



La revista de los  
Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos

3604 DICIEMBRE 2018

REVISTA DE  
OBRAS PÚBLICAS

# ROP

MONOGRÁFICO

## Nuevas tecnologías en la gestión de la movilidad

Coordinado por José Manuel Vassallo







# PRESENTACIÓN

A lo largo de la historia han surgido innovaciones que han cambiado el rumbo de la humanidad. La invención de la rueda en el año 3.500 A.C, la máquina de vapor en el siglo XVII y, más recientemente, el *smartphone* son algunos ejemplos de innovaciones disruptivas que han cambiado radicalmente el paradigma social. Los cambios tecnológicos que subyacen en la denominada cuarta revolución industrial (o industria 4.0) implican enormes retos a la competitividad al generar impactos desde múltiples vertientes. Asimismo, plantean desafíos regulatorios, de gestión de los recursos humanos e impactos socioeconómicos de gran importancia tales como los efectos sobre el mercado, el empleo y la universalidad de los servicios.

La movilidad de personas y mercancías es uno de los ámbitos en los que queda todavía mucho por mejorar. El vehículo particular es un activo caro e infrautilizado, que raramente se comparte y pasa la mayor parte del tiempo estacionado. Su uso irracional provoca congestión y contaminación, deteriorando en consecuencia la calidad de vida de las personas y la competitividad de las economías. Los modos de transporte no están todavía suficientemente integrados y conectados. La seguridad sigue siendo un reto pendiente de resolver. Ante este panorama, las tecnologías emergentes, tanto en el ámbito de las TIC como de las nuevas fuentes de energía, suponen una oportunidad para el cambio. El objetivo de este número especial es dar unas pinceladas de lo que implica esta revolución, a fin de que los ingenieros de Caminos seamos también protagonistas del cambio.

Este número especial contiene trece artículos que se pueden a su vez subdividir en cuatro grandes bloques. El primer grupo muestra los nuevos modelos de negocio que surgen ligados a la disponibilidad de datos e información, y analiza las consecuencias que pueden tener en la integración de los servicios. Mario Aymerich ofrece una acertada visión del modelo de negocio conocido como *Mobility as a Service*

que busca ofertar servicios puerta a puerta integrando varios modos de transporte. Natalia Sobrino y Juan Gómez explican el impacto que la disponibilidad de datos puede tener en la planificación, gestión y operación de la movilidad. Oliva García Cantú analiza el potencial de los datos telefónicos para conocer y predecir los flujos de transporte.

El segundo grupo de artículos se centra en el impacto que están teniendo ya en la práctica modelos de negocio concretos en el ámbito urbano. Juan Gómez y Álvaro Aguilera describen el fenómeno de las empresas de ride hailing (como Uber y Cabyfy), mostrando la opinión de los usuarios frente al taxi. Guillermo Velázquez y Andrés Monzón explican el potencial del car sharing en la movilidad urbana. Nicolás Rubio profundiza en el impacto positivo que la gestión inteligente de las autopistas urbanas tiene en la mejora de la calidad de vida. Indra hace una reflexión sobre el impacto que el modelo MaaS va a tener en los operadores de infraestructuras y de servicios. Paloma Real explica los beneficios de la tecnología EMV *contactless* como medio de pago en el transporte público urbano.

El tercer grupo de artículos se centra en la carga. Daniel Latorre describe el potencial de las nuevas tecnologías para mejorar la distribución de mercancías en la última milla. Miguel Ángel Pesquera da una visión amplia del impacto de la tecnología *blockchain* y su potencial aplicación a la logística marítimo portuaria. En el último artículo de este grupo, Rafael Molina muestra el potencial del *big data* y la inteligencia artificial en la mejora de la gestión y operación portuaria.

El cuarto grupo está centrado en el vehículo. José María López analiza el potencial y retos que plantea la tecnología de vehículos híbridos y eléctricos. Finalmente, Felipe Jiménez da a conocer aplicaciones de los vehículos autónomos para la ingeniería civil.

Con estos artículos se pasa revista a un conjunto de impactos destacados que las nuevas tecnologías tienen y tendrán en la gestión de la movilidad. Aunque hay otras muchas aplicaciones que no han sido incluidas en este número especial, los artículos aquí incluidos sirven como botón de muestra de la revolución que está teniendo lugar. Los ingenieros de Caminos debemos ser artífices, junto a otros muchos profesionales, de los cambios que están acaeciendo. 📍

**José Manuel Vassallo**  
Coordinador del monográfico



REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS Nº 3604  
DICIEMBRE 2018. AÑO 165. FUNDADA EN 1853

**Consejo de Administración**

**Presidente**

Miguel Aguiló Alonso

**Vocales**

Juan A. Santamera  
José Polimón  
Vicent Esteban Chapapría  
Tomás Sancho  
José Javier Díez Roncero  
Francisco Martín Carrasco  
Benjamín Suárez  
José Luis Moura Berodia  
M<sup>a</sup> del Camino Blázquez Blanco

**Comité Editorial**

Pepa Cassinello Plaza  
Vicent Esteban Chapapría  
Jesús Gómez Hermoso  
Conchita Lucas Serrano  
Antonio Serrano Rodríguez

**Edita**

Colegio de Ingenieros de  
Camino, Canales y Puertos  
Calle Almagro 42  
28010 - Madrid

**La revista decana de la  
prensa española no diaria**

**Director**

Antonio Papell

**Redactora jefe**

Paula Muñoz

**Diseño**

Julián Ortega

**Maquetación y edición**

Diana Prieto

**Fotografía**

Juan Carlos Gárgoles

**Publicidad**

Almagro, 42 - 4<sup>a</sup> Plta.  
28010 Madrid  
T. 913 081 988  
rop@ciccp.es

**Imprime**

Gráficas 82

**Depósito legal**

M-156-1958

**ISSN**

0034-8619

**ISSN electrónico**

1695-4408

**ROP en internet**

<http://ropdigital.ciccp.es>

**Suscripciones**

[http://ropdigital.ciccp.es/  
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)  
[suscripcionesrop@ciccp.es](mailto:suscripcionesrop@ciccp.es)  
T. 91 308 19 88

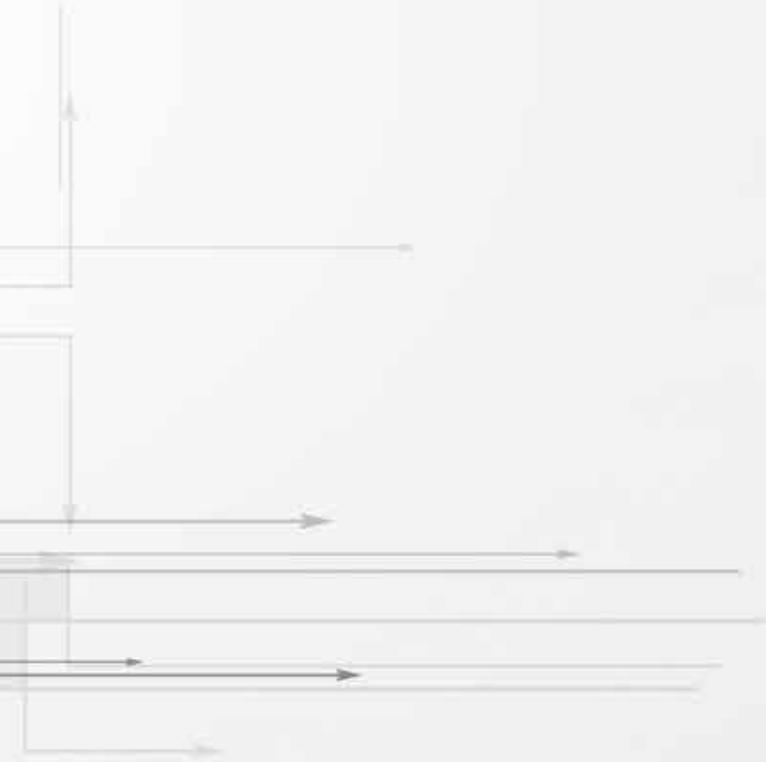
# SUMARIO

## Monográfico

### NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN DE LA MOVILIDAD

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 3  | PRESENTACIÓN   |    |  |
| 8  | MAAS: UN NUEVO CONCEPTO PARA LA GESTIÓN DE LA MOVILIDAD<br>MARIO AYMERICH  | 44 | MAAS: UNA REVOLUCIÓN PARA LA GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE<br>MERCADO DE TRANSPORTE DE INDRA             |
| 14 | BIG DATA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE<br>NATALIA SOBRINO<br>JUAN GÓMEZ<br>JOSÉ MANUEL VASSALLO                    | 50 | LA TECNOLOGÍA EMV SE SUBE AL TRANSPORTE URBANO<br>PALOMA REAL  |
| 20 | DATOS DE TELEFONÍA MÓVIL PARA LA PLANIFICACIÓN Y LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE<br>OLIVA GARCÍA CANTÚ ROS                      | 54 | UNA DISTRIBUCIÓN URBANA SOSTENIBLE Y DIGITAL<br>DANIEL LATORRE   |
| 24 | RIDE-HAILING EN ESPAÑA: ¿QUÉ OPINAN LOS USUARIOS DE UBER Y CABIFY FRENTE AL TAXI?<br>JOSÉ MANUEL VASSALLO<br>JUAN GÓMEZ<br>ÁLVARO AGUILERA | 60 | EL POTENCIAL DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN LA LOGÍSTICA MARÍTIMA PORTUARIA<br>MIGUEL ÁNGEL PESQUERA<br>JAIME LUEZAS |
| 30 | EL CARSHARING COMO TECNOLOGÍA DE ACTUALIDAD Y DE FUTURO EN LA MOVILIDAD DE LAS CIUDADES<br>GUILLERMO VELÁZQUEZ<br>ANDRÉS MONZÓN            | 66 | LA REVOLUCIÓN DIGITAL DEL MAR: LOS PUERTOS DEL FUTURO<br>RAFAEL MOLINA   |
| 36 | MANAGED LANES: INNOVACIÓN PARA LA CONGESTION URBANA<br>NICOLÁS RUBIO   | 72 | IMPACTO TECNOLÓGICO DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS<br>JOSÉ MARÍA LÓPEZ                                       |
|    |  | 76 | APLICACIONES ESPECIALES DE LA CONDUCCIÓN AUTÓNOMA<br>FELIPE JIMÉNEZ  |





**MONOGRÁFICO**  
**NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN**  
**DE LA MOVILIDAD**

# MARIO Aymerich

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Chairman de MaaS España



# MaaS

## Un nuevo concepto para la gestión de la movilidad

### RESUMEN

El objetivo de MaaS es desarrollar nuevas soluciones tecnológicas y ensamblarlas de forma inteligente para ofrecer al viajero un servicio integral, simplificando al máximo las acciones externas viaje. Se trata de crear una red integrada de servicios basada en tres elementos: un planificador del viaje, un eficaz mecanismo de reservas y un sistema fiable de cobro/pago.

MaaS es un concepto emergente a nivel internacional. Aunque muchas herramientas de base ya existen, deben ser perfeccionadas e integradas. También existen barreras, sobre todo en cuanto al pago/cobro. Unas son técnicas y otras administrativas/legales, pero todas pueden ser superadas a medio plazo.

### PALABRAS CLAVE

Multimodalidad, planificación de viajes, reservas integradas, pago electrónico

### ABSTRACT

*The objective of MaaS is to develop new technological solutions and place them in a smart package to offer the traveller an integral service and simplify all external aspects of the trip to the maximum. The system consists of an integrated network of services based on three elements: a trip planner, an effective booking systems and a reliable charging/payment system.*

*MaaS is a breakthrough concept at an international level. While many of the basic tools are already available, these have to be perfected and integrated. There are also many barriers in place, particularly with regards to payment/charging. Some of these barriers are technical while others are more of administrative/legal nature, but all of these can be overcome in the short-term.*

### KEYWORDS

*Multimodality, trip planning, integrated booking, electronic payment*

Imagine el lector que vive en Barcelona y ha sido invitado a dar una conferencia en un congreso que se va a celebrar en El Escorial y al que también va asistir un amigo que vive en Alemania. Los desplazamientos que lleva a cabo desde que sale hasta que regresa a casa podrían ser los siguientes.

Sale de su domicilio muy pronto por la mañana y pide un taxi para ir a la estación a coger el AVE. Una vez en Madrid, toma el metro para ir al aeropuerto a recoger a su amigo. Cuando este llega, alquilan un coche para ir a El Escorial, pero como es mediodía, deciden ir a comer al centro. Aparcan el coche, que es eléctrico, en un estacionamiento subterráneo y lo enchufan para que se recargue la batería. Van por la autopista y en su momento pagan el peaje. Una vez en El Escorial, devuelven el coche y durante los días que dura el congreso, se desplazan por la ciudad en bicicletas de alquiler y, evidentemente, a pie. Al finalizar el congreso, regresan a Madrid en tren de cercanías, van al aeropuerto y se despiden. Finalmente, el lector regresa a Barcelona en avión y a su llegada le espera un VTC que lo lleva a casa.

En las circunstancias actuales, nótese que para realizar todas estas actividades (cadena de transporte) es necesari-

rio tener acceso a diferentes medios de transporte y pagar por múltiples servicios (reserva de taxi y VTC; billetes de metro, autobuses, trenes y avión; alquiler de coche y bicicletas; uso del parking, de la red eléctrica y de la autopista de peaje). Todo lo cual supone al viajero tener que realizar de forma individual un gran número de reservas y pagos por cada servicio, además de haber planificado de antemano con mucho detalle todas las etapas del viaje tomando decisiones acerca de qué medios utilizar y, en su caso, averiguando qué horarios son los más adecuados.

Imagine ahora el lector, que todo esto se pudiese hacer desde su teléfono móvil y de una sola vez, tanto para él como para su amigo alemán. Es decir, que cualquier viajero pudiera disponer de una app que antes del viaje le preguntase por su plan de desplazamientos y, en base a ello, le recomiende qué medio de transporte es el más adecuado para cada etapa, lleve a cabo todas las reservas necesarias y al final le cobre todos los gastos a través de una cuenta corriente mediante una factura única. Para tener acceso a todo ello e identificarse cuando hiciera falta, al viajero le bastaría con presentar su teléfono y/o comunicarse sin contacto con cuantos elementos fueran necesarios.

Pues bien, la idea fundamental de MaaS (Mobility as a Service) es simplemente utilizar nuevas soluciones tecnológicas y ensamblarlas de forma inteligente para alcanzar este objetivo. Es decir, ofrecer al viajero un servicio integral que simplifique al máximo todas las acciones externas (pero necesarias) al propio hecho de viajar. En definitiva, se trata de poner al viajero en el centro de una red integrada de servicios, que se compone de tres grandes elementos: un potente planificador del viaje, un eficaz mecanismo de reservas y/o adquisición de servicios y un sistema fiable de cobro/pago unificado.

Si bien el concepto puede parecer sencillo, el hecho es que las dificultades a superar para alcanzar el objetivo final son muy numerosas y de muy diversa índole. Este artículo va enfocado a identificar los más sobresalientes y a exponer los retos a los que MaaS se debe enfrentar en el futuro inmediato. Con este propósito, si se analiza de forma desestructurada cada uno de los tres elementos mencionados, se pueden identificar los siguientes elementos y sus principales características:

*1\_ Planificador del viaje*

Para que todas las etapas del viaje puedan ser optimizadas en preciso que se



Fuente: ITS España

disponga de: (i) una información cartográfica actualizada con todos los posibles servicios de transporte que hay en un determinado territorio (recorridos de líneas y sus paradas, estaciones y coordinación de transbordos, ubicación de estacionamientos, estaciones o puntos de recogida/devolución de medios individuales, puntos de recarga); (ii) una información completa con las tablas horarias y las tarifas para cada uno de los operadores de los servicios públicos; (iii) una serie de características referentes tanto a los patrones de movilidad a nivel global en el territorio (recurrencia de congestiones, eventos singulares, restricciones de cualquier tipo, episodios de alta contaminación) como a nivel individual del pasajero (horarios condicionados, movilidad reducida, posibles descuentos por edad u otra condición social, dificultades por uso maletas, uso de carritos para bebés o bicicletas).

Actualmente ya existen en el mercado numerosos planificadores de viajes capaces de encontrar las mejores soluciones, siempre que se disponga de las informaciones de base mencionadas. Está claro que en estos momentos no todo el abanico de capacidades apuntadas, ni las bases de datos correspondientes, están disponibles para cualquier ámbito territorial, pero las posibilidades de desarrollo/expansión de tales herramientas no deja de ser posible. Se trata en definitiva de ampliar/adaptar las tecnologías a las características que del ámbito territorial y los usuarios a los que se pretenda dar servicio. Un reto tecnológico, pero perfectamente alcanzable, con la salvedad de que, evidentemente, es fundamental que todos los datos estén perfectamente actualizados y sean fiables.

## 2\_ Gestor de reservas

Para que este componente sea eficaz, es necesario que todos los operadores en el territorio pongan a disposición del proveedor del sistema MaaS (simplemente MaaS a partir de ahora) sus tarifas y descuentos, además de abrirle la posibilidad de llevar a cabo las reservas y, en su caso, emitir/distribuir los títulos de transporte correspondientes o facilitar el acceso a los distintos servicios.

Esto significa que MaaS debe convertirse en una multientral de reservas con



Fuente: MaaS España

acceso a los procedimientos de cada uno de los operadores. Lo cual, en estos momentos, está por desgracia bastante lejos de ser una realidad. Muchos operadores son reacios o no disponen de la posibilidad para abrirse en este aspecto: unos porque son muy grandes y no quieren que nadie externo interfiera en su sistema; otros porque son pequeños y ni siquiera tiene la posibilidad de realizar reservas de forma electrónica; y, por fin, otros que sencillamente no entienden las ventajas que ello les podría traer y prefieren controlar directamente su mercado.

Así pues, en este caso hay un doble reto o barrera a solventar. En primer lugar, está la disponibilidad de cada operador a abrir el acceso de forma electrónica a sus protocolos y procedimientos de reservas y emisión de billetes. En segundo lugar, está la propia existencia de tal sistema en cada operador. Es decir, un aspecto administrativo y un aspecto tecnológico. El segundo se puede resolver mediante los correspondientes desarrollos informáticos, mientras que el primero necesita de una negociación que, en algunos casos, se entrevé bastante complicada.



### 3\_ Sistema de pago/cobro por los servicios

Probablemente sea éste el componente más complicado del sistema, no por razones estrictamente técnicas sino porque aquí intervienen intercambios/flujos monetarios que todo el mundo quiere que sean lo más seguros y rápidos posibles. De hecho, en este punto se plantean varias e importantes disyuntivas que el proveedor de MaaS y los distintos operadores deben negociar y resolver.

El primer escollo a resolver es cómo se va a llevar a cabo la identificación del usuario de MaaS para acceder a los distintos servicios. Lo más lógico es que el intercambio de esta información entre el usuario (idealmente a través de su teléfono móvil) y el proveedor el servicio se haga sin contacto (por ejemplo, vía bluetooth para acceder a un vehículo eléctrico de alquiler; o acercando el teléfono a un lector sin contacto al subir a un autobús o abrir la barrera de entrada/salida de un aparcamiento). Ello significa que los operadores deben poner a disposición de los usuarios los equipos de lectura correspondientes. Cosa que en esos momentos dista de estar

generalizado, ya sea por la inexistencia de tales dispositivos a la entrada de los servicios (por ejemplo, una compañía de autobuses que utiliza solo billetes en papel) o ya sea por la falta de adaptación de los existentes a tal capacidad de lectura (para lo cual hace falta abrir los protocolos de identificación).

Una primera posibilidad es que MaaS compre de antemano una cierta cantidad de billetes u horas de servicio a los distintos operadores y los vaya consumiendo a medida que sus clientes (los viajeros) los vayan solicitando (es decir un mecanismo de prepago). La ventaja es que el mecanismo es bastante simple, pero tiene el gran inconveniente de que, si MaaS no conoce con gran precisión su mercado potencial, en cualquier momento puede ser incapaz de proporcionar las respuestas más adecuadas que esperan sus clientes. Esta solución se ha utilizado con éxito en proyectos piloto o en entornos de ámbito restringido (por ejemplo, para los asistentes a un congreso) pero, evidentemente, no es una buena solución a generalizar.

La otra opción lógica consiste en que el promotor de MaaS se convierta en una 'clearing house'. Es decir que asuma el papel de controlador de los flujos monetarios entre los usuarios (cobrando por el uso) y los operadores (distribuyendo los ingresos que les correspondan). Esta opción parece por el momento como la más factible puesto que, con diversos matices, es la que se está adoptando por los pocos esquemas MaaS que se encuentran en fase de puesta en marcha o iniciando su operativa. La mayor desventaja estriba en que su ámbito de operación se restringe a un determinado sector de la demanda, en general los clientes del proveedor de MaaS (ya sea este, por ejemplo, un operador individual o un consorcio regional de transportes) y que los servicios ofertados son forzosamente limitados a los operadores que deciden adherirse al dicho proveedor de MaaS. El mayor reto consiste en atraer nuevos operadores que depositen su confianza en el promotor del sistema y que se habiliten suficientes mecanismos para la resolución eficiente de posibles conflictos. Además, cuantos más operadores, más compleja es la gestión de la clearing house puesto que ya no se trata de un flujo monetario hacia un operador (centro de venta) sino

a los numerosos que pueden intervenir a lo largo de todo el viaje.

De todo lo expuesto, y de otras consideraciones lógicas al margen, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- MaaS es un nuevo concepto que intenta facilitar al máximo la realización de cualquier viaje (por simple o complejo que sea) a cualquier usuario, tanto en lo que se refiere a su organización como a su realización y pago.
- Es decir, el usuario y su comodidad están en el centro de atención prioritaria de MaaS. En este sentido, solo hace falta, nada más y nada menos, que se use la imaginación y el talento para desarrollar las soluciones MaaS del futuro, sobre todo de nuevas generaciones, ya que son ellas las que van a utilizar las soluciones que les puede brindar MaaS.
- En ámbito urbano/metropolitano, donde se realizan la mayor parte de los viajes cotidianos, es el transporte público quien debe jugar el papel preponderante en el desarrollo y operativa de MaaS, asumiendo el resto de modos un papel importante, pero, en definitiva, complementario.
- En este contexto, la participación de los consorcios de transporte es otro elemento fundamental para el éxito de MaaS. La definición de 'tarifas planas' (es decir extrapolando el concepto de los actuales abonos de transporte) puede llegar a ser uno de los mayores atractivos de MaaS, puesto que la comodidad que representa para el usuario es evidente.
- Una de las barreras operacionales que suscita actualmente grandes debates entre los operadores a la hora de diseñar soluciones MaaS, es la unicidad de los billetes en su versión electrónica, tanto desde el punto de vista de la tecnología de los lectores externos como desde la necesidad de asegurar su unicidad y seguridad (minimizando el peli-

gro de su abuso/falsificación por parte de *hackers*).

- La incorporación del transporte aéreo a escala internacional parece muy lejana, dada la enorme complejidad de un sistema ya muy consolidado. Por contra, a escala regional podría ser algo más factible.
- Sin embargo, el transporte marítimo, en especial el de corta/media distancia, parece bastante asequible (no se olvide que MaaS va dirigido exclusivamente a pasajeros, el salto a mercancías ni se contempla).
- Actualmente existen muchas herramientas tecnológicas que pueden ser utilizadas para desarrollar esquemas MaaS. Los retos para su integración existen, pero pueden ser superados.
- Dada la existencia de numerosos componentes susceptibles de ser empleados por MaaS, los también numerosos operadores que existen en el mercado (tanto públicos como privados) y la necesidad de favorecer la libre competencia, está claro que los distintos posibles intervinientes en MaaS deberán cooperar con el fin de ofrecer soluciones que aporten un valor añadido a la planificación/gestión/pago de su desplazamiento.
- Los retos más importantes se concentran principalmente alrededor de los medios de pago (en el objetivo, uno y único para el usuario) y los flujos monetarios. No solo se trata de aspectos técnicos sino de confianza por parte de los distintos actores en el sistema y su fiabilidad.
- De todos modos, dada la complejidad de integración de todos los elementos que conforman un MaaS, es evidente que hay que empezar por ámbitos territoriales relativamente acotados (un MaaS que permitiese cubrir toda la cadena de desplazamiento multimodal terrestre/marítima de Cádiz a Estocolmo no es más que sueño, al menos por ahora).

- En el contexto global de desarrollo de soluciones MaaS, se está hablando mucho del posible uso de la tecnología *blockchain*. Se trata de una herramienta informática que, aparentemente, garantiza transacciones seguras y trazables. La duda está en si su velocidad sería capaz de absorber el presumible gran número de transacciones que un MaaS llegaría a generar. Además, la resolución de posibles conflictos no parece bien resuelta, al menos por el momento.

- Como complemento de lo anterior, se habla también del uso de criptomonedas. En opinión de este autor, hasta que no se llegue a una fuerte regulación e intervención por parte de las autoridades, hay un peligro claro que crear burbujas financieras altamente inestables.

- Finalmente, el desarrollo e implantación de un sistema MaaS, debe ir acompañado por los adecuados estudios de mercado, un análisis de rentabilidad e impacto social, una potente campaña de marketing explicando las ventajas del sistema a los potenciales usuarios, y, por supuesto, un análisis de factibilidad financiera (dados los nada despreciables costes que su desarrollo conlleva).

En definitiva, MaaS, como más que interesante concepto/solución emergente (que la Asociación MaaS España pretende difundir e impulsar, conjuntamente con otras similares de ámbito local) se está poco a poco consolidando a nivel internacional, el desarrollo de sistemas va en aumento y muchas herramientas de base ya existen y pueden ser perfeccionadas e integradas. Sin embargo, también existen grandes barreras a salvar, sobre todo en el campo del pago/cobro por los servicios. Unas son técnicas y otras administrativo/legales, pero con talento todas deberían ser superables a medio plazo. Por ello, lo más importante es buscar nuevas e imaginativas soluciones integradoras/cooperativas que superen ciertos conceptos preestablecidos, incluyendo el comportamiento del usuario. 🌀

# listos para la revolución de los recursos



En 2050, en el mundo vivirán 9.000 millones de personas, la mayoría en grandes ciudades. Este crecimiento de la población plantea dos grandes retos: el acceso al agua y la gestión eficiente de los residuos. Por eso en SUEZ innovamos para crear soluciones hídricas alternativas y transformar los residuos en nuevas fuentes de energía. Nuestro objetivo: garantizar a las generaciones futuras el acceso a los recursos naturales.

[www.suez.es](http://www.suez.es)



## NATALIA Sobrino

Profesora Ayudante Doctora,  
Departamento de Ingeniería Civil:  
Construcción, Infraestructura  
y Transporte. Universidad  
Politécnica de Madrid



## JUAN Gómez

Profesor Ayudante Doctor,  
Centro de Investigación del  
Transporte TRANSyT.  
Universidad Politécnica de Madrid



## JOSÉ MANUEL Vassallo

Catedrático, Centro de Investigación  
del Transporte TRANSyT.  
Universidad Politécnica de Madrid

# Big data

## Desafíos y oportunidades en el sector transporte

### RESUMEN

En estos últimos años estamos asistiendo a la transformación del sector transporte, impulsado por una amplia difusión de las tecnologías de la información y con ello, la disponibilidad de enormes cantidades de datos –*big data*–. Cada vez es más común la creación de departamentos específicos para la gestión de datos en las empresas de transporte con el fin último de crear un valor añadido hasta la fecha desconocido. Precisamente, el objetivo del ‘*big transport data*’ es utilizar datos masivos para mejorar algún aspecto de la movilidad. Sin embargo, desde que se concibe la idea de mejorar algún parámetro utilizando técnicas *big data* hasta que se logra, aparecen una serie de obstáculos que deben ser tenidos en cuenta: ¿qué tipos de datos deben utilizarse? ¿Son de fácil acceso: abiertos o de pago? ¿Cuáles son los beneficios? En este ámbito, el principal objetivo del presente artículo es proporcionar una visión integral identificando los desafíos y oportunidades derivados de la aplicación del *big data* en el sector del transporte.

### PALABRAS CLAVE

*Big data*, transporte, fuentes de datos, movilidad

### ABSTRACT

*We have witnessed a transformation in the transport sector over recent years, driven by a broad range of information technologies and an ensuing availability of extremely large data sets or ‘big data’. It is increasingly more common to create specific data management departments at transport companies with the ultimate aim of creating an added value that was unheard of before. The objective of ‘big transport data’ is effectively to employ mass data to improve a particular aspect of mobility. However, from the time of conceiving the idea to improve a particular parameter using big data techniques up to the time this is actually achieved, a whole series of obstacles have to be overcome and, namely: what type of data should be used? Are these of ready access: open or paid? What are the benefits? Within this context, the main objective of the present article is to provide a comprehensive vision, identifying the challenges and opportunities arising from the application of big data in the transport sector.*

### KEYWORDS

*Big data*, transport, data source, mobility



# 1

## Introducción

En los últimos años, el transporte está sufriendo una transformación impulsada por la revolución de las nuevas tecnologías y la generación de grandes volúmenes de datos. Las aplicaciones existentes de *big data* en el sector transporte son cada vez más numerosas, lo que ha venido marcado por una amplia generalización de las tecnologías de la información, la ciencia de datos, la robótica o la inteligencia artificial. En todos los modos de transporte hay una gran cantidad y diversidad de datos disponibles para que los operadores y autoridades mejoren el rendimiento, la eficiencia, la prestación del servicio, etc. El análisis de dichos datos masivos puede resolver los retos a los que actualmente se está enfrentando el sector transporte. Por ejemplo, el aumento de la información de tráfico procedente de las aplicaciones de navegación por satélite, proporciona información de salida para los usuarios. Asimismo, la emisión de tickets depende cada vez más de la tecnología, las aplicaciones y los servicios que dependen de los datos. Por lo tanto, se está produciendo una transformación global del sector transporte, que representa un motor de crecimiento económico tanto a nivel nacional como internacional. Algunos autores apuntan a que el sector transporte se encuentra entre los mejor posicionados para beneficiarse enormemente de los avances metodológicos y las capacidades analíticas de las fuentes y tecnologías de *big data* (Jeske et al. 2014). Sin embargo, no se debe olvidar que estamos ante la fase inicial de la transformación del transporte con el *big data* (Borgi et al. 2017). Lo que está claro es que los datos son cada vez más importantes en la gestión y el uso de los sistemas de transporte. A este respecto, es esencial identificar las necesidades de datos, así como sus capacidades y limitaciones. Esto ayudará a determinar el impacto de la explotación de datos masivos en el transporte y las innova-

ciones que se esperan, o en las que resulta necesario seguir profundizando.

El principal objetivo del presente artículo es proporcionar una visión integral de la aplicación del *big data* en la movilidad, identificando los principales desafíos y oportunidades, cuáles son las fuentes de datos más relevantes, quién tiene la propiedad de dichos datos, cómo se establece la gobernanza de la gestión de los datos en las organizaciones, o cómo se puede conocer el valor de generado por el uso del *big data* en el transporte. Tras una breve definición del *big data* en la siguiente sección, en el apartado 2 se identifican las fuentes de datos más utilizadas en el transporte, indicando algunos ejemplos. Seguidamente, en el apartado 3 se señalan los desafíos a los que se enfrenta el transporte, así como las oportunidades que presenta el *big data* para mejorar este sector. Finalmente se exponen las conclusiones y posibles líneas de investigación de cara al futuro.

