introducir los criterios del desarrollo sostenible en los propios currículos de las asignaturas de la carrera de ingeniería.

Figura 13.2. Las Universidades hoy pueden seguir diferentes patrones estratégicos

Centrada en contenidos	Centrada en contenidos, actitudes y valores
Formación de profesionales productivos	Formación de ciudadanos-profesionales
Orientada a las necesidades del mercado de trabajo	Orientada a anticiparse a las necesidades de la sociedad en su conjunto
Uso social basado en el estatus, enriquecimiento y reconocimiento individual, y en el crecimiento económico	Uso social basado en la contribución al bien colectivo, la construcción social y al desarrollo humano

¿Tienen la responsabilidad de enfrentarse a estos dilemas los profesores en su labor docente e investigadora? (redacción en impersonal) ¿Y se está legitimado para enfrentar a los estudiantes a la difícil y contradictoria labor de contrastar las necesidades particulares con los problemas globales?

La respuesta seguramente será afirmativa si la Universidad opta por un compromiso real con el desarrollo humano lo cual, como resume Escirgas en el Informe GUNI (ver figura 13.2)

puede representar para muchas Universidades un cambio profundo.

Para alcanzar este objetivo, una de las principales dificultades estriba en cómo integrar los distintos planos de competencias. En el ámbito que nos ocupa podría esquematizarse como se expone en la figura 13.3.

En última instancia se buscan unas cualidades básicas de los graduados “con una educación sólida en su disciplina, la capacidad de situar su disciplina en el

Figura 13.3. Planos de competencias

Competencias técnicas básicas: Por ejemplo transporte
Competencias transversales sistemáticas: Por ejemplo TIC
Valores: Por ejemplo contribución a la sostenibilidad

desarrollo sostenible, y la actitud y las habilidades para colaborar con otras disciplinas y agentes clave “no científicos”” (Jansen, 2008).

Avanzando un paso más, se podría concretar en la forma en que puede trasladarse a los planes de estudio. Como recoge Robusté (1999), la componente de “decisión making” que incorporarán la mayor parte de los ingenieros en su vida profesional, así como la sensibilidad ambiental, puede beneficiarse de métodos docentes adecuados: *“Partiendo de que una profundización en la formación transversal del ingeniero (que incluya diversos planos de requisitos) es importante cara al futuro de los técnicos que ejerzan funciones directivas (muy usual en la práctica), es posible hacer diversos planteamientos en esa dirección. Así, a manera de ejemplo, en ingeniería civil se nos puede ocurrir que el análisis y respeto al medio ambiente es susceptible de una estrategia docente global (“Ambientalización Curricular”) más que de una mera especialidad o intensificación sectorial...*

Por ello, cara a la formación futura de los Ingenieros se precisa una nueva

relación entre las Escuelas y las empresas y una impregnación de los métodos docentes propios de las Escuelas de Negocios incluso en la impartición de las asignaturas técnicas y tecnológicas. Ello no quita para que en su formación se mantenga su solidez analítica, su toma de decisiones prácticas (su “criterio ingenieril” en definitiva), su capacidad de trabajo, y la aplicación del método científico en las relaciones causa-efecto”.

El proceso de aprendizaje del desarrollo sostenible es una empresa en la que deben participar todos los actores, y las Universidades pueden jugar un papel como agentes del cambio (Jansen, 2008), como parte del informe GUNI, concreta cómo puede jugarse ese papel a través de la formación: educando a los graduados y contribuyendo al aprendizaje permanente, formal e informal, del desarrollo sostenible. Así, la Universidad puede liderar la educación para el conjunto de la población. Los retos asociados a esta misión son complejos, pues requiere una revisión de la operativa actual de la universidad y la revisión de las competencias del profesorado.

13.4 VALORACIÓN DE LA FORMACIÓN SUPERIOR EN TRANSPORTE EN ESPAÑA

A partir de diversas publicaciones de Francesc Robusté –véase para mayor detalle (Robusté, 1991), (Robusté et al., 1999) y (Robusté, 1999)–, se presenta en esta sección una valoración de la actual formación superior en transporte en España y recomendaciones para su mejora, desde el punto de vista del desafío que representa la visión integradora y multidisciplinar del transporte que plantea el presente Estudio.

El carácter multidisciplinar que impregna la planificación y el análisis del sistema de transporte, debería transmitirse también a su enseñanza a nivel universitario. Pese a las dificultades de establecer un cuerpo de doctrina con el carácter de "ciencia", los esfuerzos en la formación superior deben dirigirse más allá de la adecuada presentación de la complejidad del sistema.

La mayoría de las profesiones que configuran el panorama de educación superior español fueron definidas en el siglo XIX, poco antes de la revolución industrial, y mucho antes de la concepción del transporte como sistema. Esto confiere en la actualidad menguadas posibili-

dades de formación superior global en transporte, limitación a la que cabe añadir la excesiva sectorización de la enseñanza y su poca orientación hacia una mentalidad de directivo en transporte (este defecto formativo no es específico de la especialidad de transporte). El resultado es que, en general y particularizando a nuestro país, no existe una oferta de formación adecuada que cubra las expectativas del gran empresario del transporte, de las empresas consultoras, o incluso de las Administraciones públicas (donde se aprecia más la formación en gestión de proyectos, legislación y temas administrativos). El panorama de reforma del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) no prevé un escenario más halagüeño.

La enseñanza del transporte a nivel superior en España se centra en las Escuelas de Ingeniería, siguiendo el modelo francés. El área de conocimiento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes se encuentra en todas las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en algunas de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería Industrial y en las

Escuelas de Ingeniería Técnica de Obras Públicas.

El abanico de especialidades modales es amplio, aunque es difícil encontrar perspectivas generalistas, transversales y multidisciplinarias sobre el sistema de transporte, existiendo algunas excepciones. El resto de asignaturas de transporte de las Escuelas de Ingeniería son específicas y de marcado carácter tecnológico. Otras Facultades Universitarias que tocan el sector transporte marginalmente son las de Económicas ("Economía del Transporte"), Derecho ("Legislación del Transporte"), Arquitectura ("Urbanismo", "Accesibilidad y Forma Urbana", etc.), Geografía (asentamientos urbanos, accesibilidad y localización, etc.), Informática y Matemáticas (investigación operativa y redes de transporte) y Escuelas de Telecomunicaciones (GPS, RFID, telefonía móvil, Internet, etc.).

Mientras que la sostenibilidad y la integración territorial y ambiental de las infraestructuras y servicios de transporte pueden gozar de cierta perspectiva transversal y son susceptibles de una "ambientalización" y "sostenibilización" curricular, tanto el análisis del transporte como sistema así como las TIC en el transporte necesitan de una formación específica y una "verticalidad".

Si la enseñanza del transporte en España ha de seguir pivotando alrededor

de la Ingeniería Civil, es necesario dotar a los futuros planes de estudio dentro del EEES de asignaturas sobre el Sistema de Transporte (con fuerte base de optimización e investigación operativa, microeconomía, teoría de juegos, comportamiento de la demanda y psicometría, etc.) y en particular sobre TIC y Transporte (con clara referencia a los Sistemas de Transporte Inteligente). La Ingeniería Industrial seguiría aportando las enseñanzas sobre energía, vehículos y material móvil y señalización. Si, por el contrario, es necesario desarrollar una perspectiva integral y multidisciplinaria, es posible que la formación sobre el transporte deba evolucionar hacia una titulación propia de Ingeniería del Transporte que ya existe en algunos países.

No existe en España una profesión con la formación adecuada para satisfacer las demandas sociales actuales y futuras en materia de transporte. La tímida (aunque en su tiempo considerada pionera) introducción de la "Economía del Transporte" en las enseñanzas de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos frente a disciplinas más tradicionales de la construcción de infraestructuras de transporte (carreteras y ferrocarriles) no ha conseguido levantar un cuerpo disciplinario sólido en nuestro país. Los equipos universitarios dedicados a la planificación,



economía y operaciones del transporte son los mínimos por exigencias docentes, pero en cambio tienen ante sí un abanico de oportunidades de desarrollo más grande.

Si a las etapas que configuran el ejercicio profesional en transporte se descuenta la de diseño (proyecto) y construcción (que conllevaría también las labores de conservación), las dos grandes etapas no del todo explotadas ni desarrolladas científicamente hoy en día son la planificación y la gestión del transporte. Y es en estas etapas donde se fragua la toma de decisiones relevantes que después conllevará (en un plano decisorio secundario) a la elaboración de un proyecto y la construcción de la obra.

La reivindicación de potenciación de la planificación y de las operaciones del transporte no es a nivel de atribuciones o relevancia profesional, sino a nivel científico y de investigación. La etapa de planificación está bien definida excepto por la ausencia de una función objetivo única y por la difícil sistematización en la generación de alternativas (que habitualmente se relega a un proceso creativo) y su evaluación. La etapa de las operaciones (con los aditamentos complementarios de la gestión) es más nueva, pero hoy en día es lo que se entiende por “transporte” en cualquier universidad avanzada (la construc-

ción de infraestructuras queda asociada a Ingeniería de Construcción o a Materiales).

En un entorno social donde impera la gestión del sistema de transporte a la creación de nueva infraestructura, el moldear la demanda a servirla, la movilidad al transporte, las consideraciones de sostenibilidad, la calidad de vida, la seguridad, el consumo energético, los impactos en el entorno, la democratización del viario público, el fondo social de los problemas, etc., la potenciación de las operaciones es la única respuesta posible y obligada. Es necesario “proyectar los servicios”, además de los objetos.

La casuística y riqueza de condicionantes de la práctica profesional (tangencialmente tocados en otras especialidades) pueden mostrarse con casos reales siguiendo el método docente del caso, ya clásico en las escuelas de negocios. Las TIC y el e-learning tienen también un papel primordial en el entendimiento y gestión del sistema.

Las materias que componen la disciplina de la construcción civil tienen, en general, un planteamiento separado que, en cierta medida dificulta la comprensión global del problema, aunque por el contrario se disponga de una mayor información específica. Las consecuencias de este planteamiento se reflejan en una postura

pasiva del alumno y poca integración de esos conocimientos.

Para superar estas dificultades, en algunas asignaturas se sigue como estrategia didáctica del aprendizaje del alumno empleada la técnica del caso, utilizada con cierta frecuencia en el ámbito de las Escuelas de Negocio. Los resultados que se obtienen superan de forma notable los correspondientes a una enseñanza más clásica de clases magistrales, despertando un notable interés en los alumnos. La comunicación y presentación de soluciones se convierte en un elemento fundamental del aprendizaje.

Varias condiciones de contorno estructurales han cambiado y bien pueden resumirse en la frase “hoy no hay carreras con futuro sino personas con futuro”, por lo que se requiere que la formación del ingeniero del futuro no podrá basar su

competitividad en la tecnología únicamente, sino que deberá ser un buen gestor y directivo (Robusté, 1991). Ello no quita para que en su formación se mantenga la necesaria solidez analítica, su toma de decisiones prácticas (su “criterio ingenieril” en definitiva), su capacidad de trabajo, la aplicación del método científico en las relaciones causa-efecto.

La formación actual conduce a técnicos capacitados profesionalmente (en base a la suma separada de información temática, la uni-direccionalidad de la relación profesor-estudiante y el reducido fomento de la crítica y de la visión de soluciones alternativas a un problema), si bien con escasa visión transversal para afrontar nuevos temas. Muchas de las facetas descritas anteriormente ayudarían a recuperar la imaginación y la transversalidad que falta en los planes de estudio actuales.

13.5 LAS NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA CONTRIBUIR A LA SOSTENIBILIDAD

Si siguiendo a Jansen, el papel de la educación superior en el plano de la investigación consistiría en dirigir la investigación participativa y transdisciplinar, orientándola a las necesidades de la sociedad.

A lo largo del estudio se han recogido muchos de los proyectos de investigación que están en marcha en relación a las TIC, el transporte y la sostenibilidad, como por ejemplo eMotion 2006-2008 o InMoSion 2006-2009 de la UE, los del CENIT, TRANSyT, o INSIA en el entorno universitario, o los muchos desarrollados por empresas TIC para los gestores de transporte, o por las empresas de automoción en torno al vehículo eléctrico.

Estas buenas prácticas son un primer paso que ya tiene un marco más amplio para su desarrollo en el plan nacional de I+D 2008-2011. Éste recoge dos líneas estratégicas, de cinco en total, centradas en sostenibilidad y TIC: Acción Estratégica de Energía y Cambio Climático y Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. También, entre los diez temas prioritarios para la innovación tecnológica sectorial, se

encuentran medioambiente y eco innovación, energía, aeroespacial y transporte e infraestructuras. Dentro de la acción estratégica de cambio climático se recoge la línea de movilidad sostenible y transporte. A su vez, en la de TIC se incluye la línea de aplicaciones, servicios y contenidos sectoriales, entre las que están el Transporte en su sentido más amplio y el Medio Ambiente en su sentido más amplio.

Este enfoque en el tratamiento de la sostenibilidad y de las TIC es novedoso, como se desprende del análisis del informe de COTEC 2008, en el que la estructura temática es: ciencias tecnológicas, ciencias agrarias, ciencias de la vida, ciencias de la tierra y del espacio, ciencias médicas, matemáticas, química, física, lógica y astronomía y astrofísica. Por otro lado, el índice COTEC sobre tendencias de la evolución del sistema español de innovación recoge algunos de los problemas identificados por los expertos consultados, de entre los que por su relación con el objeto de este estudio, cabría destacar: el insuficiente aprovechamiento por parte de las empresas del potencial cientí-

fico y tecnológico del sistema público de I+D, escasa promoción pública de grandes proyectos multidisciplinares, con participación de empresas, universidades y otros centros públicos de investigación, o el desajuste entre la formación y la capacitación recibida en el sistema educativo y las necesidades de las empresas de innovar. De acuerdo con los datos de este informe, del 100% (11.815,2 millones de euros) de la ejecución y financiación de la I+D en España en 2006, el reparto por sector institucional es: 16,7% Administración Pública, 27,6 Enseñanza Superior, 55,5% empresas, 0,2% Instituciones privadas sin fines de lucro.

