

EL TRANSPORTE AUTOMATICO URBANO: UN FUTURO HOY

Clara Zamorano Martín *

La congestión ha dejado de ser un problema de las grandes ciudades, extendiéndose a las ciudades medias y pequeñas. La construcción de nuevas infraestructuras se ha revelado insuficiente para dotar a las ciudades de la movilidad y accesibilidad necesarias. El transporte público es la única solución a la asfixia de las ciudades.

Aunque en los últimos años se han intentado soluciones innovadoras, a corto plazo el objetivo debe ser una mejora de los sistemas clásicos. El viejo metro modernizado y mejorado.

El automatismo se ha ido introduciendo lentamente en los sistemas de ayuda a la conducción hasta llegar al automatismo integral. Entre estos sistemas cabe destacar los desarrollados por Matra, UTDC y AEG-Westinghouse.

El protagonismo del transporte en la sociedad actual

Desde hace algunos años el transporte urbano se ha convertido en un problema importante para la sociedad. Considerado como secundario y reservado a las grandes metrópolis, hoy en día son muchas las ciudades que ven en el transporte público la única solución a la congestión de su centro urbano y la única posibilidad de desarrollo de nuevas formas de urbanismo.

En los años ochenta la política de reconquista de los centros de las ciudades y de mejora del medio ambiente puso de manifiesto la insuficiencia del vehículo privado para asegurar la movilidad necesaria en la ciudad.

En los años noventa parece ya establecido que sólo una oferta atractiva de transporte público, que constituya una alternativa real al vehículo privado, puede permitir un urbanismo racional, pensado

AUTOMIZED CITY TRANSPORT. THE FUTURE NOW

Congestion, no longer being a phenomenon proper to the great cities has now spread down to the middle-sized and even the small ones.

Even such infrastructures that have been built to answer an urban need for greater quotas of mobility and access cannot meet these calls, the paper seeing only in Public Transport any remedy for these overall short falls.

Though new modes of transport have recently been tried out, it is here felt that the immediate answer must be but a bettering of such classical means as are to hand and that an up-dating of the underground railway could figure largely among these.

Automated driving aids have been slowly brought in of late until totally automatic driving has been achieved. The paper goes into the MATRA, UTDC and AEG-Westinghouse variants of this.

191

para los ciudadanos, favoreciendo la movilidad sin detrimento de la calidad de vida.

El transporte público, convertido en muchos casos en protagonista de la política de desarrollo de las ciudades, ha pasado de estar en manos de los técnicos a ser objeto de debate político. No sólo las grandes metrópolis multiplican sus redes de transporte, ciudades medias y pequeñas se han lanzado al desafío de la movilidad urbana.

El transporte en los últimos años

En el origen de la gran cantidad de desplazamientos, y por consecuencia de la asfixia de las ciudades por el automóvil, se encuentran a menudo desequilibrios urbanísticos heredados del crecimiento de las ciudades después de la segunda guerra mundial.

A partir de los años cuarenta, bajo la presión de

una enorme demanda y con la aparición de «nuevas» teorías de urbanismo, la planificación en las grandes ciudades se realizó sobre bases funcionalistas. Es decir, por un lado, las zonas de actividad (oficinas, centros comerciales) y, por otro, las zonas de habitación. Esta política ha conducido a menudo a la construcción de grandes zonas residenciales alejadas del centro de la ciudad e insuficientemente conectadas con ésta, tanto desde el punto de vista del transporte público como del viario.

En las ciudades medias y pequeñas los problemas han sido distintos, pero no de consecuencias menos graves, los barrios antiguos han sido deteriorados por la construcción de nuevo viario, las plazas han sido convertidas en aparcamientos y las grandes infraestructuras al penetrar en el interior de las ciudades han producido un efecto barrera degradando el medio ambiente.

La ciudad antigua realizada para los peatones ha quedado enquistada en una nueva ciudad construida para el automóvil.

Hoy en día a la hora de planificar es imprescindible hablar en términos de «calidad de vida», hay que trabajar a la vez sobre el urbanismo, los desplazamientos y el transporte. Pero la solución a los problemas actuales es terriblemente compleja. La congestión, antiguo privilegio del centro de las ciudades, se extiende hacia los barrios periféricos, las consecuencias son bien conocidas por todos: para los automovilistas horas perdidas en atascos, *stress*, dificultad de encontrar un aparcamiento, para el resto de la población el ruido, la polución atmosférica, y una ciudad desfigurada por la invasión del automóvil.