### 1.1. Definición

El término *big data* se refiere al tratamiento de enormes conjuntos de datos cuyo tamaño y complejidad hace que los métodos tradicionales de procesamiento sean inadecuados para su tratamiento. El aumento en el volumen de datos presenta algunos desafíos como la forma de capturar, almacenar, procesar y analizar la información (Hashem et al. 2015). Diversos informes han detallado las principales características del *big data*, que pueden resumirse en las cinco Vs (5V):

- Volumen. Enormes cantidades de información: terabytes, petabytes, exabytes, etc.
- Velocidad. Refleja la velocidad a la que se generan y cambian estos datos: en tiempo real, *streaming*, etc.
- Variedad. Diferentes formatos de datos: video, documentos de texto, transacciones, datos geolocalizados, audio, etc.

- Veracidad: calidad del dato, fiabilidad y consistencia de los datos en origen.
- Valor: obtener algo adicional de los datos con el fin último de mejorar la calidad de vida de la sociedad.

El principal éxito del *big data* es que proporciona respuestas a muchas preguntas que las organizaciones incluso desconocían, ayudan a aprovechar sus datos o emplear datos de otras organizaciones para identificar nuevas oportunidades. El fin último, tal y como se ha señalado en la definición, es obtener valor añadido de la información para reducir costes, mejorar la toma de decisiones, crear nuevos productos o servicios y mejorar nuestra calidad de vida.

## 2 Tipología de datos masivos empleados en el transporte

Los datos masivos pueden clasificarse según diversos aspectos: tipología de fuentes de datos, formatos de contenido, almacenes de datos, procesamiento de datos, etc. Si atendemos a la fuente de los datos masivos (es decir, dónde se generan los datos), podemos encontrar varias clasificaciones citada en la literatura. De forma sintética, UNECE (2013) considera tres categorías principales de fuentes de datos masivos:

- Internet de las cosas (“datos generados por máquinas”): derivado del gran crecimiento en el uso de sensores y máquinas para medir y registrar los eventos y situaciones en el mundo físico. Esta tipología de datos incluye, por ejemplo: (a) datos generados por sensores fijos: sensores meteorológicos/contaminación, cámaras/video/imágenes, etc.; (b) datos procedentes de sensores móviles: imágenes por satélite, GPS, localización de telefonía móvil, registro de llamadas, dispositivos en los vehículos, etc.; (c) datos de sistemas de ordenadores: registros web, registros de archivos, etc. Este tipo de datos suelen estar bien estructurados, pero aparecen en grandes volúmenes y tamaños que requieren un almacenamiento adecuado, técnicas de procesamiento de alto nivel y técnicos informáticos bien capacitados.

- Sistemas de negocios tradicionales: (a) datos generados por organismos públicos: registros médicos, registros de la tarjeta de transporte público, etc.; y (b) datos generados por el sector privado: transacciones comerciales, registros del banco, registros de la tarjeta de crédito, etc. Estos datos están altamente estructurados y generalmente incluyen tablas de referencia, relaciones y metadatos que establecen el contexto para su procesamiento.

- Redes sociales (“información de origen humano”): esta información engloba el registro de experiencias humanas digitalizadas y almacenadas en cualquier lugar, desde ordenadores personales hasta en las redes sociales: (a) Facebook, Twitter, etc.; (b) comentarios en blogs; (c) búsquedas en internet: Google, etc.; (d) contenidos cargados en internet: Youtube, Instagram, etc.; (e) mapas generados por usuarios; (f) e-mails, etc. La mayor parte de estos datos no están estructurados.

Como se puede observar, dependiendo de la fuente, se tienen diferentes tipos de datos (estructurados, no estructurados, etc.) que requieren de técnicas de almacenamiento, limpieza, procesamiento y análisis diferentes. En lo que respecta al sector transporte, las fuentes de *big data* más utilizadas se resumen en la tabla 1, con su equivalencia en la clasificación mencionada anteriormente. Asimismo, la fuente de datos utilizada depende a su vez de la disponibilidad de datos que tenga la organización, pudiendo darse dos opciones:

1. Que la propia organización disponga de una fuente de datos masivos y quiera explotarla mediante técnicas de *big data*. Por ejemplo, la explotación, por parte de una autoridad de transporte público, de los datos procedentes del uso de la tarjeta inteligente de transporte. En este caso, se requiere de un marco de gobernanza de los datos dentro de la organización.

2. Que la propia organización utilice fuentes de datos masivos de otras organizaciones para crear sus propias aplicaciones *big data*. Por ejemplo, que una empresa de planificación del transporte utilice datos de telefonía móvil para el cálculo de matrices origen-destino. En este caso, se requiere de una inversión adicional en la utilización del *big data*.



De esta forma, las fuentes *big data* más utilizadas en el sector transporte son:

- Datos de tráfico: pueden ser históricos o en tiempo real. Un ejemplo es el modelo de tráfico de Calle30 en Madrid para la gestión del tráfico y atención a incidencias, que utiliza sus datos históricos y en tiempo real de estaciones de toma de datos.

- Datos de sensores: son utilizados para realizar monitorización en tiempo real y mejoras a largo plazo. Estos son los datos más comunes que pueden aparecer en el transporte, ya que los vehículos (automóviles, trenes, aviones, etc.) tienen múltiples sensores instalados. Estos datos se pueden utilizar para monitorear eventos en tiempo real o bien ser almacenados para su posterior análisis. Por ejemplo, se puede obtener múltiple información de la flota de vehículos de una empresa de servicios de transporte a través de sensores: posicionamiento, velocidad, consumo de carburante, estado del motor, temperatura, etc.

- Datos de seguimiento (o de escaneado): pueden ser generados por diversos medios (por ejemplo: la carga, equipaje, paquetes, pasajeros, etc.). Un ejemplo es la trazabilidad de la carga transportada en toda una cadena logística.



- Datos de redes sociales: pueden ser históricos o en tiempo real. Estos datos se utilizan de forma general para, por ejemplo, comprender el comportamiento de los pasajeros para un análisis confiable de la demanda de transporte, detectar incidencias en una red de transporte, o para evitar cuellos de botella. También pueden servir para identificar la aparición de congestión del tráfico o de incidencias (accidentes, etc.) utilizando Twitter (Kosala et al. 2012).

- Datos de telefonía móvil: generados a partir del registro de llamadas y provistos de geolocalización. Estos datos pueden servir para alimentar un modelo tráfico mediante la obtención de matrices origen-destino (ejemplo: Cáceres et al. 2008).

- Datos de registros bancarios y tarjetas de crédito: generados a partir de registros bancarios o transacciones con tarjeta de crédito. Un ejemplo de su utilización es la iniciativa de Urban Analytics de BBVA Data & Analytics, que describe las dinámicas de movilidad que presentan distintas partes de una ciudad a partir de las transacciones realizadas con tarjetas bancarias (BBVAData, 2018)

- Datos de tarjeta de transporte público: generados a partir de los registros de las tarjetas inteligentes de transporte público, permiten por ejemplo obtener matrices origen-destino relativas al uso de transporte público, así como los viajes generados dentro del área de estudio (Bagchi & White, 2005).

- Datos de cámaras: permiten identificar usuarios que pasen por los puntos de la red cubiertos con dicha tecnología. También pueden servir para obtener matrices origen-destino dentro de un área cubierta con dicha tecnología.

- Datos de *bluetooth*: al igual que las cámaras, permiten identificar usuarios que pasen por los puntos de la red cubiertos con dicha tecnología. Por ejemplo, se pueden utilizar para obtener la velocidad de los vehículos para estudios de tráfico.

- Datos de navegadores GPS, ya sea a través de una aplicación *smartphone* o a través de un aparato, pueden proporcionar estimaciones del tráfico en tiempo real (Google Maps), velocidades o matrices origen-destino dentro de un área de influencia (por ejemplo utilizando los datos de TOMTOM a través de su portal Traffic Stats).

- Datos de búsquedas en internet permiten obtener, para un tema concreto, información de utilidad para realizar la planificación del transporte (por ejemplo, emplear datos de Airbnb para predecir la movilidad turística). Este tipo de datos suele requerir la utilización de técnicas de *web scraping* por parte de un profesional.

- Datos de registro de reserva de billetes de transporte: ya sea por una agencia de transporte física o a través de la web, puede servir para predecir la demanda de movilidad en un área de estudio, por modo de transporte concreto, etc.

Fuentes de datos masivas	Internet de las Cosas	Sistemas de Negocios Tradicionales	Redes Sociales	Disponibilidad de los datos en la organización de transporte	
				Datos propios	Datos externos
Datos de tráfico				X	
Datos de sensores				X	
Datos de seguimiento				X	
Datos de redes sociales					X
Datos de telefonía móvil					X
Datos de registros bancarios o tarjeta de crédito					X
Datos de tarjeta de transporte público				X	
Datos de cámaras				X	X
Datos de bluetooth					X
Datos de navegadores GPS					X
Datos de búsquedas en internet					X
Datos de registro de reservar de billetes de transporte				X	X

Tabla 1\_ Características de las fuentes de datos masivas utilizadas en el transporte

### 3 Desafíos y oportunidades del *big data* en el transporte

La utilización del *big data* en el sector transporte se enfrenta a numerosos desafíos que van desde la generación de los datos hasta la implementación de aplicaciones de *big data*:

- Acceso de datos. El primer punto que se presenta en las organizaciones cuando se decide utilizar el *big data* es identificar las fuentes de datos disponibles dentro de la propia organización, y ver hasta qué punto resulta necesario y rentable invertir o no en la compra de datos externos y su fiabilidad en el tiempo.
- Gobernanza de datos. Dentro de las organizaciones, otro reto a destacar es la escasa existencia de un marco de gobernanza que regule la utilización de los datos dentro de la propia organización de forma que exista calidad, seguridad y cumplimiento de la normativa vigente en el manejo de los datos.
- Profesionalización del sector. El manejo de fuentes masivas de datos y su adecuada explotación requiere contar con personal cualificado dentro de las organizaciones en el manejo de los datos, es decir, que haya técnicos expertos en transporte y ciencia de datos.
- Modelos de negocio. La utilización del *big data* dentro de una organización se puede ver como una oportunidad de ne-

gocio, donde es muy importante crear valor y cuantificarlo. Son muy escasos los ejemplos de aplicaciones *big data* existentes en la actualidad que tengan bien definido su modelo de negocio y hayan realizado una cuantificación de los costes y beneficios generados (ejemplo Deloitte para Transport for London, 2017). Este punto presenta una perspectiva muy diferente en el sector público y el privado.

Por otro lado, aparte de los desafíos mencionados anteriormente, el *big data* puede ser utilizado en todas las áreas que engloba el sector transporte en general, y de ahí el éxito y dinamismo que está experimentando en el sector. Por ejemplo, el *big data* puede ser empleado en las siguientes áreas, sin que sea excluyente a otras áreas aquí no mencionadas:

- Política y planificación del transporte: uso del *big data* para evaluación de impactos, evaluación de la sostenibilidad del transporte, etc.
- Operación y gestión del transporte: empleo para alimentar sistemas de información al viajero en tiempo real, gestión de la demanda e incidencias, gestión del tráfico en situaciones extremas o de emergencia, mejora de la calidad del servicio, etc.
- Seguridad del transporte: aplicaciones *big data* que ayuden a cumplir el objetivo de cero víctimas mortales mediante la reducción de accidentes debidos al factor humano, etc.
- Reducción de emisiones y contaminación del transporte: aplicaciones que ayuden a reducir el consumo de combusti-

bles fósiles y el uso del vehículo privado, con el fin último de reducir la contaminación, etc.

- Mercancías y logística: mejora de la optimización de la capacidad, intermodalidad, *blockchain*, digitalización de la cadena de valor, etc.

- Integración de modos –multimodalidad–: por ejemplo, incluir en la planificación de los desplazamientos todas las opciones multimodales.

- Movilidad como servicio MaaS: la digitalización transforma la movilidad en servicios de movilidad, modificando la cadena de valor, de manera que el fin último es el propio desplazamiento.

- Infraestructuras inteligentes: el *big data* podrá explotar el intercambio de información entre todos los elementos del sistema de transporte conectados entre sí: V2V, I2V, etc.

- Automatización: funciones de automatización y autonomía.

En definitiva, el *big data* tiene la oportunidad de crear un alto valor añadido en distintos ámbitos del sector transporte,

tanto para las organizaciones como para la sociedad en su conjunto.

## 4 Reflexiones finales

Son muchas las fuentes de datos masivas disponibles actualmente por parte de las organizaciones que pueden ser aplicadas en el sector del transporte. Un punto importante consiste en identificar las fuentes de datos disponibles dentro de la propia organización, y evaluar hasta qué punto resulta rentable o no invertir en la compra de datos externos y su disponibilidad en el tiempo. También es importante contar con profesionales que reúnan tanto conocimientos en transporte como en ciencia de datos, así como implementar un marco de gobernanza en la utilización y gestión de los datos dentro de las organizaciones. Finalmente, identificar el valor que crea el uso del *big data* en el transporte es una tarea pendiente por parte de todas las organizaciones, y resulta altamente necesario desde el punto de vista del negocio y el bienestar social. 📍



Datos de

# telefonía móvil

para la planificación y la operación  
de los sistemas de transporte y  
tráfico



OLIVA  
**García**

Graduada en Física por la UNAM (México). Máster en Matemáticas Avanzadas por la Universidad de Cambridge. Doctora en Física Teórica por el Imperial College de Londres.

Directora de I+D+i en Nommon Solutions and Technologies

## RESUMEN

La generalización del uso de dispositivos móviles que proporcionan información geolocalizada ha abierto nuevas oportunidades para superar muchas de las limitaciones heredadas de los métodos tradicionales de recogida de datos. El alto nivel de penetración de los servicios móviles, en prácticamente todos los estratos de la sociedad, garantiza muestras elevadas y muy bien distribuidas, con una granularidad temporal y una resolución espacial que resulta adecuada para estudios de movilidad, tanto a escala interurbana como metropolitana. No obstante, es importante evitar la sobreexplotación de los datos de telefonía, entendiendo que la solución óptima para la caracterización de la movilidad pasa por una fusión de éstas y otras fuentes de datos.

## PALABRAS CLAVE

Telefonía móvil, datos geolocalizados, matrices origen destino, planificación de transporte, demanda de viajes

## ABSTRACT

*The widespread use of mobile devices that provide geolocated information has opened new opportunities to overcome many of the limitations inherited from traditional data collection methods. The high level of penetration of mobile services, in virtually all population groups, guarantees large and homogeneously distributed samples, with a suitable spatial and temporal resolution for mobility studies, both at interurban and metropolitan scales. However, it is important to avoid overexploitation of mobile phone data and to understand that the optimal solution for the characterisation of mobility involves the fusion of these and other data sources.*

## KEYWORDS

*Mobile phone data, geolocated data, transport planning, travel demand*

La planificación y la operación de los sistemas de transporte y tráfico requieren información precisa, fiable y actualizada sobre la demanda de viajes. Tradicionalmente esta información es obtenida a partir de encuestas de movilidad. Estas proporcionan información muy valiosa, pero no están exentas de inconvenientes: generalmente las encuestas resultan caras y lentas de realizar, lo que limita el tamaño de la muestra y la frecuencia de actualización de la información, a lo que hay que añadir otras limitaciones intrínsecas, como las respuestas incorrectas e imprecisas, o la dependencia de la disposición a responder de los entrevistados. Esto ocasiona que muchas veces los modelos de transporte estén siendo alimentados con datos desactualizados e incompletos.

En los últimos años, la generalización del uso de dispositivos móviles que proporcionan información geolocalizada ha abierto nuevas oportunidades para superar muchas de estas limitaciones. Son muchos los estudios que han abordado el análisis de la

movilidad a partir de las trazas geolocalizadas procedentes de teléfonos móviles<sup>1,2</sup>, redes sociales de Internet<sup>3</sup>, registros de uso de tarjetas de crédito<sup>4</sup> o tarjetas inteligentes de transporte<sup>5</sup>, entre otros ejemplos.

De las tecnologías mencionadas anteriormente, la telefonía móvil se distingue por tener más usuarios, estar extendida en todos los grupos de edad, estratos sociales y zonas geográficas, y tener una mayor resolución temporal. Esto hace que los datos provenientes de la red de telefonía móvil resulten particularmente interesantes para el estudio de la movilidad.

Cuando se hace referencia a los datos de telefonía procedentes del operador de la red se suele diferenciar entre dos tipos de datos, CDR (*Call Detail Records*) y datos de sondas de red. Los CDR, generados originalmente a efectos de facturación, proporcionan información sobre la hora y la posición del dispositivo cada vez que este interactúa con la red (llamadas, SMS, conexiones de datos, etc.). Los datos procedentes de





las llamadas sondas de red, que tienen como propósito principal optimizar la gestión de la red de telefonía, recogen otros eventos pasivos registrados de manera periódica, aumentando la resolución temporal. La resolución espacial, tanto para datos CDR como para datos de sondas, depende del tamaño de las celdas de la red de telefonía. Esta resolución es relativamente alta en áreas densamente pobladas (típicamente decenas/cientos de metros), y más baja (del orden de kilómetros) en zonas menos pobladas.

Debido a las características espacio-temporales de los datos se requiere de la aplicación de distintas técnicas de análisis de datos para la extracción de patrones de movilidad. Diferentes ejercicios de validación llevados a cabo en los últimos años han demostrado que los datos de

telefonía móvil, adecuadamente tratados, permiten extraer matrices origen-destino coherentes con las obtenidas mediante encuestas<sup>6</sup>. Estos ejercicios muestran también que, si bien existe una elevada correspondencia entre los resultados de distribución de viajes obtenidos por las encuestas y los datos de telefonía a nivel de macrozona, a medida que la resolución espacial aumenta las matrices difieren cada vez más. Esto se debe principalmente al tamaño muestral: frente a las muestras del 1-2 % de la población que habitualmente se recogen en las encuestas domiciliarias de movilidad, los datos de telefonía móvil ofrecen muestras que típicamente suponen en torno al 20 % - 25 % de la población. Ello permite capturar con mayor fidelidad determinadas variables, en particular la distribución de viajes, para la que el tamaño muestral de las encuestas resulta insuficiente.

Otra de las ventajas de los datos procedentes de telefonía móvil es que la relativa rapidez de recogida y procesamiento de datos, así como su bajo coste en comparación al de una encuesta de un tamaño equivalente, permiten una frecuente actualización de las matrices. Adicionalmente, la continua recogida de datos permite realizar estudios de la movilidad para días en los que hayan ocurrido eventos imprevistos, algo que resulta imposible de hacer con las encuestas, que requieren un tiempo de preparación previo.

Sin embargo, dado que no han sido originalmente recogidas con el fin de recopilar información de la actividad de viaje, estos datos también presentan algunas limitaciones: (i) la información sociodemográfica sobre los usuarios se limita a la información disponible



las matrices origen-destino obtenidas a partir de datos de telefonía móvil, combinando la información sobre distribución de viajes proporcionada por la telefonía (de mayor calidad que la de la encuesta, especialmente para elevados niveles de detalle en la zonificación) con la información de reparto modal, propósitos de viaje, etc. obtenida de la encuesta. Si bien existen distintas aproximaciones a este problema, en general la mejor aproximación consiste en la integración de las distintas fuentes a través de un modelo de transporte calibrado a partir de la información que proviene tanto de la encuesta como de la telefonía, así como de otras fuentes de datos disponibles que también proporcionan información muy valiosa para la calibración del modelo, tales como aforos de tráfico o información de billeteaje de sistemas de transporte colectivo.

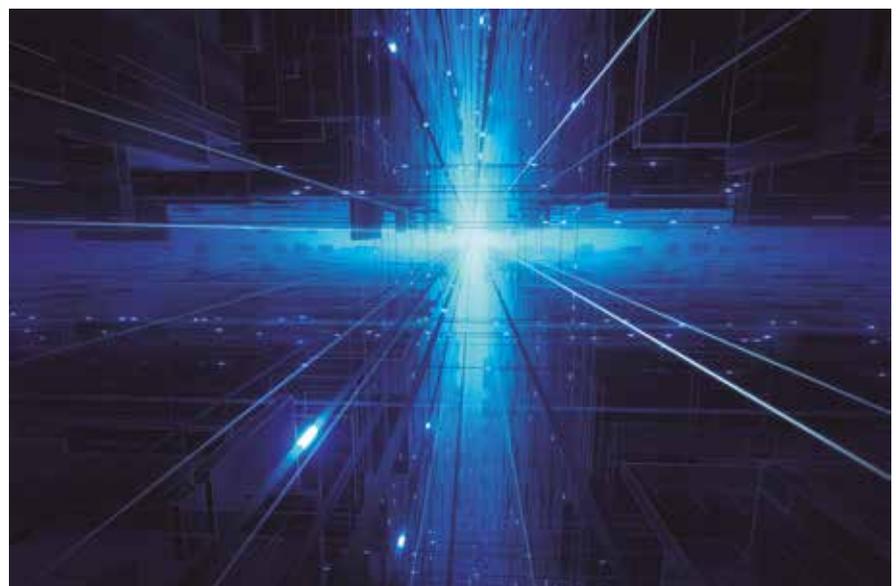
Por último, la utilización de matrices origen-destino procedentes de datos de telefonía móvil abre interesantes oportunidades para el mantenimiento y la utilización de los modelos de transporte y tráfico, tales como la posibilidad de utilizar datos de telefonía para la actualización periódica del modelo con un coste reducido, o la oportunidad de emplear el modelo para analizar la movilidad en fines de semana, periodos especiales (Navidad, Semana Santa, etc.) y eventos concretos que influyen significativamente en la movilidad. 📍

para el operador, en general más pobre y menos fiable que la información que puede recogerse por medio de una encuesta de movilidad; (ii) la información sobre propósito de viaje, modo o ruta elegidos en el caso de los datos de telefonía debe ser inferida de los patrones de comportamiento del usuario, por lo que no siempre puede ser extraída con el mismo nivel de detalle y fiabilidad que en las encuestas de movilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante evitar la sobreexplotación de los datos de telefonía. La solución óptima para la caracterización de la movilidad pasa por una fusión con otras fuentes de datos, que aproveche las fortalezas de cada tipo de datos y compense sus debilidades. Por ejemplo, cabe pensar la fusión de la información proporcionada por las encuestas de movilidad con

## NOTAS

- (1) L. Toole, S. Colak, B. Sturt, L. Alexandre, A. Evsukoff, and M.C. González, "The path most travelled: Travel demand estimation using Big Data resources", *Transportation Research C: Emerging Technologies*, vol. 58 part B, pp. 162-177, 2015.
- (2) M. Picornell, T. Ruiz, M. Lenormand, J. J. Ramasco, T. Dubernet, and E. Frías-Martínez, "Exploring the potential of phone call data to characterize the relationship between social network and travel behavior", *Transportation*, vol. 42, nº4, pp. 647-668, 2015.
- (3) M. Lenormand, A. Tugores, P. Colet, and J. J. Ramasco, "Tweets on the Road", *PLoS ONE* 9(8): e105407. doi:10.1371/journal.pone.0105407, 2014.
- (4) S. Sobolevsky, I. Sitjo, R. Tachet Des Combes, B. Hawelka, J. Murillo Arias, and C. Ratti, "Money on the move: Big Data of bank card transactions as the new proxy for human mobility patterns and regional delineation. The case of residents and foreign visitors in Spain", *IEEE International Congress on Big Data*, 2014.
- (5) H. Samiul, C. M. Schneider, S. V. Ukkusuri, and M.C. González, "Spatiotemporal patterns of human mobility", *Journal of Statistical Physics*, vol. 151, nº 1-2, pp. 304-318, 2013.
- (6) L. Alexander, S. Jiang, M. Murga, and M.C. González, "Origin-destination trips by purpose and time of day inferred from mobile phone data", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* vol. 58 pp. 240-250, 2015.



# Ride-hailing en España

¿Qué opinan los usuarios de Uber y Cabify frente al taxi?



JOSÉ MANUEL  
**Vassallo**

Catedrático, Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT). Universidad Politécnica de Madrid



JUAN  
**Gómez**

Profesor Ayudante Doctor, Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT). Universidad Politécnica de Madrid



ÁLVARO  
**Aguilera**

Investigador predoctoral. Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT). Universidad Politécnica de Madrid

## RESUMEN

El rápido desarrollo de plataformas digitales de *ride-hailing* o vehículos de alquiler con conductor (VTC), basadas en la economía bajo demanda, ha producido un cambio significativo en la movilidad urbana en España. Este artículo presenta una panorámica general de estos nuevos servicios, mostrando los aspectos básicos de su operativa, modelo de negocio y marco regulatorio. Asimismo, se aborda las opiniones y experiencias por parte del usuario en relación a este tipo de servicios, lo que resulta clave para definir estrategias y futuras actuaciones en este sector de la movilidad urbana. Para ello, se analiza la información procedente de una encuesta *online*, realizada tanto a usuarios de servicios VTC como su competidor directo, el taxi.

## PALABRAS CLAVE

Economía bajo demanda, movilidad urbana, *ride-hailing*, VTC, encuesta

## ABSTRACT

*The rapid development of online ride-hailing platforms or private-hire vehicles based on the on-demand economy, has produced an important change in urban mobility in Spain. This article presents a general overview of these new services, showing basic aspects of their operation, business model and regulatory framework. In addition, the point of view and experiences of the user in relation to this kind of services are approached, since it is crucial in order to define a strategy and future measures in this sector of the urban mobility. Therefore, we analyze the information of an online survey conducted to users' ride-hailing and their direct competitor, the taxi.*

## KEYWORDS

*On-demand economy, urban mobility, ride-hailing, private-hire vehicles, survey*

# 1

## Introducción

En los últimos años, la aparición de nuevos servicios de transporte de personas basados en las nuevas tecnologías y nuevos modelos de negocio, como la economía colaborativa o la economía bajo demanda, ha supuesto un cambio significativo en el sector del transporte urbano. Entre ellos se encuentran los denominados servicios de *ride-hailing*, como es el caso de Cabify y Uber en España. Estas empresas, que prestan servicios de intermediación para el arrendamiento de vehículos con conductor, emplean aplicaciones digitales que ponen en contacto a usuarios y conductores. Este modelo ha revolucionado la movilidad urbana, proporcionando una nueva alternativa de transporte y alterando las condiciones de competencia con modos tradicionales como el taxi. Asimismo, dada la velocidad con la que han aparecido estos nuevos servicios y su complejidad, en los últimos años se han sucedido diversos cambios normativos con el objetivo de regular las actividades realizadas por ellos.

El presente artículo muestra una panorámica global del sector de las VTC (Vehículos de Turismo con Conductor). En primer lugar, se caracteriza su operación y modelo de negocio, así como el marco regulatorio que se les aplica en comparación con su competidor directo, el sector del taxi. En segundo lugar, sobre los resultados de una encuesta *online* realizada por el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la UPM, el artículo identifica las opiniones y experiencias de los usuarios que resultan claves para definir futuras estrategias y actuaciones en España.

# 2

## Operativa de los servicios de *ride-hailing*

Los servicios de *ride-hailing* (también conocido como *ride-sourcing*) conectan a tres agentes: usuarios, conductores y plataformas tecnológicas. Los usuarios son personas familiarizadas con las nuevas tecnologías y con el pago por internet. Los conductores, en el caso de España, deben poseer una licencia de VTC para poder ofertar el servicio que proporcionan. Finalmente, las plataformas, desarrolladas por empresas tecnológicas, facilitan la prestación del servicio, recibiendo solicitudes de viaje de los usuarios y asignándoselas a los vehículos disponibles.

Mediante la aplicación, el usuario puede, una vez introducido el destino deseado y previamente a contratar el servicio, estimar el tiempo de llegada, conocer el precio final y elegir el tipo de vehículo. Una vez aceptada la solicitud, se produce el emparejamiento con un vehículo determinado, principalmente con base en la distancia entre la ubicación del vehículo y el punto de recogida del usuario. A partir de ese momento, la plataforma digital permite una coordinación mutua entre usuario y conductor: ubicación en tiempo real, número de teléfono de contacto, nombre, foto y valoración del conductor, identificación del vehículo, etc. Durante el trayecto, el usuario puede co-

nocer en tiempo real el itinerario a través de la aplicación móvil. Cuando finaliza el viaje, el conductor lo notifica a la plataforma y queda de nuevo disponible para ofrecer un nuevo servicio. La aplicación también pide al usuario que valore la experiencia del viaje, lo que permite a la empresa conocer la calidad del servicio ofertado por el conductor y el grado de satisfacción del cliente.

Asimismo, dependiendo del país, de la empresa y de la gama del vehículo contratado, existe la posibilidad por parte del usuario de seleccionar determinadas preferencias durante el viaje, como la emisora de radio, la temperatura dentro del vehículo, así como disfrutar de prestaciones como *wifi*, agua, o incluso prensa.

Debido a su carácter de transporte eminentemente privado, los nuevos servicios VTC compiten directamente con el sector del taxi. La principal diferencia radica en que los servicios de VTC sólo pueden ser contratados previamente, nunca a pie de calle ni en espacios reservados al taxi. Además, a diferencia del taxi, el esquema tarifario es flexible, ya que depende de la oferta y la demanda en cada momento y espacio geográfico, proporcionando siempre el precio final antes de contratar el viaje.

# 3

## Aspectos regulatorios

En numerosas ocasiones, los servicios de *ride-hailing* han comenzado a operar antes de que existiera el marco legislativo que debía regularlos, lo que ha generado importantes controversias en los legisladores y entidades encargadas de velar por la libre competencia. En distintos países, se ha ido respondiendo a estas cuestiones de manera diferente, generándose marcos regulatorios muy dispares en el ámbito internacional. En el caso de Europa, la Comisión ha elaborado recomendaciones para que los Estados eliminen trabas a este tipo de negocios, dados los beneficios para el consumidor, pero también ha insistido en la necesidad de fijar unos requerimientos mínimos en materia fiscal, laboral y de responsabilidad ante el cliente.



Aplicación de Uber



En España, es necesaria una licencia de VTC –hasta el momento, de ámbito nacional– para que un vehículo pueda prestar este servicio, no contemplándose el transporte entre particulares sin necesidad de licencia, como sí ocurre en otros países. Asimismo, el número de licencias de VTC está limitado actualmente, a diferencia de otros países con una mayor liberalización como Reino Unido. Esto sucede igualmente en el sector del taxi, donde desde hace más de 20 años el número de licencias permanece prácticamente invariable. La consecuencia principal es que, en la actualidad, la limitación en el número de licencias de taxi y VTC otorga un poder de mercado a los que las poseen, lo que lleva a que su precio incremente en la medida en que la demanda sea superior a la oferta.

La Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT) de 1987 establece los requisitos que deben cumplir las licencias VTC, entre otros aspectos una antigüedad del vehículo menor de 10 años. Asimismo, la LOTT indica que se denegará el otorgamiento de nuevas autorizaciones de VTC si se supera la relación de una licencia de VTC por cada treinta de taxi. Esta proporción no se cumple en la práctica, debido a la concesión de gran número de licencias fruto de la liberalización que tuvo lugar con la promulgación de la denominada Ley Ómnibus. En la actualidad, según datos del Ministerio de Fomento, en noviembre de 2018 existen 12.463 licencias de VTC (por las 6.687 que había a principios de 2018), con una media nacional de 1 VTC por cada 5,3 taxis. Madrid es la provincia española con mayor número de licencias VTC (un VTC por cada 2,5 taxis), seguida de Barcelona (ratio de 5,4) y Málaga (ratio de 2,3).

La proliferación de licencias de VTC por encima de los cupos establecidos en la LOTT ha motivado la reacción por parte del sector del taxi, que ha solicitado el cumplimiento estricto de la ley para no sufrir una situación de competencia desleal. Entre otros aspectos, se ha aludido a los requisitos y limitaciones desiguales a los que se ve sujeto el sector del taxi en comparación con las VTC, en materia de tributación, cobertura de seguros, responsabilidad legal, etc. Por el contrario, la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) ha señalado que la situación de monopolio generada por una regulación restrictiva del sector del taxi limita la competencia en precios, calidad e innovación, y reduce el bienestar general.

Recientemente, el Gobierno ha aprobado el Real Decreto-ley 13/2018 que modifica el marco normativo del arrendamiento de vehículos con conductor de la LOTT. El texto establece que, en su calidad de transporte urbano, serán las Comunidades Autónomas y Ayuntamientos quienes emitan a partir de ahora las correspondientes autorizaciones y regulen el servicio de VTC: precontratación, servicios u horarios obligatorios, etc. Se establece un período transitorio de 4 años, tras los cuales las autorizaciones de ámbito nacional sólo podrán realizar servicios interurbanos.

## 4 Modelo de negocio

Las nuevas empresas de *ride-hailing* (Uber a nivel mundial, Cabify en España o América Latina, Lyft en Estados Unidos, etc.)

presentan un modelo de negocio similar, basado en no tener en propiedad los vehículos que ofrecen ni pagar ningún alquiler por ellos. De este modo, rentabilizan al máximo esos activos haciendo de intermediarios entre conductores y usuarios. Este tipo de negocios está fuertemente basado en la estructura tecnológica, el intercambio de información vía internet, y el uso de las aplicaciones móviles, lo que ha permitido mejorar el emparejamiento entre oferta y demanda.

Al contrario que el taxi, donde las tarifas se encuentran reguladas por constituir un servicio público, los servicios de *ride-hailing* emplean un algoritmo de precios flexibles, que ajusta las tarifas en función de la demanda de pasajeros y la oferta de conductores disponibles en cada momento y espacio geográfico. Asimismo, el usuario siempre conoce con antelación el precio ofertado para un trayecto antes de contratar el servicio, lo que no ocurre con el taxi que en la mayoría de los casos se somete a tarifas preestablecidas.

Ante los cambios derivados de la aparición de las VTC, el sector del taxi ha respondido introduciendo diversos cambios relevantes. En primer lugar, se han desarrollado aplicaciones móviles (Mytaxi, PideTaxi, etc.) semejantes a las de las VTC, de manera que se pueden gestionar los servicios tradicionales de taxi desde el teléfono. Aunque no todas estas aplicaciones tienen las mismas características (método de pago, etc.), se han incorporado prestaciones similares a las VTC: posibilidad de puntuar al taxista, estimación del precio del trayecto, etc. Asimismo, se ha comenzado a impulsar la opción de compartir parte del trayecto en taxi (algo que no está permitido para los VTC de España)

con aplicaciones como Ntaxi, lo que permitirá al usuario ahorrar considerablemente en el coste del desplazamiento.

## 5 Opinión de los usuarios en España

Como se ha comentado anteriormente, conocer cuál es el punto de vista y experiencia del usuario de una alternativa de transporte resulta fundamental, ya que juega un papel clave para definir futuras actuaciones y políticas de transporte. Por ello, se presentan los resultados de una encuesta *online* realizada por el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la UPM a usuarios tanto de taxi como de las nuevas empresas de vehículos VTC (Uber/Cabify) en España. La encuesta cubre diferentes ámbitos: opiniones sobre la calidad del servicio prestado por cada alternativa de transporte, motivos de uso/no uso, etc.

Participaron un total de 789 encuestados, de los cuales casi dos tercios (61 %) indicaron haber utilizado tanto el taxi como los VTC, mientras que un 37 % declaró haber usado únicamente el taxi. El 2 % restante, usuarios exclusivos de VTC, no han sido incluidos en este análisis dada su reducida muestra.

De los resultados de la encuesta, se puede observar que la edad es uno de los parámetros que más influye en la adopción del *ride-hailing*. Entre la gente que ha usado Uber/Cabify, sólo el 9 % es mayor de 50 años, mientras que el 72 % tiene menos



de 34 años. En cambio, la edad de los usuarios del taxi se distribuye homogéneamente: el 36 % son menores de 34 años, el 37 % tienen entre 35 y 49 años, y el resto son mayores de 50. Este resultado iría en consonancia con otros estudios que han relacionado la adopción de nuevas tecnologías y el uso del *ride-hailing*.

#### Opiniones sobre el sector del taxi

Las opiniones hacia el sector del taxi son marcadamente diferentes entre los usuarios exclusivos del taxi y aquellos que también utilizan los VTC. Así, el 86,7 % de los usuarios del taxi señala haber tenido una experiencia positiva al utilizar este servicio, frente al 40,1 % de los usuarios de taxi y VTC. Las diferencias de opinión en cuanto a las tarifas aplicadas también son notables. Entre los usuarios exclusivos del taxi, las tarifas por la bajada de bandera y suplementos de viaje (equipaje en maletero, tarifas nocturnas, etc.) les parecen adecuadas al 57 % y el 48 % de los usuarios, respectivamente. Para aquellos que también emplearon los VTC, estos porcentajes se reducen al 24 % y 15 % respectivamente.

Asimismo, los usuarios de taxi y VTC declararon haber preferido emplear en ocasiones el taxi por la comodidad de poder reservar un vehículo a pie de calle (61 %), la posibilidad de usar carriles especiales para evitar atascos (48 %) y la seguridad de tener un vehículo disponible cuando se desee fácil de identificar (30,6 %).

#### Opiniones sobre los VTC

En relación a las opiniones hacia el sector de las VTC, el 85,5 % de los usuarios de taxi y VTC declaró haber tenido una experiencia positiva con este tipo de servicios, mientras que el 74 % valoró positivamente que el conductor ofrezca agua, pregunte por la temperatura del coche y por la emisora de radio que desee. No obstante, tan solo el 33 % opina que sea razonable que el precio del servicio varíe según la demanda que haya en ese momento, por ejemplo, mayor precio en fines de semana o eventos importantes.

Entre las razones principales por las que se utiliza Uber o Cabify se encuentran la seguridad de conocer con antelación el precio final del servicio (61 %), el que la tarifa sea competitiva (55 %) y la comodidad de poder pagar y realizar todos los trámites a través del móvil (51 %). Estos son los motivos principales por los que declaran haber decidido generalmente utilizar los VTC frente al taxi. Por otra parte, los usuarios exclusivos del taxi han puesto de manifiesto que las razones principales de no haber utilizado nunca un VTC son la mayor facilidad de encontrar antes un taxi, barreras de tipo tecnológico (pereza a registrarse en la aplicación/inseguridad frente al pago por móvil/privacidad) y la competitividad de los precios del taxi.

#### Comparativa de ambos servicios

La Figura 1 incluye una comparativa de la calidad del servicio percibida por parte de los usuarios de taxi y VTC, donde se pregunta qué tipo de servicio se ajusta más en relación a una serie de afirmaciones. Se puede observar que, por lo general, existe una mejor percepción de calidad de los nuevos servicios de *ride-hailing* en cuanto a características del vehículo, limpieza, trato del conductor y modo de conducción.

De manera complementaria, la Figura 2 realiza una comparativa respecto al grado de acuerdo o desacuerdo sobre las opiniones personales acerca del taxi y de Uber/Cabify, diferenciándose según el tipo de usuario (usuario exclusivo de taxi/usuario de taxi y VTC). Ambos grupos de usuarios valoran como bastante positiva la aparición de aplicaciones móviles para reservar un taxi. Asimismo, existe una percepción generalizada de que el sector del taxi cumple mejor con sus obligaciones fiscales. Existen no obstante diferencias en muchos otros aspectos.

Los usuarios exclusivos del taxi valoran muy positivamente que sus tarifas estén reguladas por los ayuntamientos, están en desacuerdo en que sea positiva la aparición de los nuevos servicios de VTC, y no piensan que sea conveniente aumentar el número de licencias que hay en la actualidad. Además, consi-

### SEGÚN SU OPINIÓN ¿QUÉ SERVICIO SE AJUSTA MEJOR EN RELACIÓN A LAS SIGUIENTES AFIRMACIONES?



Fig. 1\_ Comparativa de la calidad del servicio percibida de los servicios de taxi y VTC.

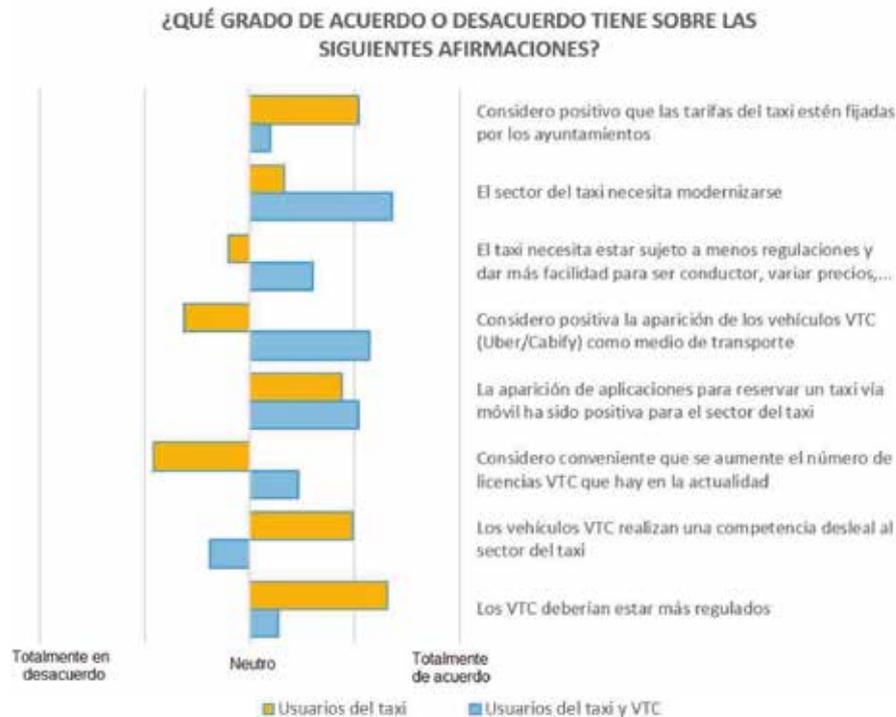


Fig. 2\_ Grado de acuerdo o desacuerdo sobre opiniones personales, según el tipo de usuario

deran que los vehículos VTC realizan una competencia desleal al sector del taxi. Por otro lado, los usuarios tanto de taxi como de Uber/Cabify opinan que la aparición de estas nuevas empresas ha sido positiva, y que el sector del taxi necesita modernizarse. Además, se muestran indiferentes sobre si habría que aumentar el número de licencias de VTC o si estas empresas deberían estar sujetas a una mayor regulación.

## 6 Comentarios finales

Como se ha podido observar, la aparición de los nuevos servicios de *ride-hailing* en España ha supuesto un gran impacto en el transporte urbano, principalmente en las grandes ciudades. Desde su irrupción hasta la actualidad hay abiertos muchos interrogantes, y son muchos los países que buscan una solución acordada que debería tener en cuenta también el bienestar de los usuarios.

Por un lado, se debería hacer una reflexión sobre la idea de la calidad del servicio prestado ya que, como se puede extraer del cuestionario, la percepción es más positiva en relación a los

nuevos servicios de *ride-hailing*. Por otra parte, se ha visto que las opiniones difieren según el tipo de usuario. Así, por ejemplo, la percepción del sector del taxi es muy diferente entre aquellos usuarios exclusivos de este medio de transporte, frente a quienes también utilizan los VTC.

Asimismo, según los resultados de la encuesta, los principales motivos de utilizar Uber o Cabify están relacionados con la política tarifaria: seguridad de conocer con antelación el precio final del servicio, tarifa competitiva y comodidad de poder pagar y realizar todos los trámites a través del móvil. No obstante, esto parece ser una barrera para los usuarios exclusivos del taxi, ya que la inseguridad frente al pago por móvil y el registro en la aplicación móvil es una de las razones principales por las que sólo utilizan el taxi, lo cual es un resultado coherente dado que es un servicio nuevo que genera cierta incertidumbre a los nuevos usuarios.

Para finalizar, conocer cuál es el punto de vista y la experiencia del usuario es clave para definir las futuras actuaciones y acometer mejor los nuevos retos. Todo ello debería ir en consonancia con los nuevos avances y con el objetivo de obtener el máximo beneficio para la sociedad, ya que de ello depende aprovechar las oportunidades que presentan las nuevas tecnologías. 📍



GUILLERMO  
**Velázquez**

Doctorando en el Centro de Investigación del Transporte de la UPM (TRANSyT)



ANDRÉS  
**Monzón**

Catedrático de Transportes en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM

# El *car-sharing*

como tecnología de actualidad y de futuro en la movilidad de las ciudades

## RESUMEN

El *carsharing* es una de las tecnologías de transporte que están afectando al panorama de la movilidad urbana actual. Su progresivo avance en múltiples ciudades –variadas tanto en estructura urbana como en modelos de movilidad– es objeto de estudio en la actualidad, a fin de comprender el alcance, beneficios y afecciones que pueda llegar a tener. Como muestra el artículo, España y en concreto la ciudad de Madrid se encuentran entre las pioneras en la adopción de estos sistemas.

## PALABRAS CLAVE

Car-sharing, movilidad compartida, movilidad urbana, movilidad eléctrica, TIC

## ABSTRACT

*Carsharing is one of the transport technologies affecting the modern panorama of urban mobility. Its progressive introduction in many cities—with variations in terms of both urban structure and mobility models—is currently being investigated to establish its potential scope, benefits and effects. As underlined in this article, Spain and more specifically, Madrid, is at the very forefront in the adoption of these systems.*

## KEYWORDS

*Car-sharing, shared mobility, urban mobility, e-mobility, ITS*



# 1

## Introducción

Dentro de las nuevas tecnologías en el transporte, existe un conjunto de soluciones que han irrumpido recientemente la ciudad como resultado de la transposición de los modelos y formas de la economía compartida al sector de la movilidad. Se trata de los sistemas de movilidad compartida, dentro de los que se encuentran las flotas de vehículos compartidos (*carshare* en inglés) y que ya están presentes en varias ciudades españolas.

Tradicionalmente, el mecanismo que permitía garantizar la cobertura de diversas necesidades individuales o familiares era la propiedad. Para el caso concreto de necesidades que si bien son temporales tienen una vida relativamente larga, su cobertura era planteable mediante el arriendo de activos bien propiedad de otros particulares bien de empresas dedicadas a ello. Este formato sin embargo, resultaba ineficiente para el caso de necesidades de muy corta duración o para determinados mercados con un volumen insuficiente o caracterizados por su opacidad.

Así, la economía compartida surge como consecuencia directa de dos factores; de una parte, la existencia de la mencionada demanda de corta duración para ciertos bienes de capital y, de otra, la irrupción de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) que permiten a los usuarios por primera vez recoger, procesar e intercambiar información de forma sencilla e incluso automática. La combinación de estos dos factores, introduce la posibilidad de combinar este tipo de demanda y su correspondiente oferta con facilidad, dónde previamente ambas no se encontraban o dónde el esfuerzo requerido para ello superaba el beneficio de las partes. Se permite así el uso de bienes –muebles e inmuebles– compartidamente entre varios particulares de una forma dinámica. Para ello surgen un conjunto de plataformas intermediarias en las que los particulares/usuarios pueden compartir directa y temporalmente diferentes activos.

Estos esquemas iniciales de préstamo consumidor-consumidor Airbnb (pisos), BlablaCar (coches), etc., evolucionan rápidamente hacia modelos de negocio en los que en lugar de producirse préstamos directos entre particulares, una empresa presta a los usuarios su parque de activos de forma dinámica bajo el formato de alquileres de corta duración; asimilándose por lo tanto a negocios ya existentes como el taxi, los hoteles o el alquiler de vehículos tradicional. Se crean por tanto una variedad de mercados de alquileres de corta duración, originados en parte a partir de una nueva demanda antes insatisfecha y en parte como resultado de un efecto sustitución entre esquemas basados en la propiedad y esquemas basados en los servicios.

Los modelos de negocio para atender esta demanda son asimismo múltiples. Concretamente en el sector del transporte urbano, particularidades como el corto periodo de uso medio de los activos; la elevada inversión inicial que suponen los mismos; las exigencias de fiabilidad y de resiliencia por parte del usuario; la creciente multimodalidad o la necesidad de un conductor autorizado hacen que el número de soluciones existentes sea diverso y en ocasiones confundible. Con ánimo de clarificar se presenta a continuación una pequeña tabla que recoge las principales características del *carshare* y sistemas asemejables (tabla 1).



	Los usuarios comparten			El Sistema	
	Uso del vehículo	Conductor	Trayecto	Propiedad del vehículo	Ofrece flexibilidad
Alquiler tradicional	Sí	No	No	Empresa	No
<i>Carshare</i> (Car2Go, Emov, Zity)	Sí	No	No	Empresa	Sí
Taxi	Sí	Sí	No	Empresa	Sí
<i>Ridesource</i> (Uber/Cabify)	Sí	Sí	No	Empresa	Sí
<i>Rideshare</i> (BlaBlaCar)	Sí	Sí	Sí	Usuarios	Sí
<i>Shared Ridesource</i> (Uber Pool)	Sí	Sí	Sí	Empresa	Sí

Tabla 1\_ Alquiler vs. taxi vs. *carshare* vs. *rideshare* vs. *ridesource* vs. *shared ridesource*

Como puede verse existen sistemas en los que se comparte únicamente el uso del vehículo (alquiler tradicional y *cars-hare*); en los que se comparte el uso del vehículo y el conductor (*taxi* y *ridesource*); y en los que se comparte el uso del vehículo, el conductor y el trayecto (*rideshare* o *shared ridesource*).

## 2 El *carshare* como tecnología de actualidad

Los sistemas de *carshare* consisten en el uso compartido de una flota de vehículos por un conjunto de usuarios, que no comparten sin embargo trayecto ni conductor. En escalas supravvecinales esta solución suele pertenecer a una empresa, en la que podemos encontrar que la propiedad puede adoptar diferentes esquemas, desde el empresarial más habitual a una cooperativa de los propios usuarios, o a su pertenencia a una institución (*carsharing* para empleados, alumnos,...).

Y es que desde sus orígenes las tecnologías de *carshare* han evolucionado

enormemente no solo en el plano organizativo si no en el tecnológico. Los primeros sistemas con escala supra-vecinal nacidos en la década de 1980 en el norte de Europa y EE.UU. consistían en una estación o un conjunto de estaciones fijas en las que los usuarios podían alquilar los vehículos para trayectos circulares. Posteriormente, las estaciones continuaron siendo fijas pero los trayectos se flexibilizaron, pudiendo ser abiertos, con inicio y final en estaciones diferentes. Con este sistema surge ya el que será uno de los principales problemas de los sistemas de estaciones, que es su reequilibrio para compensar las asimetrías en la demanda. Finalmente, con la llegada de las tecnologías de geolocalización se extiende el modelo *free-float*, en el que los usuarios pueden localizar los vehículos vía GPS e iniciar y finalizar el viaje en cualquier punto dentro de una zona de operación predefinida.

Hoy, más de 60 ciudades de 20 países cuentan con sistemas de *carshare*, principalmente con origen empresarial, estando muchas de estas empresas presentes en múltiples ciudades y países, ofreciendo un servicio global. En Espa-

	Nueva York	Moscú	Singapur	Madrid	Berlín	Hamburgo
Hab. en la ciudad (Mill)	8,6	12,5	5,5	3,1	3,7	1,8
Hab. en área metropolitana (Mill)	20,3	16,2	5,5	6,7	6,0	5,3
Número de vehículos compartidos	600	5.900	1.000	2.100	3.700	2.100
Ratio de vehículos eléctricos (%)	n.d.	n.d.	100	100	n.d.	n.d.
Ratio de utilización (%)*	12,2	n.d.	n.d.	21,6	11,0	11,7

Tabla 2\_ Estado del *carsharing* en las principales ciudades con sistemas *free-float*  
\* % de tiempo en uso sobre el total de tiempo que el vehículo está disponible



		Vehículos	Plazas	Minuto-Km	Área de Operación
Free float	Car2Go	500	2	0,21€	M-30
	Emov	600	4	0,23€	M-30, Arturo Soria
	Zity	500	5	0,26€	M-30, Arturo Soria
	Wible	500	5	0,24€	M-30, Mirasierra, Arturo Soria Sanchinarro y Las Tablas
Estaciones fijas	Respiro	200	5	2-6€/hora y 0,26-0,30€/km	-
	Bluemove	200	5	2€/hora y 0,25€/km	-

Tabla 3\_ Cuadro comparativo de empresas *carshare* en Madrid

ña, las ciudades de Madrid, Barcelona, Bilbao o Sevilla cuentan con distintos sistemas de *carshare*, destacando por variedad y volumen la ciudad de Madrid. La tabla 3 muestra las principales cifras de *carsharing* en formato *free-float* en el mundo.

Puede observarse que Madrid se encuentra entre las ciudades pioneras en volumen de vehículos y usuarios en proporción a su población, así como en ratio de utilización del sistema. La ciudad cuenta actualmente con 6 compañías diferentes de servicios de *carshare*, de las que dos operan con el modelo de estaciones (Respiro y Bluemove) y cuatro en formato *free-float* (Car2Go, Emov, Zity y Wible). En total suman 2.500 vehículos de los que el 88 % son eléctricos (el 100 % para el caso de los *free-float*).

La ciudad de Madrid cuenta con 4 operadores en modalidad *free-float*, que cuentan con un total de 2.100 vehículos 100 % eléctricos. Estos vehículos pueden moverse y estacionar sin restricciones en la ciudad y acumulan hasta la fecha en torno a 400.000 usuarios registrados. Un reciente estudio realizado por el Centro de Investigación del Transporte de la UPM en Madrid ha concluido que los usuarios de *carshare* en la ciudad de Madrid son principalmente jóvenes y adultos jóvenes, que lo emplean en mayor medida para viajes ocasionales entre

	No Usuarios		Usuarios	
	Rechazo	Desinterés	Ocasional	Frecuente
Jóvenes (<30)	19 %	29 %	36 %	16 %
Adultos (30-50)	12 %	41 %	27 %	20 %
Senior (>50)	11 %	47 %	29 %	12 %

Tabla 4\_ Descomposición de la muestra del estudio de TRANSyT-UPM (959 encuestados) por grupo de edad y según el uso de sistemas de *carshare* (no usuarios/usuarios) a su vez descompuestos según el motivo para no ser usuario (rechazo/desinterés) o según tipo de uso (ocasional/frecuente)

los que destacan viajes al centro y viajes de ocio.

Entre los jóvenes se encuentra el mayor porcentaje de rechazo al uso del sistema, que se sitúa en un 19 %, mientras que entre los ciudadanos senior el bajo uso se debe más a que el sistema aún no ha despertado su interés que a un rechazo activo del mismo. Se ha observado asimismo, que más de la mitad de los no usuarios del sistema emplean su coche privado como modo principal, con el *carsharing* actuando como competidor directo de este uso. Por contraparte, se ha observado que el *carsharing* también actúa como competidor del uso ocasional del transporte público y la bicicleta.





### 3 El *carshare* como tecnología de futuro

Desde el punto de vista urbano, es importante conocer el papel que esta tecnología está jugando en la movilidad de la ciudad, así como el que previsiblemente pueda llegar a jugar. De un tiempo a esta parte la mayor conciencia social en materia de sostenibilidad ha revertido proceso de diseño de las ciudades al servicio del vehículo privado, al tiempo que ha creado usuarios más sensibles a los efectos contaminantes del transporte. Por otra parte, como señala un reciente estudio del MIT, es notorio como el Car Pride (asociación conceptual del vehículo privado con un símbolo de estatus) está en claro retroceso en las sociedades occidentales (con las notables excepciones de EE. UU. y Alemania). Estos factores, combinados con la imposición de limitaciones institucionales al uso del vehículo privado en la ciudad, han generado un descenso en el deseo de tener un vehículo propio de los habitantes de las principales ciudades desarrolladas. Sin embargo, esto no quiere decir que dichos usuarios no contemplen la ventaja de emplear el coche privado para ciertos desplazamientos. Una aplicación directa de la teoría microeconómica básica concluye que la introducción de estos sistemas debería conducir simplemen-

te a una mayor racionalidad en el uso del transporte individual, debido a una alineación absoluta de los costes de capital y operación con los costes por km asumidos por el usuario.

Los sistemas de *carshare* presentan ventajas tanto para el usuario como para la comunidad. Al reducirse el número de vehículos necesarios para satisfacer un mismo volumen de demanda, aumenta la eficiencia en términos de amortización de la inversión, de gastos de mantenimiento, o de espacio necesario para el estacionamiento. Así, un estudio llevado a cabo en Harvard en 2010 centrado en el uso de *carsharing* en modalidad de viajes circulares estimó que cada vehículo de *carshare* en la ciudad podría llegar a eliminar entre nueve y trece vehículos privados. El *carshare* se presenta por tanto como una gran oportunidad de optimizar el escaso recurso que supone el espacio público urbano en lo relativo a la necesidad de espacio para aparcamiento. En la ciudad de Madrid, se ha observado que cada vehículo compartido sirve a unos 10 usuarios en sustitución del uso de su vehículo privado, con aproximadamente 8-10 rotaciones por vehículo y día (21 % de uso). La ocupación de espacio para aparcamiento de estos usuarios se reduce por tanto en el orden de un 90 %, a lo que habría que añadir la eficiencia adicional por la más que razonable elección de vehículos de menor tamaño en viajes a zonas de la ciudad con menor oferta



de aparcamiento. Como otras ventajas cabe señalar la rápida amortización de los activos y que, desde un punto de vista de la regulación, resulta relativamente sencillo imponer restricciones a este tipo de vehículos en base a licencias de circulación o estacionamiento (exigencia de vehículos eléctricos...) pudiendo incidir sobre la tipología y la tecnología de estos vehículos, potenciando la calidad y modernidad de la flota.

Como riesgos para la ciudad asociados a estos sistemas, encontramos la potencial captación de viajes desde modos más sostenibles como el transporte público, la bicicleta o viajes a pie. Por otra parte un estudio realizado en el año 2016 liderado por la profesora Susan Shaheen de la Universidad de Berkeley en California, evidenció que los vehículos compartidos en modelo *free-float* no reducen sustancialmente el tráfico, lo que unido al hecho de que de los vehículos puedan no ser eléctricos puede implicar que no se materialicen mejoras en la congestión o las emisiones del sistema de transporte de la ciudad.

En el futuro, algunos de los pasos esperables de mejora de la eficiencia de estos sistemas son la reserva de plazas de estacionamiento en áreas con escasa oferta del mismo, la coordinación automática entre final e inicio de viajes de distintos usuarios a fin de evitar la necesidad de búsqueda de estaciona-

miento. O la inclusión de la posibilidad de coordinación de trayectos (compartir el coche y el trayecto) lo que potencialmente multiplicaría la eficiencia de estos vehículos, que siendo eléctricos y con ocupación completa pueden ser más eficientes que el transporte público en términos globales. Más adelante es esperable que estos sistemas sean incluidos en sistemas de *mobility as a service*, en los que los usuarios disfrutarán de paquetes de servicios de movilidad bajo demanda, o incluso es previsible su evolución hacia flotas compartidas de vehículos autónomos y eléctricos, lo que cambiará radicalmente la movilidad de nuestras ciudades (la consultora de negocio BCG estima para este futuro modelo de transporte, un ahorro de hasta un 50 % de los costes de movilidad personal en comparación con el uso de un vehículo privado).

Merecen mención por último otras tecnologías de movilidad con modelos similares y ya presentes en nuestras ciudades, como son las tecnologías de *bikeshare*, *motoshare*, o patinetes compartidos. Cada una de ellas con sus particularidades modales y regulatorias. En cualquier caso parece claro que estas tecnologías han venido para quedarse. Los reguladores, por tanto, harían bien en regular pensando sacar el máximo partido a sus ventajas al tiempo que se anticipan a los problemas que pueden generar en el futuro. 📍

# Managed lanes

Solución innovadora para la congestión urbana



NICOLÁS  
Rubio

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director de operaciones de Cintra

## RESUMEN

Los *managed lanes* son ampliaciones de autopistas urbanas rehabilitando y manteniendo los carriles existentes y cobrando sólo por el uso opcional de los nuevos, con peaje electrónico, variable y dinámico que se adapta a la congestión en tiempo real.

Esta solución innovadora es posible gracias al uso de tecnología de última generación. Es eficaz porque resuelve mejor el problema de la congestión. Es eficiente porque lo hace minimizando el uso de recursos públicos. Es popular porque incentiva un servicio excelente. Y por todo ello, es políticamente asequible.

