



Plataformas reservadas para el transporte público: un nuevo concepto del viario urbano

Clara Zamorano Martín y Joan M. Bigas Serrallonga

DESCRIPTORES

MOVILIDAD
URBANISMO
PLATAFORMAS RESERVADAS
METROS LIGEROS
TRANVIAS

Una reflexión sobre T+F+C: el triple reto del transporte público a comienzos del siglo XXI

A principios de un nuevo siglo, la civilización occidental encuentra su principal reto en cómo garantizar el suministro energético que ha sustentado el desarrollo de las últimas décadas. Ello ha supuesto unos avances, desde la Segunda Guerra Mundial, que han finalizado con una también segunda revolución industrial, la de las comunicaciones y la informática. Este proceso ha avanzado en paralelo a consumos crecientes de energía, a los que se han incorporado nuevos países emergentes.

Si bien la energía es el problema, existe un alto grado de consenso en cuál es la solución: una combinación de ahorro en el consumo y de diversificación de fuentes de energía. En el sector transportes (un gran consumidor), la diversificación energética progresa principalmente con el desarrollo del gas natural vehicular, de los motores híbridos, de los vehículos eléctricos y las investigaciones sobre el hidrógeno. Es un progreso lento hasta ahora, que probablemente se acelerará en paralelo con el crecimiento de fondo del precio del petróleo (a pesar de su actual descenso en 2008, que es coyuntural) y también gracias a una actitud distinta de la nueva administración americana del presidente Obama.

El ahorro energético del sector transportes (la segunda solución) pasa inevitablemente, además de por el desarrollo de motores de menor consumo, por el trasvase de mercancías de la carretera al ferrocarril y de viajeros del automóvil a los medios colectivos: esto es, por la drástica reducción del consumo por unidad transportada. Y, es más, este último factor, el trasvase de viajeros del coche al transporte público, es la piedra de toque de toda la estrategia energética, debido a su gran impacto sobre el consumo, junto con el trasvase de mercancías al ferrocarril.

Pero el cambio del vehículo privado al transporte colectivo incide positivamente en otro de los retos que tiene planteados nuestra sociedad: la reducción de la contaminación atmosférica. Este reto se formuló como tal en los años setenta del pasado siglo y ha pasado a ser prioritario con el calentamiento global de la Tierra, asociado a la emisión de los gases de efecto invernadero, de la cual el transporte es en buena parte culpable. Además, la contaminación atmosférica afecta principalmente a las grandes áreas urbanas, un lugar donde el transporte público puede desplegar con mayor eficacia y eficiencia sus potencialidades, si se aborda su desarrollo de forma ordenada y racional.

Llegados a este punto, conviene detenerse y reflexionar: si el transporte público es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?

Pues bien, la gran pregunta de nuestros días es: ¿qué factores pueden hacer que el transporte público resulte atractivo para los viajeros, de manera que lo prefieran al transporte privado? No se trata solamente de mayor inversión en transporte público, una condición que es necesaria pero no suficiente para lograr el trasvase modal, se trata de que el transporte público sea realmente más atractivo que el coche particular en los grandes ámbitos urbanos. De momento, salvo en ciudades que son honrosas excepciones, el ciudadano otorga al vehículo privado unas prestaciones netamente superiores a las del transporte público, al menos en lo que se refiere a sus necesidades individuales y familiares.

A nuestro juicio, los factores para preferir el transporte público sobre el privado son tres: T+F+C, y son tan importantes para el sector transporte como la I+D+I lo es para el desarrollo de un país:

1. *T de tiempo*: los ciudadanos normalmente prefieren el coche para desplazarse porque es más rápido, tanto en el trayecto puerta a puerta como, y esto es lo más preocupante, en el trayecto a bordo (caso del transporte de superficie). Es nece-



Fig. 1. El transporte público suele estar a merced del vehículo privado, lo cual reduce su T+F+C y, por tanto, resulta poco atractivo para el ciudadano. Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.



Fig. 2. La versatilidad y calidad de servicio de las plataformas reservadas se ha puesto de manifiesto en realizaciones como Trasmilenio, en Bogotá, Colombia. Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

sario conseguir que el transporte público realice los trayectos urbanos en un tiempo menor al que es posible hacerlo en vehículo privado, y que este factor se perciba claramente.

2. *F de fiabilidad*: de poco sirve un transporte público rápido y con un material móvil de alta calidad si, como ha sucedido últimamente con los ferrocarriles de cercanías de Barcelona, incidencias demasiado frecuentes comprometen su fiabilidad y crean la sensación de que no se puede estar seguro de si se llegará puntual al trabajo.
3. *C de calidad*: este tercer factor es sobradamente conocido, con abundante literatura al respecto. Abarca tanto el material móvil como al personal, las condiciones de prestación del servicio y todas sus instalaciones. El referente actual es la norma europea EN 13816.

Cualquiera de los factores anteriores son condiciones necesarias para el trasvase de viajeros del vehículo privado al transporte público, pero no suficientes, si no se dan las tres a la vez. Por otra parte, incluso con los tres factores en marcha, puede darse el caso de que haga falta otro tipo de acciones para aumentar la cuota del transporte colectivo y reducir las emisiones contaminantes y el consumo energético. En Madrid, por ejemplo, las elevadas inversiones en metro realizadas en los últimos años han permitido mejorar claramente el T+F+C del transporte público, pero no han supuesto un vuelco tan claro en el reparto modal de viajeros a favor del transporte colectivo.

Por ello, un buen número de ciudades europeas tienen políticas de movilidad que pretenden, directamente, limitar el uso del vehículo privado e, indirectamente, favorecer el uso del transporte público:

- Regulación y tarificación del aparcamiento: Madrid, Barcelona...
- Peaje urbano en zonas centrales más o menos amplias: Londres, Estocolmo...

Pero estas cuestiones van más allá de la política de transporte público en particular y son tan complejas que permitirían extenderse con otro artículo al respecto. Nos centraremos, pues, en la forma de conseguir T+F+C en transporte público, lo cual ya es una buena garantía para conseguir el deseado trasvase de viajeros, si se añaden actuaciones complementarias en la ciudad como las antes descritas.

Las plataformas reservadas, una forma de garantizar T+F+C en el transporte de superficie

En el transporte colectivo urbano resulta obvio que, para altos niveles de demanda, el metro y el ferrocarril de cercanías siguen siendo las soluciones más adecuadas en plataforma reservada. Sin embargo, su alto volumen de inversión, sus costes de explotación y mantenimiento y su largo plazo de construcción (salvo honrosas excepciones que todos tenemos en la mente) provocan que los sistemas de plataforma reservada en superficie (que son de capacidad intermedia, como tranvías, metros ligeros y autobuses prioritarios) se estén convirtiendo en protagonistas de la movilidad urbana.