Todo el mundo está de acuerdo en la necesidad de un cambio, la polémica se centra en las medidas necesarias para realizarlo. De forma esquemática pueden señalarse dos grandes escuelas: por un lado, los partidarios del automóvil (la ciudad debe adaptarse a la circulación del vehículo privado) y, por otro, los partidarios de soluciones radicales para impedir completamente el tráfico (el vehículo privado debe desaparecer de la ciudad).

Entre estas dos posibilidades se encuentran naturalmente los que promueven soluciones intermedias que permitan devolver su antigua convivencia a las ciudades. Entre estas soluciones se encuentran:

— Sistemas informáticos de regulación de tráfico, como Gertude en Burdeos. Estos sistemas, que permiten aumentar la fluidez del viario, no

constituyen, sin embargo, la solución a largo plazo, ya que no permiten un aumento considerable del flujo.

— Prohibición de circular en el centro de las ciudades: sistema utilizado de forma total o parcial en casi todas las ciudades de relativa importancia.

— Instauración de sistemas de circulación alterna: Sistema adoptado por las ciudades de México y Atenas donde el problema de la polución alcanza niveles dramáticos. El principio es que no todos los vehículos circulen al mismo tiempo. El caso de alternancia más frecuente es un día sobre dos (pares e impares) en función del número de la matrícula.

— Peajes para poder penetrar en el centro de las ciudades: Singapur, la primera ciudad en instalar este tipo de sistema, hace pagar a los automovilistas una cantidad mensual relativamente alta (10.000 pesetas al mes para un coche de empresa); el resultado ha sido radical, la circulación ha disminuido en el centro un 75 por 100 en un año. Hong Kong ha equipado sus vehículos de una placa electrónica, que es activada al pasar en las horas punta por una calle de gran circulación, siendo sus propietarios facturados automáticamente.

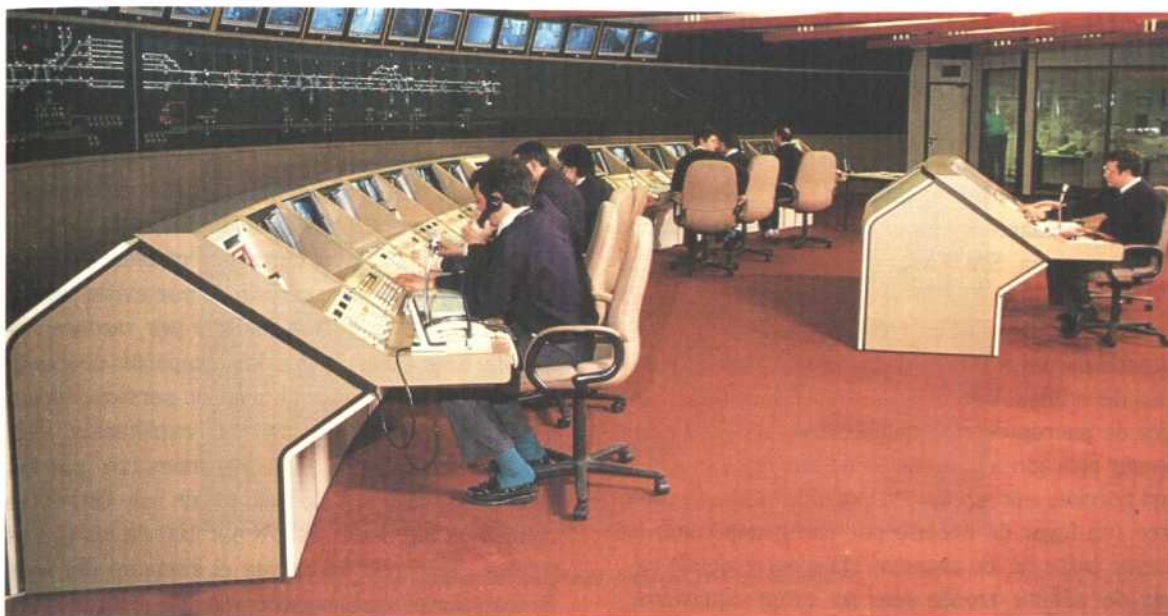
Pero la única solución realmente eficaz es la construcción de sistemas de transporte colectivo atractivos y eficaces que constituyan una alternativa real al vehículo privado; el ejemplo más espectacular es sin duda alguna la ciudad de Los Angeles, donde los poderes públicos han decidido invertir 110.000 millones de pesetas por año durante diez años para la construcción de un RER, un metro clásico, un metro automático, un tranvía y carriles-bus, una verdadera revolución para esta ciudad de 12 millones de habitantes que hasta el momento ha vivido de espaldas al transporte público.