## PALABRAS CLAVE

Movilidad, congestión, infraestructuras, eficiencia, innovación, servicio

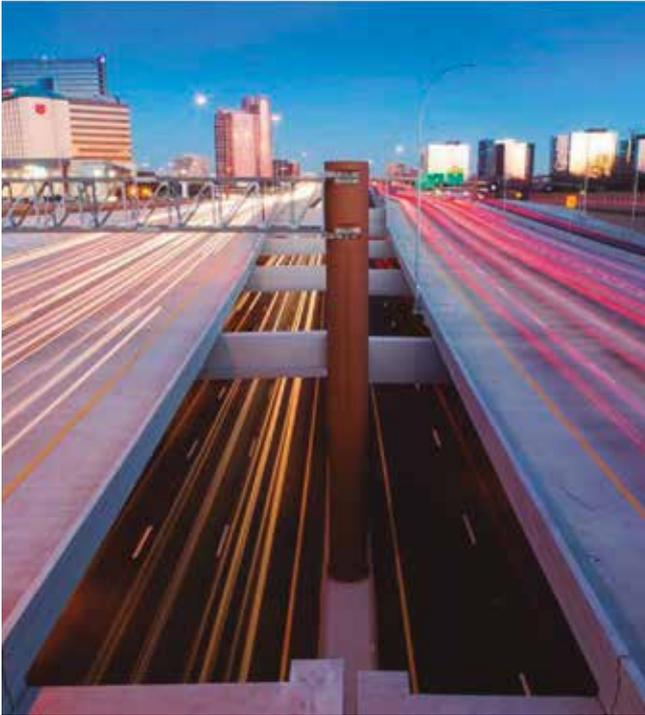
## ABSTRACT

*Managed Lanes are privately developed capacity expansions to congested urban highways. Dynamic toll, varying through the day depending on actual highway congestion, is charged for usage of the new optional lanes. Existing lanes are reconstructed in the process, and remain toll-free.*

*State of the art design and tolling technology is essential in this innovative solution, which is both efficient and effective by minimizing overall investment and public funds and better solving the congestion problem. It gets strong public support because of the excellent service it provides. And for all these reasons, it is politically sound.*

## KEYWORDS

*Mobility, congestion, infrastructure, efficiency, innovation, service*

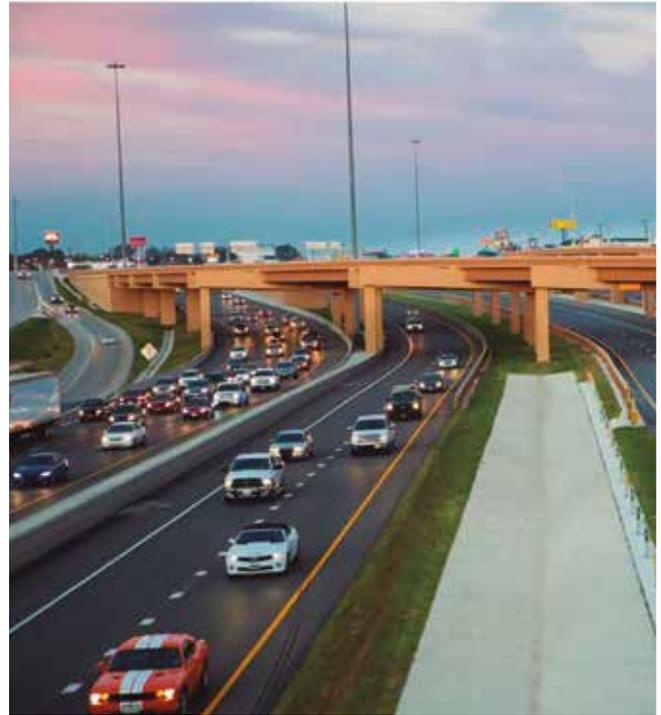


Decía Winston Churchill sobre los norteamericanos que siempre se puede confiar en que terminarán haciendo lo correcto, pero sólo después de haber probado todo lo demás. La proliferación de proyectos ‘*managed lanes*’ en Estados Unidos confirma la teoría del genial político inglés: los americanos han encontrado una solución eficiente, eficaz e innovadora al problema de la congestión urbana después de haberlo intentado todo sin éxito, desde aumentar ad infinitum el número de carriles sin resolver el problema, hasta inversiones millonarias en transporte público que cada vez se utiliza menos<sup>1</sup>.

La idea es sencilla: añadir carriles opcionales de peaje dinámico (que varía en función de las condiciones del tráfico en tiempo real) a autopistas urbanas congestionadas, rehabilitando y manteniendo sin cobro los carriles preexistentes. Aunque pueda parecer contra intuitivo, esta solución reduce más eficazmente la congestión que añadir carriles libres de pago. Y si además se desarrolla como Asociación Público-Privada (PPP por sus siglas en inglés), se minimiza el uso de recursos públicos y mejora aún más la gestión del tráfico –por los incentivos de diseño eficiente que tiene el promotor–.

En los últimos años han entrado en operación en Estados Unidos más de 40 proyectos de este tipo<sup>2</sup> que están revolucionando la movilidad urbana. Los más ambiciosos y sofisticados son concesiones con financiación privada y riesgo de demanda. Cintra, la filial de autopistas de Ferrovial, es el líder en este nuevo sector, gestionando cinco proyectos con cerca de 1.500 millones € de capital comprometido y 8.500 millones € de inversión a finales de 2017<sup>3</sup>.

- ¿Cómo y por qué surge esta innovación? Lo contamos a continuación.



- ¿Está demostrando su utilidad? Rotundamente, sí.

- ¿Es exportable a ciudades europeas? Dependerá de la voluntad que nuestros políticos tengan de explorar nuevas soluciones para resolver el problema de la movilidad en las ciudades, más allá de prohibir el acceso a los coches.

## CONGESTIÓN URBANA Y NUEVAS TENDENCIAS DE MOVILIDAD

El problema de la congestión urbana se ha acelerado en las últimas décadas por el aumento de la población en las ciudades, la creciente motorización, el deterioro de las infraestructuras, y la quiebra de su sistema tradicional de financiación. En última instancia, la congestión es el resultado del uso gratuito de la infraestructura, verificándose una vez más que la consecuencia de un precio bajo es siempre una sobredemanda.

Los datos de movilidad prueban que, contra lo que algunos creen, el abaratamiento y el acceso universal al coche consecuencia de la economía compartida (Transporte como servicio –TaaS– como Uber, Cabify, Zity o Car2Go) y de las tendencias de movilidad de nuevas generaciones, están agravando la congestión y reduciendo el uso del transporte público<sup>4</sup>. Todo indica que la tan esperada aparición de vehículos autónomos empeorará aún más el problema, al menos a corto y medio plazo<sup>5</sup>.

La congestión sale cara. **En ciudades como Madrid o Barcelona, el conductor medio pierde más de 100 horas al año en atascos, con un coste anual de 5.500 millones de euros<sup>6</sup>** en toda España sin contar los perjuicios para la salud por la contaminación y la accidentalidad que la congestión provoca.

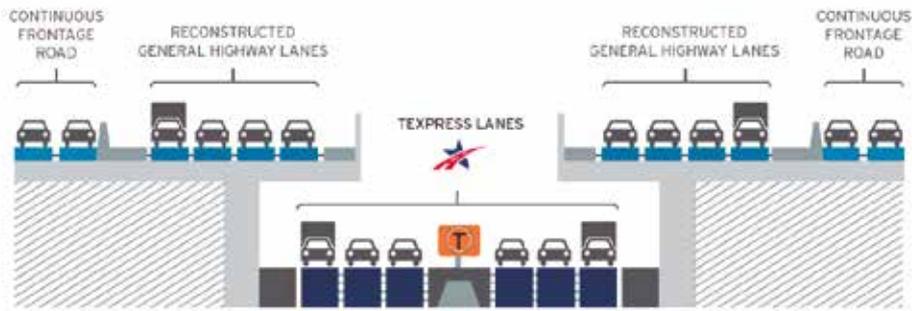


Fig. 1\_ Sección tipo Lyndon B Johnson Express Lanes (LBJ, Dallas, Tx)<sup>7</sup>

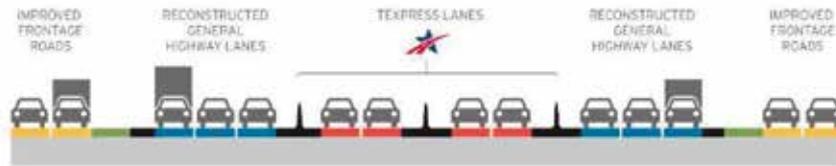


Fig. 2\_ sección tipo North Tarrant Express (NTE, Dallas, Tx)<sup>8</sup>

¿Cómo resolver el problema? La tentación fácil para algunos es prohibir el uso del coche o esperar –de forma casi milagrosa– que las nuevas tendencias de movilidad lo resuelvan por sí solas lo que, como se ha comentado, no está pasando ni hay evidencia de que vaya a pasar. Olvidan que la red eléctrica, de gas o de teléfonos también se colapsaría si su uso fuera gratuito y universal, y la solución para evitarlo no es prohibirlas, sino trasladar al consumidor los costes de uso.

## SOLUCIÓN MANAGED LANES

Es aquí donde aparece la solución ‘*managed lanes*’. Como hemos explicado, se trata de ampliar la capacidad de autopistas urbanas congestionadas con carriles de pago variable dinámico. La nueva construcción suele requerir la rehabilitación o reconstrucción de la infraestructura existente, que seguirá funcionando libre de pago y mantenida a largo plazo por el promotor del proyecto.



**A lo largo de la autopista y en cada cruce con otras arterias, los usuarios pueden elegir utilizar o no los carriles de pago a la vista de las condiciones de tráfico y del precio en ese momento.** Las tarifas varían en tiempo real adaptándose al servicio que se ofrece, que depende no sólo de la velocidad relativa entre carriles de peaje y alternativos, sino del nivel de confort, composición del tráfico, día del mes y de la semana, climatología, etc.<sup>9</sup>



Fig. 3\_ Accesos a las Managed Lanes – North Tarrant Express (Fort Worth, Tx)<sup>10</sup>

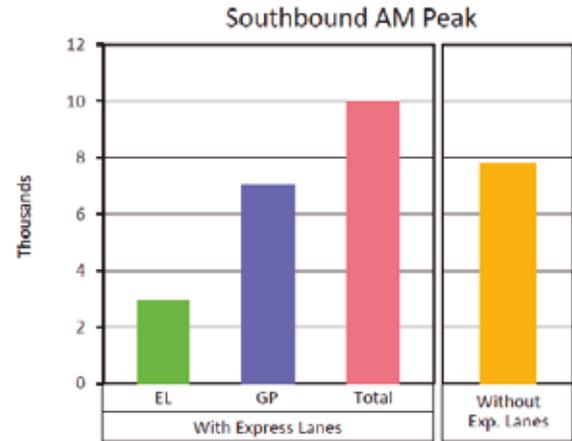
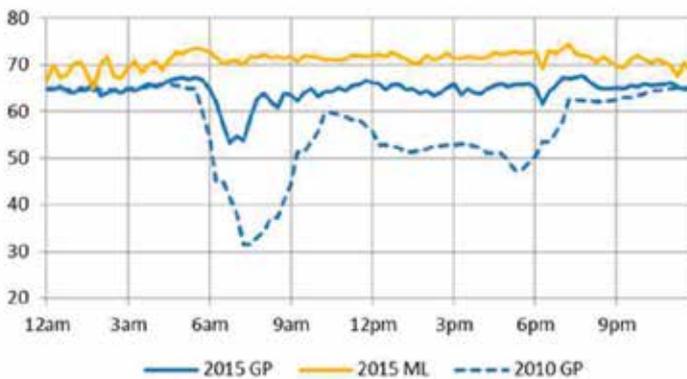


Fig. 4\_ Red de autopistas Managed Lanes en Dallas-Fort Worth<sup>11</sup>

Utilizando este modelo, se han puesto en servicio en el área metropolitana de Dallas-Fort Worth más de 160 km de *managed lanes*, creando una red que ya permite circular sin incertidumbres y con mejor seguridad vial por toda la región:

### GESTIÓN MÁS EFICAZ DEL TRÁFICO

Esta solución innovadora ha demostrado ser la que mejor gestiona la congestión urbana, incluso cuando se compara con añadir nuevos carriles libres de pago. Así lo demuestra un estudio del departamento de transportes de Florida que compara el flujo en hora punta de la solución '*managed lanes*' en la autopista I-95 frente al caso alternativo de haber añadido el mismo número de carriles libres de pago. **El flujo de vehículos de una combinación de carriles de peaje y gratuitos resulta ser entre un 25 y 30 % mayor que el de la misma autopista si todos los carriles hubieran sido libres de pago.** La velocidad media en la autopista es mayor en el primer caso que en el segundo, en la misma proporción.



Source: FDOT / Kimley-Horn; Cambridge Systematics

Fig. 5\_ Análisis comparado de flujo ampliando capacidad con carriles *managed lanes* o con carriles libres de pago<sup>12</sup>

Es obvio que esta solución mejora las condiciones de tránsito de los usuarios que deciden pagar peaje y utilizar los nuevos carriles. Lo que no lo es tanto es que también mejoren las de aquellos que prefieren permanecer en los carriles gratuitos, incluso cuando éstos llevan más tráfico que antes de la ampliación. Así lo demuestran los datos de operación de North Tarrant Express (NTE) en Texas: los carriles libres de pago –que antes de la construcción estaban en capacidad– llevan hoy 7 % más tráfico que antes y lo procesan mejor, reduciendo la congestión en un 73 %<sup>13</sup>. Esta mejora de la capacidad de los carriles libres se debe a un doble efecto: mejoras de diseño en la reconstrucción; y laminación del perfil de tráfico, dado que la captación de los *managed lanes* (la parte del tráfico total que absorben) es mayor en hora punta y menor en hora valle.

Otra característica llamativa de este tipo de proyectos es que los carriles de peaje no solo se utilicen cuando hay congestión en la alternativa. Una parte significativa del ingreso se produce

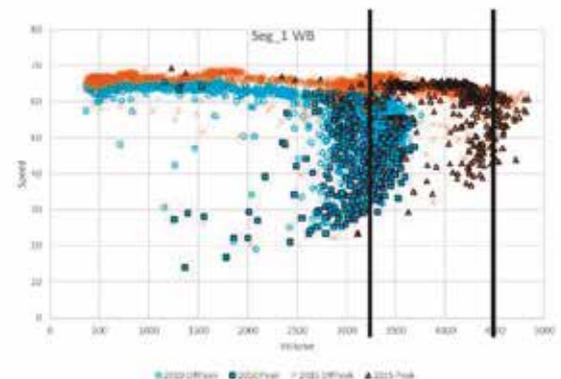


Fig. 6\_ Perfil de velocidad comparado antes y después de la construcción, segmento 2 en sentido Este, NTE Gráfica de capacidad comparando carriles libres de pago (mismo n°) antes y después de la construcción

precisamente en otros periodos, indicando que **los conductores aprecian y están dispuestos a pagar por otras cualidades diferentes al ahorro de tiempo, como el confort y la seguridad vial.**

Los proyectos *'managed lanes'* mejoran además el transporte colectivo al ser gratuito su uso por autobuses urbanos, y fomentan los viajes compartidos llegando en algunos proyectos a ser libres de pago para vehículos de alta ocupación (3+).

### TECNOLOGÍAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN

El concepto *managed lanes*, con múltiples entradas y salidas en entornos periurbanos, sólo es viable con peaje electrónico sin barreras, en uso desde hace décadas en autopistas de peaje de Canadá y Australia y más recientemente en Portugal o Irlanda. Es todavía desconocido en España, entre otras razones porque carecemos de la legislación de cobro necesaria.

La gestión eficiente de estos proyectos exige además el uso de tecnologías de última generación. Por un lado, durante la fase de diseño es preciso caracterizar el tráfico con mayor detalle y exactitud que en proyectos convencionales: orígenes y destinos, clasificación, evolución diaria y semanal, puntos de congestión, disponibilidad al pago, etc. Para ello se requiere un análisis minucioso tanto de datos de proyectos en explotación como externos -telefonía móvil, GPS, lectores de bluetooth, etc-. Es preciso seleccionar los datos adecuados

(buscando la utilidad para el propósito que se persigue, más que el interés académico), y el uso de técnicas de tratamiento complejo de *big data* para analizarlos.

Por otro lado, ya en fase de operación, la fijación de tarifas en tiempo real requiere monitorizar continuamente parámetros de tráfico y del entorno (vehículos, porcentaje y tipo de camiones, velocidades, ocupación, climatología, luminosidad, eventos especiales, etc) y procesarlos con algoritmos de fijación de tarifas sofisticados y en continua evolución con técnicas como *Machine Learning*.

### TARIFICACIÓN

**Los proyectos *'managed lanes'* tienen sistemas de tarificación que obligan al concesionario a variar los peajes de modo que se mantengan condiciones de tráfico fluido.**

En los casos de Virginia o Carolina del Norte, no hay límite a las tarifas que el concesionario puede fijar, pero los vehículos de alta ocupación (3 o más ocupantes) y los autobuses urbanos pueden utilizar los carriles de peaje de forma completamente gratuita.

En el caso de Texas, los contratos establecen un "límite blando" (*"soft cap"*) a las tarifas, que sólo se puede superar cuando la congestión se acerque a la capacidad de los carriles de peaje: volumen por carril mayor de 1.650 vehículos por hora, o velocidad media inferior a 50 millas por hora (80 km/h) (fig. 7).

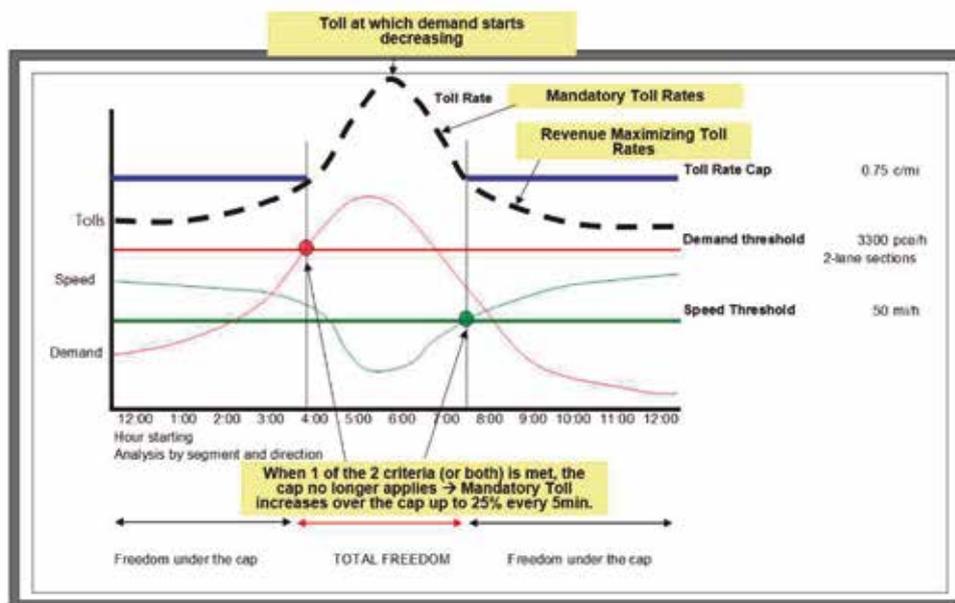
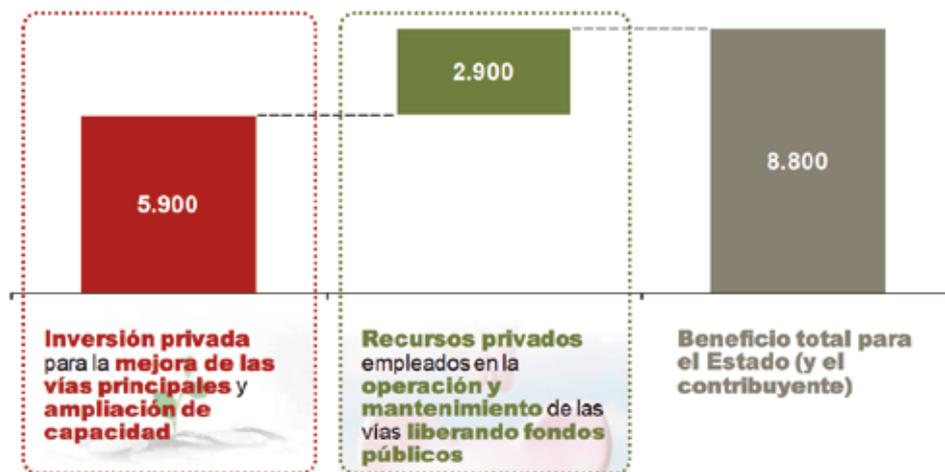


Fig. 7\_ Régimen de fijación de tarifas en NTE y LBJ<sup>14</sup>



Nota: Ahorro de 2.900 millones de dólares en base 2010, en 45 años

Fuentes: NTETEXPRESS; A.T. Kearney

Fig. 8\_ Beneficios económicos de la inversión privada en NTE y LBJ (millones \$)<sup>20</sup>

Restringir la flexibilidad tarifaria reduce los ingresos del proyecto, lo que unido a la necesidad de rehabilitar la infraestructura preexistente y mantenerla hace que en algunos casos se requiera parte de financiación pública. En otros casos, los proyectos tienen tanto sentido económico que incluso con limitaciones como las descritas se producen excedentes financieros, como es el caso del proyecto I-66 en Virginia en el que el concesionario realizó un pago de 500 millones \$ al Estado y financió otras infraestructuras de transporte colectivo en el corredor.

## PERFIL DE USUARIO Y OPINIÓN PÚBLICA

Otro aspecto poco intuitivo de este tipo de proyectos es que el perfil de usuario tipo no es de alto poder adquisitivo y uso frecuente, sino usuarios de poder adquisitivo medio y uso no frecuente, vinculado a necesidades concretas de llegar al destino sin demora o simplemente buscando confort, seguridad o certeza en el tiempo de viaje.

En el caso de los proyectos en Dallas-Fort Worth, después de dos años de operación habían utilizado los carriles de peaje casi tantos coches como hay en la región, y no se aprecia una variación significativa en las marcas de coches más utilizadas en unos y otros carriles.

Las *managed lanes* no son por tanto elitistas o discriminatorias socialmente. Más bien lo contrario, son fiscalmente progresivas al tener un efecto redistributivo de la riqueza: son precisamente los conductores que deciden pagar por su uso los que financian la rehabilitación y mejora de la congestión en los carriles libres de pago, el uso gratuito de los carriles exprés por el transporte colectivo, y su mantenimiento a lo largo del tiempo.

Dada la influencia de las comunidades locales en los planes de desarrollo de infraestructuras en Estados Unidos, es clave que las soluciones a la congestión cuenten con el favor de la opinión pública. Este es otro de los éxitos de **este tipo de proyectos, que gozan según las encuestas de la opinión favorable del 70 % de los ciudadanos** gracias a que su uso

es opcional, ofrecen un buen servicio, y mejoran el tráfico incluso para aquellos que deciden no utilizar los carriles de pago.

## EFICIENCIA ECONÓMICA

El World Economic Forum estima en un billón (español) de dólares al año la falta de inversión global en infraestructuras para hacer frente a las necesidades de una población creciente cada vez más urbana, y permitir su desarrollo económico<sup>16</sup>. Para resolverlo, tan importante es encontrar fondos como utilizarlos eficientemente, evitando lo que los americanos llaman "*boondoggles*": puentes a ninguna parte, aeropuertos como el de Ciudad Real o Castellón.

En proyectos de infraestructura grandes y complejos en los que la innovación puede reducir costes a lo largo del tiempo y mejorar el producto final, la participación del sector privado bajo la modalidad PPP no sólo reduce el uso de fondos públicos y permite acceder a nuevas fuentes de financiación, sino que sobre todo es más eficiente que los métodos tradicionales de contratación<sup>17</sup>.

La complejidad y sofisticación de los proyectos '*managed lanes*' los hace especialmente adecuados para su desarrollo como PPP, tanto por el potencial de innovación y eficiencia que tienen, como por los incentivos que crean en un proceso competitivo. Con este enfoque se ha conseguido -para el mismo nivel de servicio- reducir un 27 % la inversión inicial en los proyectos de Texas<sup>18</sup>, y mejorar el diseño aumentando el uso de los carriles adicionales un 11 % en el caso de la autopista I-66 en Virginia<sup>19</sup>, reduciendo más eficaz y eficientemente la congestión.

La participación del sector privado resuelve el problema inicial de financiación pública y lo relaja a largo plazo al hacerse cargo del mantenimiento y operación tanto de los carriles libres como de los de pago. En el caso de NTE, el empleo de recursos privados en mantenimiento durante el periodo de concesión supone la mitad de la inversión inicial (2.900 millones \$).

**En el caso de la autopista I-66 en Virginia**, optar por la solución *'managed lanes'* bajo la modalidad PPP en concurso abierto en 2016, **mejoró la eficiencia económica para el Estado en 1.500 millones \$<sup>21</sup>**.

## POLÍTICA DE INFRAESTRUCTURAS

Los conductores –en esto los americanos no son una excepción– están acostumbrados a no pagar por el uso de las carreteras, como sí lo hacen por el agua o la electricidad. Eso dificulta la decisión política de resolver los problemas de infraestructuras haciendo pagar por su uso.

Pero los *managed lanes* ofrecen al usuario algo que ninguna otra solución ofrece, y que el americano aprecia de manera especial: tener opciones. De pagar por un servicio mejor cuando se quiere, o de no pagar y aun así mejorar respecto a la situación anterior.

Otra preocupación habitual entre los ciudadanos cuando se plantea la participación del sector privado en la provisión de infraestructuras es evitar que su mayor eficiencia y el carácter monopolístico de muchas infraestructuras termine generando ganancias excesivas. Pero cuando los proyectos se adjudican en competencia –como es el caso en EE. UU., donde es habitual la subasta– se asegura que esas ventajas revierten desde el principio al Estado como ahorros.

Eso hace que este tipo de soluciones tengan mejor defensa política (como se ve por el apoyo popular comentado), ya que resuelven el problema de forma eficiente, incentivando la calidad del servicio, minimizando el uso de fondos públicos, defendiendo los intereses de la comunidad, y dando opciones a los usuarios.

## APLICACIÓN DE ESTAS SOLUCIONES AL CASO ESPAÑOL

Cada herramienta es adecuada para resolver un tipo de problema, y el modelo *'managed lanes'* no es una excepción. Es adecuado para autopistas de acceso y circunvalación de grandes urbes altamente congestionadas.

¿Es esta solución aplicable en España? Analizando como ejemplo las autopistas de acceso a Madrid y Barcelona A6 y B23 (Fig. 10, Ref. 20), encontramos perfiles de congestión con puntas significativas en la mañana y en la tarde, similares a los que presentaba la autopista NTE en Texas antes de la construcción de *managed lanes* (Fig. 6). La evolución de la congestión en estos corredores entre 2014 y 2017 indica un empeoramiento rápido de la situación. Por tamaño, tráfico, actividad económica y perfil de congestión, podemos anticipar que en estos casos el modelo *managed lanes* funcionaría, mejorando el tráfico y la calidad de vida con mínimo o nulo uso de dinero público.

Promotores de infraestructuras interesados en invertir no van a faltar. Cinco de los diez mayores promotores privados de infraestructuras del transporte del mundo son españoles según el ranking que publica anualmente *Public Works Financing*.

La duda, con franqueza, está en si las administraciones públicas aceptarán el reto de apostar por esta solución que, aunque poco convencional, es exitosa desde todos los puntos de vista y políticamente asequible.

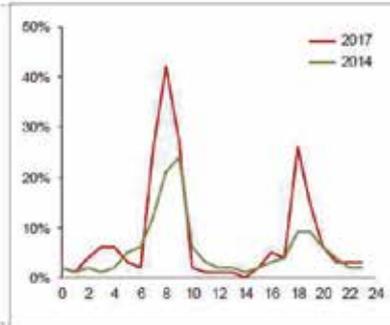
No deja de ser triste que la innovación que está revolucionando la movilidad urbana en el mundo tenga origen español, pero no se utilice aquí. Nunca fue más cierto que nadie es profeta en su tierra.

¿Qué más hace falta para desarrollar los *managed lanes* en España? 📧

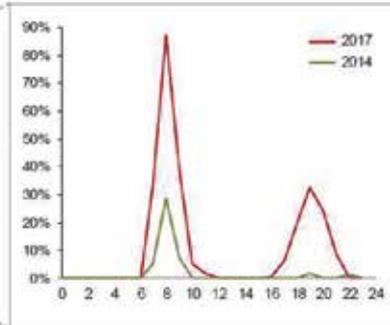
## NOTAS

- (1) Randal O'Toole, *"The Coming Transit Apocalypse"*, CATO Institute, October 24, 2017
- (2) Bob Poole, Reason Foundation, *"Strong Growth for Express Toll Lanes and Networks"*, Surface Transportation Innovations #177, July 2018
- (3) <https://www.ferrovial.com/es/accionistas-e-inversores/investor-day-2017/>, pag 118
- (4) Schaller Cons. *"Empty Seats, Full Streets"*, Dec 2017; & Clewlow and Mishra, UC Davis *"Disruptive transportation: the adoption, utilization and impacts of ride-hailing in the US"*, Oct 2017
- (5) S&P Global Ratings, *"The Road Ahead For Autonomous Vehicles"*, May 2018
- (6) TomTom Traffic Index, Comisión Europea, Fedea, DGT; citados por AT Kearney, *"Hacia un modelo social y sostenible de infraestructuras viarias en España"*, Julio 2018
- (7) Alberto González, Cintra. *"NTE & LBJ Managed Lanes Key Facts After the First Year of Operations"*, Transportation Research Board, Miami Mayo de 2016
- (8) Ibid
- (9) Para entender mejor el funcionamiento, ver el video explicativo <https://www.youtube.com/watch?v=2vzG3siyeic>
- (10) <http://www.texpresslanes.com/maps/texpress-lanes-map>
- (11) <http://www.texpresslanes.com/maps/texpress-lanes-map>
- (12) Referido por Ed Regan en *"Maturing Managed Lanes: saving them from their own success"*, IBTTA & TRB Joint Symposium on Managed Lanes & AET. Dallas, Texas. July 17th, 2017
- (13) Alberto González, Cintra. *"NTE & LBJ Managed Lanes Key Facts After the First Year of Operations"*, Transportation Research Board, Miami Mayo de 2016

### Ejemplo Madrid – A-6



### Ejemplo Barcelona – B-23



Fuentes: Google Maps; INRIX; Cintra; A.T. Kearney

Fig. 9\_ Evolución de la congestión en accesos seleccionados a Madrid y Barcelona<sup>22</sup> (% tiempo adicional respecto a flujo libre a lo largo de un día)<sup>23</sup>

(14) Interpretación gráfica de los requisitos del contrato de la concesión NTE en Texas ([http://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/ftw/nte/cda/concession/exhibit\\_4.pdf](http://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/ftw/nte/cda/concession/exhibit_4.pdf))

(15) Alberto González, Cintra. “NTE & LBJ Managed Lanes Key Facts After the First Year of Operations”, Transportation Research Board, Miami Mayo de 2016

(16) <http://reports.weforum.org/strategic-infrastructure-2014/introduction-the-operations-and-maintenance-om-imperative/the-global-infrastructure-gap/>

(17) F. Sáenz de Ormijana y N. Rubio, “Innovation Capture through the Alternative Technical Concept Process in PPPs in Texas: A Tool for Financial Viability”, 2nd International Conference on Public-Private Partnerships, Austin, Texas, U.S.A., 26-29 May 2015

(18) Ibid.

(19) Virginia DOT executive citado en Public Works Financing, Enero 2018, pág 10

(20) AT Kearney, “Hacia un modelo social y sostenible de infraestructuras viarias en España”, septiembre 2018

(21) Ibid.

(22) Ibid.

(23) Para un día laborable medio de lunes a jueves del mes de febrero

# MaaS

## Una revolución para la gestión de infraestructuras de transporte

### RESUMEN

Este artículo presenta cómo el nuevo paradigma de la movilidad como servicio, MaaS por sus siglas en inglés, está transformando el futuro de la movilidad. Se detallan las condiciones clave que están permitiendo su desarrollo, como la innovación tecnológica cada vez más acelerada o la necesidad de un transporte más sostenible en las ciudades. Ante esta problemática, se plantea la conveniencia de que las empresas tecnológicas se conviertan en *partners* de referencia de las Administraciones Públicas, los operadores de transporte y las empresas constructoras, asumiendo el riesgo de obsolescencia tecnológica gracias al modelo 'as a Service'.