En realidad, los sistemas de plataforma reservada en superficie son los únicos que, en nuestros días, pueden competir claramente con el vehículo privado en términos de T+F+C. Ello es debido a que proporcionan:

1. Menos tiempo de viaje: la plataforma reservada garantiza un espacio propio para el transporte público, que lo independiza del tráfico. Mediante sistemas de prioridad semafórica en los cruces, la plataforma reservada puede ofrecer incluso velocidades superiores para el transporte público respecto al tráfico general. Además, y esto es importante, el viajero también percibe con claridad que los vehículos colectivos avanzan más rápidamente y con mayor confort y seguridad que los privados.
2. Mayor fiabilidad: la independencia del transporte público respecto del tráfico viario permite garantizar el cumplimiento de los horarios a niveles próximos a los sistemas ferroviarios. Esto es, el viajero sabe cuándo va a pasar el tranvía o autobús prioritario. En este sentido, las plataformas reservadas en superficie son infraestructuras que permiten obtener sistemas de transporte público más cercanos al metro que a los autobuses.
3. Más calidad de servicio: los factores de rapidez y fiabilidad son claves para garantizar la calidad del transporte público. A ello se añade que a menudo se dispone de material móvil nuevo y específicamente diseñado para el servicio en plataforma reservada (caso de los metros ligeros), así como estra-



tegas de operación de mayor nivel de calidad que los autobuses habituales. La posibilidad de circular por la calle evita también la pérdida de calidad que supone viajar bajo tierra.

Por otra parte, la reserva de espacio exclusivo para el transporte público de superficie implica, con frecuencia, limitaciones al espacio disponible para el vehículo privado o, lo que es lo mismo, reducción del volumen de tráfico privado, lo cual refuerza aún más la ventaja del sistema colectivo respecto al individual.

Tres motivos para la decisión: sustituir a los autobuses, sustituir al metro...

La implantación de sistemas de transporte en plataforma reservada suele responder a motivaciones distintas, según se trate de grandes ciudades o ciudades medianas y pequeñas:

- Sustitución o mejora de los autobuses: en el caso de las grandes ciudades, un sistema en plataforma reservada suele ser un sustituto de redes existentes de autobuses, cuando en ellas se plantean dificultades de congestión, problemas de regularidad derivados de la densidad de circulación, u otros motivos. En particular, como sucede en Madrid (Boadilla o Pozuelo) o en otras ciudades europeas, como París (St.-Denis - Boigny, Trans-Val-de-Marne), Londres (tranvía de Croydon) y Amsterdam (Zuidtangent), se implanta este tipo de sistemas en zonas con densidades de población intermedias, de manera que actúen como sistemas de aportación al metro.
- Sustitutivos del metro: en el caso de ciudades medianas y pequeñas de países occidentales, la implantación de sistemas en plataforma reservada suele ser una alternativa al metro. En general, para ciudades de entre 100.000 y 500.000 habitantes, donde las distancias no suelen ser un problema para desplazarse a pie, una fuerte inversión en metro convencional no resulta socialmente rentable; en cambio, un sistema de tranvía o metro ligero, o incluso de autobuses prioritarios, puede ser adecuado para ofrecer un servicio de mayor entidad que la red de autobuses, con el añadido de que su accesibilidad será mejor que la del metro convencional y de que su implantación favorecerá la regeneración urbanística del entorno. Conviene destacar que en el caso de grandes ciudades de países en desarrollo la sustitución del metro por sistemas en plataforma reservada suele responder a requerimientos de menor inversión y, por tanto, independientes de la demanda.

El tranvía o metro ligero aparece como una solución óptima en muchos corredores, pero no hay que olvidar el interés de dotar a las redes de autobuses de las condiciones de explotación que les permitan obtener un buen nivel de servicio, mejorando especialmente la velocidad comercial y la fiabilidad, que son los puntos más débiles de este modo de transporte. Sin embargo, aunque las medidas de mejora de la red de autobuses representan una inversión relativamente pequeña, comparada con la implantación de nuevos modos, y suponen un aumento importante de la calidad de servicio, conviene tener presente que su oportunidad política es reducida, ya que suponen una limitación al uso del vehículo privado con un modo de transporte ya existente, sin aportar el efecto mediático de la inauguración de una línea de tranvía o metro ligero. Es bien conocida la expresión inglesa al respecto: "tram is sexy, bus is boring" (el tranvía es *sexy*, el autobús es aburrido).

... y regenerar el tejido urbano

La implantación de un sistema de tranvía o metro ligero acompañada en paralelo de una operación de regeneración urbanística del entorno es un concepto relativamente moderno. Si bien durante el siglo XIX los trazados del ferrocarril y del tranvía venían acompañados de una urbanización a lo largo de los ejes del tendido ferroviario, en dicho caso, se trataba de una urbanización *ex novo*, una ampliación de la ciudad existente impulsada por la mejora de la accesibilidad de los terrenos por donde pasaba el nuevo sistema de transporte.

El concepto que se plantea en las últimas décadas tiene que ver con la inserción del trazado tranviario o del sistema en plataforma reservada en tramas urbanas degradadas o desestructuradas, donde el nuevo sistema de transporte provoca un vuelco en la situación existente del entorno y moviliza una operación de regeneración urbana donde el nuevo sistema es solo una parte de un programa de actuación más amplio.

El primer ejemplo de una actuación en este sentido fue el de la ciudad francesa de Grenoble, una típica ciudad de provincias que introdujo una línea de tranvía a través de su centro histórico, formado por calles estrechas y una estructura poco adaptada al tráfico. Para implantar el nuevo sistema de transporte público, el automóvil fue vedado y el centro de la ciudad fue tomado por peatones, ciclistas y, claro está, el nuevo tranvía. Este concepto de centro peatonalizado y con transporte público era novedoso en la década de los ochenta

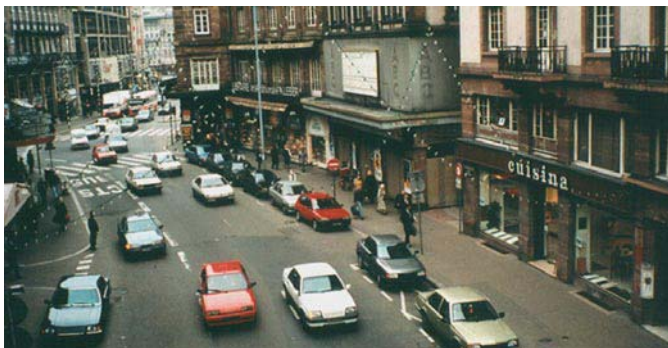


Fig. 3. Estrasburgo es un ejemplo de reordenación urbana a partir de la implantación de un sistema en plataforma reservada. Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

del pasado siglo, pero el éxito de Grenoble motivó a muchas otras ciudades francesas (como Estrasburgo) y de otros países (como el ejemplo de Valencia en España) a reintroducir el tranvía como elemento básico de la movilidad urbana y de la mejora urbanística de sectores urbanos en regresión.