Sin olvidar una política de desarrollo del territorio que redistribuya de forma armoniosa las zonas de empleo y de residencia.

El automatismo en los transportes

Los grandes avances técnicos realizados en los años setenta hacían pensar en una rápida evolución del transporte urbano. Parecía posible la existencia de un transporte público a la medida de cada ciudadano, pequeños vehículos automáticos guiados y programados para ir sin paradas intermedias hasta el destino final de los usuarios.

La realidad, marcada por la crisis económica y



Puesto Central de Control.

el enorme aumento del parque de vehículos privados, ha llevado a una vuelta hacia los antiguos modos de transporte público. El viejo metro, renovado y automatizado, aparece como la única solución real al problema del transporte urbano.

La llegada del automatismo a los metros se ha realizado de forma progresiva, aunque desde hace veinte años la técnica hacía posible la concepción de metros totalmente automáticos, es decir, sin conductor, se ha ido pasando lentamente por diferentes grados de pilotaje automático de trenes antes de llegar al automatismo integral.

Los sistemas de ayuda a la conducción

Se trata de sistemas que permiten regular en seguridad y siguiendo programas predeterminados la marcha de vehículos en sitio propio. Estos sistemas evitan de forma automática que un vehículo alcance otro (anti-colisión) y aseguran el respeto de las velocidades impuestas por el trazado (anti-sobrevelocidad). Son también capaces de ordenar la salida o la parada de un tren en estación siguiendo una regulación preestablecida.

Pueden establecerse tres categorías:

- ATP. Automatic Train Protection: Control de la velocidad y de la distancia entre trenes. Protección de itinerarios. Protección contra apertura intempestiva de puertas. Seguridad.

- ATO. Automatic Train Operation: Estable-

cimiento de la velocidad. Conducción automática.

- ATS. Automatic Train Supervision: Gestión centralizada de las informaciones. Regulación de tráfico. Inyección y retirada de trenes. Señalización óptica. Comunicación audio y vídeo. Información. Gestión y control.

El conductor cumple tres funciones:

- Verificar el embarque de los pasajeros en estación, controlar el cierre de las puertas y permitir la salida del tren cuando éstas están bien cerradas.

- Asegurar una conducción manual en el caso de fallo del pilotaje automático.

- Transmitir por radio a un puesto de control informaciones sobre la marcha de los vehículos y recibir consignas del puesto de control en el caso de conducción manual.

En estas condiciones el conductor no conduce, observa el andén, informa a sus jefes y reemplaza un material averiado, su trabajo se ha convertido en una labor monótona e incluso peligrosa, ya que en caso de avería del sistema suele reaccionar lentamente al no estar habituado a conducir y en algunos casos en sentido contrario a la seguridad.

Este tipo de sistemas, con todas las funciones definidas anteriormente o sólo algunas de ellas, han equipado de forma progresiva todas las grandes líneas de metro del mundo occidental entre los años sesenta y setenta.

El balance de lo que ha significado esta primera

inversión en automatismos en las redes de metro es claramente positivo, los rendimientos del metro han mejorado, al reducirse el intervalo y aumentar la regularidad, la seguridad de los pasajeros es mayor y el precio es pequeño con relación al material móvil por sí solo.

Un interesante ejemplo de pilotaje automático es el sistema SACEM elaborado por MATRA TRANSPORT y ALSTHOM para la red de RER de París. Este sistema (ATP pudiendo ser completado por un ATO) ha permitido reducir el intervalo de la línea A a dos minutos. Utilizando la técnica de microprocesador codificado, SACEM puede ser aplicado a la totalidad de una línea o sólo a una porción, optimizando la velocidad máxima cada tren (en lugar de hacerlo por categorías como la mayor parte de los sistemas clásicos) y siendo capaz de admitir trenes que no estén equipados.