### PALABRAS CLAVE

Movilidad, MaaS (*Mobility as a Service*), tecnología, innovación, digitalización, integración, negocio

### ABSTRACT

*This article outlines how the new paradigm of mobility as a service (MaaS) is transforming the future of mobility. Reference is made to the key aspects for its development, such as ever-advancing technological innovation or the need for more sustainable transport in our cities. In the light of this situation, it is held that the technological firms should become the partners of reference for the public authorities, transport operators and building companies, and take on the risk of technological obsolescence as a result of the "as a service" model.*

### KEYWORDS

*Mobility, MaaS (Mobility as a Service), technology, innovation, digitalisation, integration, business*

# 1

## Introducción

¿Cómo será la movilidad del futuro? Ante esta pregunta nos vienen a la mente vehículos autónomos, drones-taxi, hyperloop... Innovaciones tecnológicas que aún están tomando forma y a las que, probablemente, aún les falten algunos años de desarrollo y maduración. Sin embargo, existen soluciones con un impacto potencial inmenso en el futuro inmediato, que ya están transformando la forma de viajar en muchos países, en muchas ciudades. ¿Qué tienen en común la movilidad del mañana y la que podemos llegar a imaginar a veinte años vista? El papel protagonista de la tecnología en su transformación.

El futuro de la movilidad vendrá cada vez más ligado a los cambios tecnológicos que ya están irrumpiendo en esta industria y que se acelerarán cada vez más en los próximos años. Hoy la tecnología es la verdadera base sobre la que se asienta la movilidad inteligente y sostenible del siglo XXI. Conseguir un transporte más seguro, más rápido, más eficiente y sostenible y, por supuesto, más accesible es el *driver* principal para toda empresa referente en tecnologías para el sector.

En Indra estamos en el corazón de este cambio tecnológico y nuestra posición en el ecosistema de transportes nos permite observar su impacto en los modelos de negocio de nuestros clientes: operadores de transporte, Administraciones Públicas, etc.

Sin duda, estamos ante una transformación profunda que conlleva el nacimiento de nuevos patrones que permitirán, además, ofrecer un valor diferencial al usuario final, en términos de rapidez, seguridad y experiencia de usuario; y a un menor coste para todos: operadores, usuarios, administraciones y empresas tecnológicas. El reto está en conseguir una velocidad de trans-

formación análoga del *legacy* de gestores, operadores y empresas, así como la llegada de la regulación y legislación necesaria que permita la completa integración del ecosistema de transportes.

En este contexto, el modelo *'as a Service'*, presente desde hace tiempo en otras industrias, cobra un especial sentido transformador en nuestro sector.

En Indra estamos comprometidos con hacer realidad las oportunidades que ofrece la tecnología para el desarrollo de la movilidad futura y con las posibilidades de crecimiento de todo el ecosistema de transportes.

# 2

## El contexto urbano, impulso para el cambio

Según un estudio realizado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas<sup>1</sup>, para el año 2030 la población que vivirá en grandes núcleos urbanos contará con 2.200 millones más de habitantes. Además, también para 2030 se calcula que





serán 43 las megaciudades con más de 10 millones de habitantes.

En paralelo a este crecimiento, la población mundial experimentará un proceso de envejecimiento, un aumento progresivo de la edad media. Este incremento será especialmente sensible en Europa, Estados Unidos y restantes países desarrollados. Concretamente, se calcula que para 2050 el 22 % de la población mundial estará por encima de los 60 años.

De estos datos se concluye la necesidad de soluciones de movilidad sostenibles, que puedan absorber los aumentos exponenciales de población en países en desarrollo, así como de un aumento de la accesibilidad de los medios de transporte públicos y colaborativos, que permita a las personas mayores mantener una alta dosis de independencia y autonomía. En definitiva, soluciones que faciliten una mejor calidad de vida, durante más años y de forma sostenible.

Además, hay otro dato relevante a tener en cuenta: el transporte es una de las actividades que más impacto tiene en la sostenibilidad, al ser el sector que más consumo energético realiza en Europa: un 33,10 % del consumo total en el continente<sup>2</sup>. También genera contaminación, lo que lleva a las administraciones, ayuntamientos y autoridades de muchas ciudades a implantar normativas de circulación que minimicen las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La sociedad actual está cada vez más concienciada sobre la necesidad de optar por formas de movilidad más sostenibles, tanto en lo ambiental como en lo económico. Si se consigue generar una serie de soluciones que incidan en la sostenibilidad y minimicen el coste para el usuario, el transporte público podría verse reforzado en su rol de catalizador de la movilidad futura.

Esta realidad choca con opciones de transporte urbano poco integradas, fragmentadas según el operador o el modo de transporte. Las dificultades de integración de datos, tecnologías y activos han sido hasta hoy una importante barrera de uso del transporte público. Sin embargo, las soluciones que ofrecen los nuevos modelos de negocio y operación, por ejemplo las tarjetas *contactless* integradas y recargables, fortalecen el carácter masivo y accesible económicamente del transporte público, sin necesidad de aumentar más su capilaridad, y lo convierten en una alternativa relevante para más personas.

En la superación de esta fragmentación, los consorcios metropolitanos, asociados con las empresas tecnológicas y diversos operadores de transporte, están asumiendo un rol protagonista. Son los consorcios los que en los últimos años están liderando la transformación en el modelo de movilidad. Especialmente desde la irrupción del modelo 'as a Service' en el sector transporte.

# 3

## **Mobility as a Service, el siguiente salto adelante**

En la transformación de la movilidad están teniendo una importancia fundamental el desarrollo de la conectividad, la geolocalización y el auge de las soluciones de *big data* para microsegmentar servicios y obtener información relevante de muchos usuarios en tiempo real, así como de la propia infraestructura, de los sensores instalados en vehículos, de la geolocalización, etc.

Estas tecnologías han coincidido con el desarrollo de los modelos de negocio as a Service, que consisten, fundamentalmente, en contratar derechos de uso en lugar de adquirir productos, es decir, pasar de un CAPEX (inversión) a un OPEX (costes operativos), tanto a nivel de usuario como de empresa.

En el campo de la movilidad, el modelo 'as a Service' resulta especialmente relevante considerando toda la cadena de valor del transporte. Existe una alta vinculación tecnológica en el sector, que ha llevado a la industria a cerrarse muchas veces al cambio, por el riesgo que plantea una inversión alta y difícil de gestionar y por el *legacy* de gestores y operadores.

Para el operador, gestionar la obsolescencia de la tecnología y la vinculación tecnológica con el proveedor ha resultado siempre un reto. Hoy, gracias a este nuevo modelo de negocio, se puede traspasar esa gestión a quien mejor la puede asumir: las empresas tecnológicas. El modelo 'as a Service', por tanto, es una oportunidad para alcanzar una mejor gestión de la obsolescencia de los activos, optimizando los costes de su ciclo de vida.

¿Por qué presenta tanto potencial este nuevo modelo? ¿Por qué la posibilidad de convertir en variable la inversión en infraestructuras puede transformar el sector más que cualquier tecnolo-

gía concreta? Fundamentalmente por un motivo: la velocidad de cambio nunca ha crecido a mayor ritmo y los *stakeholders* no pueden acoplarse solos a esa creciente velocidad. Cuantas más tecnologías nuevas irrumpen en el ecosistema, y a una velocidad cada vez mayor, más ayuda necesitan las distintas autoridades del transporte para incorporarlas a sus sistemas. Ayuda que, normalmente, vendrá de una empresa tecnológica, que ha de asumir el rol de *partner* tecnológico.

# 4

## **Mayor integración y personalización**

El sector de la movilidad y el transporte aún debe enfrentar un cambio que se ha empezado a percibir anteriormente en otras industrias: un salto cualitativo en integración. Un avance que lleve a integrar todos los operadores de transporte, a tener toda la información relevante para la movilidad, alcanzando la personalización que otras industrias han conseguido.

Pongamos un ejemplo: la digitalización del sector, fácilmente visible en aplicaciones de geolocalización y trayectos, permitirá que cualquier usuario pueda adaptar las soluciones de movilidad a sus preferencias y objetivos, percibiéndola como un servicio análogo a la luz o al teléfono, independientemente de los distintos modos de transporte que decida utilizar. Un ayuntamiento que quiera ofrecer este tipo de servicios a sus ciudadanos se enfrenta a un reto mayúsculo: diseñar un sistema de información, reserva y emisión de títulos de transporte que se integre en un solo *back office*, que permita presentar una única interface con el usuario, independientemente de los medios y operadores de transporte que lo integren.

Esta tendencia se ha acelerado gracias, fundamentalmente, al desarrollo de una serie de tecnologías, que a su vez han surgido gracias a estos nuevos

modelos de negocio. Todo ello permite al usuario adquirir, en última instancia, un rol mucho más protagonista.

Quizá las tecnologías más relevantes sean las relacionadas con la conectividad. El salto que se dará con las conexiones 5G facilitará no sólo el consumo de datos por parte de los usuarios, sino sobre todo el que compartan esos datos en tiempo real, sin ningún tipo de latencia. Además, en el terreno del vehículo conectado y autónomo, un sistema de conexiones sin latencia significará superar una barrera fundamental para su desarrollo.

Es decir, se dispondrá de multitud de datos de usuarios, ya no sólo a través de lo que compartan desde el móvil, sino desde cualquier receptor de datos: *wearables*, sensores, etc. Pero los datos por sí solos no bastan: se necesita un sistema capaz de aplicar capas de inteligencia que puedan transformar la información en experiencia de usuario y faciliten una mejor toma de decisiones a cada usuario y colectivamente.

Desde la perspectiva de las Administraciones Públicas, esta tendencia tiene un matiz de lo que en otras industrias se conoce como "centricidad en el cliente", que se ha traducido normalmente en una creciente personalización de los servicios. En movilidad sucedería algo muy semejante. Para conseguirlo, se requiere una inversión sensible en tecnología y sistemas de gestión inteligente de datos. Un reto al que el modelo 'Mobility as a Service' (MaaS) da respuesta.

En el plano del operador, cada vez interesan más los proyectos en los que la infraestructura necesaria para la explotación sea ofrecida por el proveedor tecnológico como un servicio integrado, por el que cobraría una mensualidad o un porcentaje fijo de las ventas, en lugar de construir la infraestructura y asumir, además, los costes de aprender a explotarla.

Desde la perspectiva del usuario final de una infraestructura o servicio de movilidad es el mismo concepto: pagar en función del uso, en lugar de adquirir activos o títulos puntuales de uso.

En todos los escenarios el punto clave es el mismo: pasar de un modelo de inversión a un modelo operativo, en el que todos los implicados (operadores, administración, empresas tecnológicas y usuarios) perciben beneficios.

## 5 Un modelo que facilita la innovación

Desde hace muchos años, el modelo de concesiones ha funcionado para impulsar las grandes obras civiles y su conservación. Un campo que también está experimentando una evolución con los nuevos sistemas de peaje: *video-tolling*, *free-flow*, etc. Sistemas que requieren software y aplicaciones de inteligencia artificial complejas. Con los sistemas de *ticketing*, de emisión de títulos puede darse el mismo paso, pero con una complejidad aún mayor.

Ya son muchas las ciudades en las que se está trabajando en la creación de un sistema de *ticketing* integrado, que además incorpore una tarificación por tramo, con la posibilidad de usar la misma tarjeta para acceder a los diversos sistemas de transporte de la ciudad o incluso a servicios complementarios.

El reto más interesante estará, finalmente, en la implementación de una movilidad integral en una ciudad, que incorpore el acceso por carreteras y autopistas. En numerosas ciudades se está considerando la posibilidad de implantar peajes dinámicos de acceso que regulen de forma inteligente el flujo de vehículos en la urbe. Estas medidas son hoy posibles por el rápido avance tecnológico en soluciones de identificación y registro en peajes, como los pórticos *free-flow* y las aplicaciones



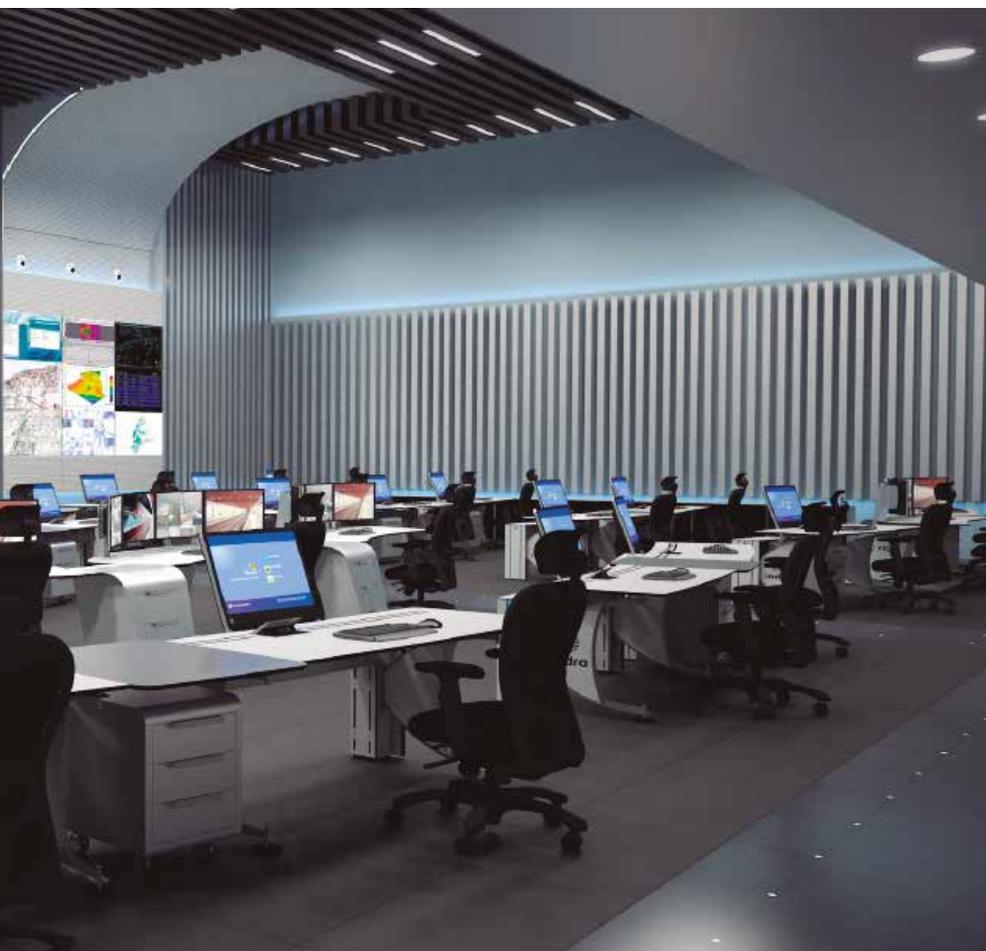
de inteligencia artificial y realidad aumentada. La integración de estos sistemas con la información y tecnología de operadores de transporte llevará a esa movilidad integral que demandan ya muchos núcleos urbanos.

Este nuevo paradigma amplía aún más el ecosistema de transportes y hace necesaria una colaboración estrecha entre administraciones, constructoras, operadores y empresas tecnológicas, de forma que se puedan diseñar desde el principio sistemas de transporte más inteligentes, más eficientes y más baratos, al tener una visibilidad completa de todo el *client journey* de los usuarios.

El modelo MaaS, por tanto, está cambiando el panorama de la gestión en múltiples ciudades de todo el mundo y ya está empezando a implantarse en la geografía española. La revolución de la movilidad es ya una realidad.

## 6 Conclusión

Una de las consecuencias de estos nuevos modelos MaaS es el cambio en la relación entre las empresas tecnológicas y sus clientes. Por un lado, permite a estos liberar inversiones importantes que ya no dedicarán a estos cambios tecnológicos. Y por otro, hace que las



empresas tecnológicas evolucionen de proveedores a *partners* tecnológicos.

Por eso en Indra seguimos apostando por estar en el corazón de los negocios de nuestros clientes, acompañándoles en todo el ciclo de vida de sus proyectos, con soluciones integrales y servicios de valor añadido. Nuestra diferenciación se basa en el profundo conocimiento de la planificación, construcción, gestión y operación de las infraestructuras y los servicios de transporte, en todos los modos y geografías. Así se refleja en nuestra innovadora oferta Indra Mova Solutions, presentada recientemente, en la que ya incorporamos servicios '*Mobility as a Service*'. 📍

#### NOTAS

(1) UN DESA Statistics (<https://www.un.org/development/desa/en/key-issues/statistics.html>).

(2) Eurostat, 2017.

# La tecnología EMV se sube al transporte urbano



## PALOMA Real

Ingeniera superior de telecomunicaciones por la UPM.  
Directora general de Mastercard España

### RESUMEN

La aplicación de la tecnología EMV Contactless en el transporte urbano ya es una realidad en ciudades como Milán o Londres, siendo esta última ciudad un referente mundial en la implantación de este sistema en su el transporte urbano de Londres TFL, proyecto de éxito impulsado por Mastercard. Madrid también se sumará, en breve, a través del proyecto conjunto de Mastercard con Banco Santander, que implementará la plataforma EMV en los autobuses de la EMT y en otros servicios. Esta tecnología permite una mejor experiencia de usuario y un mayor conocimiento del cliente, así como una mejora operacional y la reducción de costes.

### PALABRAS CLAVE

Transporte, *contactless*, tarjeta, Mastercard, pago, EMV

### ABSTRACT

*The application of EMV Contactless technology in urban transport is already a reality in cities such as Milan or London, this latter having become a global benchmark following the implementation of this system on London TFL urban transport, in a successful project promoted by MasterCard. Madrid will soon join these other cities, through a joint project between MasterCard and Banco Santander, which will introduce the EMV on EMT municipal buses and other services. This technology is user-friendly and provides greater knowledge of the customer, together with operational improvements and cost reductions.*

### KEYWORDS

*Transport, contactless, card, MasterCard, payment, EMV*

Subir a un autobús o al metro, acercar una tarjeta sin contacto (*contactless*) –o cualquier dispositivo inteligente con el que hacer las compras del día a día– a la validadora del vehículo y disfrutar del trayecto. Así de sencillo es para muchos usuarios utilizar el transporte público en ciudades internacionales como Milán o Londres, gracias a la aplicación de la tecnología EMV Contactless en el transporte urbano.

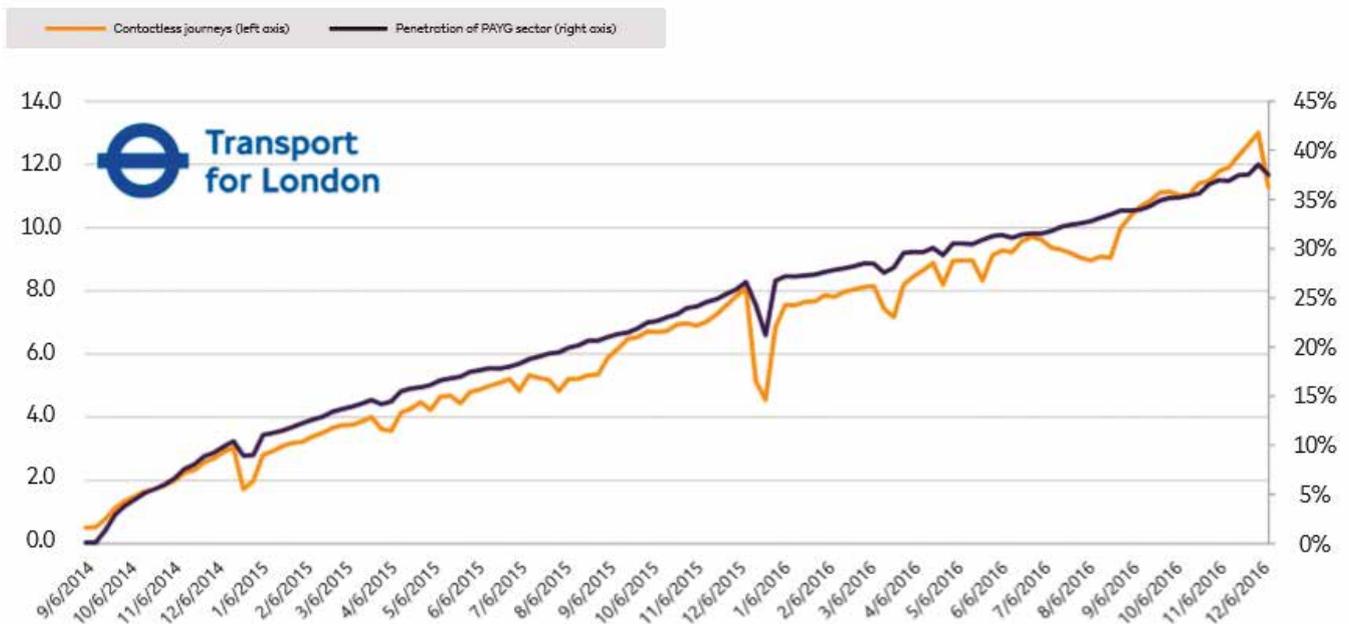
El EMV, que corresponde a las siglas Europay Mastercard Visa, es un estándar de interoperabilidad entre tarjetas de circuito integrado y un terminal que interactúa con ellas. En el caso del pago sin contacto, utiliza las especificaciones referidas a las transacciones que usan el protocolo NFC (Near Field Communication).

Esta tecnología está ampliamente implantada tanto entre los consumidores como en los comercios de los más diversos sectores y forma parte ya de nuestro día a día (supermercados, grandes superficies, cafeterías, restaurantes, compras *online*, aparcamientos, peajes...) por lo que su extensión al transporte urbano era un paso lógico a seguir. Al aplicar esta tecnología al transporte urbano, nos encontramos con que cualquier usuario de una tarjeta financiera *contactless* puede subirse al transporte público sin otro título que esa tarjeta bancaria.

Esto ya es posible, como mencionábamos anteriormente, en ciudades internacionales como Milán o Londres, siendo ésta última capital un verdadero referente a nivel mundial en la introducción de la tecnología *contactless* en su red de metro TFL (Transport for London), un proyecto impulsado por Mastercard que supuso un éxito rotundo ya que, en la actualidad se realizan más de 12 millones de trayectos *contactless* semanales y el 40 % de las transacciones son ya *contactless*. Además de que el uso de esta tecnología ha impulsado la reducción del 35 % en los costes de recaudación, lo que supone más de 100 millones de libras de ahorro anual.

De acuerdo con estas experiencias, hemos comprobado que el pago EMV Contactless convive perfectamente con las tarjetas inteligentes, si bien ofrece una mayor elección a los viajeros que no desean adquirir un abono de transporte, como es habitual en el caso de turistas o usuarios ocasionales. Esta forma de pago, combinada con la inteligencia del *back-office* permite hacer un “pago por uso” donde el viajero se beneficia de la mejor tarifa de acorde a su uso del transporte público.

Dentro de no mucho, cada vez más ciudades españolas se sumarán al “transporte *contactless*”. Ese es el caso, por





ejemplo, de la ciudad de Madrid a través del proyecto en el que participa Mastercard con el Banco Santander en Madrid para la implantación de la plataforma de pago EMV en los autobuses de la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT). Esta iniciativa permitirá, en los próximos meses, que los ciudadanos y turistas de la capital puedan validar y pagar el billete con su tarjeta financiera, con un solo gesto. Un proyecto que se ampliará al resto de los servicios de la EMT: aparcamientos, BiciMAD, teleférico y grúa municipal más adelante. Este amplio despliegue viene precedido de un exitoso proyecto piloto impulsado por Mastercard en dos de las líneas de autobús más concurridas de la ciudad.

### **EL TRANSPORTE URBANO REQUIERE UNA TRANSFORMACIÓN DIGITAL**

Las cifras hablan por sí solas. Según los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística, más de 257,8 millones de viajeros utilizaron el transporte urbano en junio de 2018, un 1,6 % más que en el mismo periodo de 2017. Con estos datos, es indudable la importancia del sector de transporte metropolitano.

Y al igual que ha ocurrido en la mayor parte de los principales segmentos económicos, este no se ha mantenido ajeno a la disrupción digital, una auténtica revolución que está transformando la forma en la que accedemos a estos servicios y los procesos que cualquier usuario debe realizar para utilizarlos.

Concretamente, en el transporte de pasajeros, esta evolución tecnológica está provocando que, si hace unos años el protagonismo lo acaparaba la ejecución de un gran proyecto de infraestructura civil, actualmente lo hacen los innovadores sistemas que se están implementando en la red de transportes. Estos se han potenciado gracias a la digitalización y a las TIC, convirtiéndolos en una red más inteligente, segura, eficiente e integrada.

Pero esta digitalización tiene ventajas que trascienden la experiencia de usuario, como el tiempo de espera para subir al vehículo, la reducción del impacto medioambiental del transporte o la disminución del tráfico en las vías principales de acceso a las ciudades, evitando que se generen colas, retrasos o atascos y, por lo tanto, evitando la insatisfacción de los viajeros. Para hacer que el día a día de las personas



sea más cómodo no sólo es necesario ahorrar en tiempo y complicaciones, sino que es clave garantizar que la sociedad tenga más facilidad a la hora de realizar trámites cotidianos.

En este sentido, el uso de las nuevas tecnologías en la red de transporte público para validar y pagar el billete –ya sea a través de tarjetas *contactless*, teléfono móvil o un *wearable*– está estableciendo un sistema de transporte más rápido, donde la validación de los billetes, a menudo la acción más tediosa, puede llegar a reducir los tiempos en parada de vehículos de forma considerable. No podemos obviar que los usuarios –cada vez más conectados y digitales– demandan servicios flexibles y personalizados que sólo podemos ofrecerles a través de la tecnología.

También para los operadores es un sistema de pago que ofrece muchas ventajas. Por un lado, permite desarrollar una mejor experiencia de cliente, especialmente entre turistas y usuarios poco frecuentes del transporte público. Además, facilita un mayor conocimiento del cliente, al permitir la utilización de datos agregados que permiten entender mejor la tipología de clientes, su comportamiento y sus pautas de

consumo, lo que repercute en una mejor planificación de recursos para el diseño de ciudades más inteligentes. Por último, como evidencia el caso de Londres, la aplicación de esta tecnología deriva en una mejora operacional y una importante reducción de costes.

Así, Mastercard trabaja actualmente en más de 100 ciudades en todo el mundo para aplicar nuestros estándares globales, tecnologías innovadoras, información de datos y alianzas estratégicas a los desafíos diarios a los que se enfrentan las ciudades y los ciudadanos.

Con todo ello, perseguimos que un acto tan recurrente como realizar un pago en cualquier comercio, un autobús o un parquímetro se agilice, se estandarice y se convierta en un trámite sencillo y rápido. El objetivo, en definitiva, es crear un transporte metropolitano más conectado e inclusivo, con un sistema de pago que esté a la altura de lo que demandan los usuarios: desplazarse con comodidad y todas las garantías de seguridad, sin tener que preocuparse por nada más. 📍

Una distribución urbana

# sostenible y digital



## DANIEL Latorre

Arquitecto Técnico por la UPM  
y Máster en Ingeniería en  
Organización Industrial por la UEM

Director general de UNO,  
Organización Empresarial de  
Logística y Transporte

### RESUMEN

La forma de relacionarnos y los patrones de consumo han sufrido una gran transformación y requieren de un cambio en el modelo de ciudad existente a través de distintas soluciones que permitan mantener el equilibrio de un sistema tan complicado como es la movilidad. Este modelo de sostenibilidad debe serlo en tres planos fundamentales, el social (afecta al ciudadano), el medioambiental (afecta al entorno en el que nos relacionamos) y el empresarial (afecta a la actividad económica). Sin duda las tecnologías ya existentes y las que están por llegar juegan un papel fundamental en dicha transformación.

### PALABRAS CLAVE

Distribución urbana de mercancías, tecnología, conducción autónoma, sostenible, logística, reparto, innovación, medio ambiente, eficiencia, paquetería, comercio electrónico

### ABSTRACT

*Interrelations and consumer trends have undergone a huge transformation and require a change in the existing model of the city through different solutions that help maintain the equilibrium of the very complicated system of mobility. The sustainability model should consider three essential dimensions: the social dimension (affecting the citizen); the environmental, affecting the surroundings in which we move; and the business dimension (affecting the economic activity). Existing technologies and those that are about to arrive will play a fundamental role in this transformation.*

### KEYWORDS

*Urban distribution of goods, technology, self-driving, sustainable, logistics, delivery, innovation, environment, efficiency, parcel delivery, e-commerce*

La nueva Ordenanza de Movilidad del Ayuntamiento de Madrid afronta el reto de regular los nuevos modos de movilidad que dan respuesta a las nuevas necesidades del ciudadano. La distribución urbana cada vez es más sostenible y digital y ahora debe adaptarse al nuevo marco normativo de Madrid, que seguramente será emulada por otras grandes ciudades. Por ello, es crucial el establecimiento de criterios estandarizados que permitan una armonización de ordenanzas municipales. Así, evitaremos que en un año o año y medio cada ciudad tenga una distinta.

El modelo de ciudad, en cuanto a movilidad se refiere ya ha cambiado. Es un hecho que podemos observar fácilmente y requiere de soluciones holísticas que conjuguen la movilidad personal y la Distribución Urbana de Mercancías (DUM). Para ello, los ayuntamientos deben partir de un aspecto fundamental, el conocimiento, siendo imprescindible analizar cualquier medida que afecte a

la DUM con quienes se encuentran con el problema, el propio sector. Tampoco hay que dejar de lado el análisis de las posibles soluciones. No podemos olvidar que en ningún caso existe una solución única, se trata de la suma de muchas que permitan mantener el equilibrio de un complicado sistema como es la movilidad, por el gran número de actores que participan en él y la variabilidad entre los mismos.

Es crucial la gestión de la necesaria transformación del modelo que funcionaba hasta el momento y que ha quedado obsoleto, virando hacia un modelo mucho más sostenible. La clave es cómo mutar de un modelo a otro sin causar problemas añadidos.

#### **MADRID Y BARCELONA COMO GUÍAS**

Las distintas regulaciones (actuales o futuras) deben reflejar la realidad de hoy, pero además deben tener la flexibilidad

suficiente para poder absorber y regular las nuevas formas de relacionarse y de negocio que mantengan la competencia con unas mismas reglas para todos los actores involucrados y por tanto el equilibrio del mercado.

El nuevo proyecto de Madrid, pretende recoger los fundamentos necesarios para regular nuevas formas de movilidad, tanto para mercancías como para personas. Lo hace bajo una dirección clara, ya identificada en el Plan A de calidad del aire de este consistorio, centrada en la reducción de las emisiones derivadas del tráfico rodado y la ocupación del espacio público. Este último es uno de los puntos fundamentales, puesto que es un bien cada vez más escaso, por tener que ser compartido por la actividad empresarial y el ciudadano. Tampoco podemos olvidar que dicha actividad empresarial genera servicios básicos y fundamentales para cualquier ciudadano.



## MOVILIDAD CONECTADA

Nuevas soluciones tecnológicas como la movilidad conectada y la explotación de los datos obtenidos en un primer paso, son cruciales para dar respuesta a las necesidades de movilidad dentro de las ciudades y generar servicios de mayor calidad. A medio plazo, la conducción autónoma podría ser la clave del cambio, acabando con el modelo de ordenanza que ahora entra en vigor, pero que podrían ser la solución perfecta para la movilidad dentro de las ciudades. Hablamos de una movilidad conectada, autónoma y limpia, algo que en este momento suena a ciencia ficción pero que podría dar respuesta a los movimientos de la última milla.