Una de las conclusiones del presente estudio debe ser el destacar la necesidad clara y la dificultad real de basar la investigación, para la resolución de los problemas medioambientales, en equipos pluridisciplinares. El nuevo enfoque del Plan Nacional de I+D, parece dar respuesta a esta necesidad con las acciones estratégicas. Cada una de las disciplinas integradas en este estudio, transporte, TIC y sostenibilidad, a su vez tienen que garantizar que los fundamentos de la investigación se adecuan a la necesidad de integración en planos más abarcadores de conocimiento.

Por ejemplo, un análisis sobre la investigación en transporte realizado a

partir de las comunicaciones presentadas al bianual Congreso de Ingeniería del Transporte destila carencias metodológicas aún en proceso de ajuste (Robusté, 1999): *“Se argumenta que incluso el tipo de matemáticas (más bien basadas en variables continuas en los currícula actuales) deberían ser distintas y ciertos enfoques centrados en la resolución mecánica de problemas físicos planteados matemáticamente deberían dar paso progresivamente a enfoques activos en la modelización y análisis del sistema”*. Por otro lado, los vínculos del transporte con el urbanismo y el territorio, para trabajar sobre movilidad sostenible, generación de viajes, simulaciones de demanda, gestión de las mercancías, diseño de las terminales de transporte... son fundamentales.

En el caso de las necesidades de investigación TIC, se observa que la convergencia de los sectores de telecomunicaciones, de la informática (hardware y software) y de los contenidos audiovisuales, no hace sino complicar la interrelación de la investigación básica con los sectores en los que se quiera integrar, como el transporte y la sostenibilidad. El empaquetamiento que facilita la vida al usuario no es, necesariamente, la visión del producto que necesitan investigadores de otras áreas para entender la utilización de tecnologías combinadas.

13.6 EL DIÁLOGO ENTRE LA UNIVERSIDAD, LA EMPRESA Y OTROS ACTORES

Para analizar las relaciones entre la Universidades y su entorno, partiremos del supuesto de que de que *la educación del ingeniero para un desarrollo sostenible* debe desarrollarse idealmente en las denominadas “universidades globales abiertas intensivas en investigación” (Marginson, 2008) que se caracterizan por:

- Combinar *la enseñanza, la investigación y la prestación de servicios* mediante el desarrollo de un amplio abanico de actividades donde se persigue la creatividad, la innovación y el comportamiento responsable.
- Producir bienes de conocimiento tanto públicos como privados, pero asumiendo como responsabilidad principal la contribución a la investigación, creación, mantenimiento y difusión del *conocimiento público global* de su especialidad.
- Estar conectadas en red con otras universidades y centros de investigación empresariales, intercambiando conocimientos y experiencias a través de las *movilidad de profesores y alumnos* y el *trabajo colaborativo mediante medios telemáticos*.

- Contribuir al desarrollo social, económico y cultural de su comunidad en *cooperación con el sector empresarial e institucional* de referencia.
- Excelencia y eficiencia en la educación y capacitación profesional de sus estudiantes.

Estas características definen a la Universidad como un espacio abierto social en el que la comunidad universitaria se relaciona cada vez más con el mundo empresarial, institucional y comunitario. Además, como consecuencia de la globalización y de la difusión de Internet, la *extensión universitaria* ha sobrepasado el ámbito local siendo cada más frecuente la colaboración de la Universidad con empresas e instituciones internacionales.

Sin embargo estas relaciones no están exentas de permanentes desencuentros, como consecuencia de las diferentes misiones y culturas de los actores. Por ejemplo, es ya un tópico la pobre relación entre las universidades y las empresas en España, *dos mundos que se buscan pero no se encuentran* como consecuencia de un perfil demasiado academicista de

las universidades frente al pragmatismo empresarial. Siendo esto una realidad incuestionable, no es menos verdad que en los últimos años se ha producido un cambio drástico en las universidades hacia actitudes y regulaciones favorables a esta relación. De hecho, existen centros universitarios que mantienen fuertes lazos con las empresas, aunque de momento se concentran en las disciplinas más tecnológicas e ingenieriles (FUNDACIÓN CYD, 2005).

En todo caso, no hay duda de que los intereses que impulsan al mundo académico y al empresarial a establecer relaciones de colaboración son muy diferentes:

- La misión de la Universidad es de naturaleza social mientras que la empresa persigue el beneficio privado. El objetivo principal del académico es la expansión general del conocimiento público mientras que en la empresa se busca la consecución de objetivos concretos mediante proyectos que responden a planes empresariales prefijados.
- La práctica académica es muy diferente a la empresarial. Los resultados de la investigación académica son frecuentemente impredecibles, el investigador necesita reorientar su investigación en cualquier momento; por el contrario en la empresa la planificación de las tareas en torno al cumplimiento de objetivos parciales en un calendario definido es

uno de los principios paradigmáticos de funcionamiento.

- Finalmente, las pautas culturales, los valores y los sistemas de reconocimiento en el mundo académico son casi opuestos a los de la empresa. El individualismo y la necesidad de notoriedad del universitario contrastan frecuentemente con el trabajo en equipo característico de las empresas. La promoción y reconocimiento público del universitario se fundamenta en la publicación y discusión de los resultados de su trabajo mientras que la confidencialidad y la confianza lo son en el mundo de la empresa.

A pesar de estas diferencias, la colaboración entre la Universidad y la empresa es habitual en muchas universidades, presentando casos de éxito muy notables que van desde el diseño e impartición conjunta de programas hasta el lanzamiento de iniciativas “start-up” o “spin-off” basadas en la explotación conjunta de patentes surgidas en la universidad a partir de programas conjuntos de investigación (Demain, 2001). Los estudios muestran que los mejores resultados de esta colaboración se producen cuando ésta se basa en el respeto a las diferencias y en los principios de comunicación, confianza e interdependencia a largo plazo.

No cabe duda de que el trabajo que se requiere para preparar ingenieros e investigadores, que utilicen las TIC para conseguir un transporte más sostenible, se muestra como una enorme oportunidad para las universidades y las empresas de intensificar su colaboración.

Más complejas resultan las relaciones entre la Universidad y los poderes políticos. En los países más avanzados está consolidada la *autonomía universitaria, la libertad de cátedra y la gobernanza socialmente responsable* con principios básicos del funcionamiento universitario que evitan antiguas tentaciones de control político. Sin embargo, continúan existiendo importantes polémicas y debates sobre la financiación (pública, privada o mixta), la evaluación de los resultados (buen uso de los recursos públicos utilizados) y la capacidad de proponer objetivos desde los gobiernos (contratos programas).

Con independencia de este tipo de tensiones, se hace evidente que en disciplinas como las que estamos tratando (transporte, sostenibilidad y TIC), donde las políticas públicas y la regulación ocupan un lugar prominente, es imprescindible el establecimiento de fuertes lazos de cooperación.

Finalmente, la universidad se debe a las diversas comunidades con las que se relaciona a nivel local, nacional o global. En este sentido, cada vez es más fre-

cuenta que los estamentos universitarios participen en organizaciones no gubernamentales de todo tipo, tal como se ha descrito en apartados anteriores.

Para concluir, debemos señalar el fenómeno que está produciendo una mayor transformación en las relaciones de colaboración entre la Universidad y su entorno: la utilización masiva de Internet y las redes sociales. En efecto, la mejora en el transporte físico, pero sobre todo los avances en la conectividad, las aplicaciones de comunicación y el trabajo cooperativo están permitiendo que se creen espacios virtuales donde profesionales de las empresas, las administraciones públicas, entidades sociales y cualquier interesado pueden compartir sus conocimientos e inquietudes, convirtiéndose en muchos casos en auténticos prescriptores en su área de conocimiento. Estas comunidades no respetan las fronteras políticas ni responden a ideologías que no sean las que ellos mismos crean.

Un desafío importante al que se enfrentan las empresas y las universidades en estos momentos es precisamente el definir y llevar a cabo su participación en *las redes globales* que se están creando en las diversas *aéreas de conocimiento científico-técnico y de negocio*. La creación y extracción del valor del conocimiento público, es decir, el desarrollo de procedimientos que permitan la *monetari-*

zación del conocimiento público, es ya una de las preocupaciones de las empresas transnacionales más innovadoras.

Es desde este enfoque, desde el que se pueden afrontar en la Universidad los desafíos de la sostenibilidad, y en particular, el impacto de los desplazamientos y las posibles modificaciones de hábitos y tecnologías, para compatibilizar el desarrollo del transporte con la sostenibilidad medioambiental.

Como se recoge en el informe GUNI, quizás el desafío más complejo, como se ha tratado de mostrar en este artículo, es que *“el desarrollo sostenible no es una especialidad independiente, sino que debe integrarse en todas las operaciones, actividades y departamentos”*. En este sentido, las reflexiones que afectan a la aplicación de las TIC al sector del transporte, serían una concreción de esta aproximación transversal a los desafíos medioambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (2007): *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011*, FECYT.
- CORTINA, A. (2008): *Conferencia ética profesional en ETSII-UPM*, <http://www.induforum.es/induo8/retrans.html>
- COTEC (2008): *Informe Cotec 2008*.
- DEMAIN, A. L. (2001): *The Relationship between Universities and Industry: The American University Perspective*. Food technol. biotechnol. 39 (3) 157-160.
- FUNDACIÓN CYD (2005): *La universidad y la empresa española*. Colección de documentos CYD, 2/2005.
- GUNI (2008): *La educación superior en el mundo. Educación superior: nuevos retos y roles emergentes para el desarrollo humano y social*.
- LAURÍA, E. (2001): *La filosofía de la educación del ingeniero*. En Boletín de la Academia Nacional de Educación Nº 49.
- MARGINSON, S. (2008): *Ideas of a University” for the global era. Paper for seminar on ‘Positioning University in the Globalized World: Changing Governance and Coping Strategies in Asia*. Centre of Asian Studies, The University of Hong Kong; Central Policy Unit, HKSAR Government; and The Hong Kong Institute of Education. 10-11 December 2008, The University of Hong Kong.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1930): *Misión de la Universidad*. Alianza Editorial.
- ROBUSTÉ, F. (1991): *Formación y competitividad: Una llamada de atención*. Actas del II Congreso Nacional de Ingeniería Civil, pág.: 618-620. Santander.
- ROBUSTÉ, F., CASAS, J. R., y AGUADO, A. (1999): *La formación de un ingeniero civil compatible con el legado de los ingenieros de caminos, canales y puertos: aprendiendo de las escuelas de negocios*. III Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Barcelona, 24-26 de noviembre.
- TÜNNERMANN, C. y SOUZA, M. (2004):, *Challenges of the university in the knowledge soceity, five years alter the world conference of Higher Education*. En UNESCO Forum Ocasional Paper Series 4, Paris, UNESCO (ED-2004/WS/11).
- VALLAEYS, François y CARRIZO, Luis (2006): *Responsabilidad Social Universitaria*. CD Interactivo, RED Ética y Desarrollo, Banco Interamericano de Desarrollo 2006.
- VEST, C. (2005): *Pursuing the endless frontier*. The MIT Press.
- VEST, C. (2007): *The American research university. From World War II to World Wide Web*. University of California Press.

SÍNTESIS E IDEAS PARA EL FUTURO

José Ignacio Pérez Arriaga

RAI. *Coordinador*

Ana Moreno Romero

UPM. *Coordinadora*

“Es el cambio, el cambio continuo, el inevitable cambio, el factor dominante en la sociedad actual. Ya no se puede adoptar ninguna decisión sensata sin tener en cuenta no sólo el mundo tal y como es, sino como será.”

(Isaac Asimov, “My Own View”, en “The Encyclopedia of Science Fiction” (1978), ed. Robert Holdstock.).

“La sostenibilidad, al fin y al cabo, es el arte de hacer indefinidamente posible la realidad que deseamos.”

(Ramón Folch, El Periódico de Cataluña, Oct. 24, 2008.).

1. PRESENTACIÓN

¿En qué forma se espera que las TIC contribuyan a un desarrollo más sostenible del sector del transporte? ¿Será significativa su aportación? ¿Qué se puede hacer para que las TIC puedan desarrollar plenamente este potencial, particularmente en España? Este documento de síntesis trata de dar respuesta de manera concisa a estas preguntas centrales en el Estudio o, al menos, identificar los principales factores a tener en cuenta. El texto se ha elaborado a partir de las “ideas fuerza” proporcionadas por los autores de cada uno de los capítulos, y de los comentarios recibidos durante el proceso de su elaboración.

Un amplio estudio¹ sobre las predicciones que los futurólogos han realizado en las distintas épocas de la historia, comparando lo predicho con lo que realmente ha ocurrido, muestra que, mientras que el progreso tecnológico ha sido casi siempre seriamente infravalorado, el social ha mostrado, normalmente, una clara tendencia a la sobrevaloración. La inercia en el comportamiento humano parece ser, pues, mucho mayor que la del desarrollo tecnológico.

Las TIC y el transporte parecen desafiar el anterior paradigma, al menos par-

cialmente, dado el rápido ritmo de crecimiento de su uso. Durante las últimas décadas la accesibilidad del transporte a la generalidad de la población de los países industrializados ha facilitado significativamente la movilidad de las personas, permitiendo desplazamientos incomparablemente más rápidos y flexibles que en épocas anteriores y a precios generalmente asequibles. Por otro lado, en el lapso de unos cuantos años, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han modificado significativamente la forma en la que nos relacionamos, trabajamos, realizamos gestiones, aprendemos o nos entretenemos. Pero de lo anterior no debe entenderse que sea sencillo alterar los patrones de comportamiento de las personas. Al contrario, existe una enorme inercia al cambio, y muy particularmente en aspectos como la movilidad de personas y bienes, tan estrechamente asociada a la interacción social y al desarrollo económico. Uno de los elementos que caracteriza a la sociedad actual es, precisamente, una elevada y creciente movilidad.