En otras ocasiones, los tranvías han servido de elemento sustitutivo de líneas de ferrocarril obsoletas situadas en el núcleo de las ciudades, como es el caso de Manchester o la misma Valencia. En ciertos tramos de estas ciudades, el ferrocarril ha llegado a ser más un problema que una solución a las necesidades de movilidad, ya que puede ejercer un fuerte efecto barrera (debido a la necesaria protección de un trazado ferroviario convencional), puede comprometer gravemente la seguridad del entorno, genera problemas de tráfico, ruidos y vibraciones, y, en definitiva, contribuye a la degradación urbanística típica de algunas zonas urbanas situadas en los bordes del sistema general ferroviario. El tranvía que lo sustituye siguiendo el mismo trazado es capaz de ofrecer mucha mayor accesibilidad (más estaciones, plataforma baja), una rapidez razonable (derivada de la prioridad semafórica), menor siniestralidad, una buena integración urbana y con el tráfico transversal, mayor seguridad y permeabilidad total a ambos lados de la vía. En definitiva, se crea un espacio utilizable por el transporte público, pero también por el ciudadano que reside alrededor del trazado.

En cualquier caso, las mejoras urbanísticas de las zonas situadas alrededor de una línea de tranvía siempre han sido evidentes. Por una parte, debido a la propia inversión asociada a la construcción de la plataforma reservada y la urbanización de su entorno, que comporta la renovación total de aceras, alcantarillado, iluminación y mobiliario urbano. Por otra parte, por la inversión privada que se moviliza ante una mejora de la imagen y de accesibilidad de las avenidas por donde pasa el nuevo sistema. En el caso de Londres, con el tranvía de Croydon se estima que el valor del suelo alrededor de la línea se ha revalorizado entre un 5 y un 25% por efecto del sistema en plataforma reservada. El atractivo para la inversión se traduce en un incremento de la oferta residencial y terciaria: en Barcelona se ha asociado al tranvía el desarrollo de unos 116.000 m² de suelo residencial y 57.000 m² de terciario.

El grado de incidencia del nuevo sistema de transporte sobre el entorno urbano se traduce directamente en inversión. Normalmente, cuanto mayor es la mejora y transformación del entorno, mayor es la inversión que es necesario efectuar. Aunque, incluso en el caso de transformaciones potentes, las inversiones pueden variar enormemente: por ejemplo, la Ecovía de Quito requirió menos de 1 M€/km, mientras que el Transmilenio de Bogotá supuso más de 4 M€/km, y distintos metros ligeros de ciudades europeas requieren de 5 a 15 M€/km.

Los aspectos básicos de una plataforma reservada

Una vez realizadas las tareas de planificación del sistema de transporte público y seleccionada una alternativa en plataforma reservada, teniendo en cuenta la financiación del sistema, debe elaborarse un proyecto sobre la misma. Son muchos los requerimientos que deben estar definidos en el proyecto de un siste-

ma en plataforma reservada, y para su correcta definición es necesario tener en cuenta los inconvenientes o condicionantes habitualmente asociados a un sistema de transporte de este tipo.

En primer lugar, el impacto sobre la vialidad y el tráfico:

- El incremento del tráfico que se produce en el espacio destinado al mismo, que suele ser menor que el espacio inicial, anterior a la introducción del nuevo sistema.
- La dificultad de los giros del resto de vehículos.

En el caso concreto de plataformas junto a las aceras, como son los carriles bus segregados, o algunos trazados de tranvía, los inconvenientes o condicionantes suelen ser:

- La limitación o supresión de aparcamiento y estacionamiento.
- La limitación o dificultad del acceso a vados y edificios.
- La dificultad de las operaciones de carga y descarga.
- La coexistencia con los carriles bici (en algunas ciudades como París ambos carriles, bus y bici, se han fusionado en uno solo de mayor anchura).

Y, en general, todos los aspectos relacionados con el impacto del nuevo sistema sobre el entorno urbano, que, en el caso de la reserva de espacio exclusivo para el transporte público, suelen tener más importancia.

Por supuesto, el proyecto debe definir completamente todos los aspectos relacionados con la inserción, explotación y diseño del nuevo sistema de transporte, especialmente los que se exponen en la tabla 1.

Criterios para implantar una plataforma reservada en la ciudad...

A diferencia del metro o de los sistemas elevados, que en buena parte independizan su función de las vías urbanas, el transporte público urbano de superficie, sea autobús, tranvía o cualquier sistema en plataforma reservada, se caracteriza por usar la propia vía pública de las ciudades como soporte para efectuar su cometido: el transporte de viajeros.

En la vía pública de una ciudad se produce un uso intenso y complejo del espacio por parte de actividades y agentes muy variados: existencia de mobiliario urbano de todo tipo, circulación y concentración de peatones, circulación y aparcamiento de vehículos privados, circulación o carga y descarga de vehículos pesados, usos comerciales y de restauración, ocio y espectáculos, recogida de basuras, y un largo etcétera. La vía pública es, desde el ágora ateniense hasta los modernos centros peatonales, lugar por excelencia para la actividad humana de relación y de contacto, y por ello se trata de un lugar extremadamente sensible. En las últimas décadas, existe una tendencia generalizada en todas las áreas urbanas occidentales a que el vehículo privado ceda progresivamente parte de su espacio a otras actividades más directamente relacionadas con el peatón, pero el espacio reservado al transporte público de superficie es un aspecto todavía en discusión.