## LA POBLACIÓN Y LAS GRANDES CIUDADES

La concentración de la población en grandes ciudades y su envejecimiento impone un incremento de la demanda de servicios y, por tanto, de necesidades de servicios de transporte.

Estas tendencias sólo acaban de despegar. Un estudio de las Naciones Unidas ya estima que 5.2 billones de personas, el 60 % de la población mundial, vivirá en 2030 en grandes ciudades. En esa fecha, existirán más de 700 megaciudades con más de 10 millones de habitantes.

¿Cómo podemos ser capaces de aumentar el volumen de servicios, la cali-



dad de los mismos y, a su vez, alcanzar una mejora de la calidad de vida en la ciudad? La respuesta pasa por la eficiencia basada en el conocimiento y la tecnología, siendo dos vectores fundamentales para lograr una disminución del tráfico, una reducción del sonido y de las emisiones de gases contaminantes.

Tráfico, accidentes o ineficiencia tienen un impacto no sólo para los operadores de servicios, sino sobre todo para los usuarios, puesto que se trata de un servicio básico y un derecho de la ciudadanía. ¿Podrá la conducción autónoma y conectada dar respuesta a aspectos como estos? Es posible, pero de trasfondo nos encontramos con un problema aún mayor y es de



carácter ético. La pregunta por tanto quizá sea ¿estamos preparados para una conducción autónoma?

## LA CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

Técnicamente los procesos vinculados a la conducción autónoma son relativamente sencillos y llevan ya un tiempo desarrollados en el mercado: sensorización - percepción - planificación - decisión - actuación. La tecnología ya está disponible. Ya hay sensores que identifican la situación, computadoras de alto nivel de procesamiento que, junto al software y el mapeo, permiten ubicar en todo momento dicha situación, tomando decisiones en tiempo real aplicando mediante actuadores, estando todos los elementos conectados a través de un *back end* (sistema de respaldo) en el que se registra cada situación, se mapea, y accionan los actuadores que finalmente llevan a cabo la conducción.

Podría llegar a resultar sencillo el paso a una conducción cien por cien autónoma, pero esto es muy improbable sin un paso previo en el cual convivan la conducción tradicional con la conducción autónoma. En la conducción autónoma cobra más importancia el hecho de percibir, sentir el entorno, planificar las posibles acciones, decidirse de la mejor acción y operación de conducción. Al no existir el conductor, todo ello tendrá que ser realizado por el vehículo de manera independiente. Además, deberá comunicarse con el resto de actores, peatones y vehículos no autónomos, que a su vez tienen que conocer cómo están operando los vehículos. Este punto, aunque parezca evidente, resultará fundamental porque será la clave de un factor que condicionará su éxito: la confianza. El vehículo autónomo no sólo se comunicará con el interior (pasajero-mercancías) sino también el entorno, comunicando el estado del mismo en todo momento.

## BENEFICIOS

Los beneficios de estos nuevos modelos para los operadores se traducirán en un aumento de la eficiencia, se superaría el problema de falta de conductores y se avanzaría hacia una reducción de los costes de operación. Además, para los ciudadanos y administraciones también habría ventajas, porque se reduciría de la demanda de aparcamiento, aumentaría la comodidad, la seguridad y la disponibilidad de una movilidad eficiente.

Llegar a ese punto requiere de muchos requisitos previos. El primero, crear un ambiente orgánico a partir de un conocimiento que permita disponer un ecosistema de infraestructuras y regulatorio que nos permitan primero disponer de una movilidad conectada, que pueda facilitar una movilidad autónoma aun muy lejana donde el producto deje de tener importancia y sea el servicio el centro de todo.

## OTRAS APLICACIONES

Pero no sólo las empresas tecnológicas y los operadores logísticos deben apostar por su digitalización. Más allá de la conducción autónoma son múltiples las aplicaciones que las nuevas tecnologías, la conectividad y el big data nos permiten ya a día de hoy. Las administraciones deben ser consciente de ello, porque tienen en estos desarrollos un aliado fundamental para optimizar sus recursos y afinar al máximo el impacto de sus estrategias.

La gestión del tráfico, por ejemplo, ahora que todo es medible, podría realizarse de una forma más flexible para adaptar por ejemplo el número de carriles activos en una dirección al flujo de tráfico existente en cada momento. Si por las mañanas hay más flujo hacia una dirección, se activarían más carriles en esa que en la contraria. Y si en otro horario no es esa la circunstancia, se adaptaría a lo que los lujos de tráfico requieran en cada momento. La misma



flexibilidad podría dotarse a las plazas de aparcamiento de carga y descarga a través de sensores que estudien su ocupación y actividad.

## DECÁLOGO

Aún así, mientras llegamos a ese punto, debemos comenzar por ir implantando soluciones en lo más básico. En este sentido, UNO, la Organización Empresarial de Logística y Transporte, ha concentrado en diez los pasos a mejorar para lograr una distribución urbana de mercancías sostenible y digital, a la vez que real, eficiente y competitiva. Estas son las diez medidas y la consecuencia directa de la aplicación de cada una:

### *1. Desarrollar normativas y ordenanzas supramunicipales de carácter armonizado*

Un mismo vehículo es utilizado en rutas que afectan a varios municipios, pero se ve afectado por distintas normativas y restricciones de horario o circulación en función de cada municipio.

Consecuencia: facilitará y permitiría realizar la operativa de reparto de la misma forma, independientemente del municipio en el que se encuentre. Además, reducirá el número de vehículos, ya que no se tendrán que segregar rutas según los condicionantes de cada municipio.

### *2. Crear un plan coordinado de establecimiento de puntos de suministro de combustibles menos contaminantes de acceso público.*

Se debe incrementar la infraestructura de recarga pública, especialmente en las rutas de reparto, para vehículo eléctrico (recarga rápida) y estaciones de suministro de Gas Natural (GNL y GNC), que sean accesibles para los distintos operadores.

Consecuencia: mejorar la accesibilidad y uso por parte de los distintos operadores, afectando lo menos posible al modo y tiempo de reparto por las desviaciones requeridas para la operación de recarga.

### *3. Flexibilización de restricciones en los horarios de entrega en áreas de protección especial*

El cambio de los hábitos de consumo implica una necesaria flexibilidad por parte de los operadores, cuya capacidad se ve muy mermada en estas áreas debido a la restricción horaria de la actividad.

Consecuencia: al concentrar el volumen de operaciones en una franja horaria estrecha, se produce una mayor concentración de vehículos en ese intervalo de tiempo y que las empresas tengan que dimensionar su flota en función de ello, lo que hace que parte de la misma, quede infrautilizada en las horas valle. Ciertas actividades comerciales requieren ser abastecidas fuera de esta franja horaria.

### *4. Mejora de las infraestructuras y usos de las zonas de carga y descarga. Mayor control de la indisciplina*



Las zonas de carga y descarga son una infraestructura clave para la actividad de la distribución, especialmente en horas punta. Es necesario controlar el uso inadecuado de las mismas (vehículos no autorizados o tiempos de utilización superiores a los establecidos).

Consecuencia: la no disponibilidad a la hora de su uso genera mayor congestión del tráfico en la búsqueda de otra plaza o deriva en la realización de la operación de forma indebida (doble fila).

#### *5. Identificación de vehículos que realizan distribución urbana de mercancías*

No existe una acreditación que permita identificar las distintas tipologías de vehículos que participan en esta actividad. Las actuales tarjetas de transporte no abarcan todas las tipologías de vehículos y servicios.

Consecuencia: la imposibilidad de identificar estos vehículos impide el conocimiento real de cuántos y qué tipo de vehículos intervienen y a qué actividad principal se dedican, así como el diseño, la regulación y el control del uso de las zonas de carga y descarga. Todo ello fomenta la indisciplina y el intrusismo, que están cobrando una especial importancia.

#### *6. Regulación de las plataformas de la denominada "economía colaborativa"*

Se debe establecer una regulación para este tipo de plataformas que realizan

servicios de transporte de mercancías, de forma que se les exija que cumplan los mismos criterios y normativa aplicada a las empresas operadoras de transporte público de mercancías.

Consecuencia: eliminar la competencia desleal, disminuir el intrusismo y aumentar la seguridad y garantía para el consumidor.

#### *7. Eficiencia en el transporte. Aumento de la masa máxima autorizada (MMA)*

La utilización de los vehículos actualmente se sitúa por debajo de los niveles óptimos para el transporte. El aumento de la masa máxima autorizada (MMA) puede reducir el número de vehículos circulando. Un vehículo de 12.000 kg y uno de 18.000 kg son muy similares en cuanto a dimensiones y características.

Consecuencia: un vehículo pesado con su capacidad de carga bien aprovechada puede tener mayor MMA y provocar menor impacto que varios vehículos ligeros distribuyendo la misma mercancía.

#### *8. Facilitación y regulación de la distribución de mercancías en horarios no convencionales*

En los servicios que sean aptos, es necesario estandarizar medidas para minimizar el impacto acústico y facilitar la distribución nocturna. De la misma forma, habría que definir e implementar esta medida en actividades que pue-

dan ser derivadas a horas valle y fin de semana.

Consecuencia: podría desplazar y minimizar las horas punta en la DUM, con la consecuente disminución de la congestión del tráfico y disponibilidad de las infraestructuras de carga y descarga para esta actividad.

#### *9. Desarrollar un calendario de restricciones a vehículos que sea realista y alcanzable por las empresas*

Es necesario desarrollar este calendario en base a las posibilidades de renovación de flota del autónomo (figura que realizara el desembolso final) y también en función de la disponibilidad técnica de vehículos de energías alternativas, bajo un posicionamiento claro y a largo plazo que pueda justificar dicha inversión.

Consecuencia: facilitará la decisión por parte del comprador y permitirá el cumplimiento de los plazos.

#### *10. Desarrollo de ayudas específicas para la renovación de la flota*

Se deben desarrollar instrumentos que permitan adquirir estas tecnologías por parte del eslabón más débil de la cadena de suministro.

Consecuencia: respaldar y ayudar en la adquisición de tecnologías menos contaminantes. 📍

# El potencial de la tecnología *blockchain* en la Logística Marítima Portuaria



## MIGUEL ÁNGEL Pesquera

Dr. Ingeniero de Caminos,  
Canales, y Puertos  
Catedrático Acreditado por Aneca.  
Profesor Titular de Transportes.  
E.T.S. de Ingenieros de Caminos.  
Universidad de Cantabria



## JAIME Luezas

Dr. Ciencias Económicas y  
Empresariales  
Responsable de Servicios a la  
Comunidad Portuaria. Ente Público  
Puertos del Estado

### RESUMEN

La digitalización está consiguiendo transformar las infraestructuras en servicios. A través del Internet de todas las cosas (IoT) ampliamos la captación de datos por medio de sensores que podemos procesar con herramientas como la analítica con el *big data*, la Inteligencia Artificial (AI), y la Inteligencia Aumentada (IA). Pasamos de los sistemas de producción contra inventario, del lado de la oferta, a las plataformas digitales casando, en tiempo real, la demanda con la oferta del mercado, con un mayor aprovechamiento de recursos y disminuyendo la generación de vacíos. Recordemos que las cadenas logísticas de mercancías transportan más del 20 % de contenedores vacíos.

La Tecnología del registro distribuido (*Distributed Ledger Technology* (DLT)), más conocida como *blockchain* tiene un gran potencial, resultando adecuada en el reto de "menos es más" para la integración del transporte en las cadenas logísticas, facilitando la transparencia, y trazabilidad de las mercancías .

### PALABRAS CLAVE

Industria 4.0, tecnología *blockchain*, desintermediación, sincromodalidad, redes logísticas

### ABSTRACT

*Digitization is managing to transform infrastructure into services. Through the Internet of things (IoT) we extend the capture of data by means of sensors that we can process with tools such as analytics with "Big data", Artificial Intelligence (AI), and augmented Intelligence (IA). We move from the production systems against inventory, the supply side, to the digital platforms matching, in real time, the demand with the supply of the market, with a greater use of resources and decreasing the generation of empty space. Let us remember that the logistic chains of goods carry more than 20 % of empty containers.*

*Distributed Ledger Technology(DLT), better known as Blockchain has great potential, proving appropriate with the challenge "Less is More" for integrating transport into logistics chains, facilitating transparency, and traceability of goods.*

### KEYWORDS

*Industry 4.0, Blockchain technology, disintermediation, syncromodality, logistical networks*

# 1

## El nuevo contexto de la industria 4.0 y el sistema logístico marítimo portuario

La revolución industrial 4.0 supone una transformación económica irrevocable derivada, básicamente, de que se borran los límites tecnológicos habituales. Se basa en la combinación de infraestructura física con software, sensores, nanotecnología, o tecnología digital de comunicaciones, de forma que esos sistemas ciberfísicos son capaces de tomar decisiones descentralizadas y de cooperar, tanto entre ellos como con los humanos.

Tal y como dice Klaus Schwab (2016), Director Ejecutivo del WEF, la cuarta revolución industrial no se define por un conjunto de tecnologías emergentes en sí mismas, sino por la transición hacia nuevos sistemas que están contruidos sobre la infraestructura de la anterior revolución digital.

Esta transformación de los procesos industriales y económicos, inherente al concepto de industria 4.0, afecta directamente a los sectores marítimo, portuario y logístico. Las actividades operativas se digitalizan y combinan con las tecnologías de información y comunicación a través de elementos como IoT (*Internet of Things*), LoT (*Ledger of Things*) o sistemas ciber-físicos, y AoE (*Automation of Everything*) lo que nos llevan a conceptos como Logística 4.0, o Puertos 4.0.

Para la industria logística, hay un gran potencial sin explotar, según el foro económico mundial, sólo 40 % de capacidad de carga disponible está siendo utilizado con eficacia hoy.

Nuestra economía se basa, cada vez más, en productos y servicios digitales, y en dar nuevos usos a los recursos infrautilizados que ya han sido producidos. Esto plantea un cambio de paradigma. Con la revolución industrial 4.0 emerge el concepto de “coste marginal”, como “coste de producir una unidad más”, tendiendo a cero.

Por tanto, el modelo de gestión portuario está abierto y afectado por la digitalización portuaria, lo que nos presenta una oportunidad para configurar un sistema portuario más interco-

nectado y eficiente, en el contexto en donde, según datos de la OCDE:

- Las cadenas logísticas se estima que aportan al comercio mundial 16 trillones de euros al año.
- Más del 20 % tráfico de contenedores están vacíos.
- La logística basada en el contenedor aporta 4 trillones de dólares al año.
- Se estiman en 600 billones de dólares cada año, las pérdidas del comercio mundial

La digitalización del sistema portuario debe servir como base al desarrollo de soluciones de intermodalidad seguras y atractivas, que permitan conectar al puerto con sus cadenas logísticas y avanzar hacia la automatización de la operativa portuaria, facilitando emergencias, los llamados “*building blocks*” o procesos de sincromodalidad. Además, la transformación digital posibilitará la toma de decisiones basadas en el dato a través del empleo de plataformas inteligentes y colaborativas; la estandarización de formatos y protocolos de la operativa portuaria y de la cadena logística asociada al puerto.

# 2

## Hacia una nueva era de un mundo autónomo

Un nuevo planteamiento es el esquema de la evolución digital en cuatro fases, correspondiendo la última a la denominada “era del mundo autónomo” como “un estado futuro que se establece cuando los sistemas de tecnología inteligente, que operan sin participación humana, permitan nuevos modelos de negocio en una sociedad más eficiente”

Está emergiendo una nueva era digital: el “mundo autónomo” (figura 1). En el mundo autónomo, vemos que las máquinas complementan y sustituyen a los humanos para ofrecer una mayor eficacia y eficiencia. La economía colaborativa establece la base necesaria para que el mundo autónomo prospere.

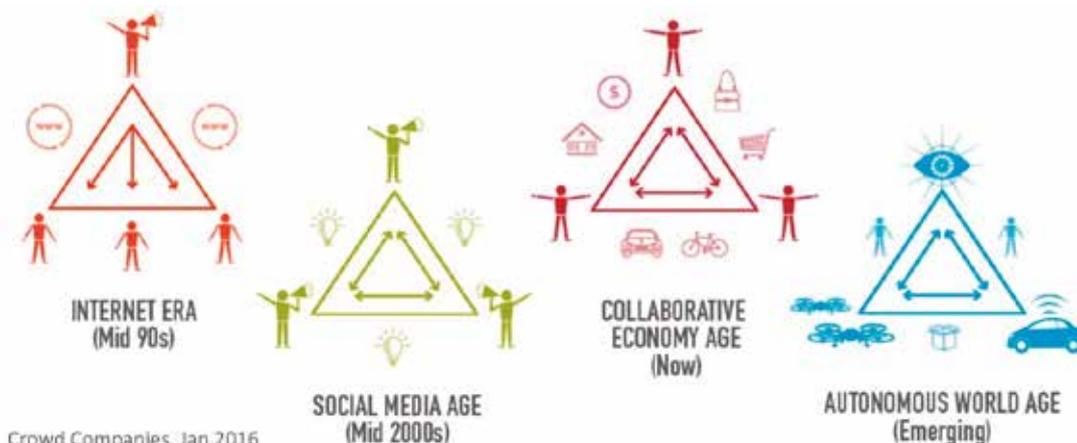


Fig. 1\_ Las cuatro eras o fases digitales

Mundo autónomo: un estado futuro donde los sistemas de inteligencia artificial, que operan sin participación humana, permiten nuevos modelos de negocio en una sociedad más eficiente.

Estos sistemas con tecnología inteligente utilizan nuevos productos de hardware y software, incluyendo vehículos autoconducidos, drones, e inteligencia artificial. El mundo autónomo es la tendencia de futuro, desde la sociedad actual de un “mundo semiautónomo” con interacción humana, antes de que los sistemas completamente autónomos sean operables y confiables.

La entrega de resultados requerirá que las empresas forjen nuevas alianzas en el ecosistema centrado en las necesidades del cliente y su experiencia, en lugar de productos o servicios individuales. Debido a la importancia creciente de los datos, el software y las plataformas, las empresas tradicionales tendrán que ampliar sus capacidades y ecosistemas en estas áreas para competir en este nuevo mercado.

La industria 4.0 en última instancia nos lleva a una economía basada en el “pull demand”, caracterizada por la detección de la demanda en tiempo real y redes de producción y plataformas digitales altamente automatizadas y flexibles.

# 3

## Tecnología *blockchain* en la logística marítima portuaria

La tecnología *blockchain* está basada en un libro de contabilidad distribuido, que permite el acceso con una sola versión, mientras se mantiene el control compartido.

Las organizaciones realizan transacciones en sus negocios al objeto de transferir o compartir activos. Activos que pueden ser tangibles, como productos, o digitales, como datos. Los activos pueden ser transferidos entre los miembros de distintas organizaciones, y realizar su seguimiento utilizando un libro común compartido; que se distribuye teniendo cada miembro un expediente de la transacción, y el acceso a la última versión del libro mayor.

*Blockchain* es una tecnología basada en la encriptación de datos en bloques, de acuerdo a unos algoritmos matemáticos que codifican tanto las partes que intercambian, y los intercambios entre ellas, como cada bloque de datos que se registra. Cada algoritmo, identificador de un bloque, está relacionado con los identificadores de los bloques anterior y posterior. Los algoritmos se generan con software de código abierto que registran los datos, y cuando y en qué orden, tienen lugar las transacciones.

Para alterar la información registrada hay que desencriptar un bloque y los anteriores y posteriores y volverlos a encriptar pasando la validación múltiple y distribuida lo que hace muy complejo alterar los registros de forma inadecuada.

Ofrecen un mecanismo de gestión de autenticidad, de gestión de duplicidades, dado que es un registro único, y de gestión de seguridad, impidiendo la falsificación, y el fraude.

A su vez, el *blockchain*, permite la trazabilidad de la cadena de logística de suministro, y de cada uno de los productos/bienes producidos y sus componentes, desde el inicio de producción hasta el final de su vida útil.

La tecnología *blockchain* y la automatización de todo necesita generar datos por medio de IoT (*Internet de las cosas*) con el registro de estos datos de manera inmutable por medio del registro de todas las cosas, *Ledger of Things* (LoT).

Los datos, además, tendrán un mayor valor en el negocio, de modo que no serán un mero resultado del proceso de fabricación, sino la base del producto o servicio, o incluso el propio producto en sí mismo.

El *blockchain* se postula como la tecnología facilitadora de la industria 4.0. Ofrece un mecanismo de gestión de la soberanía del dato confiable y seguro para habilitar la automatización avanzada y colaborativa en la logística y el comercio en general, y en la logística marítima portuaria en particular.

El registro de todas las cosas, y su tecnología *blockchain*, en resumen, consiste en:

- Contabilidad pública de persona a persona que se mantiene mediante una red distribuida de computadoras y que no requiere ninguna autoridad central ni terceras partes que actúen como intermediarios.

- Consta de tres componentes fundamentales:

- Una transacción
- Un registro de transacciones
- Un sistema que verifica y almacena la transacción

Deloitte University Press en el documento «*Blockchain: Economía de confianza*» [5] establece tres niveles en el uso de *blockchain* (figura 2):

### 1\_ Almacenamiento de registros digitales

*Blockchain* permite control sin precedentes de la información mediante registros seguros, auditables, e inmutables de no solo transacciones sino de representaciones digitales de activos físicos.

### 2\_ Intercambio de activos digitales

Los usuarios pueden emitir nuevos activos y transferir la propiedad en tiempo real sin bancos, bolsas de valores, o procesadores de pago.

### 3\_ Ejecución de contratos inteligentes

El autogobierno de los contratos simplifica y automatiza procesos de negocio prolongados e ineficientes.

- Reglas de juego: Los términos y condiciones son registrados en el código del contrato.

- Implementación: La red compartida automáticamente ejecuta el contrato y monitorea el cumplimiento.

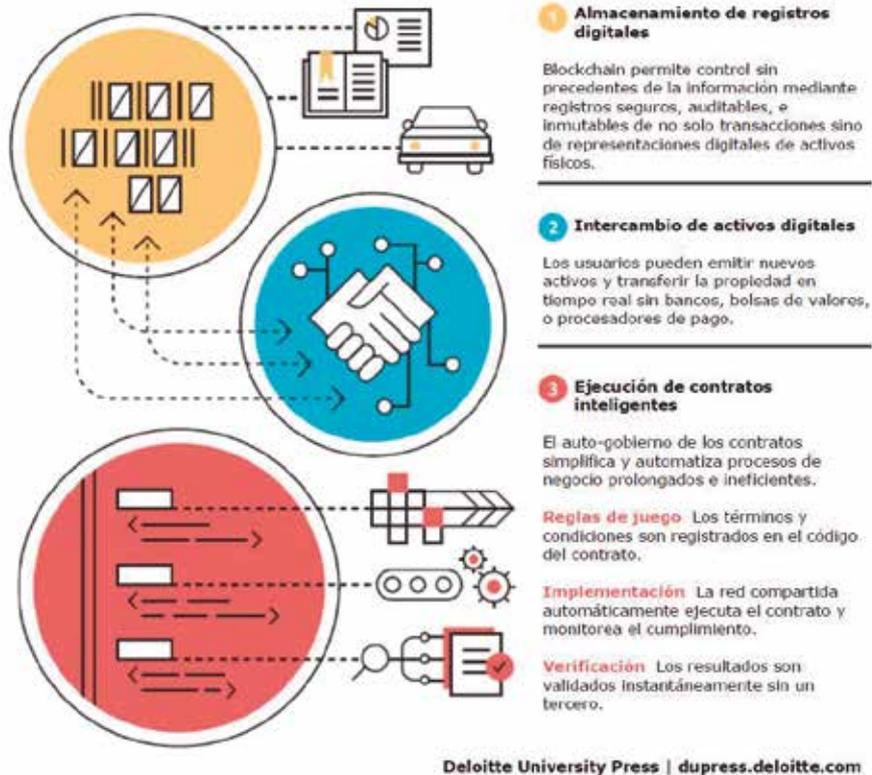


Fig. 2\_ Los tres niveles de blockchain

- Verificación: Los resultados son validados instantáneamente sin un tercero.

Según el paradigma de la Industria 4.0, la solución pasa por la desintermediación del proceso productivo, de la logística y la distribución de forma que las empresas puedan recibir las peticiones de forma descentralizada. El puerto se encuentra en la encrucijada de la mayoría de las rutas del comercio mundiales, siendo uno de los principales activadores de la cadena de suministro global.

La tecnología *blockchain* como versión única de la verdad se caracteriza por:

- Transacciones abiertas y distribuidas.
- Transacciones transparentes e inmutables.
- Transacciones no alterables y seguras.

Siendo las ventajas del registro de todas las cosas(LoT), en logística, las siguientes:

- Mejoras en la transparencia
- Mejoras en el intercambio de datos en toda la cadena de suministro.
- Mejor seguimiento de pedidos.
- Reducción de errores.
- Mejor detección de fraudes.

DHL en «*Blockchain in Logistics*»[7], señala (ver figura 3) el potencial de la tecnología *blockchain* en su aplicación a la logística en conseguir :

- Logística más rápida y más ágil en el comercio mundial.
- Mejorar la transparencia y trazabilidad de las cadenas logísticas
- Automatizar los procesos comerciales con los *smart contracts*

La tecnología *blockchain* en la gestión del Transporte y la Logística, puede dar lugar a la red logístico-portuaria de futuro como se recoge en la figura 4.

- Las aplicaciones basadas en *blockchain* tienen el potencial de mejorar las cadenas logísticas al proporcionar la infraestructura para registrar, certificar y rastrear a un costo bajo las mercancías que se transportan entre las distintas terminales y modos.

- Todas las mercancías se identifican de forma única y pueden ser transferidas a través de la cadena de bloques con cada transacción verificada y sellada en un proceso cifrado pero transparente.

- Acceso transparente para todas las partes, ya sean proveedores, vendedores, transportistas o compradores.

IBM y Maersk en el proyecto que está realizando aplicando la tecnología *blockchain* a las cadenas logísticas de contenedores en el comercio mundial a través de los puertos, estiman:

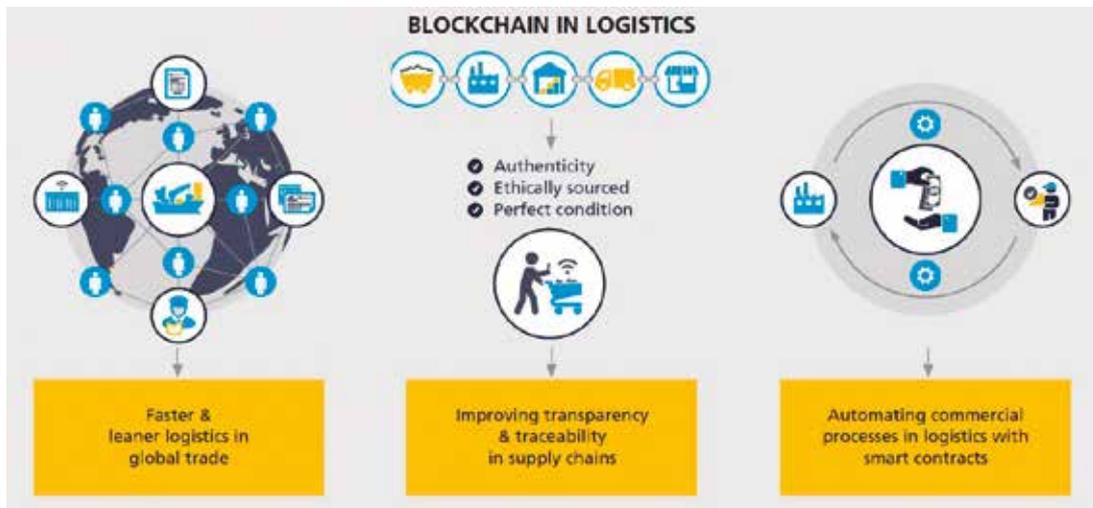


Fig. 3\_ Blockchain en logística según DHL

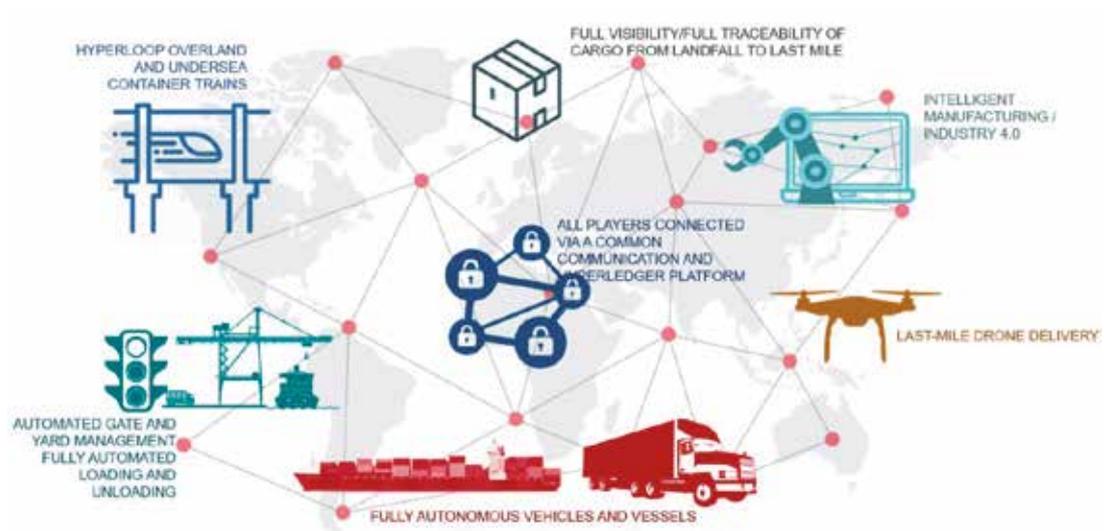


Fig. 4\_ La red logístico-portuaria del futuro (<https://www.containerchain.com.au>)

- Una media de 30 personas y organizaciones implicadas en el envío marítimo de un contenedor.

- Alrededor de 200 interacciones separadas, llamadas, e-mail, etc., las requeridas en cada conjunto de documentos en el transporte marítimo.

- Pudiendo disminuir en 300 dólares el ahorro por contenedor.

Blockchain puede convertirse en una única fuente (*single source*) frente a la ventanilla única para el transporte y logística portuaria:

- Acceso único de confianza para múltiples servicios de datos privados y públicos.

- Asegurar la armonización para la interoperabilidad de datos.

- Regular y controlar la información de los proveedores de servicios.

Todo lo cual nos lleva al concepto de Puerto 4.0, AoE (*Automation of Everything*), para cubrir los vacíos y un nivel mayor de eficiencia en la logística portuaria y su extensión a toda la red de cadenas logísticas en el comercio internacional de mercancías por contenedor con un ecosistema innovador que sea:

- Adaptativo como respuesta a un mundo caracterizado por su volatilidad e incertidumbre.

- Inclusivo, basado en la sociedad y economía circular aprovechando los residuos en su ecosistema logístico.