Las líneas de actuación de las TIC sobre la sostenibilidad del transporte que el Estudio ha puesto de manifiesto no tra-

1. Gerard K. O'Neill, "2081: A hopeful view of the human future", New York: Simon and Schuster, 1981.

tan de enfrentarse a esta realidad tozuda, o por lo menos no directa ni exclusivamente. Estas líneas se pueden agrupar en tres categorías:

- Por un lado, dando por supuestos los actuales patrones de movilidad, se examina el uso de las TIC para mejorar las prestaciones de vehículos e infraestructuras, y gestionar el tráfico de personas y mercancías para mejorar el servicio, en eficacia, seguridad, consumo energético e impacto ambiental.
- Por otro lado, se constata la existencia de nuevas vías, que sin las TIC no serían posibles, para evolucionar hacia modelos de trabajo, enseñanza e interacción social que compatibilicen la presencia física, cuando es necesaria, con una reducción de la movilidad superflua, teniendo presente que el objetivo del transporte no es la movilidad *per se*, sino la accesibilidad a personas, bienes y servicios.
- Finalmente, además se propugna el uso de las TIC como medio de extender la conciencia de la necesidad de realizar determinados ajustes en el actual paradigma del transporte. La formación de los ingenieros, y de otros profesionales, con una visión sistémica de las interrelaciones entre el transporte y un desarrollo sostenible, y del rol que debe jugar la tecnología, es otro elemento más a potenciar.

Los grandes cambios que serán necesarios para reconducir el modelo de transporte a una senda de sostenibilidad tendrán que pasar por:

- a) la *descarbonización* de los actuales combustibles;
- b) una mayor eficiencia en los vehículos, en su interacción con las infraestructuras de soporte y en su utilización, individual y en flotas; y
- c) un cambio en los patrones de utilización de los diversos modos de transporte y en el propio planteamiento del territorio y del modo de vida.

En definitiva, sustitución de los actuales vectores energéticos; vehículos, infraestructuras y gestión del tráfico más eficientes; y patrones más sostenibles de movilidad.

El Estudio ha permitido realizar una amplia revisión de las posibles contribuciones de las TIC en cada una de estas tres grandes áreas de actuación. Podría inicialmente parecer que la mayor aportación de las TIC a la sostenibilidad del transporte sería el transformar la vida diaria convirtiéndola en más “virtual”, al facilitar el tele-trabajo, la enseñanza a distancia, las compras “on-line” y las comunicaciones en general, transportando solamente información, en vez de las personas que han de trabajar con o aprender

de otros. Éstos son aspectos que ciertamente se han examinado en detalle en el Estudio. Su impacto actual es todavía moderado, incluso en sociedades con alto nivel de vida y acceso amplio a las TIC, aunque su potencial es elevado.

El Estudio también muestra que las TIC serían imprescindibles como una herramienta necesaria para que muchas de estas medidas - ya sea en la gestión de flotas, sistemas inteligentes de control del tráfico, suministro eficaz de información que facilite la intermodalidad, logística integral del transporte de mercancías y viajeros, “e-navigation” más eficiente y segura, gestión de la interacción de los vehículos con las infraestructuras de soporte, o la gestión de la interacción de millones de coches híbridos enchufables a la red con el centro del control del sistema eléctrico, entre otras muchas aplicaciones - puedan llegar a realizarse eficazmente. Prácticamente ninguna de estas medidas sería posible, o sólo de forma muy limitada, sin las TIC. Pero el mayor atractivo de las TIC, y donde reside su extraordinario potencial, es que abren posibilidades totalmente novedosas, impensables sin su participación, como por ejemplo la gestión potencial simultánea de millones de vehículos eléctricos o

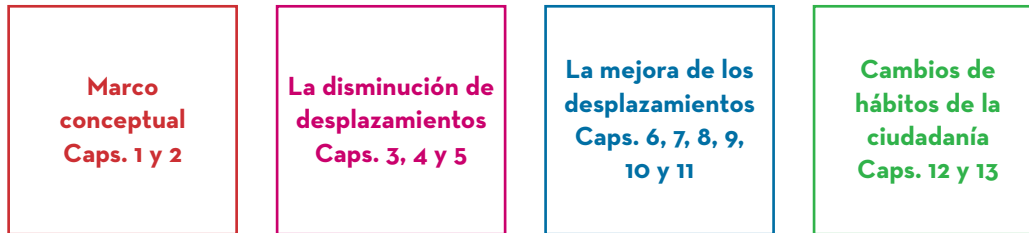
híbridos conectados a la red eléctrica, con el doble objetivo de proporcionar servicios de alto valor económico al sistema eléctrico y reponer la carga de las baterías.

Se llega así a una conclusión que se ha ido mostrando con creciente claridad según avanzaba el Estudio. Las TIC no son una tecnología marginal en el proceso de lograr un modelo sostenible de transporte, sino una tecnología esencial, que podría calificarse de “tecnología capacitante o habilitadora” (“enabling technology”) para muchas de las medidas que será necesario adoptar. Casi siempre como un componente imprescindible en la implantación de la medida. En otros casos, las TIC son la fuerza motriz para los cambios de comportamiento asociados al tele-trabajo o a la enseñanza a distancia. Y para otras medidas de crítica importancia, como la previsible electrificación futura del transporte terrestre por carretera, las TIC simplemente permiten que un enfoque así se pueda plantear.

Todo lo anterior conduce a insistir en la importancia de una formación amplia y sistémica del ingeniero, que le proporcione una visión integral de las implicaciones de largo alcance del despliegue de cada tecnología.

2. LAS IDEAS FUERZA

A continuación se exponen, capítulo a capítulo y por su orden, las ideas fuerza que se pueden extraer de cada uno de ellos, a partir de las indicaciones de sus autores. Los capítulos se han agrupado en cuatro bloques de acuerdo a la siguiente estructura:



MARCO CONCEPTUAL

EL DESAFÍO DEL TRANSPORTE SOSTENIBLE Y LA OPORTUNIDAD QUE OFRECEN LAS TIC

Capítulo 1. Ingeniería, innovación y sostenibilidad

Se suele afirmar que la ingeniería consiste en la aplicación de conocimientos al desarrollo de métodos para usar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio del ser humano. Pero la ingeniería puede, y de hecho debe entenderse, en estos momentos, de una manera más amplia. La ingeniería ya no

opera exclusivamente sobre la materia, sino que lo hace cada vez más intensamente sobre otro elemento sutil e incorpóreo, la información digital y la lógica que gobierna su procesamiento automatizado, *el software*.

Las TIC, cuyos efectos ambientales directos son inferiores en varios órdenes de magnitud a los de las actividades de contenido físico, permean ahora cualquier tipo de actividad y su contribución al desarrollo no sólo se limita a mejorar la

eficiencia económica de los procesos, sino también a hacerlos más sostenibles y además en un sentido amplio que trasciende la dimensión puramente ambiental.

Actualmente la contribución directa de las TIC a la economía de un país intermedio como España se sitúa en torno al 7% del PIB, a lo cual habría que añadir sus efectos indirectos sobre el resto de los sectores productivos, que son importantes desde hace ya tiempo en el sector servicios y crecen en resto de las actividades de la economía tradicional: industria, construcción, etc. El siguiente estímulo para las TIC se extenderá posiblemente a medio plazo más allá de la creación de valor económico, para entrar de lleno en el ámbito de la sostenibilidad.

Innovación y Sostenibilidad son conceptos profundamente arraigados en el ser y en el estar de la ingeniería auténtica. Éstos son tiempos de crisis; tiempos, por tanto, de cambios. Hay que hablar menos de sostenibilidad y practicarla más. Hay que reivindicar de nuevo la eficiencia y rechazar actitudes, sin futuro, que han nacido en el seno de nuestras opulentas sociedades. Tal vez, el recurso más abundante y menos aprovechado de nuestro planeta es el cerebro de seres humanos que tendemos a concentrarnos en algunos lugares de este planeta y tenemos abandonados extensos territorios, humanamente desertizados. Las tecnologías de la información y las comuni-

caciones son armas cargadas de futuro, que tenemos ya a nuestro alcance.

La información, por otra parte, debe ser escalón ineludible para alcanzar el conocimiento por el que se puede acceder a la sabiduría. La ingeniería es también un sueño. Como lo son todos los proyectos que nacen en la mente de los seres humanos antes de hacerse, algunos, realidad. El paso del tiempo, en las sociedades opulentas, conformistas y temerosas, genera estructuras sociales rígidas y anquilosadas que dificultan, cuando menos, el progreso auténtico. La deseable especialización, en el mejor de los casos, tiene en ella sus nichos. Pero la especialización no es suficiente. Lo que se requiere es permeabilizar el tejido social, crear flujos transversales que irrigen el conjunto y permitan brotar cuantas iniciativas útiles puedan surgir de una sociedad dinámica, innovadora y sostenible, es decir de la sociedad del conocimiento en la que la ingeniería tiene una misión esencial y debe tener una presencia destacada.

Capítulo 2. El sector del transporte y la sostenibilidad

Un elemento clave en la falta de sostenibilidad del actual modelo de desarrollo es la elevada y creciente movilidad de mercancías y personas y las tecnologías utilizadas para satisfacerla. Se trata de una cuestión

de resolución muy compleja, por diversos motivos.

Por un lado, la falta de sostenibilidad es un problema global con múltiples causas, que incluyen desde el crecimiento de la población mundial y su justa aspiración a un nivel de vida digno, hasta el agotamiento de recursos energéticos fósiles asequibles, el impacto ambiental de las actividades de producción y consumo de bienes y servicios, la falta de equidad en el acceso y disfrute de la riqueza, la inadecuación de las instituciones políticas o la falta de formación e interés de la población en problemas tan globales y de tan largo plazo.

Pero, por otro lado, esta elevada movilidad es precisamente una de las características que definen a la sociedad actual. Los espectaculares avances en el transporte han contribuido decisivamente al progreso social y económico, y los modos de transporte están estrechamente relacionados con la forma de vida y la estructuración espacial de las distintas sociedades humanas.

La actividad del transporte incide de diversas formas en la falta de sostenibilidad del actual modelo de desarrollo: el transporte depende en gran manera del petróleo, y por ello conduce a su eventual escasez a precios asequibles; produce emisiones de contaminantes atmosféricos (que tienen efecto sobre la calidad del aire

urbano), y de gases de efecto invernadero (que son causa principal del calentamiento global), consume importantes recursos de suelo y agua, además de la energía; y da lugar a un inaceptable número de víctimas –muertos y heridos– como consecuencia directa de esta actividad.

El objetivo de una política de transportes debiera ser la creación de proximidad o cercanía, mejorando la accesibilidad y reduciendo en lo posible la “producción de transporte”, con sus costes medioambientales, sociales y económicos. Por otro lado, los límites impuestos por las consideraciones de impacto medioambiental y la escasez de recursos asequibles van a exigir una profunda modificación en los vectores energéticos para el transporte y los medios de producirlos y utilizarlos, en la eficiencia de los vehículos y en la gestión de las flotas y del tráfico.

Es posible agrupar las diversas líneas de actuación que se han propuesto para encauzar el actual modelo de transporte hacia un patrón más sostenible en tres grandes bloques:

- Patrones más sostenibles de movilidad, tanto en los modos de transporte que elijan los usuarios (contando con la mejor información disponible y educación sobre las implicaciones de sus decisiones); como en una logística avanzada que permita una eficiente utilización de los

recursos; y reduciendo los desplazamientos facilitando la cercanía sin por ello aumentar necesariamente la movilidad.

- Vehículos más eficientes (y seguros), tanto en su diseño como en su funcionamiento, en la información disponible al conductor y en los medios disponibles en las infraestructuras, que permitan su eficiente y segura utilización.
- Evolución del mix actual de vectores

energéticos (básicamente petróleo, más algo de biocombustibles y electricidad) hacia otro más sostenible.

El presente Estudio ha examinado en profundidad el papel que las TIC desempeñan en el diseño, viabilidad e implantación de estos tres tipos de medidas, con los resultados que se destacan en la presentación de las ideas fuerza de los distintos capítulos.

LA DISMINUCIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

LA APORTACIÓN DE LAS TIC AL BINOMIO ACCESIBILIDAD-MOVILIDAD

Capítulo 3. La movilidad ¿signo de progreso?

La actividad cotidiana de las empresas, de sus profesionales y de la ciudadanía, se ve, cada vez, más afectada por el nuevo entorno que supone la sociedad en red. Este nuevo contexto tiene diversos impactos sobre el medioambiente, tanto por el cambio global de modelo de crecimiento, *“La sociedad de la información representa un cambio de una economía intensiva en energía, altamente contaminante y basada en bienes, a una más desmaterializada y basada en el conocimiento”* (web ITC for sustainability, Comisión UE), como por la sustitución de algunos desplaza-

mientos al poder usar canales de comunicación electrónicos alternativos para ciertas actividades.

La posibilidad de trabajar, acceder a los servicios de educación, asistencia sanitaria o gestión administrativa, desde el domicilio, o desde centros cercanos, mejora la calidad de vida de los ciudadanos, les ayuda a conciliar su vida personal y laboral, y a aprovechar mejor su tiempo. Además, puede contribuir a hacer ciudades más sostenibles: reducir los desplazamientos en horas-punta, las necesidades de aparcamiento y la contaminación ambiental y acústica.