Esta cuestión no se planteaba hace unas décadas, y solamente algunos personajes visionarios consideraron en el siglo XIX cuestiones del reparto equilibrado de la vía pública teniendo en cuenta los distintos agentes y su potencial futuro: Ildelfons Cerdà previó para el Ensanche de Barcelona una división a par-



Tabla 1

Tabla 1	
Algunos aspectos básicos que debe definir el proyecto de un sistema en plataforma reservada	
Sobre la infraestructura y superestructura	Itinerario a seguir, con una completa definición de su inserción en la vía pública: en planta, en alzado. Tramos en superficie, soterrados y elevados
	Grado de separación de la plataforma: tramos totalmente segregados, parcialmente segregados o compartidos con otros modos. Situación de la plataforma: central o lateral
	Acabados de la plataforma: césped, adoquines, hormigón...
	Forma de salvar los cruces: como el resto del tráfico, rotondas o pasos subterráneos
	Grado de preferencia en los cruces: prioridad semafórica
	Señalización vertical, horizontal y semafórica
	Vía: tipología y características
	Tramos en vía doble y vía única. Apartaderos y ubicación de aparatos de vía
	Radio mínimo en operación y en maniobra
	Rampas máximas y acuerdos verticales
	Catenaria: tipología y características. Forma de sustentación: postes, farolas, fachadas...
	Frecuencias de paso iniciales y previsión de mayores frecuencias de paso en el futuro para dimensionar adecuadamente el suministro de energía de tracción
	Urbanización del entorno. Definición del límite entre plataforma y entorno urbano. El mobiliario urbano. La imagen del sistema tranviario
Sobre las paradas y estaciones	Ubicación y las características de los elementos que las conforman: plataformas (y su nivelación con el suelo de los vehículos), postes y marquesinas, paneles electrónicos, información sobre el servicio, señalización y accesibilidad, soportes publicitarios
	Facilidades para estaciones de intercambio con otros modos de transporte
	Previsión de vehículos de mayor longitud en el futuro (reservar espacio en las estaciones)
Sobre los vehículos	Características del material móvil, prestaciones de potencia y autonomía, tipo de tracción y energía, accesibilidad, equipamiento, espacio publicitario, información al usuario
	Longitud, altura y anchura de los vehículos, así como la distancia al suelo, lo que condiciona los gálibos y el diseño de las estaciones
	Si se trata de ramas unidireccionales o reversibles, lo que condiciona la existencia o no de puertas y plataformas a ambos lados
Sobre la explotación del sistema	Plan de operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura, la superestructura y el material móvil
	Programa de información y señalización. Modificaciones del servicio
	Horarios del servicio, a lo largo del día, de la semana y del año
	Sistemas de validación y venta de títulos de transporte
	Cocheras e instalaciones de mantenimiento, situación y disponibilidad
	Sistema de Ayuda a la Explotación e Información, su arquitectura y componentes, centro de control, equipos embarcados, red de comunicaciones y puntos de información al público
Manual de calidad del servicio. Programa de gestión de la calidad. Incentivos y penalizaciones	



Fig. 4. El modelo viario debe ser reformulado con criterios de una mayor igualdad entre el peatón, el vehículo privado y el transporte público. Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

tes iguales del espacio viario entre el peatón y los vehículos (10 m para cada uno en calles de 20 m de anchura). Por su parte, Arturo Soria, en Madrid, planteó su Ciudad Lineal como una ciudad-jardín alrededor de un eje de transporte que debía articularla. Frente a estos planteamientos avanzados a su tiempo en España, lo cierto es que el desarrollo de la automoción, especialmente a partir de los años sesenta, otorgó al vehículo privado un predominio absoluto en las vías urbanas, muy por delante del transporte público e, incluso, del peatón. Es evidente que, en las ciudades de principios del siglo XXI, el modelo viario debería ser reformulado con criterios de una mayor igualdad entre el peatón, el vehículo privado y el transporte público.

... en planta

Los modernos tranvías y algunos sistemas en plataforma reservada, actualmente, se proyectan en planta, con las características propias de un metro ligero. Esto es, para que dispongan de la mayor parte de recorrido posible circulando por vías segregadas del resto del tráfico, dadas las ventajas que ello supone en cuanto a la mejora de la velocidad comercial y a la protección frente a accidentes. Es decir, los automóviles normalmente no están autorizados a penetrar en la plataforma reservada salvo para atravesarla en determinadas intersecciones reguladas. Para ello, muchas redes de tranvías modernos disponen incluso de tramos subterráneos o de pasos inferiores en lugares de tráfico denso o inserción urbana difícil.

En este marco, suelen distinguirse tres tipos de circulación de los tranvías y sistemas en plataforma reservada dentro de la vía urbana, como se muestra en la figura 5.

- Junto a las aceras, en las cuales se disponen las paradas oportunas, de forma similar a como suelen disponerse para los autobuses. Puede ser una buena solución cuando se trata de itinerarios en un solo sentido y, por tanto, de vía única. Sin embargo, también presenta problemas de acceso a los edificios y de giros a la derecha del resto de vehículos. Requiere una plataforma de circulación de tan solo 3,5 metros de anchura.
- En una plataforma central con andén central. Es una solución en doble vía que presenta ventajas en cuanto a compartir los servicios de una parada en un único andén central. Sin embargo, para acceder al andén central, es necesario en todo caso cruzar las vías, y suele ser necesario disponer de refugios para peatones entre vías y calzada, con lo cual la anchura total de la plataforma no es mucho menor que en la opción con andenes laterales. La anchura de la plataforma con parada incluida se sitúa entre 11 y 12 metros. En los tramos de plataforma donde no existen paradas puede conservarse esta anchura (mediante un pavimento duro o blando, como el césped), o bien reducirla juntando las vías a partir del punto en que desaparece el andén central; en este último caso, pueden conseguirse anchuras de plataforma de 8 a 9 metros, que pueden ser convenientes en vías urbanas de menos de 30 metros de anchura total.
- En una plataforma central con andenes laterales. La anchura de plataforma total requerida es algo superior a la anterior, llegando hasta los 12,5 metros. En los tramos en