- Sincomodal, como resultado de puerto adaptado e inclusivo 4.0.

Siendo necesario un cambio de gobernanza: colaborar frente a jerarquizar, con un plan de negocio organizado a poner en valor la experiencia cliente y basado en el liderazgo empático que consiga:

- Inspirar, y dar ejemplo
- Empoderar y dar autonomía.
- Propósito con coincidencias y sincronías en plataforma digital y colaborativa.

La tecnología necesaria se resume en:

- IoT *Internet of Things*
- LoT *Ledger of Things (blockchain)*
- AoE *Automation of Everything*

Todos estos aspectos se recogen en el modelo de Puerto 4.0, que está trabajando Puertos del Estado (ver figura 5), desarrollando de manera sostenible, inteligente, y digitalizada, aspectos correspondientes al entorno, sistemas ciber-físicos, plataforma digital, excelencia operativa, experiencia cliente y gobernanza.

## 4 Conclusiones

- La tecnología *blockchain* tiene el potencial de transformar las cadenas logísticas portuarias cambiando la forma en que producimos, comercializamos, compramos y consumimos nuestros productos. La transparencia, la trazabilidad y la seguridad añadidas a las cadenas logísticas pueden contribuir a que nuestras economías sean más seguras y mucho más fiables al promover la confianza y la honestidad, y prevenir, evitando, la aplicación de prácticas inadecuadas.

- Con *blockchain* e inteligencia artificial (IA) las máquinas nos aportan su valor con su hacer y se puede evolucionar hacia nuevos estados de automatización. Hay que plantearse el planificar y facilitar un modelo 4.0 de inclusión, poniendo en valor, capacidades para el aprendizaje, habilidades y actitudes nuevas, necesarias en el nuevo ecosistema de innovación digital.

- El sistema portuario tiene que actuar dentro del concepto de Puerto 4.0, derivado de la cuarta revolución industrial y la industria 4.0, lo que significa priorizar los puertos conectados y AoE, automatización y robotización de todo lo que nos permita la utilización de sensores (IoT) y registros inmutables (LoT) con Inteligencia Artificial e Inteligencia Aumentada (AI+IA). Mejoras a realizar en el valor añadido del comercio en el PIB mundial, como lo refleja la estimación de Maersk en la reducción de 300 dólares por contenedor implementando tecnología *blockchain*. 📍



Fig. 5\_ Modelo PUERTO 4.0

## REFERENCIAS

- [1] Alexander Lipton y Alex Pentland, Hacer saltar la Banca, Investigación y Ciencia, marzo de 2018.
- [2] Don Tapscott and Alex Tapscott. La revolución *blockchain*: Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global. Editorial Deusto 2016.
- [3] Klaus Schwab. La cuarta revolución industria. World Economic Forum, Editorial Debate, 2016.
- [4] Llorca, José, Presidente de Puertos del Estado. Los puertos ante el reto de la revolución industrial 4.0. Retos de puertos 4.0, Jornada de logística y puertos 4.0, Asociación ibérica de logística y puertos AILOP Madrid, 3 oct. 2017
- [5] Deloitte. University Press. Blockchain : Economía de la confianza. Ver documento <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/audit/BibliotecaTecnica/RecursosAuditoria/Cinetica/Cinetica %207.pdf>
- [6] DHL. Blockchain in Logistics, 2018 Ver documento en <https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf>
- [7] Oliverwyman. Ver el documento [http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2017/sep/The\\_New\\_New\\_Economy.pdf](http://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2017/sep/The_New_New_Economy.pdf)
- [8] Rifkin, Jeremy. Roadmap Next Economy. The Rotterdam The Hague Metropolitan Area (MRDH).<https://mrdh.nl/system/files/projectbestanden/engels/Roadmap %20Next %20Economy %20in %20brief.pdf>. Noviembre 2016.
- [9] Wolfgang Lehmacher, Head of Supply Chain and Transport Industries, World Economic Forum. Blockchain Technology for Ports. Port Technology. Edition 74, 2017, pages 30-32.



## RAFAEL Molina

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (UGR), Máster en Dinámica de Fluidos Ambientales (UGR), Especialista transporte marítimo y gestión portuaria (UPM)

Doctor en Sistemas de Ingeniería Civil: Explotación Portuaria (UPM) y profesor Asociado en la UPM

# La revolución digital del mar:

## los puertos del futuro

### RESUMEN

El sistema portuario está sumido en una profunda transformación 4.0. En la actualidad está trascendiendo de la digitalización de procesos que tienen lugar en su seno hacia la interconexión digital con otros puertos, con la cadena logística. En un horizonte cercano, hacia el que ya nos dirigimos, los puertos buscan la plena automatización de sus procesos, la gestión del riesgo operacional y la sincromodalidad, en un marco de economía colaborativa. Los puertos son actores claves que permitirán hacer realidad el desarrollo de nuevos modelos eficientes de gestión del transporte prácticamente en tiempo real. En este artículo se propone una retrospectiva y visión sobre los retos de innovación que está abordando el sector portuario en el ámbito del transporte.

### PALABRAS CLAVE

Sincromodalidad, puerto 4.0, automatización, digitalización, Internet de las cosas, inteligencia artificial, apoyo a la toma de decisiones

### ABSTRACT

*The port system is undergoing profound transformation under port 4.0. This is currently moving on from the digitalisation of processes within the port system towards digital interconnection with other ports, within the logistics chain. In the very near future, ports will seek full process automation, operational risk management and synchronicity, within a collaborative economic framework. Port are key players in the future development of new, efficient transport management models, practically in real time. This article provides a retrospective and a view of the challenges in terms of innovation that are being faced by the port sector in terms of transport.*

### KEYWORDS

*Synchronicity, port 4.0, automation, digitalisation, Internet of things, artificial intelligence, decision support*



Es un hecho que el puerto es una costura en la cadena logística; no obstante, imaginemos por un momento un modelo de transporte portuario basado en atender la necesidad inmediata de un cliente. Imaginemos también que el producto que demanda el usuario está altamente personalizado. Imaginemos asimismo un sector de producción basado en un modelo avanzado 'Just In Time', en el que se produce justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema.

Imagínese que todo el proceso es trazable, cada producto, cada vehículo de transporte, cada elemento de manipulación, o cualquier condicionante ambiental, humano o logístico está monitorizado. Si lo desea, también imagine que esta información está integrada en una nube de datos permanentemente supervisada por Inteligencia Artificial, y que es capaz de apoyar la toma de decisiones al usuario final, al operador portuario, al naviero, al puerto y a todos los actores que participan en la cadena logística.

Imagine que todo lo anterior está al servicio de la eficiencia y sostenibilidad de la cadena de transporte en su conjunto. Si usted ha sido capaz de imaginar todo esto, está visualizando el presente y el futuro de los puertos, un puerto 4.0.

## UNA REVOLUCIÓN TARDÍA, PERO UNA OPORTUNIDAD

Suele ser útil mostrar cifras representativas para poner al lector en contexto. La red de puertos españoles mueve, en la actualidad, mercancías por valor

de 200.000 millones de euros, un importe equivalente al 20 % del PIB del país. Esto refleja el carácter estratégico de las infraestructuras portuarias que canalizan el 57 % de las exportaciones de bienes de consumo y el 78 % de las importaciones que salen o entran por los puertos. Desde nuestra perspectiva, estas cifras nos ofrecen una visión sobre la importancia y el impacto que tiene la actividad marítima en el transporte, importancia que, también a nuestro parecer, desconoce la sociedad en su conjunto.

Un puerto, en el imaginario colectivo, cobra formas diferentes. Para un ciudadano de a pie, lo que pasa en las entrañas de un puerto le es casi ajeno. A diferencia de una carretera o del propio ferrocarril, en España un puerto no participa en los modos de transporte cotidianos, salvo para una minoría. Para el que vive en una ciudad costera, hasta hace pocos años, el puerto constituía una barrera entre el mar y la ciudad. En muchos casos también era una infraestructura con actividades industriales molestas, contaminantes. Polvo de carbón, frontera, mal olor y, tal vez, de vez cuando, algún vertido en las playas. Una relación compleja entre el puerto y la ciudad, de dependencia, de necesidad, de respeto.

A pesar de ello, la realidad es que la mayor parte de los puertos fueron el germen de las ciudades donde habitan. Tramos de costa con abrigo natural que permitían que la gente de la mar desembarcara sus mercancías, recogiera otras y resguardara sus embarcaciones frente a las inclemencias

del tiempo. En torno al fondeadero, en la zona de desembarque, se generaron mercados, talleres, almacenes y junto a ellos viviendas, accesos terrestres y amurallamientos. Así nacen los puertos y las ciudades costeras, y en ellas habitan hoy día casi el 40 % de la población mundial.

No sólo ha vivido la ciudad ajena al puerto, sino que, tradicionalmente, también el puerto ha vivido ajeno al buque, al naviero. Resulta paradójico que portuarios y marinos no compartan a veces el mismo léxico para llamar a las mismas cosas. Si ahondamos descubriremos que, hasta hace pocos años, los paradigmas que regían el diseño y ejecución de infraestructuras no siempre atendían las necesidades de los operadores, terminalistas o de los responsables de la explotación de la propia Autoridad Portuaria. Fiabilidad, operatividad y necesidades de la cadena logística no han ido siempre de la mano.

Nos encontramos en una nueva era portuaria. El sector aéreo, la carretera, y el ferrocarril han disfrutado de periodos de desarrollo que ahora abandera el sector marítimo. En los últimos 40 años este sector ha avanzado desde un modelo de diseño y explotación del siglo XIX, a ser una referencia en investigación, desarrollo e innovación. En la actualidad un puerto es un actor protagonista en la actividad económica local, regional, nacional e internacional, un elemento clave en la innovación, monitorización y sostenibilidad ambiental y un factor crucial en el bienestar social en su área de influencia.

## EL FUTURO YA ESTÁ PRESENTE EN LA REALIDAD PORTUARIA

Para transmitir la dimensión del reto de modernización de un puerto, podríamos hablar del medio físico, de que la actividad marítima se desenvuelve en uno de los entornos más hostiles de la tierra; hablaríamos pues de los grandes avances realizados en el ámbito de la modelización climática y su impacto en la gestión de riesgos infraestructurales y operacionales océano-meteorológicos, vinculados a la acción del viento, agitación, nivel del mar, corrientes o visibilidad. También podríamos hablar de incremento de la escala de los buques, de su tendencia gigantista y de cómo ha afectado este hecho a la configuración actual de un puerto, a las inversiones necesarias para su adaptación, y al diseño y construcción de nuevas infraestructuras, cada vez más expuestas a los límites de la ingeniería. Otro enfoque podría ser el desarrollo y la especialización de los medios de manipulación: de la automatización y semiautomatización de procesos en las operaciones de carga y descarga, en la manipulación, almacenamiento y distribución de mercancías. El sector marítimo ha pasado de ser un sector dominado por la carga general en los años 60 a ser altamente especializado en la actualidad, sensible a la economía de escala. Más mercancía nuevo, mayor productividad alcanzado. Del saco y el pallet al contenedor, al buque granelero, ro-pax, o el *heavy-lift*. Si utilizamos el medio ambiente como ejemplo de evolución, podemos hablar de los logros conseguidos en el campo de las buenas prácticas en el manejo de la mercancía, en el tratamiento de los materiales de dragado. También podríamos incidir en el compromiso portuario con la calidad del agua costera y sus ecosistemas, o la eficiente gestión de los desechos generados por los buques como consecuencia de su actividad.

Pero si hemos de elegir un elemento que nos permita describir este reto de



modernización éste ha sido el compromiso que han asumido los puertos en el desarrollo de servicios de valor añadido para lograr la integración de un puerto “sin costuras” en la cadena logística, logrando de este modo incrementar la eficiencia, la fiabilidad, trazabilidad y la transparencia en un modelo de servicio logístico “puerta a puerta”. Para lograrlo, el sector portuario, liderado por puertos como el de Róterdam, Hamburgo, Los Ángeles/Long Beach, Singapur o Algeciras, ha apostado por la digitalización y automatización de sus procesos y de la toma de decisiones, mediante un impulso al desarrollo tecnológico y la cultura de la innovación. Una visión de modernización sustentada en el concepto *end-to-end*, lo que implica una la visión global del encadenamiento de procesos y/o actividades de los principales grupos de actores de la cadena logística portuaria: transportistas, terminalistas y los propios puertos. Sólo desde una visión colaborativa entre estos actores se pueden identificar las necesidades a satisfacer.

### DIGITALIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN: CONCEPTOS UNIDOS A LA INTELIGENCIA DE NEGOCIO

Cuando hablamos de digitalización y automatización de procesos, habla-

mos de todas las operaciones, etapas, de la asignación de tareas y roles. Estos procesos derivan, como no, de los procedimientos, los cuales están orientados a satisfacer niveles de servicio en las operaciones marítimas y terrestres. Esta es la clave. Cuando la comunidad portuaria se propone mejorar los niveles de servicio, se ve obligada a identificar los indicadores claves, a evaluar el impacto positivo de su cumplimiento y, por qué no, una vez alcanzados los estándares deseados, poner en marcha el proceso de mejora continua para seguir avanzando permanentemente hacia el puerto del futuro.

Cada periodo ofrece una foto fija del camino a seguir. En la actualidad, se vislumbra que el camino hacia el puerto del futuro constará de cinco fases. La primera sería la digitalización de los procesos, conocer cada elemento del sistema, llamar a la puerta de cada actor portuario y preguntarle ¿qué necesitaría usted para hacer mejor lo que ya hace? ¿De quien depende su actividad? ¿Cómo se comunica con éste o aquel? En este marco se han desarrollado numerosos proyectos al amparo de la común denominación de ‘*smart*’, inteligente en inglés. El concepto de ‘*smart-port*’ ha sido interpretado de un modo particular por cada puerto, a la medida de su nivel de desarrollo

de partida. Éste tiene como común denominador la intención de monitorizar, registrar la información y con ella obtener valor añadido, y difundirla. Para ello se han realizado numerosas inversiones en el sector de las Tecnologías de la Información, que sirven como soporte a la monitorización y supervisión de tareas y procesos, así como a la puesta en valor del dato, de la información. Se trata pues de destilar y procesar la información para quienes tienen responsabilidades en el ámbito estratégico y táctico de la organización. Se inicia en este punto del camino la inteligencia de negocio, que es la segunda etapa. Superada esta fase, la siguiente es la colaboración. Ya tenemos un lugar común desde el que entender mejor la realidad propia, la del resto usuarios de puerto y proveedores de servicios. Integremos desde esa colaboración multidimensional técnicas avanzadas de análisis que exploten y hagan más competitivo y sostenible el negocio para todas las partes implicadas. Llegados a este punto se iniciará la tercera fase, la automatización. Con-

solidada la anterior aparecerán nuevos modelos de negocio que activarán el siguiente ciclo de mejora continua.

En la actualidad el foco del sector se encuentra en la digitalización de procesos en ámbito de la aproximación del buque a puerto, en la ordenación del tráfico marítimo, en los servicios que apoyan la operación de atraque y amarre, en la gestión del fondeo y la supervisión de los servicios de *bunkering*. Del lado de tierra la atención está puesta en el proceso de estiba, en la gestión del almacenamiento y depósito de la mercancía, en la capacidad, y en su evacuación intermodal. Se trabaja en el desarrollo de indicadores de eficiencia y fiabilidad de cada tarea, en cada etapa, de cada proceso. Cada actor en la cadena logística portuaria se fija unos objetivos y tiene necesidades del entorno para el desarrollo de su actividad. Los niveles de servicio de una actividad dependen, entre otras cosas, del cumplimiento de tus proveedores. Pero hablar de indicadores, reitero, es hablar de información,

de compartirla, de gestionar ese dato y de su puesta en valor para la toma de decisiones.

La comunidad portuaria, sin ahondar en detalles, está compuesta por un conjunto muy diverso de “actores”. Simplificando mucho, podemos distinguir tres grandes colectivos principales: navieros, terminalistas y el puerto, que el cual no sólo engloba a la Autoridad Portuaria sin también al conjunto de agentes públicos y privados que dan servicio a los anteriores. Describamos superficialmente sus roles. Las empresas navieras y los operadores logísticos transportan la carga. Las terminales almacenan, embarcan y desembarcan la mercancía o la sirven a un tercero. El puerto facilita la infraestructura física, administrativa y lógica. Todos ellos generan, o podrían registrar, información clave para la optimización de procesos, pues existen interdependencias que impactan directamente en la eficiencia global de los actores implicados. Vamos uno por uno con algunos ejemplos.

El buque, como portador de la carga, puede suministrar información en tiempo real, su localización, su programación de llegada y salida estimada, datos sobre el estado y distribución de la carga, con el fin de facilitar el proceso de estiba y desestiba y la asignación de medios de manipulación en la terminal, así como la puesta en marcha de los servicios técnico-náuticos de practicaje, remolque o amarre.

Las terminales, a medida que avanzan en la monitorización de procesos, van aproximándose hacia el camino de la automatización. Son los que caminan más rápido en esta dirección. En este escenario de automatismo, se podrá incrementar la productividad, reducir los costes de operación, aumentar la capacidad de las terminales sin desarrollar nuevas infraestructuras, se facilitará la conexión intermodal y la optimización del flujo de carga.





La Autoridad Portuaria, o el puerto, más allá de si su modelo de gestión es de tipo *service port* (puerto de servicios), *toolport* (puerto herramienta) o *landlord* (puerto propietario, que es el modelo español y el más extendido a nivel mundial), se ha de distinguir por ser un integrador de procesos y el impulsor de la cadena de valor de la información. Es el anfitrión del buque, quien dinamiza la comunicación entre los actores implicados durante el proceso de llegada y atraque, la estancia y su salida del puerto. Es quien vela por los estándares de calidad deseados, es quien facilita la aportación de valor añadido a la carga y procura que ésta discurra de un modo transparente y ágil. Para ello la Autoridad Portuaria, mediante la digitalización y monitorización, desarrolla plataformas de gestión de la información y de apoyo a la toma de decisiones. Éstas permiten conocer y controlar las actividades de las operaciones portuarias en tiempo real. Las comunidades portuarias que operan en puertos avanzados, que se dirigen hacia el reto del puerto del futuro, disponen de infraestructuras de comunicación centralizadas que unifican y difunden la información. Con ello se posibilita coordinar a los

agentes y establecer y supervisar los acuerdos en lo referente a los niveles de servicio. Al existir una plataforma que unifica la información se facilita también el desarrollo de nuevas y más potentes herramientas para el apoyo a la toma de decisiones tanto internas como por terceras partes. La Autoridad Portuaria 4.0 tiene como meta la creación de un ambiente colaborativo y facilitador de negocio, apoyando la creación de valor.

En el marco portuario, la plataforma protagonista es, en la actualidad, el *Port Management System* (PMS, Sistema de Gestión Portuaria). Un PMS tiene como objetivo principal la integración de sistemas, sirviendo como plataforma y núcleo información. Capta, integra y analiza la información que genera el puerto, posibilitando una gestión eficiente y eficaz. Mejores decisiones en menor tiempo. Permiten no sólo mejorar y automatizar tareas, sino también analizar y tomar decisiones en el ámbito de la gestión y la estrategia, basadas no sólo en datos,

sino en la experiencia adquirida. Los PMS engloban también los servicios de valor añadido en el ámbito administrativo, documental, de geolocalización de medios y mercancías, de facturación o de predicción climática, entre otras.

### **LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA INNOVACIÓN EN EL TRANSPORTE PORTUARIO**

Llegados a este punto podemos hacernos la pregunta de ¿cuáles serán las claves tecnológicas que harán posible este desarrollo en el próximo lustro? La primera está en fase de implantación: la conectividad. Dotar de redes de telecomunicaciones por fibra e inalámbricas a infraestructuras con la dimensión que posee un puerto no sólo es una gran inversión, sino un reto tecnológico. La segunda es la sensorización y monitorización de todo aquello que sea clave para la toma de decisiones. Podemos hablar de los forzamientos océano-meteorológicos en cada área operativa del puerto. En la actualidad





no sólo se monitorizan los agentes del medio físico, sino la magnitud de la respuesta del elemento con el que interactúa, por ejemplo, presiones y subpresiones sobre diques de abrigo, o rebase del oleaje y su impacto en peatones, vehículos y carga almacenada. Del mismo modo se monitoriza quién, cómo y cuándo realiza qué movimiento de mercancías interior y con qué medio de manipulación concreto.

La siguiente tecnología está altamente relacionada con las dos anteriores: el Internet de las Cosas (IoT). Este concepto hace referencia a la revolución de la micro sensorización. Son dispositivos y sensores de bajo coste conectados a Internet, como teléfonos inteligentes, sistemas de medida en la ropa, en la carga, los equipos de manipulación, en los cuadros eléctricos, redes de saneamiento y abastecimiento. Estos elementos no sólo pueden emitir información, sino que pueden ser el vehículo para recibir información sobre un cambio de tarea o rol. Su implantación ya está en marcha, poco a poco, y supondrá un cambio radical en la forma de entender la gestión de procesos y la toma de decisiones en tiempo real en los puertos.

Si damos un salto desde la captura a la gestión del dato, las cuatro tecnologías claves para los próximos años, en

el ámbito portuario, son la minería de datos, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la ciberseguridad. Si partimos del último punto, la protección de la infraestructura computacional, de la información, es y será el eje de la actividad de cualquier institución, organismo o empresa. Las otras tres tecnologías están vinculadas a la puesta en valor de la información, la inteligencia de negocio. Su objetivo es identificar patrones en la información, interrelacionar diferentes fuentes para resolver problemas complejos, multidimensionales, para los que no tenemos solución analítica. Seremos capaces de desarrollar PMS (*Port Management Systems*) y TOS (*Terminal Operating System*) que, buscando cumplir los indicadores de nivel de servicio, tomen decisiones en tiempo real. Estos sistemas nos darán claves ocultas a retos conocidos y no resueltos, nos permitirán descubrir nuevos puntos de mejora en la cadena logística. Estas tres tecnologías darán paso a una versión 2.0 de la automatización, la Automatización Adaptativa.

## CONCLUSIONES FINALES

Los cambios que percibimos durante un lustro en la actualidad son los que requerían de dos décadas hace 40 años. Podemos observar cómo el sector portuario, el transporte de

mercancías marítimo, se enfrenta en la actualidad a profundos cambios de paradigma. El sector del transporte en su conjunto se dirige hacia un modelo industrial 4.0, hacia un modelo *Lead Logistics Provider* (o LLP), que dirigirá toda la cadena de suministro como si una torre de control se tratara. Las operaciones marítimas serán parecidas a la entrada en boxes de un vehículo de Fórmula 1, orquestadas, medidas en forma y tiempo, sincronizadas. No es difícil imaginar, créeme, que en pocos años la velocidad de cruce de un buque entre dos destinos la marcará la combinación entre la predicción del estado de mar, el consumo del buque y los riesgos operacionales del puerto a un horizonte temporal dado. Es fácil vislumbrar también que los puertos serán espacios de personalización de la mercancía, y que la circularidad y la agenda verde dominarán sobre los tiempos de entrega.

Pero todo ello, será posible porque en la actualidad nos dirigimos hacia un modelo de puerto que estará dotado de una profunda cultura de la innovación, de cambio, de adaptación. Y es que el puerto 4.0 tendrá la resiliencia necesaria para liderar una nueva revolución digital en el sector del transporte. 📍



# Impacto tecnológico

de los vehículos eléctricos  
e híbridos



JOSÉ M<sup>a</sup>  
**López  
Martínez**

Doctor Ingeniero Industrial.  
Catedrático de Transportes.  
Director del INSIA. UPM

## RESUMEN

La hibridación del tren propulsor está adquiriendo una posición cada vez más ventajosa frente a los propulsores convencionales por su capacidad de mejorar el rendimiento y reducir las emisiones contaminantes, aunque a costa de una mayor complejidad y peso del vehículo. A pesar de las grandes ventajas que presentan los vehículos eléctricos, los inconvenientes son todavía lo suficientemente importantes como para ralentizar su implantación masiva en el mercado.

Aunque la infraestructura eléctrica está desarrollada, para que tenga lugar un claro despegue del vehículo eléctrico sería necesaria la implantación de una nueva red de puntos de carga rápida suficiente para satisfacer la recarga de las baterías en tiempos aceptables para el consumidor, lo que supondría importantes modificaciones e inversiones tanto en la distribución como en la operación de la red eléctrica nacional.

## PALABRAS CLAVE

Vehículo híbrido, vehículo eléctrico, pila de combustible, hidrógeno, baterías

## ABSTRACT

*Hybrid drive trains are taking on an increasingly advantageous position with respect to the more conventional drive trains due to their capacity to improve performance and reduce polluting emissions, though at the cost of the greater complexity and weight of the vehicle. In spite of the great advantages presented by electric vehicles, the inconveniences are still of sufficient importance to slow down their massive introduction on the market.*

*In spite of the development in electric infrastructure, electric vehicles will only see a clear breakthrough on the introduction of a new network of charging points that are sufficiently fast to allow battery recharge in acceptable times for the consumer, which will require substantial modifications and investment both in terms of the distribution and operation of the national electrical grid.*

## KEYWORDS

*Hybrid vehicle, electric vehicle, fuel pile, hydrogen, batteries*

# 1

## Introducción

Las limitaciones de los recursos de los combustibles fósiles y el cambio climático son dos cuestiones que preocupan socialmente y que, además, irán ganando en importancia en los próximos años. El incremento continuo de la movilidad y del consumo de energía en las regiones emergentes hace que estos problemas se acentúen aún más. La industria del automóvil tiene, por tanto, que encontrar y realizar soluciones sostenibles para la movilidad y los sistemas de transporte del futuro. Posiblemente las soluciones tecnológicas que se obtengan, tendrán unos requerimientos más estrictos que los que aplican en la actualidad. Las condiciones de contorno por las que se van a mover dichas soluciones serán la eficiencia energética, basada en el aseguramiento de la fuente de energía y combustibles limpios, así como bajas emisiones contaminantes y de ruido.

Otro hecho es que las áreas urbanas continúan atrayendo a gran parte de población previéndose que su ocupación alcance un 70 % en la próxima década. Esto implica una gran parte de la población limita sus desplazamientos diarios a distancias cortas menores de los 100 km, con frecuencia dentro de las aglomeraciones urbanas. También, gran parte de la distribución fraccionada tendrá lugar en las áreas urbanas (última milla), incrementándose la necesidad de utilización de vehículos limpios y energéticamente eficientes.

Todavía, no es fácil responder a cuál será el reto del tráfico del futuro. Una posible respuesta, esté en la electrificación del

transporte. Consecuentemente, nuevos conceptos y tecnologías se van a desarrollar para realizar vehículos eléctricos híbridos (VEH) y puramente eléctricos (VE) eficientes, adecuados tanto para la movilidad privada como pública y para la distribución de mercancías en el área urbana.

# 2

## Vehículos híbridos

Los vehículos híbridos (VEH) son un primer paso hacia los vehículos puramente eléctricos (VE). En general constan de una combinación entre un motor de combustión interna alternativo (MCIA) y un motor eléctrico (ME). Su principal ventaja es un mejor rendimiento de la planta de potencia, con la correspondiente reducción en el consumo de combustible y de emisiones contaminantes, garantizando, al mismo tiempo, una autonomía y comportamiento adecuados.

En función del grado de hibridación eléctrica (GHE: relación entre la potencia eléctrica y la potencia total de tracción) de los VEH se pueden clasificar en (ver figura 1):

### Microhíbrido (GHE Baja)

Son el primer paso hacia la electrificación del sector transporte. Estos vehículos disponen de sistemas de propulsión convencionales, pero incorporan un sistema adicional de arranque-parada (*start/stop*). Los microhíbridos paran automáticamente el motor de combustión interna (MCIA) cuando el vehículo se detiene y lo arranca cuando se pisa el pedal del acelerador o del embrague. Con este sistema se pueden alcanzar aho-

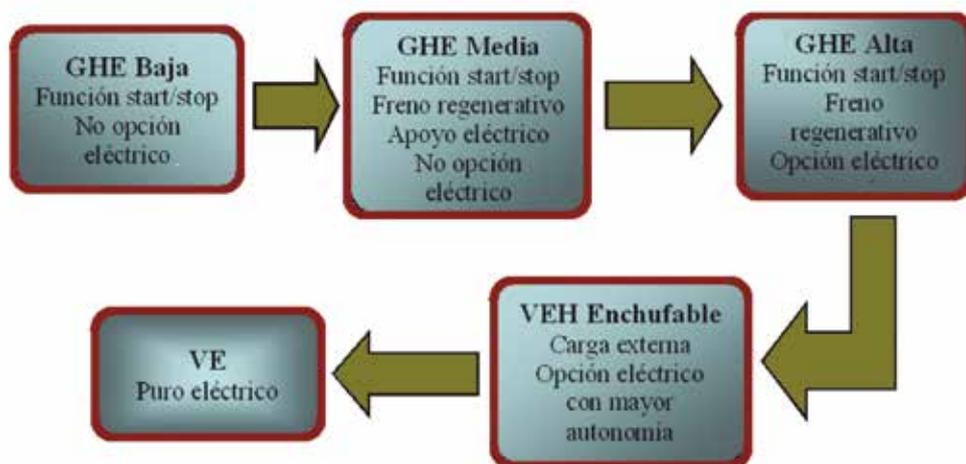


Fig. 1\_ Clasificación de los VEH en función del grado de hibridación eléctrica (GHE)



Fig. 2\_ Esquema conceptual de la configuración de un vehículo eléctrico. Fuente: López

ros de combustible de hasta un 7 %. No ofrecen la opción de conducción en modo eléctrico ni de aceleración eléctrica. Este concepto de hibridación se puede adaptar fácilmente al sistema de potencia convencional por lo que se espera tenga importante penetración en el mercado en corto plazo.

#### *Híbrido medio (GHE Media)*

Estos vehículos integran un motor eléctrico que proporciona par de asistencia en la aceleración, con lo que el motor de combustión interna puede ser más pequeño y eficiente (configuración híbrido paralela). Además, el motor eléctrico puede actuar en modo inverso como un generador cuando el vehículo está frenando, recuperando la energía cinética y cargando las baterías. Con este sistema se alcanzan ahorros del 15 % al 20 % de combustible. No ofrecen la opción de conducción en modo eléctrico.

#### *Híbrido completo (GHE Alta)*

Estos vehículos híbridos proporcionan propulsión eléctrica a baja velocidad ya que tanto el motor térmico como el eléctrico están atacando el eje de tracción (configuración híbrida serie-paralelo). Debido a esta posibilidad de conducción en modo eléctrico a bajas velocidades, el principal beneficio de este tipo de vehículos se centra en el entorno urbano. En tales casos, el consumo de combustibles y, por tanto, las emisiones contaminantes, se pueden reducir hasta un 25 %.

#### *Vehículos eléctricos enchufables*

En estos vehículos la potencia del motor eléctrico es igual o superior a la del MCIA. Este tipo de vehículos están preparados para recargar las baterías enchufándolos a la red eléctrica por lo que proporcionan una mayor autonomía en modo eléctrico por lo que las baterías suelen ser de Li-ión. Dentro de esta categoría existe una extensión que son los de autonomía extendida. Esta definición se aplica a vehículos híbridos en configuración en serie que pueden funcionar en modo puramente eléctrico por encima de los 40 km. Disponen de un motor-generador que pueden aumentar la autonomía por encima de los 500 km (más información en capítulo de vehículos híbridos).