El mayor o menor avance en hacer cierto este potencial de movilidad virtual,

dependerá de la capacidad de trabajadores, ciudadanos y usuarios de servicios de modificar los hábitos tradicionales. Las TIC pueden influir en los desplazamientos de manera diferente (Douma, 2003): sustituyéndolos, modificando horarios y rutas, generando nuevos desplazamientos vinculados a relaciones que las TIC permiten y que sin ellas no existirían, y con efecto neutro. La resultante de la disminución de emisiones por sustitución y modificación, y el aumento por nuevos desplazamientos, no está suficientemente estudiada. El estudio SMART2020 es un primer paso, que hace un detallado análisis sobre la contribución del sector TIC a la sostenibilidad, estimando la huella ecológica de su actividad, productos y servicios y los ahorros derivados de la *desmaterialización*, y mejora de eficiencia en el transporte.

Las dos claves fundamentales para que la sustitución de desplazamientos tenga un impacto real y se extiendan los e-servicios disponibles, son: la modificación de los hábitos tradicionales (gestión del cambio), y la extensión a toda la población del acceso y uso de las TIC y los servicios asociados (lucha contra la “brecha digital”).

Los procesos de cambio que las TIC y las organizaciones en red permiten, se encuentran con barreras sociales y culturales que ralentizan los posibles avances. La potencial disminución de los despla-

mientos diarios (tele-trabajo, e-administración, e-aprendizaje, e-compra), de los desplazamientos laborales no diarios (reuniones sin viajes) o desplazamientos del entorno personal esporádicos (tele-asistencia, apoyo a viajes de ocio con grupos de comunicación electrónica...) sólo es posible con actuaciones integradas. La planificación, sensibilización a usuarios, apoyo tecnológico, mejora de competencias y acompañamiento para el establecimiento de nuevos hábitos, son los ingredientes de los proyectos que hoy funcionan. Uno de los ejemplos mejor estudiados es el tele-trabajo.

El tele-trabajo, o trabajo en red, es una de las oportunidades más relevantes para evitar desplazamientos, a la vez que se producen mejoras en la organización y en la calidad de vida de los profesionales. El trabajo realizado de forma no presencial surge en las sociedades occidentales más avanzadas, en los albores de la década de los noventa, como una iniciativa para facilitar a ciertos trabajadores especializados el poder realizar tareas de forma remota, lográndose con ello una cierta conciliación entre la vida privada y la profesional. Las empresas tienen la oportunidad de incorporar la sostenibilidad ambiental a las variables a tener en cuenta en la implantación de programas de tele-trabajo.

Este trabajo en red puede seguir avanzando, no sólo por extensión a más organizaciones, sino también por especialización de las TIC en funciones más complejas a realizar a distancia, como se recoge en el capítulo 4.

Capítulo 4. Entre el método convencional y los sistemas innovadores de trabajo

En este capítulo se analiza el transporte de personas en el ámbito del trabajo, y se presentan, con ayuda de algunos ejemplos concretos, las posibilidades que ofrecen las actuales técnicas basadas en las TIC que se especializan en determinadas funciones complejas.

Las actuales tecnologías de la información y las comunicaciones permiten eliminar desplazamientos en muchos casos, por lo que se podría afirmar que contribuyen a la sostenibilidad del transporte al reducirlo, e incluso suprimirlo. En todo caso, el escenario es distinto en función del tipo de trabajo y de los objetivos concretos de las actividades a desarrollar.

Se puede hablar de desplazamientos de personas relacionados con la gestión y el control del trabajo, con la toma (conjunta) de decisiones, con el trabajo colaborativo, con el tratamiento y análisis de datos o con la actuación directa sobre el entorno. El trabajo colaborativo puede

estar enfocado al análisis de datos y la comprensión conjunta de los mismos, al diseño y/o creación conjunta de una obra o producto, o bien al asesoramiento, tutoría o aprendizaje. Las posibilidades reales que ofrecen las TIC dependen del tipo de actividades a realizar y del tipo de datos a compartir.

En el campo médico, la telemedicina contribuye a la sostenibilidad reduciendo las necesidades de transporte, tanto en lo que se refiere a personas como a información, datos y documentos. La telemedicina permite la acción inmediata a distancia de los especialistas más idóneos en cada ocasión y hace innecesario, por tanto, el transporte y los desplazamientos. Las técnicas de telemedicina posibilitan el diagnóstico a distancia y la ayuda en el marco de los programas de rehabilitación de pacientes concretos, evitando desplazamientos que en algunos casos podían haber sido complejos o incluso imposibles.

Dentro del ámbito de la industria, las TIC permiten reducir las necesidades de transporte en aspectos tan diversos como los relacionados con el diseño colaborativo en proyectos complejos, o con el mantenimiento a distancia. En este último caso, las técnicas agrupan tanto la monitorización y la recogida de datos como la actuación y el tutelaje remotos. El ejemplo paradigmático de estos sistemas de man-

tenimiento se encuentra en el campo aeroespacial y en concreto en los equipos embarcados en satélites. En los próximos años se asistirá a una creciente utilización de estas técnicas para el mantenimiento de equipos industriales y domésticos, con sistemas de monitorización y envío de datos por parte de los propios equipos: la conexión de los sistemas de control de los equipos (e incluso de los electrodomésticos) a internet significará un cambio de perspectiva, pasando de la recogida de datos a distancia, al envío autónomo y al autodiagnóstico por parte de los propios equipos y sistemas.

Sin duda, la posibilidad de trabajar en ingeniería colaborativa sobre modelos de producto comunes está permitiendo tanto a las industrias como a los subcontratistas de ingeniería abordar proyectos mayores y más complejos, que demandan más recursos y capacidades de diseño complementarias, a la vez que reducen las necesidades de desplazamiento de personas. En el caso, por ejemplo, del diseño naval, los subcontratistas pueden acceder de forma controlada a los modelos 3D de forma remota, lo que facilita notablemente la coordinación y la integridad de los datos y evita los desplazamientos de clientes, diseñadores y constructores, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema global de transporte.

En todo caso, hay que indicar que el uso de estas nuevas tecnologías puede conllevar algunas dificultades, producto en ocasiones de la velocidad vertiginosa con que van apareciendo, y que contrasta con la lentitud con que la sociedad puede asimilarlas. Las nuevas formas de trabajo, en algunos casos, producen rechazo en el momento que modifican las fronteras tradicionales entre profesiones. Los proyectos algunas veces fracasan por un exceso de expectativas previas, que luego chocan con la realidad de su puesta en práctica y de posibles problemas de financiación. Existe una tendencia a pensar que los problemas que aparecen son de índole técnica cuando en muchos casos son sociales, organizativos, de falta de infraestructuras o políticos.

Capítulo 5. Retos de la enseñanza a distancia: los sistemas avanzados

Los cambios de modelo a través de las TIC que se han mostrado en el capítulo 3 y 4 (tele-trabajo, gestiones en línea o comercio electrónico) han conseguido distintos niveles de avance. La tele-formación es, quizás, uno de los servicios más consolidados. Gracias a las TIC se generan nuevos modelos de enseñanza, se generaliza la oferta de servicios y se progresa en sus estándares de calidad.

Una de las conclusiones que podría extraerse de los tres casos que se exponen en las monografías –el de Cepade, el de Ceddet y el de la UOC–, es que esta nueva modalidad de servicios, que se concibe para aportar flexibilidad y mejora de la oferta de formación a los participantes, tiene un impacto positivo en la sostenibilidad por evitar desplazamientos y, lo que es más interesante, puede ser un aliado si se quiere avanzar en el futuro en la mejora de los impactos medioambientales de la formación.

En estos ejemplos, la tele-formación permite que muchos alumnos residentes en otras ciudades de España, e incluso del resto de Europa, puedan cursar sus estudios superiores de postgrado en la Universidad Politécnica de Madrid sin necesidad de trasladar su residencia, que muchos empleados públicos iberoamericanos compartan en Ceddet cursos de formación continua, o que estudiantes en cualquier localidad puedan cursar estudios universitarios como los que ofrece la UOC.

La planificación de estrategias y modelos *e-learning* no tenía, inicialmente, como vector principal el evitar desplazamientos aunque, por su propia naturaleza, así lo ha propiciado. El tener servicios de alto volumen en marcha permite incorpo-

rar la variable medioambiental con facilidad, porque ya se ha recorrido todo el camino de “gestión del cambio”. La extensión, modificación o transferencia del modelo son posibles de forma eficaz y eficiente.

De lo dicho no hay que deducir que la enseñanza presencial –cara a cara– vaya a desaparecer; ni mucho menos. Cada modo educativo, según los colectivos a los que se aplica y los objetivos perseguidos, tiene su particular ámbito de actuación. De modo general, la pura y simple acumulación de conocimientos está dejando de ser el símbolo distintivo de la persona intelectualmente preparada. Esta distinción se asocia cada vez más a la capacidad de análisis, de relación, de *contextualización* y de comunicación que proporciona la aptitud para razonar, y que un uso inteligente y flexible de las TIC puede facilitar.

Entre los posibles impactos positivos se encuentra también el asumir, dentro de la oferta formativa, un compromiso de contenidos que apoyan la sostenibilidad conforme se desarrolla en los casos expuestos, y un enfoque transversal en todos los cursos ofertados. De esta forma, se materializa el alineamiento del papel de la Educación Superior con la Responsabilidad Social Universitaria.

LA MEJORA DE LOS DESPLAZAMIENTOS

LAS TIC PARA UN TRANSPORTE MÁS INTELIGENTE

Capítulo 6. Hacia una red inteligente de transporte público urbano

El empleo de las TIC en el transporte público urbano contribuye notablemente a la reducción de la congestión, de la contaminación atmosférica y del consumo de energía; facilita la gestión del tráfico, mejora la regularidad de los servicios de viajeros y mercancías y, finalmente, favorece la planificación de las redes y servicios de transporte en general. Sus aplicaciones al transporte urbano suponen, pues, la mejor forma de potenciar su uso y, en consecuencia, de ayudar a la sostenibilidad del sistema al contribuir a maximizar el beneficio social neto.

A la hora de atraer nuevos usuarios o facilitar su permanencia, una de las aplicaciones más relevantes de las TIC al transporte público viene de la mano de la información. Es evidente que cualquier tecnología que -incluyendo el conocimiento de los tiempos de espera- permita al viajero mejorar el tiempo total de desplazamiento, favorecerá su uso y, en este sentido, aparte de la gestión del sistema propiamente dicha (flotas, tráfico, billeteaje, etc.), un usuario bien informado sobre las

posibilidades de viaje estará más dispuesto a modificar sus hábitos de movilidad cotidiana hacia los modos públicos. Puede decirse que, en materia de transporte público, hay mucha infraestructura pero poca “infoestructura”, y la solución a esta carencia pasa por obtener e intercambiar datos procedentes de numerosas fuentes: autobuses, trenes, tranvías, tráfico, etc.

En el mismo sentido, es muy importante que las infraestructuras, es decir, los espacios urbanos que utiliza el transporte público, los nuevos espacios intermodales -algunos de los cuales están construidos bajo rasante-, etc., recojan, desde la fase de proyecto, la incorporación de TIC, al objeto de proporcionar la información necesaria que permita optimizar la gestión y la seguridad de los entornos relacionados con los distintos servicios tanto, desde el punto de vista de los usuarios, como desde el de la explotación.

Ligado a lo anterior, es imprescindible la coordinación de los distintos servicios prestados por los operadores que integran la red. En efecto, la mejor forma de que el usuario perciba su viaje como lo más parecido a un servicio “puerta a puerta” es eliminando la penalización que

supone el transbordo; y esa minimización del tiempo de espera sólo puede existir si existe coordinación entre operadores (metro, autobuses urbanos, autobuses interurbanos, cercanías, etc.) que proporcionen la información necesaria en tiempo real; lo que, a su vez, en las grandes áreas metropolitanas al menos, implica cooperación entre administraciones como prerrequisito forzoso para la coordinación de servicios y la integración de los sistemas de información y pago.

Finalmente, las tecnologías disponibles mediante el uso del teléfono móvil abren todo un campo de utilidades, tanto para la planificación de la ruta óptima, es decir, el itinerario en sí, como para la elección de la franja horaria menos “congestionada”, lo que permite cumplir los objetivos del transporte público urbano: “seamless mobility seamlessly made available”; es decir, “movilidad ininterrumpida ininterrumpidamente hecha posible”.

Capítulo 7. El futuro transporte de mercancías en acción

El auge del comercio internacional y el desarrollo de redes globales de suministro han incrementado de forma importante la demanda de servicios de transporte de mercancías de larga distancia. Será difícil incorporar las emisiones de gases efecto

invernadero que corresponden al transporte internacional de mercancías por vía aérea y marítima en los futuros instrumentos y compromisos internacionales de mitigación del calentamiento global, dado lo complejo que resulta asignar esas emisiones a un país concreto.

Los modos con menor capacidad de carga, como el transporte por carretera o el aéreo, presentan, en general, un consumo energético por tonelada-kilómetro mayor que el ferrocarril o el transporte marítimo y fluvial. A cambio, aquéllos proporcionan al operador de transporte costes fijos más bajos, además de una rapidez (transporte aéreo) y una flexibilidad y capilaridad (transporte por carretera) que, a día de hoy, no se encuentran al alcance de los otros modos.

La combinación de varios modos de transporte permite utilizar el más adecuado en cada uno de los tramos del viaje, reduciendo el consumo energético y a la vez, el impacto ambiental de uno determinado. El desarrollo de la intermodalidad requiere, además de la estandarización de las unidades de carga, una coordinación entre los diferentes agentes que participan en el proceso logístico que sólo puede ser posible gracias al soporte de las TIC.