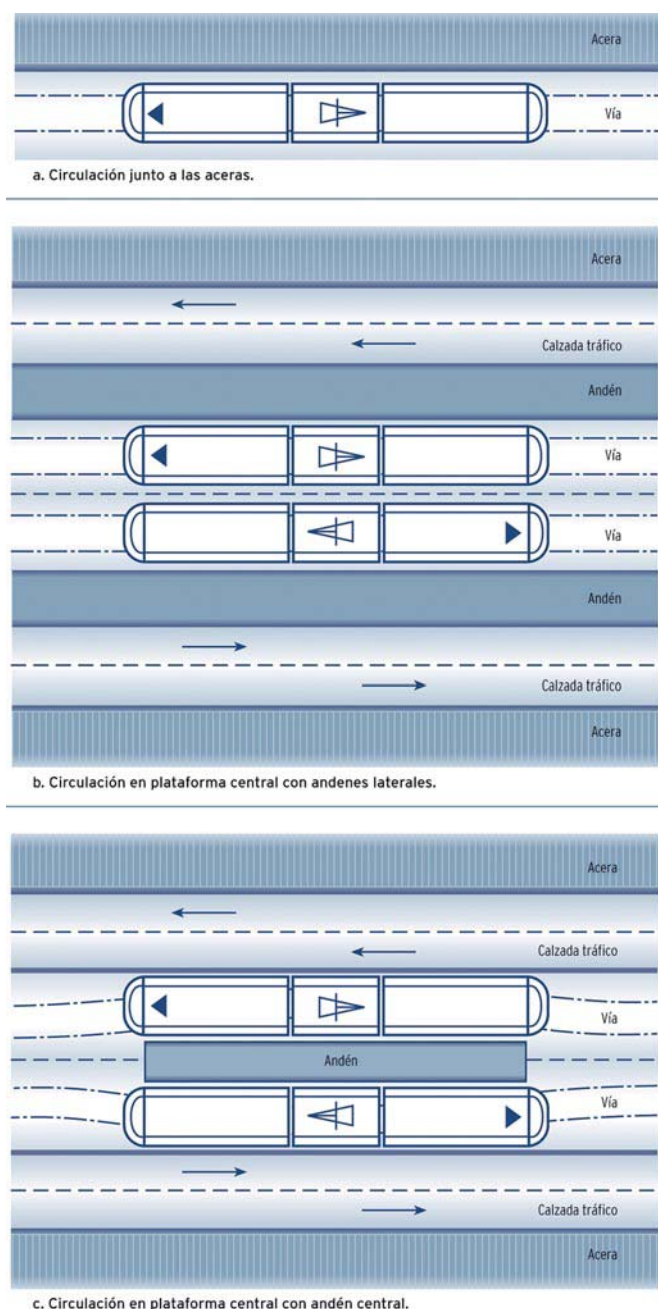


Fig. 5. Formas de inserción de plataformas reservadas en la vía pública.

que no se dispone de paradas, la anchura de la plataforma, eventualmente, podría reducirse también hasta los 8 a 9 metros (la anchura estricta de las vías más separadores). La solución con andenes laterales puede ser una buena alternativa, ya que presenta la ventaja de mantener las vías junto al eje central y sin curvas innecesarias. Solo debe tenerse en cuenta una anchura mínima de 2,5 metros para los andenes de dichas paradas laterales.

El esquema de la figura 5 adquiere su mayor interés cuando se traslada a casos concretos de vías urbanas con anchuras determinadas que plantean una problemática específica. En la tabla 2, se pueden observar, para cada tipología de vía urbana, distintos tipos de soluciones para la implantación de tranvías.

En el caso de avenidas con más de 40 metros de anchura entre fachadas, se puede disponer con comodidad de una plataforma central del tranvía con paradas de andenes centrales o

Tabla 2				
Inserción de la plataforma según la tipología del sistema y la anchura de las calles				
Casos de inserción de plataformas según la anchura de las vías urbanas				
Anchura de calle entre fachadas	Plataforma de tranvía	Vehículos y aparcamiento	Aceras y bicicletas	Tipo de solución
≥ 40 m	1 x 12,5 m	2 x 6 m	2 x 7,75 m	Plataforma central con andenes laterales. Sin aparcamiento
	1 x 11/12 m	2 x 8 m	2 x 6/6,5 m	Plataforma central con andenes centrales. Con aparcamiento
30 m	1 x 11/12 m	2 x 5 m	2 x 4/4,5 m	Plataforma central con andenes centrales. Con aparcamiento
	1 x 11/12 m	2 x 6 m	2 x 3/3,5 m	Plataforma central con andenes centrales. 2 carriles de circulación por sentido
20 m	1 x 9,5 m	1 x 3 m	2 x 3,25 m	Plataforma junto a acera. 1 único carril de circulación
	1 x 11/12 m		2 x 4/4,5 m	Plataforma sin circulación de tráfico
	1 x 3,5 m	1 x 6 m	2 x 5,25 m	Plataforma junto a acera. Vía única
Casos de inserción de autobuses en plataforma reservada (BRT) según la anchura de las vías urbanas				
Anchura de calle entre fachadas	Plataforma de autobús	Vehículos y aparcamiento	Aceras y bicicletas	Tipo de solución
≥ 40 m	1 x 12 m	2 x 6 m	2 x 8 m	Plataforma central con andenes laterales. 2 carriles de circulación por sentido
	2 x 3,5 m	2 x 9 m	2 x 7,5 m	Carriles bus laterales. 3 carriles de circulación por sentido
30 m	2 x 3,5 m	2 x 6 m	2 x 5,5 m	Carriles bus laterales. 2 carriles de circulación por sentido
20 m	1 x 3,0 m	1 x 6 m	2 x 5,5 m	Carril bus lateral. 2 únicos carriles de circulación
Tipos de plataformas en los accesos a las grandes ciudades				
	Anchura útil	Indicaciones		
Plataforma independiente	10-12 m	- Existencia de espacio suficiente alrededor del acceso		
Plataforma central	9-10 m	- Ausencia de paradas - Entradas y salidas limitadas		
Plataforma en doble sentido por una tercia	9-10 m	- Concentración de población y actividades a un solo lado del acceso - Vía de servicio única		
Plataforma de sentido único por cada tercia	4-6,5 m	- Necesidad de paradas ocasionales - Necesidad de entradas y salidas a vías de servicio		
Carril bus por cada vía de servicio	4-5 m	- Necesidad de paradas frecuentes - Escasas entradas y salidas		

laterales. La ventaja de la plataforma central es que permite a los automóviles girar a la derecha con comodidad (eventualmente, también los giros a la izquierda mediante rotondas) y acceder a los aparcamientos bajo edificios; sin embargo, también es cierto que los pasajeros deben cruzar siempre la mitad de la calle para acceder al servicio de transporte público.

Para calles de unos 30 metros de anchura entre fachadas todavía es posible disponer de una plataforma central del tranvía, pero son preferibles los andenes centrales, como puede verse en la figura 6. Así, la anchura de plataforma con paradas es de 11 a 12 metros, dependiendo de que se dispongan o no refugios para peatones entre vías y calzada. En este caso, también se mantiene la ventaja de permitir a los automóviles girar a la derecha con comodidad (eventualmente, también los giros a la izquierda mediante rotondas) y el acceder a los aparcamientos bajo edificios.