El automatismo integral

El paso siguiente al pilotaje automático era evidentemente el automatismo integral. ATC (Automatic Train Control), que comprende el conjunto de las funciones ATP, ATO y ATS descritas anteriormente.

Existen diversas razones que han llevado al desarrollo de sistemas sin conductor, el avance de la tecnología ha sido decisivo, pero las elecciones técnicas tenían objetivos precisos: la reducción de los costes, el aumento de la seguridad y la calidad de servicio y el respeto al medio ambiente.

EL AVANCE TECNOLÓGICO. El desarrollo de los automatismos y la informática en los años setenta habían demostrado sus posibilidades en campos muy distintos. Gracias a estas técnicas es posible reagrupar, analizar y tratar, siguiendo instrucciones preprogramadas, un gran número de informaciones en tiempo real, y a partir de ello realizar el telemando simultáneo de un gran número de mecanismos. Esto es en pocas palabras lo que interviene en la conducción de un metro. Hoy, en una línea de metro automática cada dos segundos se recogen cerca de 8.000 informaciones disponibles en los ordenadores y en las pantallas de los operadores. Analizadas, tratadas y controladas permiten la actuación de 2.000 telemandos según el estado del sistema, muchos más de los que posee el conductor en su cabina o de los que tiene un regulador en su puesto de control. Además hay que tener en cuenta que la capacidad de reacción

es inmediata, los ordenadores tratan los datos recibidos de forma instantánea.

LA REDUCCION DE LOS COSTES. Aunque no sea la más importante, en Francia ha sido la razón principal para empujar la investigación. No hay que olvidar que actualmente los transportes públicos urbanos sufren una crisis importante. Su déficit va en aumento en parte por razones políticas (no se aumentan las tarifas más por evitar un aumento del índice de precios que por razones sociales). Este déficit lleva a las compañías de explotación bien a disminuir el nivel de servicio, bien a buscar economías de energía, explotación, etc.

Las cuentas de explotación muestran que los gastos de personal oscilan según las diferentes compañías alrededor del 70 por 100 de los gastos totales. Teniendo en cuenta el aumento del nivel de los salarios numerosas compañías habían intentado reducir este capítulo; por ejemplo, la red de París, muy atenta a este tipo de déficit, suprimió dos tipos de empleo: los canceladores de billetes a la entrada de las estaciones, reemplazados por máquinas tras la introducción de billetes con cinta magnética, y los jefes de tren, que vigilaban la subida de los viajeros (función simple adoptada por el conductor tras la introducción del pilotaje automático). Estas dos reformas se realizaron sin problemas, por lo que se pensó que se podría ir más lejos e intentar la supresión de los conductores.

El automatismo integral logra ahorrar un 30 por 100 de los costes de explotación con relación a una red clásica equivalente.

En el caso de líneas nuevas las economías han sido también importantes en la inversión inicial. La reducción del galíbo y de la longitud de los trenes para un mismo tráfico, gracias a la disminución del intervalo facilitada por los automatismos, reduce la inversión inicial entre un 10 y un 30 por 100 según el trazado (la influencia es mayor en trazados subterráneos).

LA SEGURIDAD. Esta razón fue considerada al principio como secundaria. A menudo el objetivo era lograr el mismo nivel de seguridad que en los metros existentes, pero se ha demostrado desde las primeras aplicaciones que la seguridad podía aumentar con una concepción racional del conjunto del sistema. Son principalmente las puertas de andén, cerradas cuando no hay trenes en éste, lo que ha permitido un progreso importante en el sentido de la disminución de accidentes. Las puertas de andén (o sistemas más o menos equivalentes) constituirán una norma de calidad en el futuro



La seguridad en los sistemas automáticos de transporte.

y una referencia del nivel de seguridad. Pero no son tan sólo las puertas de andén las que aumentan la seguridad, toda la arquitectura lógica del automatismo integral y todos los circuitos han sido estudiados minuciosamente para permitir el mínimo a los fallos de seguridad. Los controles y los cálculos al principio y la experiencia de muchos años han demostrado que se llegaba a un resultado plenamente satisfactorio.