Además de facilitar la intermodalidad, la aplicación de las TIC a los sistemas logísticos permite reducir ineficiencias y optimizar procesos en todas las etapas del

transporte de mercancías. Las empresas logísticas buscan reducciones de costes a través de la implantación y uso de tecnologías como las herramientas de auto-identificación (como código de barras, etiquetas RFID o software OCR), los programas de optimización (software de optimización de rutas o de carga, por ejemplo), los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite (GPS) o los sistemas de comunicaciones móviles (GSM-GPRS y UMTS).

El objetivo es conseguir un transporte de mercancías más eficiente, que permita mantener o incluso mejorar el nivel de servicio ofrecido al cliente, a la vez que se realiza un menor consumo de recursos en términos de combustible, mano de obra, espacio, etc. Esta búsqueda de ahorros repercute indirectamente, y de forma beneficiosa, en el medioambiente.

Capítulo 8. El vehículo y los sistemas basados en las TIC

Los sistemas inteligentes de transporte (“Intelligent Transportation Systems”, ITS) plantean la interacción entre todos los elementos implicados en el transporte (vehículos, usuarios, infraestructura, administraciones y empresas) gracias a un planteamiento integrado, en el que los sistemas autónomos a bordo se complementan con tecnologías coopera-

tivas de comunicación vehículo-vehículo y vehículo-infraestructura.

Los ITS surgen como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad. Los ITS se plantean frente a las estrategias tradicionales, generalmente focalizadas en el incremento de las infraestructuras, lo que lleva a insostenibilidad económica, espacial y medioambiental, buscando mejorar la eficiencia del transporte. Los ITS se utilizan en todos los modos actuales de transporte, y en el Estudio se contempla explícitamente el transporte por carretera, el transporte aéreo y los buques de transporte.

Los servicios y sistemas ITS se conciben como una combinación de información, comunicaciones y tecnologías del transporte en vehículos e infraestructuras. Muchos de los nuevos sistemas basados en las TIC no se reducen al ámbito del vehículo, sino que plantean una clara interacción con la infraestructura e, incluso, con otros vehículos. Este hecho amplía notablemente las posibilidades de estos sistemas al manejar una información más completa. Así, muchos de los sistemas embarcados en los vehículos se apoyan en información que, parcialmente, proviene de ellos mismos, pero otra parte de dicha información tiene su origen en su exterior, con lo que hay comunicación con la infraestructura en muchos casos.

Un aspecto tecnológico común a todos los modos de transporte es la necesidad de disponer del posicionamiento de los vehículos en todo momento para el funcionamiento de muchos de los sistemas y servicios basados en las TIC. Este posicionamiento debe ser más o menos preciso en función de las aplicaciones.

La intrínseca flexibilidad de los ITS permite que se puedan abordar simultáneamente diversos problemas de transporte aprovechando la misma base tecnológica. Así, puede existir un deseable solapamiento, en algunas situaciones, entre las medidas enfocadas a la mejora de la sostenibilidad medioambiental con aquellas dirigidas al incremento de la seguridad del transporte, de la eficiencia y el servicio al viajero.

Capítulo 9. La marcha acelerada hacia las nuevas estructuras del transporte

La infraestructura y las comunicaciones asociadas a ella han dejado de ser un soporte pasivo del transporte y, gracias a las TIC, alcanzan un cierto grado de inteligencia. La llamada “carretera inteligente” puede aportar ventajas tanto para la gestión de la demanda (y con ello reducir, por ejemplo, la congestión y las pérdidas de tiempo y consumos innecesarios de energía), como para la propia infraestructura

(haciendo posibles los sistemas de tarificación, aforos o predicción de necesidades de mantenimiento); y también ayudando a la seguridad en la circulación, así como gestionando modificaciones temporales o transitorias de los parámetros de la propia infraestructura. Las TIC aportan a la infraestructura una posibilidad adicional de integración, tanto de información de vehículos y acerca de la situación de la propia infraestructura, como de aspectos externos (meteorología, etc.).

La gestión de la circulación de los vehículos ferroviarios y aéreos ofrece una doble peculiaridad: por una parte, se prevén las situaciones de tráfico que se presentarán en horizontes temporales futuros; y por otra –y ésta es especialmente relevante– se integra en un único sistema la información de varios subsistemas con tecnologías diferentes, lo que permite la automatización de las decisiones considerando la información recibida de todos ellos. En ambos campos –aéreo y ferroviario– España es pionera en el diseño y aplicación de sistemas avanzados e integrados de gestión del tráfico y de la infraestructura.

Las infraestructuras pueden, además, anticiparse. Éste es el caso peculiar del ferrocarril alimentado por electricidad, por ser el único modo de transporte que en la actualidad presenta una interacción per-

manente con el sistema eléctrico. Es aquí clave la diferencia que existe entre los vehículos que se basan exclusivamente en el almacenamiento de la energía a bordo y aquellos otros – como son en la actualidad los trenes electrificados, pero podrían ser también en el futuro, por ejemplo, los coches – que se conectan a la red, ya sea de forma continua o intermitente, para obtener la energía. En este último caso, para lograr el aprovechamiento óptimo de la energía, es necesario dotar de una cierta “inteligencia anticipativa” al sistema que forman conjuntamente los vehículos y la infraestructura. De esta forma los vehículos pueden abastecerse de energía en los momentos en que ésta es más barata –por ejemplo cuando haya exceso de producción de energías de carácter intermitente– e incluso pueden verter energía a la red en momentos de necesidad –haciendo uso, por ejemplo, del frenado regenerativo o reduciendo su demanda por cortos periodos de tiempo.

En resumen puede afirmarse que la infraestructura, cuando también actúa como gestor inteligente de la información generada en el transporte, puede contribuir significativamente a la mejora de la eficiencia –y sostenibilidad por tanto– del sistema en todos los aspectos, aportando inteligencia, integración y posibilidades de anticipación.

Capítulo 10. Gestión de la movilidad para un transporte sostenible y seguro

Se pueden destacar los siguientes aspectos en que las TIC desempeñan un papel relevante en la gestión del tráfico:

- Como habilitadoras, permitiendo el desarrollo de aplicaciones de control y gestión con mayores funcionalidades y adaptación a la demanda.
- Como capacitadoras de la interoperabilidad de sistemas, facilitando la gestión global de la movilidad en toda su dimensión y obteniéndose mejoras sustanciales de esta supervisión y operación globalizada.
- Y como catalizadoras de la generación de valor añadido para el usuario final (conductor, peatón, ciclista, etc.), con información adecuada, tanto en naturaleza como en plazo, que puede ser difundida mediante redes existentes o de nueva implantación, potenciando la capacidad de decisión y adaptación de los usuarios.

Las TIC también tienen un papel relevante en la mejora de la seguridad vial mediante actuaciones encaminadas al cumplimiento de la legislación vigente, y la adaptación inteligente de las limitaciones a las condiciones de circulación existentes, reduciendo en la disminución efectiva de la velocidad media de los desplazamientos.

Asimismo, las TIC constituyen uno de los pilares principales de alineamiento estratégico y de gestión eficiente en las empresas, con especial relevancia en el transporte colectivo. El seguimiento de flotas de vehículos y sus capacidades para una mejora ordenada de la actividad y la adaptación constante a la demanda al mismo tiempo que la reducción de costes, son aspectos primordiales para la competitividad de las empresas, al mismo tiempo que producen beneficios en forma de reducción de emisiones y fomento de estos modos de transporte por la potenciación del servicio a los usuarios.

Las TIC ofrecen, pues, nuevas capacidades que redundan, tanto directa como indirectamente, en un tráfico privado con mayor información, en la potenciación y mayor calidad de los servicios de transporte colectivo y en un cumplimiento efectivo de la normativa vigente. En resumen, son un ingrediente esencial en un conjunto de medidas que contribuyen a un transporte más sostenible, facilitando la realización de los desplazamientos de forma ordenada y con menores niveles de emisiones.

Capítulo 11. Una nueva generación de vehículos: los eléctricos.

El uso del vehículo automóvil eléctrico –ya sea exclusivamente eléctrico o, como

parece más probable a medio plazo, híbrido enchufable a la red– puede contribuir a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), siempre que la tecnología de generación que se utilice en la carga de las baterías –sobre todo si es renovable– tenga menor intensidad de emisión de GEI que la utilización de derivados del petróleo.

Otra ventaja adicional de una significativa penetración del vector electricidad en el transporte privado de personas por carretera es posibilitar una mayor integración de energías renovables de carácter intermitente en el sistema eléctrico. El coche eléctrico puede, además, ser usado para almacenamiento de energía, ofreciendo al sistema la energía contenida en sus baterías en las horas punta del sistema o en situaciones de emergencia.

El sistema eléctrico español (incluyendo generación, transporte y distribución) está preparado para acoger la demanda de un parque numeroso de vehículos eléctricos, siempre y cuando se pueda controlar la carga en su magnitud y en su plazo. El procedimiento de carga lenta en horas valle es el preferible, ya que evita o reduce la posibilidad de inversiones del sentido del flujo en la red de distribución.

Las TIC serían imprescindibles para permitir que esta auténtica revolución del

transporte privado por carretera pueda ser realidad. Una penetración masiva de vehículos eléctricos sólo tiene sentido si, aparte de disponer de generación de electricidad baja en emisiones de GEI en cantidad suficiente, es posible gestionar inteligentemente y de forma coordinada todos estos vehículos de forma que se satisfagan

las necesidades de sus usuarios y a la vez se integren eficientemente en el sistema eléctrico sus valores agregados de demanda, almacenamiento y producción. El caso de los vehículos eléctricos es paradigmático del papel que las TIC pueden jugar en la transformación del actual modelo de transporte en otro más sostenible.

CAMBIOS DE HÁBITOS DE LA CIUDADANÍA

FORMACIÓN INTEGRAL Y PATRONES DE COMPORTAMIENTO PARA UN FUTURO MÁS SOSTENIBLE

Capítulo 12. Influencia de las TIC en los medios de comunicación social y en la concienciación ciudadana sobre la sostenibilidad del transporte

Las TIC configuran crecientemente una nueva forma de estar en la sociedad, permitiendo definir nuevas relaciones entre el gobierno y los ciudadanos a través de la información y los procesos de consulta y co-decisión y mediante su utilización como medio y herramienta para informar, debatir, animar y organizar eventos, tanto dentro como fuera del espacio virtual en cualquier campaña de sensibilización social.

Las TIC representan una gran oportunidad para potenciar, desde entornos virtuales, el trabajo de sensibilización y comunicación que se ha venido haciendo

desde los medios tradicionales, ya que llegan a todos los ciudadanos aprovechando su potencialidad multimedia y multiperfil y su capacidad de acceso global a cualquier nodo de la red social.

Las TIC tienen una influencia creciente en cualesquiera de los actores implicados en el transporte:

- Ciudadanos particulares, con sus múltiples decisiones cotidianas, desde el tipo de vehículo o combustible que usan hasta con qué frecuencia, cómo lo conducen o si utilizan el transporte público o prefieren andar o ir en bicicleta.
- Administraciones públicas locales, autonómicas, estatales o de la Unión Europea, que planifican estrategias, políticas y campañas y ponen en marcha sistemas de información del transporte.

- Medios de comunicación con su enorme poder de persuasión, fabricación de opinión, hábitos e imaginarios colectivos.
- Organizaciones de la sociedad civil, con su capacidad de convocatoria, concienciación y planteamientos alternativos e innovadores.
- Y las empresas, que no sólo fabrican automóviles, proporcionan las propias TIC o suministran todo tipo de servicios de valor añadido, sino que tienen una enorme influencia sobre los ciudadanos a través de la publicidad y pueden desarrollar tareas de concienciación a sus propios empleados.

Internet, en concreto, se nos presenta a la vez como estructura organizativa y como instrumento de comunicación en esta sociedad crecientemente “reticulada” y sus herramientas y servicios empoderan al individuo en su relación con las administraciones, con otras personas y con las propias organizaciones a las que pertenece o con las que interactúa.

Capítulo 13. La formación del Ingeniero y el desarrollo sostenible

Los desafíos sociales y medioambientales de ámbito global están actualmente en la agenda de la Universidad. El informe GUNI recoge esta misión de la Universidad:

“Su objetivo es primordialmente promover la utilidad social del conocimiento, contribuyendo a la mejora de la calidad de vida; por ende, demanda perspectivas bidireccionales entre la Universidad y la sociedad e implica la multiplicación directa de usos críticos que tiene el conocimiento en la sociedad y en la economía” (GUNI, 2007).

Una de las formas de sintetizar estas aportaciones desde la Universidad es alinear esfuerzos para que los profesionales que se forman en ella actúen desde la ética profesional, y se impliquen en la construcción de organizaciones responsables allá donde ejerzan su actividad.

Pero no sólo la Universidad interviene a través de los profesionales que pasan por sus planes de estudio. Como organización, la Universidad también puede ser un actor comprometido con el desarrollo sostenible. En los últimos años en la agenda de las Universidades comienza a aparecer la Responsabilidad Social Universitaria. UNESCO la basa, entre otros, en los siguientes puntos: preservar y crear capital social del saber, apoyar elaboración de políticas públicas y privadas teniendo en cuenta necesidades de los distintos sectores, crear una vigorosa política de desarrollo del personal, incluir

un currículo transversal que asuma la realidad del país, ofrecer formación permanente, y mantenerse abierta a cambios.

Los dos bloques de estudio escogidos, la optimización de desplazamientos en la sociedad en red apoyándose en las TIC, por un lado, y las TIC como instrumento de mejora del impacto ambiental de los desplazamientos que se efectúan, por otro, abren nuevos ámbitos de trabajo profesional y de investigación. Todo esto requiere un planteamiento más amplio y sistémico de la función del ingeniero, de manera que se incorpore de forma natural el concepto de sostenibilidad en su proceso de formación en la Universidad, y después en sus actuaciones profesionales sobre el diseño y fabricación de vehículos, la provisión de los diversos tipos de movilidad o la logística del transporte. Se precisa un nuevo paradigma de ingeniero, que promueva el ahorro y la eficiencia energética.