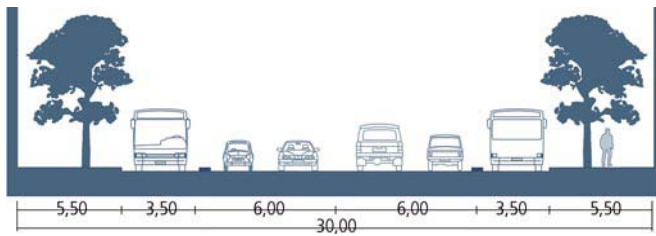


Fig. 6. Inserción de la plataforma en calles de 30 metros.

En el caso de calles con solo 20 metros de anchura entre fachadas es conveniente insertar solamente la plataforma del tranvía junto a la acera, aprovechando una de las paradas laterales en la propia acera, y todavía quedaría un único carril para la circulación de vehículos de servicio más las dos aceras de 3,25 metros. Una variante puede ser disponer de una plataforma en vía única junto a la acera, de forma similar a un carril bus. En todos los casos, existe una mayor problemática para el acceso de los automóviles a los edificios y para los giros. Es evidente que una calle de solo 20 metros de anchura admite un trazado de tranvía con mucha dificultad.

En este último tipo de vías, o incluso en vías de menor anchura (los 12 a 14 m de los centros urbanos de algunas ciudades francesas, como Burdeos), se impone, a menudo, el criterio de crear espacios exclusivos para el peatón, la bicicleta y el tranvía, como un modo sostenible de diseñar el centro urbano, garantizando a un tiempo su accesibilidad.

... en giros y cruces

Por lo que respecta a los giros, el parámetro principal es el radio, aunque existen otros parámetros importantes, como los que definen las curvas de transición. En zona urbana, suelen existir limitaciones del radio de giro en los cruces donde hay un cambio de dirección. Cuanto mayor sea el radio, mayor será la velocidad de circulación posible y el confort de la marcha.

Para establecer una magnitud de referencia, puede indicarse que en el caso de los tranvías los radios menores de 30 metros no suelen ser recomendables en condiciones operativas. Es cierto que la mayoría del material móvil que actualmente se comercializa está preparado para circular por curvas con radios mínimos de 20 a 25 metros; sin embargo, los inconvenientes que estos trazados presentan en cuanto a limitación de la velocidad, desgaste rueda-carril, y emisión de ruidos y vibraciones obligan a considerarlos como casos excepcionales dentro de la normalidad del trazado, que debería diseñarse con radios de al menos 30 o 40 metros.

Para una eficiente circulación, y con el fin de ser competitivo, el transporte público urbano de superficie debe disponer de prioridad sobre el tráfico privado: este es un requisito que cumplen los sistemas en plataforma reservada. En el caso del tranvía, ello es posible mediante la segregación de la plataforma tranviaria respecto al resto del tráfico, que suele ser el caso habitual de los modernos tranvías. Sin embargo, existen movimientos transversales del tráfico en la ciudad que exigen cruces a nivel, en los cuales la plataforma reservada interrumpe su carácter segregado. En estos puntos, al

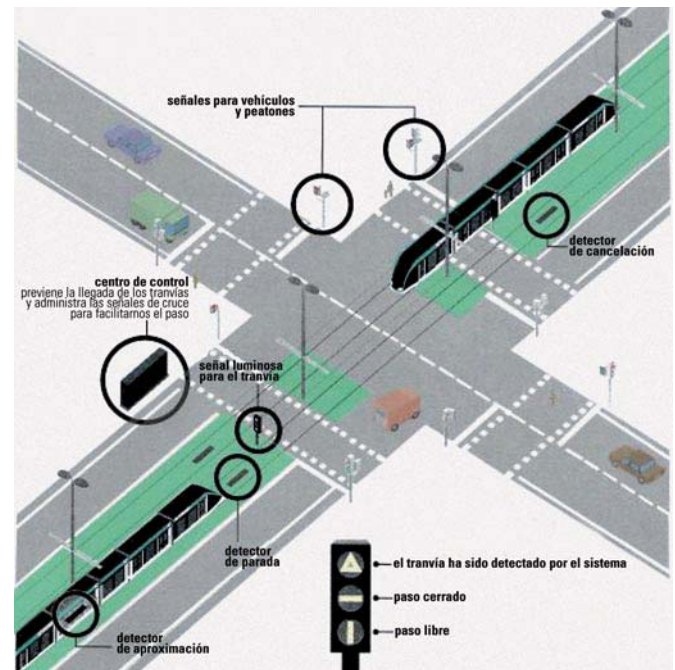


Fig. 7. La optimización de los cruces es un elemento básico para conseguir un buen nivel de servicio en un sistema con plataforma reservada. Fuente: PTP.

igual que en los tramos de plataforma que sean compartidos con el tráfico, entre ambos carriles y a ambos lados de los mismos se dispone un revestimiento superficial similar al del resto de la calzada: desde el simple asfaltado hasta adoquines, pavimento de color, hormigón...

En el caso de disponer de una plataforma reservada para un sistema rápido de autobús (BRT), la única diferencia de tratamiento es la referente a la ausencia de raíles, pero el resto de especificaciones debe cuidarse igualmente. Además, los BRT pueden incorporar, como elemento diferencial, algunas zonas de adelantamiento destinadas a la coexistencia de servicios directos y no directos con diferentes velocidades comerciales: en el caso de Transmilenio, en Bogotá, el carril de adelantamiento se sitúa junto a las estaciones.

... y en alzado

Los condicionantes que inciden en el diseño del perfil longitudinal de una plataforma reservada, especialmente si está dotada de vías, son, fundamentalmente, la adherencia rueda-carril, las condiciones de explotación, la potencia de los vehículos, el arranque en caso de parada o avería, el frenado y las condiciones de seguridad, y las limitaciones estáticas y dinámicas.

Por lo que a las rampas se refiere (tramos en subida), aunque existen trazados de metro ligero en los cuales se dan pendientes de hasta el 10% (caso de Sheffield) o superiores al 6% (caso del tranvía de Tenerife, con tramos del 8,5%), no es aconsejable plantearse desde un principio proyectos de tranvía con rampas superiores al 6-7%, y en tramos largos es conveniente limitarse al 4%, por los problemas de adherencia vía-vehículo. Rampas más pronunciadas se traducen en la necesidad de vehículos de mayor potencia y, en general, costes de operación más elevados derivados de un mayor consumo de energía; además, la mayor potencia de los motores



Fig. 8. En sistemas con contacto rueda-carril debido a la falta de adherencia no es aconsejable plantear rampas superiores al 6-7%. En tramos largos es conveniente limitarlas al 4%. Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

comporta un mayor peso por eje y, en consecuencia, la necesidad de carriles más robustos, plataformas y obras de fábrica más resistentes, y también puede aumentar los problemas de ruidos y vibraciones. En distintas ciudades se han adoptado, además, limitaciones más severas para las rampas en zonas de giros y de cruces, debido a la reducción de velocidad que suele requerirse en estas zonas. También existe una limitación de pendiente (normalmente del 2%) en los tramos con paradas.