LA CALIDAD DE SERVICIO. El automatismo ha dado lugar a otras mejoras en los sistemas de transporte, ha estado acompañado en la mayoría de los casos de un estudio completo de la concepción de los elementos del metro y de su explotación. El funcionamiento automático permite una gran flexibilidad, la oferta puede adaptarse en todo momento a la demanda y posibilita, sin un aumento considerable de los costes, aumentar la frecuencia de paso de los trenes y su regularidad, incrementar los horarios de funcionamiento y reducir el tiempo de recorrido.

En las líneas existentes ha sido superado sin dificultad el temor de que los usuarios fueran reticentes a la hora de viajar en un sistema sin conductor. Sucede con frecuencia que los pasajeros no notan la ausencia de personal a bordo de los trenes. La vigilancia mediante vídeo de las estaciones y los interfonos existentes tanto en las instalaciones como en los trenes para permitir a los viajeros ponerse en contacto en todo momento con los agentes del Puesto Central de Control han resul-

tado suficientes para que el viajero se sienta cómodo y seguro. Además, la existencia de personal itinerante en la línea permite crear un clima de confianza entre los viajeros.

Toda la filosofía de empleo de personal ha sido revisada, se ha reducido el número de empleos y ha aumentado la calificación necesaria.

En muchos casos el nivel social de los usuarios del metro automático es más elevado que la media. Esto lleva a una concepción global nueva, el automatismo ha mejorado la imagen del metro.

Si en los años setenta el objetivo comercial era secundario, en el espíritu de los promotores ha resultado finalmente una de las bazas más importantes de cara a los políticos del mundo moderno.

EL RESPETO AL MEDIO AMBIENTE. El desarrollo de los sistemas automáticos ha coincidido con una preocupación generalizada por los problemas del medio ambiente. Estos sistemas han tenido en cuenta esta inquietud estudiando cuidadosamente los aspectos que pudieran reducir la agresión hacia el medio exterior. La pequeña dimensión de los vehículos permite su fácil inserción en la trama urbana, y hay que destacar la total ausencia de polución gracias a la utilización de energía eléctrica, con la particularidad en la mayoría de los casos de una recuperación de la energía de frenado.

Las principales realizaciones

Los Estados Unidos han sido en los años setenta pioneros de los nuevos sistemas automáticos.

En diez años se construyeron una veintena de proyectos, denominados de primera generación, líneas cortas en lugares cerrados: parques de atracciones, aeropuertos...

Sus principales características eran vehículos de tamaño medio, circulación sobre neumáticos y vía aérea.

Dos sistemas se han distinguido: Airtrans del Aeropuerto de Dallas-Fort Worth, puesto en servicio en 1974 y con una capacidad para 8.000 pasajeros por hora y por sentido, y Boeing de la Universidad de Morgantown (1975, 5.000 pasajeros por hora). Este último realizaba ya un servicio urbano al unir la Universidad a la ciudad.

Las dificultades sufridas por estos primeros sistemas son debidas principalmente a una preparación insuficiente. La puesta en marcha pública se realizó demasiado pronto, degradándose la imagen del sistema.

Cronológicamente, después de los Estados Unidos es en Japón donde se han puesto en servicio sistemas automáticos: en 1981 el KNT (Kobe New Transit) en Kobe y el NTS (New Transit System) en Osaka. Las dos líneas con una longitud de 7 km. y nueve y ocho estaciones, respectivamente. La capacidad ofrecida era de 10.000 y 12.000 pasajeros por hora y por sentido en hora punta.

En los dos casos se trata de la conexión entre una isla artificial y un ferrocarril convencional.

La tecnología utilizada es: motor de corriente continua, vía de hormigón sobre plataforma y guiado mediante ruedas horizontales. Estos sistemas no han explotado al máximo la filosofía del automatismo integral, ya que mantienen un intervalo elevado (no desciende de dos a tres minutos), lo que se traduce en trenes largos, y mantiene personal a bordo de los trenes para asegurar el confort de los pasajeros.

Actualmente Japón cuenta con un gran número de sistemas de diferentes tecnologías tanto en funcionamiento como en experimentación. La mayor parte derivados del sistema *standard* NTS, basado en las primeras realizaciones de Kobe y Osaka: vehículo de pequeñas dimensiones, con o sin automatismo integral, guiado y sistema de agujas específicos y alimentación trifásica de los vehículos. Parece existir una tendencia hacia el motor lineal y la sustentación magnética tanto para trenes de largo recorrido como para cortas distancias.