Para alcanzar este objetivo, una de las principales dificultades estriba en cómo integrar los distintos planos de competencias. En el ámbito del transporte estos planos podrían concretarse en: competencias técnicas básicas, como la mecánica, integradas y aplicadas en el transporte, competencias transversales sistémicas como las TIC y, finalmente, aquéllas centradas en la sostenibilidad.

El papel de la sostenibilidad en el currículum académico es “impregnar” el currículum, no tanto el ser enseñado en asignaturas específicas. La formación actual conduce a técnicos capacitados profesionalmente, pero generalmente con escasa visión transversal para afrontar nuevos temas. El carácter multidisciplinar que es consustancial a la planificación y análisis del sistema de transporte con criterios de sostenibilidad, debería también transmitirse a su enseñanza a nivel universitario.

El enfoque actual de I+D en los planes generales en relación con el transporte y las TIC es razonablemente correcto, si bien las dificultades para el trabajo pluridisciplinar en las universidades supone un freno.

Y por último, quizás una de las funciones más importantes de la Universidad es ser un punto de encuentro entre actores. Para analizar las relaciones entre la universidades y su entorno un posible modelo es el de las denominadas “universidades globales abiertas intensivas en investigación” (Marginson, 2008).

Estas características definen a la Universidad como un espacio abierto social en el que la comunidad universitaria se relaciona cada vez más con el mundo empresarial, institucional y comunitario.

3. LAS TAREAS POR HACER

La selección de las ideas clave que marcan la agenda para avanzar en la sostenibilidad del sector transporte con el apoyo de las TIC, puede seguir distintos criterios. El primero y más intuitivo sería hacer un repaso para cada uno de los modos que se han recogido en el estudio y que se representan de forma gráfica en el cuadro inferior.

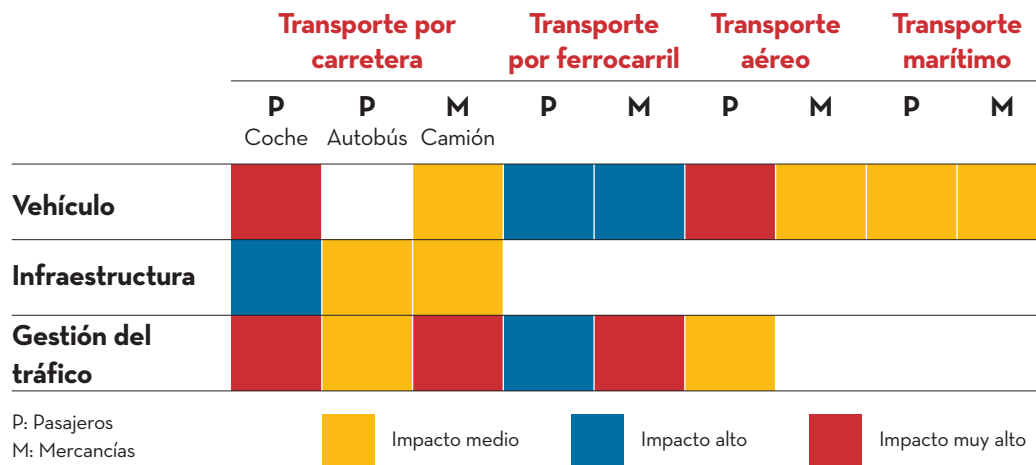
Sin embargo, las ideas fuerza más relevantes de ese análisis pormenorizado no tienen que ver con las casillas individuales de esa matriz, sino con:

- La interacción que las TIC habilitan: la intermodalidad y la interactividad con el

usuario que mejora el impacto ambiental, a la par que la mejora de la calidad del transporte.

- La innovación en productos, servicios y hábitos de movilidad orientados a sustituir desplazamientos sin disminuir la accesibilidad.

Sí se puede afirmar que la lectura de los distintos capítulos ha permitido identificar las líneas de actuación más relevantes para la mejora de la sostenibilidad del modelo de transporte, relacionadas con las TIC, en los distintos modos/ámbitos. Aplicando las ideas que se pueden extraer



del Estudio puede obtenerse una idea aproximada del potencial de mejora en cada una de las casillas del cuadro de la página 498. Una valoración detallada sería un ejercicio complejo que excedería el objeto de este estudio; sin embargo, de manera cualitativa, se han destacado en color azul y rojo las áreas que parecen mostrar un mayor potencial de actuación.

Un enfoque alternativo para identificar las tareas a hacer, sería poner el foco sobre cada uno de los actores que participan en este proceso de innovación: empresas, administraciones públicas, universidades y ciudadanos. En el esquema que sigue se recogen las ideas que, a continuación, se detallan:



Ciudadanos

- Evitar desplazamientos.
- Forma desplazamientos:
 - Transporte público.
 - Transporte privado.
- Adquisición de vehículo.



Empresas

- Todas las empresas:
 - Mercancías.
 - Trabajadores.
- Sectores TIC/automoción:
 - I+D sostenibilidad.
 - Comercialización productos sostenibles.

Universidad



- I+D multidisciplinar.
- Formación ingenieros para la sostenibilidad.
- Diálogo entre actores.

Administración Pública



Las empresas tienen un doble protagonismo en las posibles medidas a poner en marcha.

Por un lado, las del sector TIC y automoción, que se han implicado muy activamente en este estudio, están abriendo líneas de I+D para conseguir que sus productos contribuyan a mejorar la sostenibilidad del transporte. Esta apuesta es fundamental para aprovechar el potencial de las TIC en este campo y debería recibir la máxima prioridad. Además, la comercialización de esos productos sostenibles, si las empresas los sitúan entre sus prioridades de marketing, es un canal de modificación de hábitos de los consumidores muy importante.

Por otro lado, las empresas son también usuarios de los medios de transporte, tanto en lo relacionado con las mercancías, como en los desplazamientos de sus trabajadores. En las decisiones relacionadas con la logística de sus procesos productivos pueden apostar por los modelos de menor impacto ambiental para el desplazamiento de suministros y productos finales. También, en los planes de teletrabajo o planificación de medios de transporte comunitarios para sus trabajadores, se puede fortalecer la importancia del criterio ambiental en la toma de decisiones.

Este liderazgo de las empresas debe ser complementario a las actuaciones de

las Administraciones Públicas, que además de las competencias troncales en infraestructuras y transporte público y el desafío de la coordinación entre administraciones para la intermodalidad, tienen entre sus funciones las de legislador, regulador y responsable de las políticas nacionales de I+D, y deben dar al mercado los mensajes correctos para orientar las inversiones y controlar el cumplimiento de la normativa. Además, y como actor principal en esta importante función, las AAPP son el canal de acceso de mayor confianza a la ciudadanía y líderes naturales de las campañas de sensibilización para la modificación de hábitos.

En este sentido, los ciudadanos se enfrentan a muchas decisiones cotidianas en las que muestran, o no, su compromiso con un transporte sostenible. Las tres elegidas como focos sobre los que incidir son:

- Evitar desplazamientos innecesarios porque existen canales alternativos de acceso a un determinado servicio (por ejemplo gestiones administrativas).
- Elegir transporte público cuando sea posible.
- Y tener criterios de sostenibilidad a la hora de adquirir el vehículo particular.

Todos los actores del tercer sector tienen un papel importante para completar esta agenda de trabajo. En el estudio se ha analizado, en particular, el papel de la

Universidad, y se han encontrado líneas de avance que son parte de la agenda del transporte sostenible en sus tres funciones básicas: en I+D aportando la imprescindible *pluridisciplinariedad*, en docencia introduciendo como conocimientos transversales la sostenibilidad y su relación con las TIC y, muy especialmente, en los planes de los ingenieros que, de forma natural, trabajarán en el sector del transporte.

Por último, en la función de extensión universitaria, cada vez se identifica con más claridad la necesidad de actores que sean punto de encuentro entre empresas, tercer sector y administraciones. La Universidad podría liderar esta función mediadora para que los esfuerzos de todos los agentes estén adecuadamente alineados.

El transporte es un sector básico para el desarrollo económico. Su impacto

en la sostenibilidad del planeta es evidente. Todas las oportunidades que la innovación aporta para mejorar el impacto del sector son imprescindibles, y las TIC parecen estar entre los instrumentos más valiosos, cuando no imprescindibles, para esta innovación tecnológica.

Empresas, Administraciones y Universidades pueden, por separado, buscar soluciones, pero el impacto será mucho mayor con una agenda común.

Este Estudio ha permitido compartir ideas y proyectos de muchas fuentes distintas y muestra un conjunto de líneas de innovación, en distintos grados de madurez, esperanzador. Sin embargo los cambios de arriba a abajo sólo son una parte de la solución, también hay que promover cambios de abajo a arriba. La última palabra la tenemos los ciudadanos.



VISIÓN DE LOS PATROCINADORES

AYUNTAMIENTO DE MADRID



Una peculiaridad de las tecnologías objeto del presente estudio, común tanto en las telecomunicaciones e informática como en las tecnologías de transporte, es que ambas han facilitado la interacción de núcleos urbanos entre sí, incrementando significativamente el potencial de crecimiento de las ciudades. La Ciudad de Madrid es plenamente consciente de la trascendencia que para su desarrollo tiene la tecnología y que ésta debe formar parte, no sólo de los planteamientos de gestión municipal, sino de la cultura ciudadana de sus habitantes. La velocidad con que la ciudad sea capaz tanto de absorber e incorporar nuevas tecnologías como incluso generarlas en su seno es uno de los factores más importantes que marcan la diferencia, a nivel mundial, entre las ciudades de rango internacional protagonistas de la historia de su tiempo.

Consciente de esta situación, el Ayuntamiento de Madrid mantiene entre sus líneas de actuación un esfuerzo continuado para conseguir que se generalice ese espíritu innovador entre sus ciudadanos y que todos ellos consideren como suya una cultura tecnológica que les haga

formar parte de una verdadera sociedad del conocimiento. Como siempre, una inversión pública continuada en educación tecnológica y en el apoyo a la innovación empresarial es uno de los ejes claves del rumbo que deben tomar las ciudades que aspiren a mejorar de forma estable y sostenida su calidad de vida.

Este estudio es una importante referencia para la planificación y el desarrollo de cualquier gran urbe. La Ciudad de Madrid, consciente de la rápida evolución y del protagonismo que están adquiriendo los núcleos urbanos en el globalizado mundo en que vivimos, participa en el presente trabajo con una doble finalidad:

- Por un lado, la acelerada evolución en línea con las más activas ciudades de Europa que, sin perder su particular identidad, está sufriendo la ciudad de Madrid hace necesario mantenerla en contacto con cualificados grupos de expertos que aporten su conocimiento a la hora de proyectar y elaborar los planes de desarrollo y, en particular, en las materias objeto del presente estudio.
- Por otro lado, la amplia experiencia que sus órganos de gestión municipal

han ido adquiriendo al enfrentarse con la problemática real de abordar la sostenibilidad del desarrollo de la ciudad y en particular en materia de transporte urbano, junto con la incorporación, a todos los niveles, de las últimas tecnologías en información y telecomunicaciones, hacen al Ayuntamiento de Madrid un agente de interés en la participación del presente estudio.

La participación en el presente estudio ha sido un reflejo de las sinergias que se producen en la actividad diaria municipal de diferentes Áreas de Gobierno como la de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda, Seguridad y Movilidad o Economía y Empleo, en su tarea de convertir a Madrid en una importante ciudad del siglo XXI con proyección sostenible para siglos venideros.

FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

Fundación de los Ferrocarriles Españoles

La Fundación de los Ferrocarriles Españoles lidera dos proyectos de investigación relevantes: *EnerTrans*, en el que se realiza un estudio sobre homogeneización de la demanda de energía de todos los modos de transporte; y *ElecRail* sobre las posibilidades avanzadas de reducir la demanda de energía y emisiones en el ferrocarril eléctrico). Además, ha realizado para IDAE un estudio de Normalización de los consumos energéticos de los trenes y para Gran CEES un

estudio sobre el aprovechamiento de la energía regenerada con el freno eléctrico de los trenes.

Puede considerarse que la FFE es actualmente un referente europeo en lo que se refiere al estudio de la demanda de energía y emisiones del transporte por ferrocarril y en los estudios de comparación intermodal.

www.ffe.es

IBERDROLA

El uso de la electricidad como fuente energética del transporte tiene un futuro prometedor sobre todo si se piensa en el papel del vehículo eléctrico *enchufable*. Las TIC van a ser necesarias para permitir su carga de forma controlada, utilizando las redes eléctricas existentes y propiciando la mayor incorporación posible de energías renovables. Todo ello, dentro del concepto de “Smart Grids” en el que Iberdrola mantiene una posición de liderazgo mundial.

El Grupo IBERDROLA aspira a mantener su posición de liderazgo mun-

dial en el sector de las energías renovables reafirmando su compromiso con la sostenibilidad medioambiental. En 2008 ha sido la mejor “utility” dentro del índice Dow Jones de Sostenibilidad, figurando como la mejor eléctrica del mundo dentro del “Carbon Disclosure Leadership Index”. El Grupo, que ha realizado una importante apuesta por las tecnologías más limpias, es ya un referente mundial en energía eólica y una de las compañías con menores emisiones de CO₂ por GWh (producido) del sector eléctrico.



NISSAN



Sin duda, nos encontramos en el momento más importante de los últimos cien años de la industria de automoción. La transición de los vehículos propulsados por motores de combustión interna a los de Emisiones Cero (ZEV) es inminente y dará lugar a una nueva movilidad sostenible inédita hasta ahora. Esta nueva época va a requerir un gran esfuerzo por parte de todas las partes implicadas:

- El consumidor final tendrá que adaptarse a unos nuevos hábitos en el repostaje de los vehículos.
- El sector eléctrico deberá asegurar su capacidad para acoger la demanda adicional.
- La red de distribución deberá ser capaz de diseñar un sistema de gestión “inteligente” que consiga el adecuado control de las recargas de vehículos.
- Y cómo no, los fabricantes deberemos tener a punto esta nueva generación de vehículos que, progresivamente, hará posible una nueva manera de desplazarnos, sostenible para el planeta, que mejorará definitivamente la calidad de vida en

las ciudades así como el confort de sus ocupantes.