## 3 Vehículos eléctricos

Un vehículo puramente eléctrico de baterías (VE) es aquél que utiliza uno o varios motores eléctricos para su tracción y un conjunto de baterías que alimentan dichos motores (ver figura 2). La energía química almacenada en la batería se transforma en energía eléctrica y posteriormente se convertirá mediante el motor eléctrico en energía mecánica para la tracción del vehículo. A través de las señales del freno y del acelerador, el controlador electrónico gestiona los subsistemas para proporcionar la correspondiente potencia de tracción como la de frenado. Asimismo, la unidad de suministro de energía de auxiliares proporciona la potencia necesaria con diferentes niveles de tensión para todos los auxiliares: el sistema de dirección, la climatización, etc. Un aspecto a tener presente en el diseño de la capacidad de las baterías es la energía necesaria para afrontar el accionamiento de dichos auxiliares.

El gran potencial de los VE deriva de su posibilidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y de aumentar de forma significativa el rendimiento del sistema propulsor (el motor eléctrico tiene un rendimiento mayor que el motor de combustión interna). Dado el estado actual de la tecnología, sin embargo, estas ventajas tienen también ciertos inconvenientes, tales como una pobre autonomía, coste inicial elevado y aspectos de seguridad en las baterías (ver tabla 1)

Un vehículo eléctrico medio consume alrededor de 15 kWh por cada 100 km; un coche que recorra unos 15.000 km al año consumiría 2.250 kWh, equiparable al consumo doméstico medio. Desde el punto de vista de capacidad de generación eléctrica parece que no va a existir ningún problema para el sector eléctrico nacional satisfacer la demanda adicional que resulte de la introducción de los VE. La demanda adicional de 1 millón de VE estaría en torno a los 2,25 TWh anuales, cerca del 1 % de la producción anual nacional de 2016 (250 TWh).

Ventajas de los VE	Requerimientos de los VE para su penetración en el mercado
CO <sub>2</sub> neutro utilizando energía renovable	Aseguramiento adecuado de la autonomía
Alto rendimiento del sistema propulsor	Seguridad en el sistema de almacenamiento de energía eléctrica
Bajo coste de operación	Amplia disponibilidad de puntos de carga
Funcionamiento silencioso	Tiempos de carga aceptables
Red eléctrica existente	Uso de energías renovables para el suministro de la energía eléctrica
Emissiones cero en el punto de uso	Reducción del coste inicial del sistema de almacenamiento de energía eléctrica

Tabla 1\_ Ventajas y requerimientos para el futuro de los VE

La dificultad no estriba tanto en la generación, sino en la distribución y operación. Con relación al primero de ellos, la distribución, el problema estriba en la concentración de demanda eléctrica de estos vehículos en centros urbanos, y en áreas de gran consumo dentro de estos. Los transformadores locales dan servicio a un número limitado de puntos de carga (10-15 viviendas y comercios), puesto que cada vehículo conectado a la red supone una carga equivalente a la de un hogar (3-7 kW), el transformador local puede saltar, en redes semisaturadas. Así pues, el reto de las eléctricas se centra en la demanda de puntos específicos de la red de alta concentración de VE. Esta gestión deberá enfocarse al desarrollo de redes inteligentes ( ) con gestión dinámica de la demanda, que permitirá limitar los picos temporales de demanda en horas valle.

## 4 Conclusiones

La industria del automóvil tendrá que hacer frente en los próximos años a los retos tecnológicos que se demandan, haciendo especial esfuerzo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de las emisiones contaminantes y sonoras, así como, en el aumento del rendimiento, el uso de fuentes de energía renovable, la seguridad y un ciclo de vida sostenible desde el pozo hasta su final de vida, mediante la utilización de materiales renovables y reciclables. Todo esto deberá alcanzarse manteniendo el confort del consumidor y reduciendo los costes de operación.

Una reducción importante de los gases de efecto invernadero en el transporte por carretera sólo se podrá alcanzar mediante un incremento significativo del rendimiento de los sistemas de propulsión. En este sentido, los vehículos híbridos y eléctricos se posicionan como candidatos prometedores para un sistema de transporte sostenible. Los sistemas de propulsión eléctrica tienen un elevado rendimiento, robustez y mantenimiento limitado, así como flexibilidad en el control del par y de la ve-

locidad. La gran ventaja del vehículo eléctrico en el entorno urbano es su funcionamiento sin emisiones contaminantes y escaso ruido en su punto de uso, además la emisión de gases de efecto invernadero es nula si la energía eléctrica empleada proviene de fuentes renovables.

La necesidad de generación de electricidad para la carga de los VE, implica una revisión del modo de obtenerla según las diferentes fuentes de energía. Aunque se pudieran obtener mejoras de la calidad del aire en entornos urbanos con electricidad procedente de combustibles fósiles es obvio que el paso fundamental hacia una movilidad sostenible tiene que contar con la utilización de las energías renovables. La electricidad generada durante los periodos de bajo consumo se podría utilizar para cargar las baterías de los vehículos eléctricos.

Un inconveniente importante para la introducción de los VE en el mercado es su autonomía limitada. Aunque estadísticamente se puede demostrar que con la tecnología existente de las baterías se puede cubrir la mayoría de los desplazamientos diarios, la barrera psicológica del consumidor, para usar los VE, está en el miedo a quedarse en la carretera. Los fabricantes de vehículos prevén una división en el mercado en segmentos optimizados para aplicaciones específicas. Los VEH que ofrecen motor térmico o pila de combustible presentan una clara ventaja respecto a la autonomía del vehículo. Pero el extraordinario gasto por la necesidad de varios vehículos es la mayor barrera económica para su introducción en el mercado.

Resumiendo, se puede decir que la tecnología híbrida está disponible en el mercado actual del automóvil. En términos generales, la tecnología para los vehículos eléctricos cubre las necesidades del transporte diario en torno a los 50 km de autonomía, pero todavía no está en el mercado actual del automóvil, de forma extendida. Además de los requerimientos relacionados con la densidad de potencia y energía, el coste de los sistemas de almacenamiento de energía, así como sus aspectos de seguridad parecen ser la principal barrera a superar por el vehículo puramente eléctrico para su penetración en el mercado. 📍



## FELIPE Jiménez

Catedrático de Universidad

Director de la Unidad de  
Sistemas Inteligentes del Instituto  
Universitario de Investigación del  
Automóvil (INSIA)

Universidad Politécnica de Madrid  
(UPM)

# Aplicaciones especiales de la conducción autónoma

## RESUMEN

La conducción autónoma ofrece soluciones a la movilidad en diferentes ámbitos. El desarrollo en los turismos que se llevan comercializando ya desde unos años se dirige hacia niveles crecientes en la automatización e ir descargando de tareas y responsabilidad al conductor, aunque existen barreras de diferente índole. Sin embargo, existen aplicaciones específicas donde esta automatización de tareas resulta relativamente directa. Así, en este artículo se revisan aplicaciones específicas para fines o entornos definidos, con usos en el transporte colectivo de personas, transporte y reparto de mercancías, operación en obras, puertos y aeropuertos o con propósitos militares.

## PALABRAS CLAVE

Vehículo autónomo, transporte público, transporte de mercancías, aplicaciones militares, aplicaciones de construcción

## ABSTRACT

*Autonomous driving offers solutions to mobility in different areas. The evolution in passenger cars in the last years is directed towards increasing levels in automation and shifting tasks and responsibility from the driver to the vehicle, although there are different types of barriers. However, there are specific applications in which this tasks automation is relatively direct. Thus, this paper reviews specific applications for defined purposes or environments, with uses in the public transport, transport and distribution of goods, operation in works, ports and airports or military purposes.*

## KEYWORDS

*Autonomous vehicle, public transport, goods transport, military applications, construction applications*

# 1

## Introducción

Casi todos los principales fabricantes de automóviles, así como otros actores externos a esta industria hasta el momento, participan en el desarrollo de vehículos con un cierto grado de autonomía, además de los sistemas de asistencia de conducción, que, en algunos casos, aprovechan la automatización de varios actuadores y maniobras de vehículos. Los resultados sugieren que la industria del automóvil ha optado por este tipo de tecnología para un futuro no muy lejano, aunque todavía queda un largo camino por recorrer.

Se pueden plantear diferentes definiciones de lo que se entiende por un vehículo autónomo pero todas coinciden en resaltar la característica de que son vehículos que son capaces de realizar algunas tareas de conducción por sí mismos. En este sentido, SAE estableció una clasificación de niveles de automatización, partiendo de un nivel 0 sin ningún tipo de ayuda hasta llegar al nivel 5 donde no se requiere ninguna actuación por parte del conductor. En los estados intermedios, el nivel 1 incluye los sistemas de asistencia al conductor que ya prácticamente todos los nuevos vehículos incorporan en mayor o menor medida, en el nivel 2 el vehículo tiene la capacidad de tomar el control longitudinal y lateral del vehículo aunque con la supervisión continua del entorno y dicha tarea por parte de conductor, en el nivel 3 se descarga de cierta responsabilidad al conductor aunque todavía debe supervisar la tarea de conducción, mientras que esto no es necesario en el nivel 4 en escenarios definidos. El salto de un nivel a otro implica avances técnicos muy relevantes y, en muchos casos, muy costosos. Pero este avance en los niveles de automatización no sólo tiene implicaciones tecnológicas sobre el propio vehículo, sino que afecta a otros elementos como la propia infraestructura y tienen fuertes vinculaciones

no técnicas como son los aspectos legales, sociales, organizativos, económicos, etc.

El potencial de la conducción autónoma va más allá de las aplicaciones estándar en carretera. Hay varias áreas donde el uso de esta tecnología puede ser aplicado y se han implementado aplicaciones especiales basadas en este tipo de vehículos a lo largo de los años. De esta forma, existen aplicaciones específicas para terrenos no preparados, misiones militares, rescate, supervisión y vigilancia, exploración de tierras, agricultura, etc. Además, un campo adicional de amplio desarrollo son las aplicaciones específicas para el transporte público de pasajeros, servicios de taxi, coches compartidos o para el transporte de mercancías y, en general, cualquier aplicación que no deba ser realizada por un operador humano debido a la exposición al peligro inminente o que proporcione una nueva solución para un servicio específico con mejores prestaciones.

Según se han ido desarrollando estas tecnologías, en paralelo con otras como las comunicaciones, se ha puesto cada vez más de manifiesto la tendencia futura de que la movilidad en el futuro se soportará sobre los pilares de eléctrica, autónoma, conectada, y compartida. Sin embargo, todavía faltan muchos años hasta que se haga realidad la visión que ya se planteó en 1939 por General Motors de un vehículo sin conductor en cualquier tipo de escenario. A pesar de ello, para aplicaciones concretas, la automatización de funciones es una tendencia imparable que demuestra sus ventajas sobre todo cuando se trata de entornos relativamente estructurados donde las demandas de percepción, interpretación de la información y decisión son más limitadas. Por ello, en este artículo se muestran algunas aplicaciones especiales de la automatización de la conducción que se separan de la visión más popular en los medios del vehículo particular que tomará las decisiones en vez del conductor en un futuro más o menos cercano.





## 2 Aplicaciones de transporte público

Se pueden identificar dos vertientes en el transporte público: transporte colectivo y transporte individual. En cuanto al transporte colectivo, la iniciativa más extendida hasta el momento es el despliegue de servicios autónomos de autobuses con un número reducido de plazas (en el entorno de 10-15) que circulan por los centros urbanos. Tal es el caso del modelo EZ10 de la empresa Ease Mile, que ha funcionado en el zoo de Calgary o en una experiencia de demostración en varias ciudades de Cataluña en los últimos meses, entre otras iniciativas. Un vehículo de unas características similares lo ofrece la empresa Navia, orientado a entornos urbanos o de aeropuertos, teniendo también varios vehículos circulando en pruebas en diversas ciudades del mundo. De momento, estas iniciativas no han evolucionado del nivel de demostradores y, en varias ciudades, se ha percibido que el uso de este sistema de transporte puede ser un modo complementario al transporte público convencional en recorridos concretos para dar solución a demandas concretas. Al margen de las experiencias previas, pocas iniciativas se han centrado sobre autobuses de grandes dimensiones, con algunas

excepciones como el proyecto español AUTOMOST que planteará un demostrador en la ciudad de Málaga en los próximos años.

En el caso del transporte individual, hace más de una década ya se planteó el concepto de CyberCars de pequeñas dimensiones que podían ser solicitados mediante una aplicación y el vehículo atendía a la llamada y completaba el recorrido solicitado por el usuario de forma autónoma. Este servicio se focalizaba a entornos muy definidos, de bajas velocidades y coexistencia por peatones, ciclistas, etc., más que con vehículos convencionales aunque sin excluirlos. Ha habido diferentes experiencias a lo largo de los años en entornos como campus empresariales o universitarios. En una línea semejante pero con vehículos convencionales, se plantean los servicios de taxi autónomo. De hecho, nuTonomy probó el primer taxi autónomo en Singapur en 2016. Actualmente opera en una determinada zona de Singapur con destinos específicos, utilizando coches eléctricos, proporcionando, por tanto, una solución para descongestionar las ciudades de tráfico y contaminación. También Uber está probando su servicio de taxi autónomo, realizando ensayos en los que evalúan los sistemas de percepción y decisión. En la misma línea, la empresa Lyft ha puesto en funcionamiento 30 vehículos autónomos en Las Vegas con un alto equipamiento tecnológico. Waymo muestra su posición de liderazgo acumulando un alto número de kilómetros recorridos a diario en modo autónomo lo que le permite valorar posibles problemas y limitaciones, así como perfeccionar los algoritmos de detección y, sobre todo, de decisión en escenarios complejos. En este sentido, también cuenta con una flota de vehículos autónomos que proporcionan el servicio de taxi. Por otra parte, la empresa Navya no apuesta únicamente por el formato de bus tipo *shuttle* sino que también ofrece la opción de un taxi autónomo. Por su parte, en Japón, recientemente, un taxi autónomo ha llevado con éxito pasajeros que pagan sus tarifas a través de las concurridas calles de Tokio, lo que aumenta la posibilidad de que el servicio esté listo a tiempo para transportar a los atletas y turistas entre las instalaciones deportivas y el centro de la ciudad durante los Juegos Olímpicos de verano de 2020.

## 3 Aplicaciones para el transporte de mercancías

En este ámbito, las soluciones que se están planteando pueden dividirse en dos grandes bloques: de media-larga distancia, y reparto y atención a la última milla y transporte.

En el primer caso, quizá la aplicación más cercana en el tiempo y sobre la que se ha trabajado con más fuerza es la circulación en pelotones como un control de cruce adaptativo cooperativo, donde un solo conductor puede tener el control de todo un “tren de carretera”. Si bien esta solución ya fue planteada hace más de dos décadas, todavía quedan problemas técnicos y de otra índole que resolver para su implementación real y generalizada. La implementación inicial se plantea para los entornos de autopista y autovía, mucho más sencillos que escenarios urbanos. El despliegue de esta solución podría tener un impacto positivo en los siguientes aspectos: capacidad para reducir los efectos acordeón que desencadenan los atascos, consumo de combustible y empleo. Aunque todavía hay algunas barreras tecnológicas que superar (por ejemplo, la seguridad y protección de V2V o el control estable del pelotón en cualquier circunstancia), los principales riesgos para el despliegue flexible de este tipo de sistemas provienen de lo legal, comercial, y aspectos de aceptación del usuario. La interoperabilidad entre los proveedores de servicios, la ausencia de compromiso y el correspondiente mercado deficiente de las partes interesadas, o el posible boicot por parte de los grupos de presión de los conductores son algunos de los riesgos más significativos en la lista exhaustiva de barreras y riesgos para la formación de pontones.

Por otra parte, las soluciones para el reparto de última milla tienen diferencias notables y comparten problemática con las soluciones urbanas de transporte público a demanda (taxis autónomos, por ejemplo). A pesar de las complicaciones, existen hoy en día múltiples iniciativas de demostración. Así, la empresa AutoX realiza reparto en la puerta del cliente de paquetas o comida, ha-

biendo realizado pruebas de San José, California. Ford, junto con Domino's está desarrollando pruebas en Miami de entrega con una flota de vehículos autónomos dentro de la estrategia del fabricante de automóviles de disponer Ford una flota de reparto en Estados Unidos en 2021. En esta solución, todo el proceso se puede hacer de forma automática, incluida la entrega final del producto al cliente mediante un código de acceso. Nuro y Kroger están desplegando vehículos autónomos para la entrega de comestibles en Scottsdale, Arizona. Los clientes pueden comprar y hacer pedidos de entrega el mismo día o al día siguiente a través del sitio web del supermercado o la aplicación móvil. La intención de Nuro es utilizar su tecnología de conducción automática en la última milla para la entrega de bienes y servicios locales, aunque usará primero vehículos comerciales antes de presentar sus vehículos autónomos personalizados, con el objetivo principal de obtener información y acelerar el aprendizaje.

Por otra parte, Mercedes ha presentado una visión de movilidad futurista donde se puede combinar el transporte de pasajeros y mercancías de forma modular. Esta visión la denomina URBANETIC y, sobre una plataforma de algo más de 5 metros de largo, plantea la modalidad para 12 pasajeros o una configuración

de carga de hasta 10 palets. Pero esta iniciativa de diseño para el futuro no es única ya que otros fabricantes como Renault también plantean plataformas para reparto acordes con las nuevas tecnologías, por ejemplo. Como otro ejemplo, mientras que los proyectos de compañías como Tesla o Nikola apuestan por camiones para trayectos de largo alcance, el Volvo Vera se enfocaría en operar en zonas relativamente pequeñas y privadas, como puertos, fábricas, centros logísticos y campus corporativos, donde podrían trabajar las 24 horas del día sin la necesidad de un conductor. En una línea algo diferente, una aplicación particular para entornos concretos como aeropuertos o zonas industriales lo plantea la empresa Easy Mile con su producto TractEasy para arrastre de equipajes.

## 4 Operación en entornos específicos

Además del transporte por vía pública, urbano o interurbana, la automatización de la conducción tiene aplicaciones en escenarios específicos donde la estructuración del trabajo o los requerimientos del mismo aconsejen una reducción de la presencia del operario. A continuación se revisan algunos de estos ámbitos.





#### *Minería y construcción*

Los trabajos en minería resultan altamente exigentes y las condiciones de los trabajadores pueden llegar a ser extremas. En este sentido, la automatización de tareas tiene un impacto claramente positivo y ya se acometió hace tiempo, para reducir costes de explotación y riesgos para los operarios. Por ejemplo, los camiones mineros totalmente autónomos completan un conjunto de tareas sin la intervención del operador y, en su lugar, son monitoreados en una sala de control remoto por los mineros para garantizar que los camiones estén funcionando de manera eficiente en toda la mina. Su trabajo se puede extender en jornadas casi intensivas, aumentando la productividad.

Entre otros ejemplos, se puede citar el de Sandvik que ha estado desarrollando palas cargadoras y camiones autónomos para minas a lo largo de los últimos 20 años y asegura que no ha contabilizado ningún accidente con implicación de personas. Sandvik ha desarrollado una gama de vehículos que pueden automatizar todo el ciclo de producción. Teniendo en cuenta la diversidad de tipos de minas, este hecho es un reto tecnológico relevante. Sandvik pone a prueba sus vehículos para garantizar que sean seguros y funcionales en una

mina subterránea en Tampere, Finlandia, y también colabora estrechamente con sus clientes para asegurarse de que se cumplen las expectativas sobre los productos. También Autonomous Solutions, Inc (ASI) ofrece soluciones autónomas de camiones, palas excavadoras, etc. Cyngn es otra compañía que propone excavadoras y cargadoras autónomas. Caterpillar apuesta por tecnologías de asistencia al operador que controlan funciones específicas de la máquina para aumentar la productividad y reducir costos, sistemas de control remoto que alejan a los operadores de las cabinas y, por lo tanto, de fuente de peligro, e, incluso, en algunos casos, por camiones totalmente autónomos. Otro ejemplo paradigmático es el uso de camiones supervisados remotamente en las minas de hierro de Pilbara en Australia. Se emplean 80 camiones Komatsu y cada uno ha trabajado más de 700 horas adicionales a las de un vehículo convencional.

Como aspectos negativos se encuentra el hecho de que la configuración, el funcionamiento y el mantenimiento de los equipos sin conductor son un coste considerable. Además de los propios vehículos, está el coste adicional de mapear las minas para que funcionen los vehículos, así como la instalación de un centro de control. Los conductores ya no serán necesarios, lo que significa la pérdida de trabajos, pero la automatización abre una gran cantidad de nuevas funciones en una industria completamente nueva, incluidos los controladores y las funciones de mantenimiento.

En el ámbito de la construcción, emplear sistemas robotizados es una opción razonable a corto plazo ya que los sitios de construcción están cerrados al tráfico y las personas. Además, los robots de construcción pueden trabajar de manera independiente una vez que les da pautas. Una de las principales ventajas reside en el hecho de que ofrecen puestos de trabajo más seguros y menos expuestos a condiciones de polvo o vibraciones, al gestionar la operación de forma remota. Así, las máquinas pueden hacer de forma autónoma tareas peligrosas y repetitivas, con lo que los trabajadores podrán hacerse cargo de tareas de un mayor nivel, con lo que se produce una redefinición de puestos de trabajo, además de ganar en productividad.

Sin embargo, las condiciones de trabajo complejas y cambiantes pueden reducir los beneficios potenciales lo que, unido a la inercia propia del sector, hace que la presencia de medios autónomos sea todavía reducida, pero no inexistente.

En octubre de 2017, Built Robotics desarrolló un cargador autónomo para excavación controlado desde un iPad para introducir los parámetros de operación y, mediante posicionamiento GPS y otros sensores es capaz de realizar el trabajo. En el mismo año, Volvo presentó el vehículo eléctrico de carga HX2 y la pala cargadora híbrida LX1, que proporcionan un ahorro considerable en consumo de energía. Volvo también incorpora capacidades autónomas en la pala L120 y en el camión articulado A25. En la misma línea, los camiones Caterpillar 793F proporcionaban una productividad un 20 % superior a la de los vehículos conducidos manualmente. Komatsu ofrece el dozer D61i-23 de funcionamiento semiautónomo, mientras que Caterpillar y John Deere trabajan en vehículos similares, que empezarán siendo semiautónomos para evolucionar hacia la automatización completa.

#### Aplicaciones militares

Durante los últimos 30 años el ejército ha invertido en la investigación, desarrollo y uso de sistemas robóticos para ciertas misiones donde se puede evitar o reducir la probabilidad de víctimas humanas. Resulta relevante que hace más de una década, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos demostró su interés en el trasvase de la tecnología civil de conducción autónoma al ámbito militar mediante la organización de los eventos DARPA Grand Challenges. De esta manera, en 2004, 2005 y 2007 se llevaron a cabo 3 ediciones de esta competición, cuyo objetivo era poner a prueba la tecnología de los vehículos autónomos en escenarios militares, tanto en situaciones *off-road* como urbanas, con el fin de analizar la adaptación de esta tecnología a las necesidades del Ejército de EE. UU.

La tecnología no tripulada desarrollada para el ámbito militar comparte algo en común con las plataformas civiles. Sin embargo, existen muchas diferencias, principalmente en lo que respecta a la seguridad, el entorno de navegación y las acciones a tomar en función

de lo que se detecte en el entorno. En las misiones militares, la integridad del vehículo puede no ser una prioridad en relación con el éxito de las misiones, siendo, en algunos casos, un requisito deseable. Del mismo modo, en algunas situaciones, el vehículo no debe cumplir con las normas de tráfico intencionadamente con el fin de seguir con éxito su misión, teniendo como objetivo principal preservar la vida de los seres humanos participantes en las misiones (civiles/militares), así como culminarlas con éxito. Estas misiones pueden ser de vigilancia, patrulla, pelotón u operación en ambientes NRBQ (nucleares, radiológicos, biológicos y químicos), en función de las capacidades del vehículo autónomo.

Por lo tanto, se deben considerar 5 aspectos clave durante el diseño y desarrollo de UGV militar: el modelo de plataforma, la estación de control y monitoreo, los sensores, el entorno de trabajo y las misiones.

Con respecto al modelo de plataforma, se puede usar una clasificación de UGV basados en el tamaño. Los vehículos ligeros son robots diseñados para ser transportados por el personal, principalmente alimentados por baterías recargables y con una autonomía muy limitada para misiones de vigilancia y desactivación de explosivos, en modo autónomo y teleoperado como Talon, Dragon Runner o COBRA. Las plataformas de

tamaño medio son sistemas diseñados para ser transportados en otro vehículo más grande y una vez que se alcanza la ubicación deseada, pueden desplegarse para cumplir misiones de logística o de vigilancia. Estos son siempre operados a distancia como los vehículos SARGE, GLADIATOR y TAIFUN. Las plataformas pesadas militares UGV son vehículos ordinarios que se modifican para ser autónomos o telecontrolados. Se centran en las misiones de logística y limpieza de carreteras, entre los que se encuentran los vehículos URAN-14, USA ARTS, SMSS y FCS UGV.

En cualquier caso, para manejar este tipo de vehículos es necesario contar con una estación de control y monitoreo que se encargue de enviar o recibir comandos a distancia para administrar la información que sea necesaria, o incluso preprogramar las misiones antes de cargarlas en la plataforma. Los grandes vehículos militares también están equipados con sensores, principalmente sistemas de visión artificial, compuestos por cámaras de todo el espectro, tanto visibles como de infrarrojo cercano o lejano.

Esos UGV son elementos fundamentales para la próxima generación de plataformas del ejército, pero hay algunos hechos que limitan su despliegue. El primero es la dificultad para transportar los UGV pesados de un lugar a otro en





la Tierra; ya que mover un vehículo de 5.000 kg es una tarea logística compleja. Además, esos UGV están diseñados como equipos originales, sin reutilizar las plataformas existentes, con un alto costo económico. Este diseño también causa dificultades para conducir el vehículo en modo manual cuando no está en una misión y, por lo general, se transporta en un camión. En este sentido, existen soluciones como las planteadas en el proyecto REMOTE DRIVE financiado por el Ministerio de Defensa en la que se desarrolló un kit de fácil instalación y mínimamente intrusivo que permite convertir un vehículo de dotación convencional en un vehículo autónomo o teleguiado.

#### *Agricultura*

En el sector agrícola, la navegación autónoma de la maquinaria industrial está promoviendo un gran aumento de la productividad en tareas de arado, siega, cosecha, etc, al tratarse de tareas repetitivas y que requieren una alta dedicación. Todas estas tareas se vuelven más eficientes cuando una flota de tractores trabaja al mismo tiempo durante todo el día, y el operador gestiona todo el trabajo en remoto. Hay varios desarrollos en este sector. Uno de los más destacados es el fabricante de maquinaria agrícola Case IH con su concepto de vehículos autónomos, capaz de seguir una ruta precargada y calcular las rutas más óptimas para realizar. Además, dado que el vehículo tiene sensores para el reconocimiento del entorno, puede identificar obstáculos y tomar la decisión de detenerse y enviar una señal de advertencia si es necesario. En una línea similar, otros fabricantes de maquinaria agrícola como John Deere han desarrollado vehículos que pueden seguir una trayectoria predefinida.

Se han detectado limitaciones como, por ejemplo, la influencia del polvo o la climatología ya que, condiciones adversas pueden disminuir las prestaciones de los sensores, y puede requerir un cambio en el modo de operación del vehículo. La tendencia apunta a que esta automatización en este ámbito se centrará principalmente a cultivos de mayor valor, en primer lugar, como los frutos secos, los

viñedos y los productos frescos. Además, algunos sugieren que los tractores grandes podrían reemplazarse con sistemas autónomos autopropulsados o con otros equipos para tareas específicas.

## 5 Conclusiones

En 2010, la idea de los vehículos autónomos parecía una quimera a pesar de los avances de ciertos grupos a lo largo del mundo y de los demostradores (con éxito) que ya se habían puesto en marcha. A día de hoy, son muchas las empresas que apuestan por estas capacidades y las están probando en entornos reales. Por el momento, todavía estamos en etapas de aprendizaje y prueba de estos vehículos, pero parece que la dirección está ya marcada y los retos definidos para avanzar en dicha dirección. Sin embargo, en el caso de aplicaciones concretas la automatización puede tener una introducción más rápida por una mayor simplicidad del entorno, unas exigencias menores, etc.

Sin embargo, aún en esos casos, el trabajo que realizan estos vehículos o maquinaria autónoma deberá ser monitorizado regularmente para garantizar la calidad de la operación, y se necesitará mano de obra cualificada para dirigirlos. Se deberán crear y actualizar mapas 3D detallados de los lugares de trabajo. A hoy en día, estas soluciones autónomas todavía adolecen de una baja capacidad de decisión que les dificulta trabajar de forma eficiente y segura en entornos compartidos en muchos casos (transporte público en vías abiertas al tráfico, por ejemplo). Sin embargo, su uso en ciertas tareas está suponiendo un aumento de la productividad, (agricultura o minería) y permite alcanzar unas características de la operación que no serían posibles con operación convencional (misiones militares). La superación de retos, no sólo técnicos, condicionará el ritmo en el que se escale en los niveles de automatización y hasta cual lleguemos en cada aplicación concreta. 📍

# MÁSTER INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍAS DIGITALES E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA

## INICIO ENERO 2019



El Máster en Tecnologías Digitales e Innovación en Ingeniería que realizamos conjuntamente con la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), está dirigido a ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y a profesionales de la ingeniería o de otras disciplinas no centradas específicamente en las tecnologías de la información y la comunicación, interesados en reforzar su carrera profesional con nuevas competencias en el ámbito digital.

Su estructura modular, abierta y progresiva, permite a cada alumno seleccionar el itinerario de módulos que considere, con un plazo máximo de 3 años para cursar la totalidad del programa docente. En este sentido, ofrece las siguientes titulaciones: Máster (60 ECTS), Diploma de Especialización en Tecnología Digital en Ingeniería (30ECTS), Diploma de Experto Universitario en Innovación Digital en Ingeniería (15 ECTS), y a su vez un certificado de Actualización Profesional para cada uno de sus módulos.

Al tener las plazas limitadas, si estás interesado en reservar tu plaza, hazlo antes del 30 de noviembre próximo mediante el envío de carta de motivación con un breve currículum a: [master.tic@ciccp.es](mailto:master.tic@ciccp.es). ■

[www.ciccp.es](http://www.ciccp.es)

### ORGANIZADO POR:



Colegio de  
Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos

Con la colaboración de:



Fundación  
Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos

# Somos los caminos que elegimos

Nadie llega a ser lo que es sin tomar decisiones. Y una decisión es, a fin de cuentas, como un camino.

**Nosotros hemos elegido el de la transparencia y el compromiso para llegar donde más queríamos estar: a tu lado.**

[bancocaminos.es](http://bancocaminos.es)



**Banco  
Caminos**  
BANCO PRIVADO