En el caso de sistemas guiados no ferroviarios (tipo Cavis, Stream, GLT, Translohr, Spurbus...), es posible superar rampas más pronunciadas, ya que la adherencia mediante neumáticos es similar a la de los autobuses, con lo que pueden superarse pendientes de hasta el 13%.

Un aspecto a tener en cuenta son las limitaciones de gálibo vertical que puedan existir a lo largo del trazado, ya que pueden entrar en contradicción con la altura mínima de la catenaria y exigir soluciones particulares u obras de fábrica. Sin embargo, por regla general, el gálibo vertical para permitir el paso de un tranvía suele ser menor que el del tráfico rodado.

Algunos casos de plataforma reservada en Madrid y Barcelona: las nuevas redes de tranvías

Los sistemas en plataforma reservada más conocidos en nuestro país son los de tranvía o metro ligero. En las ciudades de Madrid y Barcelona, existen ya redes que alcanzan, respectivamente, 36,4 km y 29,9 km de longitud, con lo cual suponen un sistema potente de transporte colectivo, básicamente pensado como aportación al metro.

En Madrid, las principales líneas de tranvía son:

- La ML1, en el norte de Madrid, que une, mediante una línea de 5,4 km, los nuevos desarrollos de San Chinarro y Las Tablas con Pinar de Chamartín.



Fig. 9. Tranvía en la calle Real de Parla, Comunidad de Madrid. Un buen ejemplo de servicio local en plataforma reservada. Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

- La ML2, en el oeste madrileño, que da servicio al municipio de Pozuelo, uniendo, mediante una línea de 8,7 km la estación de ferrocarril de cercanías de Aravaca con la estación de metro de Ciudad Jardín.
- La ML3, de 13,7 km, también en el oeste madrileño, que une el municipio de Boadilla con Madrid y comparte un tramo con la ML2.
- El tranvía de Parla, línea circular interna de este municipio, del sur de la comunidad autónoma, que con 8,2 km, comunica los principales ejes de actividad con la estación de ferrocarril de cercanías.

En Barcelona, las principales líneas de tranvía son:

- Red Trambaix, de 15,8 km, situada en el extremo oeste de la Av. Diagonal de Barcelona, que comunica con seis municipios del entorno metropolitano y consta de tres líneas con forma arborescente: T1, T2 y T3.



- Red Trambesòs, de 14,1 km, situada en el extremo este de la Av. Diagonal de Barcelona, que comunica con dos municipios del entorno metropolitano y consta de tres líneas con forma arborescente: T4, T5 y T6.

Existe la previsión de conectar ambas redes mediante un nuevo trazado por la Av. Diagonal, pasando por el centro de Barcelona, aunque el Ayuntamiento de la ciudad baraja todavía algunas alternativas para realizar dicha conexión, que supondría una remodelación integral de esta importante avenida y un nuevo concepto de viario urbano en el mismo centro de la ciudad. Asimismo, se prevén algunas extensiones de ambas redes por sus extremos, para ampliar el número de municipios metropolitanos servidos por el tranvía, y también dentro de la ciudad de Barcelona (hasta la zona del Port Vell).

Estas redes tranviarias utilizan básicamente plataformas centrales en las vías urbanas, alternando los andenes centrales con los laterales en las paradas. La plataforma suele estar revestida de césped, con lo cual se han creado nuevas zonas verdes en los barrios del entorno, donde se ha llevado a cabo una profunda remodelación urbanística, con intervenciones de fachada a fachada e incluso el retranqueo y realineación de los edificios mediante las oportunas expropiaciones.

Plataformas reservadas en los accesos metropolitanos

Un caso particular de plataformas no tranviarias es el de las plataformas reservadas en los accesos a las grandes ciudades (en algunos casos, denominados carriles bus-VAO –vehículos de alta ocupación–). El caso más conocido en nuestro país es el de la N-VI en la entrada a Madrid, donde se dispone, desde 1995, de una plataforma central destinada a autobuses y vehículos de alta ocupación, como puede verse en la figura 10. La plataforma actual tiene anchura variable entre uno y dos carriles, según la disponibilidad de espacio que se obtuvo en su momento.

Actualmente, el Ministerio de Fomento tiene en proyecto o estudio distintas plataformas reservadas en los accesos a grandes ciudades, principalmente Madrid y Barcelona. Por su parte, las respectivas comunidades autónomas de Madrid y Cataluña se plantean también plataformas reservadas que se añaden o complementan a las del Ministerio. Dichas plataformas, inicialmente destinadas a autobuses, se caracterizan por poseer un acceso directo a intercambiadores mediante los cuales es posible transbordar a otros medios de transporte colectivo. De este modo, se pretende que el autobús sea un medio de transporte competitivo para resolver la creciente movilidad entre coronas metropolitanas cada vez más lejanas y el centro de las ciudades.

En Madrid, se ha estimado que unos 128 de millones de viajeros al año se beneficiarían de la construcción de 120 km de carril bus en los accesos de las seis grandes autovías radiales, más la de Toledo. Las plataformas tendrán un acceso directo a los intercambiadores de transporte, y optimizarán la utilización de estos equipamientos y mejorarán la calidad del servicio ofrecida. A diferencia del bus-VAO existente en la A-6, carretera de A Coruña, se tratará de infraestructuras previstas únicamente para autobuses, ya que, en los estudios realizados, se



Fig. 10. Bus-VAO en la Carretera de A Coruña, Madrid. Un buen ejemplo de plataforma reservada en los accesos a una gran ciudad.

Fuente: Fondo documental del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

ha puesto de manifiesto que los tráficos de entrada y salida están equilibrados, por lo que se hace necesario que exista circulación de autobús en ambas direcciones permanentemente.

En Barcelona, los principales proyectos en los accesos son:

- Plataforma reservada de la autopista C-58, entre Ripollet y Barcelona, que contempla numerosas obras de fábrica, especialmente viaductos, por la dificultad de su inserción. Este proyecto se encuentra ya en fase de licitación
- Plataforma reservada de la autovía B-23, entre Molins de Rei y Barcelona, que contempla una plataforma central con distintas incorporaciones y la construcción de una estación de intercambio a la entrada de la Av. Diagonal.
- Plataforma reservada de la autopista C-33, entre Montgat y Barcelona, que contempla una plataforma central que enlazará con un tramo ya construido por el Ayuntamiento de Barcelona en la zona urbana.
- Plataforma reservada de la carretera C-245, de 12 km, entre Castelldefels y Cornellà, que supone un caso de remodelación integral de una vía esencialmente urbana, que une cinco municipios a través de sus núcleos urbanos, en donde se llevará a cabo una profunda remodelación urbanística y se ganará espacio también para peatones y ciclistas.