En el caso de la Alianza Renault-Nissan, probablemente dispongamos de los planes más avanzados para la comercialización de los vehículos de emisiones cero, ya que nuestra estrategia es global y en la actualidad, ya contamos con 27 acuerdos firmados con distintos gobiernos de ámbito estatal, local y otras organizaciones repartidas por todo el mundo. Pero este proceso requerirá un uso intensivo de las nuevas tecnologías y muy especialmente de las TIC, que abarcarán desde la comunicación al consumidor final hasta la gestión de las nuevas redes de recarga, por lo que las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tendrán la clave del éxito.

Todo el esfuerzo que hemos dedicado en este proceso inédito hasta ahora en el mundo de la automoción, tendrá su recompensa ya que nos habrá llevado a hacer realidad nuestra filosofía medioambiental: La simbiosis entre el ser humano, los automóviles y la naturaleza.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

Red Eléctrica trabaja para alcanzar un equilibrio eficiente entre las exigencias propias de su actividad empresarial y la sostenibilidad, desde una posición de compromiso ético con la sociedad. Red Eléctrica manifiesta su compromiso de protección ambiental y, para ello, facilita que cada profesional del Grupo realice su trabajo conciliando las exigencias propias de sus actividades con el máximo respeto al medio ambiente.

Además la actividad de Red Eléctrica ha venido utilizando intensivamente las tecnologías de la información y las comunicaciones. Hoy día no se concibe la operación del sistema eléctrico sin una robusta red de comunicaciones que capta, recoge y procesa cientos de datos desde emplazamientos lejanos, los presenta de una forma amigable a los operadores y todo ello en segundos. Estas tecnologías también brindan la posibilidad del telemando, es decir, maniobra remota de elementos sin desplazar personal.

En línea con el control y operación del sistema, Red Eléctrica ha sido finalista en el año 2008 al Premio Europeo de Medio Ambiente a la Empresa, en la categoría de Producto para el desarrollo sostenible, por la puesta en marcha del Centro

de Control para el Régimen Especial (CECRE), que permite maximizar la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico español, en cada instante y en condiciones de seguridad.

También es de destacar que desde la red de transporte de energía eléctrica de Red Eléctrica se alimenta y se alimentará la mayor parte de la red ferroviaria de alta velocidad actual y planificada lo que con un «mix» de generación más renovable permitirá proporcionar un combustible con menos contenido en carbono a estos trenes.

Por último se debe mencionar el futuro reto que para el sistema eléctrico supondrá la integración de los vehículos eléctricos. Red Eléctrica está convencida de que este reto es alcanzable, si bien los vehículos eléctricos se deben recargar durante los periodos de menos demanda eléctrica, lo que supone una forma eficaz de almacenamiento de energía, permitiendo de manera natural rellenar los valles de la curva de carga y hacerla más plana, incluso modificarla de forma inteligente de acuerdo con la producción en cada momento aspecto que no sería posible sin la contribución de las tecnologías de la información y las comunicaciones.



«El sector energético, y en particular el eléctrico, adquiere una relevancia cada vez mayor para el desarrollo económico y la calidad de vida de los pueblos. Está en nuestra mano que ese factor de desarrollo siga siendo multiplicador de bienestar, haciendo que sea un desarrollo sostenible, porque cada día que pasa estoy más convencido de que el desarrollo o es sostenible o no es desarrollo».

LUIS ATIENZA SERNA
Presidente de Red Eléctrica
de España

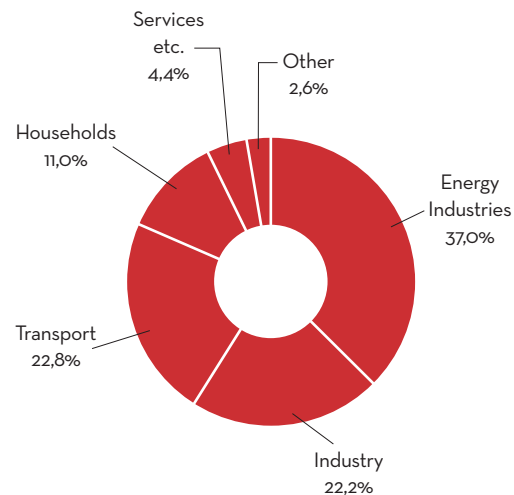


Las TIC poseen la capacidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del sector transporte desde dos frentes: uno por la optimización de los sistemas de transporte, movilidad y logística existentes, y otro a través de productos y servicios que eviten desplazamientos de individuos en las ciudades.

La reducción de desplazamientos a través de las TIC se ve reflejada a nivel local, por ejemplo, con servicios como el tele-trabajo, la virtualización de servicios públicos (e-government) y/o privados (e-business), la geolocalización de flotas y el tracking satelital. Estos servicios se encuentran disponibles y se han implementado ya en ciudades europeas y latinoamericanas, en donde el proceso de cuantificación de sus beneficios en términos de emisiones está siendo desarrollado por los distintos actores del sector TIC.

Otros servicios enfocados a reducir las emisiones del sector transporte de manera global son las reuniones virtuales como la videoconferencia y tele-presencia. Estos servicios de telecomunicaciones permiten reducir costos de viajes y tiempos de desplazamiento de personal. La WWF indica en una de sus publicaciones que la sustitución del 5 al 30% de viajes por vide-

CO₂ Emissions by Sector, EU-27 (2006)



oconferencias, podría reducir las emisiones de CO₂ en unas cantidades de 5,5 a 33,3 millones anuales. En Australia se espera que la videoconferencia a través de servicios TIC evite la emisión de 2,4 millones de toneladas de CO₂, equivalentes al 0,43 % de las emisiones globales del país¹.

Es así que estos ejemplos permiten poner de manifiesto las oportunidades del Sector TIC en el sector transporte a nivel mundial y, sobre todo, en el de países donde existe una decisión política de transformar la matriz energética y apostar por la eficiencia energética en sectores estratégicos.

1. WWF. Virtual Meetings and Climate Innovation in the 21st Century. Enero 2009.

TELVENT

TELVENT

En TELVENT creemos que el mundo se enfrenta a dos grandes problemas, quizá dos de los más importantes a los que debe hacer frente nuestra civilización: la sostenibilidad y la seguridad.

El mundo va tomando conciencia de forma progresiva y creciente de la eficaz herramienta que constituyen las Tecnologías de la Información en la solución de ambos problemas. Teniendo en cuenta la evolución de nuestro modelo de sociedad hasta la fecha, así como la inevitable evolución que tendrá en los próximos años, fruto de la incorporación al mundo empresarial de las primeras generaciones nacidas y educadas en la era post-Internet, no parece atrevido decir que la solución de ambos problemas es imposible sin el uso de las Tecnologías de

la Información. Sin ellas es difícil imaginar el funcionamiento de una empresa o de un gobierno; en general, el funcionamiento de nuestro modelo de sociedad.

Por ello, a través de las tecnologías de la información, en TELVENT queremos ayudar a construir un mundo más sostenible y seguro. Para ello, apostamos por el talento como fundamento desde el que desarrollar soluciones y servicios que ayuden a gestionar los recursos energéticos de forma más eficiente; a reducir las emisiones de CO₂ del transporte, haciéndolo más fluido; a optimizar el ciclo completo del agua; a controlar y supervisar las infraestructuras críticas; a proteger la información que se transfiere por redes públicas y privadas; y a digitalizar los procesos entre ciudadanos y sus gobiernos.



HAN COLABORADO

Acerbón Rodicio, Fernando

Ingeniero Industrial y Master en Ingeniería de Automoción. Director Técnico de la Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y camiones (ANFAC) y Profesor Asociado de la Universidad Carlos III de Madrid

Acha Ledesma, Carlos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y MBA del Instituto de Empresa. Director de los Servicios Corporativos y miembro del Comité Ejecutivo de ALSA. Es responsable de de los proyectos de TIC aplicadas al negocio. Ha sido Director General de ALSA-Chile. Experiencia docente en planificación de transportes.

Alonso Pérez de Agreda, Fernando

Ingeniero Naval (TESSIN de Madrid-1971). Responsable de la implantación del Sistema FORAN en los astilleros militares británicos, para el diseño y fabricación de los nuevos portaaviones de la marina británica. He trabajado durante más de 30 años en SENER: sistema CAD/CAM para el diseño y fabricación de buques desarrollado y comercializado por SENER.

Andreu Pinillos, Alberto

Licenciado en ICADE (UP Comillas) y

MBA en el Instituto de Empresa. Director de Reputación Corporativa, Identidad y Medio Ambiente en Telefónica. Profesor asociado en el Instituto de Empresa. Forma parte de la Comisión de Expertos en Responsabilidad Corporativa. Miembro del StakeHolder Council del Global Reporting Initiative y del Comité Español de Global Compact.

Andreu Ceballos, Francesc

Experto en Relaciones Públicas. Director de Comunicación Producto de Nissan Iberia, S.A.

Añonuevo Navarro, José Luis

Ingeniero de Telecomunicación, por la Universidad Politécnica de Valencia. Jefe de Departamento de Ingeniería del Área de Tráfico Vial y Marítimo de Indra Sistemas S.A.

Aparicio Izquierdo, Francisco

Doctor Ingeniero Industrial. Catedrático de Transportes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSIIM), Director del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y Presidente de la Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA).

Arce Ruiz, Rosa M.

Dra. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesora Titular del Depto. de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente de la ETSI de la U.P.M y miembro de TRANSYT. Ha dirigido y colaborado en Estudios de Impacto Ambiental de las obras públicas. Ha sido impulsora y directora del Área de Gestión Medioambiental de la Fundación EOI.

Barberá Heredia, José

Dr. Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid, “Electrical Engineer” y “Master of Science in Electrical Engineering and Computer Science” por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Asesor Ejecutivo del Secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información.

Brunet Crosa, Pere

Dr. Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña. Catedrático de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad Politécnica de Cataluña y responsable del grupo de investigación en Visualización y Realidad Virtual de la misma. Académico numerario de la Real Academia de

Ingeniería y Académico Correspondiente de la Academia Portuguesa. Fue Vicerrector de Investigación de la UPC.

Calvo Campos, Luis Alberto

Ingeniero Electrónico y Master en Gestión Internacional de Empresas (MGIE), por la Escuela de Organización Industrial (EOI). Director de Transporte Terrestre y Ferroviario de INDRA, precediéndole el anteriormente durante cinco años puesto de Director Internacional de Transporte Terrestre en la misma empresa.

Carbajo Josa, Alberto

Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid, Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Madrid y Master en Comunidades Europeas por la Escuela Diplomática de Madrid. Director General de Operación de Red Eléctrica de España, S.A. Ha sido Director General de Minas e Industrias de la Construcción Profesor asociado en la E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

Carrasco Gallego, Ruth

Ingeniera Industrial. Profesora del área de Ingeniería de Organización en la ETSI Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, dónde imparte asignaturas relacionadas con el diseño

de sistemas logísticos y el empleo de modelos cuantitativos aplicados a la logística. Ha desempeñado varios cargos relacionados con la logística y los sistemas de información en el sector privado.

Castañer Muñoz, Luis

Dr. Ingeniero de Telecomunicación y Catedrático de Tecnología Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña. Ha investigado y publicado numerosos artículos sobre células solares, transistores bipolares y dispositivos MEMS para sensores y actuadores. Desarrolla sensores para aplicaciones espaciales para la medida del viento en el planeta Marte y la determinación del vector solar en el guiado de satélites. Es Académico de la Real Academia de Ingeniería de España.

Castillo Holgado, Antonio

Dr. Ingeniero de Telecomunicación. Es Profesor Visitante de la Universidad Carlos III de Madrid. Ha sido Director Corporativo de Telefónica S.A, Director General de Telefónica Investigación y Desarrollo y Presidente del ETSI (European Telecommunications Institute).

Cillero Hernández, Alberto

Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales y en Investigación y

Técnicas de Mercado. MBA del Instituto de Empresa. Gerente de Consultoría y Proyectos en ALSA. Ha desempeñado posiciones diversas siempre en el ámbito de la consultoría de transportes. Es autor de diversas publicaciones y estudios en materia de transporte terrestre de viajeros.

Coello Brufau, Joaquim

Ingeniero naval por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid y MBA IESE. Consejero Delegado de Applus+. Académico numerario de la Real Academia de Ingeniería. Ex-decano del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos de España. Ex-Presidente de la Autoridad Portuaria de Barcelona.

Corera Sánchez, José Manuel

Ingeniero Eléctrico por la ESII Bilbao (1985), y Master por Cranfield I.T., Inglaterra. Responsable actualmente en Iberdrola Distribución del Departamento de Sistemas de Control.

Díaz Fernández, José Luis

Dr. Ingeniero de Minas por la UPM. Catedrático Emérito de la UPM. Académico de las Reales Academias de Ingeniería y de Doctores. Presidente de la Asociación Española para la Economía

Energética. Ha sido Presidente de Enpetrol, Campsa y Repsol Petróleo.

Feito Hernández, Miguel Ángel

Economista. Realizó estudios de posgrado en la Sorbona, U. de Machester, U. Complutense e INSEAD. Director de la Fundación CEDDET. Ha sido Subsecretario de Industria y Energía, Vicepresidente del INI, Presidente de Retevisión, miembro de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones y miembro del Consejo de Administración de varias empresas.

Ferraté Pascual, Gabriel

Doctor Ingeniero Industrial. Académico Supernumerario de la Real Academia de Ingeniería. Catedrático Emérito de Automática de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Ex Director General de Universidades e Investigación y de Política Científica, ex Rector de la UPC y de la Universitat Oberta de Catalunya

García Álvarez, Alberto

Ingeniero del ICAI, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, Licenciado en Derecho y periodista. Dirige en la Fundación de los Ferrocarriles Españoles los grupos de investigación de “energía y emisiones en el transporte

por ferrocarril” y de “explotación técnica y económica del transporte”. Profesor en el ICAI de “Economía y explotación del transporte “ y coordinador y profesor del Master Universitario en Sistemas Ferroviarios.

García Hermo, Arancha

Ingeniero Industrial por la Universidad Carlos III de Madrid y Master en Ingeniería de Automoción por la Universidad Politécnica de Madrid. Coordina distintos proyectos de carácter técnico en ANFAC como Ingeniero Jefe de Proyectos

González de Frutos, Juan Carlos

Ingeniero Técnico Industrial por la UPM y PDD por el IESE. Responsable de la cuenta de Resultados en la Dirección Regional Centro de Telvent Transporte. Ha llevado a cabo actuaciones con distinto grado de responsabilidad en Telvent, desde Jefe de Base, Ingeniero de Proyecto, Jefe del Dpto de Ingeniería de Tráfico Urbano hasta Director del Área Asia-Pacífico.

Herrero Jover, Javier

Doctor por la Universidad Autónoma de Barcelona en 1992 y Cirujano plástico en ejercicio en el Centro Médico Teknon de Barcelona. Presidente de Alma IT

System, Ingeniería especializada en imagen médica y en el desarrollo de modelos para la planificación y navegación quirúrgica. Ha presidido la 22 edición del CARS (Computer Assisted Radiology and surgery).

Herreros Hidalgo, Ma Flora

Ingeniero Industrial del ICAI (Universidad Pontificia Comillas, UPCO), y Master en Sistemas Ferroviarios por el Instituto de Postgrado y Formación Continua (UPCO). Subdirectora Gerente de la Real Academia de Ingeniería. Su experiencia profesional abarca el campo de la electrónica aeroespacial, la maquinaria industrial, la logística y la jefatura de obras.

Hierro Llanillo, José Luis

Ingeniero S. de Telecomunicación por la UPM, BS y Master en Ingeniería Eléctrica por la U. de Oklahoma (E.E.U.U.) y Diplomado PDD por el IESE. Desde 1980, su trayectoria se ha desarrollado en Ericsson, AT&T, Lucent y Alcatel-Lucent, liderando iniciativas para la innovación de las telecomunicaciones.

Jiménez Alonso, Felipe

Ingeniero Industrial y Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid y Licenciado en Ciencias Físicas por la UNED. Profesor de la UPM y Director

de la Unidad de Sistemas Inteligentes en Vehículos del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA).

Lada Díaz, Luis

Ingeniero de Telecomunicación. Consejero y Consultor de diversas empresas del Sector TIC. Académico Numerario de la Real Academia de Ingeniería. Ha sido Presidente de Telefonía Móviles y de Telefonía de España así como Director General de Desarrollo, Planificación y Regulación del Grupo Telefónica. H sido Vicepresidente de la Asociación de Ingenieros de Telecomunicación.

Lanza Suárez, César

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. “Computer Science MSc”. Director General de Tecnova I.S.

López Díez, Jesús

Doctor Ingeniero Aeronáutico desde 1992. Profesor de Aeroelasticidad y Vibraciones desde 1992. Catedrático de Universidad, Profesor de Aeronaves y Vehículos Espaciales.

López Lambas, Ma Eugenia

Especialista en Transporte Terrestre y en Transporte Sostenible por UPM. Profesora de Transportes de la ETSI de Caminos,

Canales y Puertos de la UPM. Profesora del Máster de Urbanismo y Medio Ambiente de la Universidad Rey Juan Carlos. Directora Docente del Curso de Transporte Terrestre de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

López Pita, Andrés

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (UPM). Catedrático de Infraestructuras del Transporte en la UPC. Director del Centro de Innovación del Transporte (CENIT). Académico Numerario de la Real Academia de Ingeniería. Ha desarrollado su actividad en el campo de la investigación y en Proyectos de construcción y asistencia técnica a obras de ingeniería, con especial relevancia en el campo del ferrocarril tanto en Renfe como en Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya y en la Unión Internacional de Ferrocarriles. Ha sido miembro del Consejo de Administración de Renfe.

López Ruiz, José Luis

Dr. Ingeniero Aeronáutico. Académico Numerario de la Real Academia de Ingeniería. Ha sido Catedrático de Helicópteros y Aeronaves Diversas y encargado de la Cátedra de Aerodinámica y Mecánica de Vuelo en la ETSI Aeronáuticos. Ha sido Director de Proyectos y Director de Investigación y

Desarrollo de CASA y Consultor de Alta Dirección para actividades aeroespaciales en Sener.

Lumbreras Martín, Julio

Doctor Ingeniero Industrial por la UPM. Profesor Titular de Ingeniería del Medioambiente en la E.T.S.I. Industriales de la UPM. “Honorary Research Fellow” de la Universidad de Birmingham (UK). Co-dirige el panel de emisión de contaminantes atmosféricos del Convenio de Contaminación Transfronteriza.

Mallol Nieto, Jesús R.

Economista y Director de Análisis y Estrategia de Indra. Cuenta con una amplia experiencia en análisis de inversiones y desarrollo de negocio internacional en el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Miembro del Instituto Español de Analistas Financieros. Ha sido profesor asociado de Economía Financiera en la Universidad Carlos III de Madrid.

Mataix Aldeanueva, Carlos

Doctor Ingeniero Industrial (UPM) y Profesor Titular del Departamento de Ingeniería de Organización de dicha Universidad. Tiene una larga trayectoria en el campo de la cooperación interna-

cional y, en particular, en el ámbito de las ONGD. Coordina la Unidad de Programación y Calidad de la Ayuda de la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo (AECID). Ha sido Vicepresidente de la Coordinadora de ONGD de España (CONGDE).

Monzón de Cáceres, Andrés

Catedrático de Transportes y Director de TRANSyT (Centro de Investigación del Transporte) en la Universidad Politécnica de Madrid. Miembro del “International Symposium Highway and Urban Pollution”, del Congreso Panamericano del Transporte y de la World Conference on Transport Research. Experto en la Comisión Europea y el Banco Mundial.

Moreno Romero, Ana

Ingeniera Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSII-UPM) y Doctora en Psicología Social y de las Organizaciones (UNED). Profesora titular de la UPM, en organización del trabajo y recursos humanos, y Responsabilidad Social Empresarial. Imparte formación de postgrado. Socia de *Enred* en el área de consultoría en el sector de las TIC.

Pérez Arriaga, José Ignacio

Dr. Ingeniero del ICAI, Máster y Doctor en Ingeniería Eléctrica por el MIT donde es Profesor visitante. Académico numerario de la Real Academia de Ingeniería, Profesor propio del ICAI y Director de la Cátedra BP de Desarrollo sostenible. Director de la “Florence School of Regulation”, miembro del Comité Regulador del Mercado Eléctrico Único de Irlanda. Fundador y ex Director del Instituto de Investigación Tecnológica y ex Presidente de la ONG Aula de Solidaridad.

Pérez Martínez, Jorge

Catedrático de la ETSI de Telecomunicación de la UPM. Imparte los aspectos socioeconómicos de las tecnologías de la información y las comunicaciones y la política y regulación de las telecomunicaciones. Director de la Cátedra RED. ES de la UPM donde coordina el Grupo de Análisis y Prospectiva de las Telecomunicaciones. Coordina el Foro de la Gobernanza de Internet. Ha sido Director General para el Desarrollo de la Sociedad de la Información.

Petit Herrera, Luis Alberto

Doctor Ingeniero del ICAI. Licenciado en Informática (UPM). Cursó estudios

de Postgrado en HEC (Paris) y Universidad Cornell (USA). Académico de la Real Academia de Ingeniería y de la de Doctores. Patrono de Fundación Dintel. Fue Director de dos multinacionales líderes del transporte. Fundador del Observatorio TIC (EITO) y de CITEMA (Titular de SIMO). Su campo preferente de innovación: la Física Social y los grandes desplazamientos.

Rallo Guinot, Vicente

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales y Diplomado en Alta Dirección de Empresas, IESE. Trabaja en el ámbito privado. Ingeniero de Caminos en Renfe, donde ocupó una Dirección General Adjunta. Ha sido Director de Producción (Mercancías) y Director Gerente de la Unidad de Negocio de Cargas.

Riveira Martínez, José Carlos

Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de Oviedo, Master en Ingeniería del Conocimiento, PDD por el IESE. Coordinador de proyectos de innovación tecnológica, relacionados con el tráfico y transporte. Responsable de Proyectos de Innovación Tecnológica Telvent Trafico y Transporte S.A. Ha parti-

cipado en proyectos de desarrollo e implantación ITS urbanos e interurbanos.

Robusté Antón, Francesc

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (UPC), PhD en Ingeniería, Master of Science en Investigación Operativa y Master of Engineering en Transporte (Universidad de California). Director del Centro de Innovación del Transporte y del Laboratorio de Análisis y Modelización del Transporte. Presidente del Foro de la Ingeniería del Transporte. Catedrático de Transporte (UPC). Fue Director de la ETSI CCyP (Barcelona). Director de proyectos de transferencia de tecnología, en logística, transporte, aeropuertos y gestión del tráfico.

Rodríguez García, Juan Manuel

Ingeniero Industrial Eléctrico del ICAI. Jefe del Departamento de Organismos Internacionales en Red Eléctrica de España (REE). Participó en los estudios de viabilidad técnica de la Interconexión Eléctrica en corriente alterna entre España y Marruecos y en la integración de energía eólica en el sistema peninsular y en el marroquí.

Ros Perán, Francisco

Doctor Ingeniero de Telecomunicación (UPM), Doctor en Ingeniería Eléctrica y

Ciencias Informáticas por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y Diplomado en el Programa Avanzado de Dirección de Empresas (PADE) del IESE. Secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Rui-Wamba Martija, Javier

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Presidente de Esteyco y de la Fundación Esteyco. Académico numerario de la Real Academia de Ingeniería y Académico Correspondiente de Bellas Artes de San Fernando. Ha sido profesor de la Escuela de Caminos de Madrid y Presidente de la Asince, Asociación Española de Ingenieros Consultores.

Sánchez Fornié, Miguel Ángel

Ingeniero del ICAI y Diplomado en seguridad nuclear por el M.I.T. Ha desarrollado su labor en el sector eléctrico español. Conocer en detalle la generación, operación y distribución del mismo. Director de Sistemas de Control y Telecomunicaciones de Iberdrola, miembro del Consejo Asesor de la plataforma europea “Smart Grids” y experto de la Comisión Europea para el análisis de las TIC y la eficiencia energética.

Sánchez Rey, Agustín

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Licenciado en Ciencias de la Información, Licenciado en Derecho y Dpdo. en Economía de Empresa. Pertenece a los Cuerpos de ICCP del Estado, Profesores Titulares de Universidad, Administradores Civiles del Estado. Subdirector General Adjunto en la Dirección de Carreteras. Presidente del Comité Técnico AENOR CT 159, Vicepresidente de ITS España. Miembro de Comités Internacionales en la UE, CEDR, etc.

Sanjuán Flores, Tomás

Ingeniero Superior de Telecomunicación por la ETSIT de Madrid, “Executive MBA” por el Instituto de Empresa y Máster en Dirección Internacional por el INSEAD. Director de Relaciones Institucionales de Alcatel-Lucent España. Miembro del Comité Ejecutivo AETIC y Presidente del grupo de fabricantes AETIC.

Tafur Seguro, Javier

Doctor Ingeniero Industrial por la UPM. Profesor del Departamento de Ingeniería de Organización y Administración de Empresas de la UPM y Secretario de CEPADE. Ha desarrollado internacionalmente su carrera profesional en ingeniería

y consultoría, en áreas de estrategia. Fue Director General de la filial de consultoría del mayor holding europeo.

Torroja Menéndez, Jaime

Dr. Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid. Académico Numerario de la Real Academia de Ingeniería. Dirigió, en SENER, el proyecto de más de mil buques de todo tipo, y el Sistema Informático FORAN, de Diseño y Producción de Buques, licenciado en más de 20 países. Fue Profesor en la ETSI Navales de Madrid. Tiene concedidas patentes sobre cierto buque en 11 países.

Torrón Durán, Ricardo

Doctor Ingeniero de Armamento (Escuela Politécnica Superior del Ejército). Licenciado en Ciencias Económicas

(UCM). Licenciado en Informática (UPM). General de División del Ejército de Tierra (retirado). Académico de Número de la Real Academia de Ingeniería. Presidente del Comité de Tecnologías de la Defensa (Instituto de Ingeniería de España). Profesor de Doctorados (Uned y UAM). Ha sido Vicepresidente de la SEIO y Director General del INE de la Presidencia del Gobierno.

Uriarte de los Santos, Luis Miguel

Ingeniero de telecomunicación por la ETSIT-UPM. Ha trabajado en el Grupo Telefónica. Desempeña tareas de consultor independiente en áreas TIC y desarrollo humano y sostenible, sociedad en red. Vicepresidente del Aula de Reflexión sobre Solidaridad, Supervivencia y Cooperación Internacional.



Este libro se terminó de imprimir en Madrid,
el 24 de junio de 2009, festividad de San Juan Bautista,
en los talleres gráficos Torreángulo.



REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA



FUNDACIÓN PRO REBUS ACADEMIAE
REAL ACADEMIA DE INGENIERIA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN

CON LA COLABORACIÓN DE LOS PATROCINADORES



Fundación de los Ferrocarriles Españoles



TELVENT