Por otra parte, la Comunidad de Madrid, en el Plan de Ampliación de Transporte 2007-2011, contempla cuatro proyectos de autobús en plataforma reservada, que se han denominado Metrobús y que unen grandes municipios de la periferia con las redes de transporte de alta capacidad, metro y cercanías. En general, se trata de plataformas en superficie, de doble sentido, con un mínimo de 7 metros de anchura, segregadas del tráfico general. Estas características permiten una alta calidad de servicio, que se verá incrementada por el piso bajo y el guiado de los vehículos en las paradas. Todos estos proyectos aumentan el radio de influencia de las plataformas previstas por el Ministerio de Fomento. En concreto, se trata de las líneas:

- MB1, San Sebastián de los Reyes - Algete, que, con una longitud de 10,68 km, da servicio a 90.000 habitantes.
- MB2, Torrejón de Ardoz - Barajas, que, con una longitud de 11 km, da servicio a 80.000 habitantes.
- MB3, Alcorcón - Villaviciosa de Odón, que, con 11,4 km, da servicio a 30.000 habitantes.
- MB4, Arroyomolinos-Xanadú, con 7,15 km y que da servicio a una población de 20.000 habitantes.

Las principales soluciones planteadas para este tipo de plataformas en los accesos son las que se exponen en la tabla 2. Según se comprueba a partir de la tabla, para los accesos a las grandes ciudades, se plantean soluciones distintas a las que se han expuesto anteriormente para medio urbano. Cada una de ellas depende de las características del acceso en cuestión: espacio disponible en el tronco central, existencia de vías de servicio, espacio disponible entre la calzada central y las vías de servicio (tercias), etc. La solución también depende del tipo de servicio de transporte público que se debe ofrecer: necesidad de paradas frecuentes, velocidad comercial requerida, servicio a las poblaciones de los márgenes, etc.

En Cataluña, hay un debate abierto sobre la oportunidad de mantener algunos de estos proyectos (por ejemplo, el de la autovía B-23), que hasta ahora han sido de elaboración y ejecución muy lenta, o bien actuar inmediatamente mediante la reducción de la anchura de los carriles de circulación de las autovías y el uso de los arcenes para el transporte público. Esta medida vendría apoyada por la limitación de velocidad a 80 km/h en la zona metropolitana de Barcelona, que ya es efectiva desde hace meses para conseguir una reducción de los niveles de contaminación y del número de accidentes.

Conclusiones

Las plataformas reservadas constituyen una magnífica herramienta para conseguir mejorar la calidad de los transportes públicos urbanos. El hecho de que estén en superficie permite que el modo de transporte que las utiliza tenga unas condiciones privilegiadas de accesibilidad y cercanía al usuario. Del mismo modo, su flexibilidad posibilita que se adapten a las distintas condiciones físicas del medio urbano y de exigencia del servicio.

En resumen, constituyen un nuevo concepto del viario urbano, un salto adelante respecto a la dualidad vehículo-peatón manejada hasta el momento.

Hay que tener en cuenta que el viario urbano es uno de los bienes más escasos con que cuenta una ciudad, por lo que su utilización debe hacerse de forma racional, optimizando al máximo sus posibilidades. Esto hace que las plataformas reservadas deban implantarse en zonas con importantes flujos que justifiquen plenamente su ubicación frente a otros posibles usos. Del mismo modo, hay que tener en cuenta que la calidad del servicio ofrecido en la plataforma reservada no depende tanto del modo de transporte que se implante en ellas mismas como de la prioridad que otorguemos al mismo frente al vehículo privado, es decir, del grado de segregación que tenga con relación al tráfico general. En este sentido, las plataformas reservadas constituyen una excelente forma de ga-

rantizar el trinomio T+F+C (tiempo, fiabilidad y calidad) que constituye el principal reto del transporte público urbano para el siglo XXI.

Por último, habría que destacar la enorme versatilidad que proporcionan las plataformas reservadas, tanto desde el punto de vista de su utilización física como temporal. En efecto, las plataformas pueden ser exclusivas para el transporte público o compartir el espacio con algún tipo de vehículo (que en general suele ser de alta ocupación), sin que necesariamente sea así en todo su recorrido. También puede realizarse una segregación de tráfico horaria o diaria en función de horas o días punta que hagan que se optimice el flujo en el corredor en un momento determinado permitiendo un acceso a la plataforma a una categoría determinada de tráfico, gracias a las tecnologías actuales de información de tráfico. No hay que olvidar tampoco que las plataformas pueden cambiar de forma relativamente fácil en función de la evolución de la demanda, pasando de ser utilizadas por modos de transporte que permiten transportar un menor volumen de demanda a sistemas de tipo tranvía o metro ligero de gran capacidad, pudiendo utilizarse en un primer momento por distintos tipos de vehículos para hacerse exclusivas del transporte público una vez que se consolide la demanda.

Esta versatilidad permite que los sistemas en plataforma reservada puedan sustituir en muchos casos a algunas líneas de metro y, por supuesto, a la desordenada red de autobuses que con frecuencia caracteriza al medio urbano. Asimismo, son imprescindibles para garantizar una alta capacidad de transporte en los accesos a las grandes ciudades, como se demuestra con los proyectos que se desarrollan actualmente en Madrid y Barcelona. □

Clara Zamorano Martín* y Joan M. Bigas Serrallonga**
 Doctora Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos
 Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

* Investigadora. Fundación Caminos de Hierro
 Vocal de la Comisión de Transportes
 del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

** Jefe de Servicio de Planificación y Estudios
 de la Entidad Metropolitana del Transporte de Barcelona
 Vocal de la Comisión de Transportes
 del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Bibliografía

- UITP, *Guidelines for selecting and planning a new light rail system*, 2003.
- Vuchic, Vukan R., *Urban Transit: Planning, Operations and Economics*, Hoboken, NJ, Wiley Press, 2005.
- Zamorano, C., Bigas, J.M., y Sastre, J., *Manual para la planificación, financiación e implantación de sistemas de transporte urbano*, Consorcio de Transportes de Madrid - Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2004.
- Zamorano, C., Bigas, J.M., y Sastre, J., *Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada. Diseño, proyecto, financiación e implantación*, Consorcio de Transportes de Madrid - Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2006.