Son los Ayuntamientos y las Comunidades Urbanas, mediante sus gabinetes de transporte, quienes financian los proyectos, con la ayuda del Mi-

nisterio de la Construcción, que subvenciona el 50 por 100 de la inversión inicial.

En 1983 se realiza la primera línea de VAL en Lille (Francia). Este Vehículo Automático Ligero, al que dedicaré un capítulo posterior, ha marcado una nueva etapa en el campo del transporte público en Francia.

Después del VAL distintos sistemas de tecnologías diversas han sido puestos en funcionamiento en medio urbano, destacando:

AEG-WESTINGHOUSE. Empresa germano-americana especializada fundamentalmente en transporte a corta distancia y servicio en el interior de los aeropuertos. Se distingue por su gran número de realizaciones (14 líneas entre 1970 y 1990, esencialmente en aeropuertos americanos: Orlando, Gatwick, Las Vegas...).

Sólo tiene dos realizaciones urbanas, Miami (1986) y Las Colinas (1989), ciudad de nueva creación entre Dallas y el aeropuerto de Fort Worth.

La línea de Miami ha sido el primer sistema operacional específicamente urbano en Estados Unidos. Esta línea de 3,2 km de longitud en bucle cerrado es totalmente aérea, está realizada en vía doble y tiene nueve estaciones.

La tecnología empleada deriva de los otros sistemas Westinghouse puestos en servicio en diferentes aeropuertos. La rodadura es sobre neumáticos, con ejes compuestos de ruedas gemelas. Una originalidad de este sistema reside en el guiado central por medio de ruedas horizontales que se apoyan sobre una viga metálica situada por debajo del plano de rodadura. Otra particularidad técnica es la captación de corriente en 600 V trifásica mediante cuatro hilos (tres fases y tierra), dos de estos hilos son utilizados para enviar la frecuencia que sirve de control al puesto de mando. La velocidad de cruce es de 43 km/h y la aceleración de 1,1 m/s². En cuanto a los sistemas de seguridad, utiliza pasarelas de evacuación a lo largo de la vía y puertas de andén en estación.

Westinghouse es el único sistema americano de primera generación que ha evaluado hasta ser capaz de realizar un servicio urbano.

UTDC. Urban Transportation Development Corporation. Empresa creada en 1970 por el gobierno de Ontario (Canadá), y vendida al 85 por 100 al grupo canadiense LAVALIN en 1986.

La tecnología utilizada por este sistema está basada en un motor lineal con automatismos de conducción alemanes de la empresa SEL (cantón móvil deformable) y rodadura sobre vía ferrea. El mo-

tor lineal, asociado a bogies ferroviarios con ruedas de pequeño diámetro (46 cm), permite disminuir ligeramente la altura del vehículo; sin embargo, los bogies orientables han causado ciertos problemas de ruido y vibraciones. El motor lineal permite una gran velocidad (90 a 100 km de máxima) y aceleración ($1,4 \text{ m/s}^2$), pero no permite mantener el suelo del vehículo al mismo nivel que el andén en función de la carga. El intervalo mínimo operacional es de 90 segundos.

Los principales proyectos que ha realizado son:

TORONTO: Scarbourg line, en Canadá, de 7 km de longitud y seis estaciones, con una capacidad para 35.000 pasajeros por hora. Puesta en servicio en 1985, manteniendo personal en los trenes por problemas con los sindicatos.

VANCOUVER: Sky train, British Columbia, Canadá, 22 km en 1986 ampliados a 4 más en 1990, con una capacidad para 80.000 pasajeros por hora.

DETROIT: CATS, Central Automated Transit System, Michigan, USA, bucle de 4,7 km en vía simple en el centro de la ciudad en 1987, con una capacidad de 13 millones de pasajeros por día.

En ninguna de estas realizaciones se han utilizado puertas de andén.

El VAL

El VAL, producto de la empresa francesa MATRA TRANSPORT, es uno de los primeros

metros urbanos que ha funcionado de forma totalmente automática en el mundo.

En 1983 se instaló la primera línea VAL en la ciudad francesa de Lille. Después este sistema ha conocido aplicaciones muy diferentes como lo prueban los proyectos en curso o ya realizados:

— Metro automático ligero: dos líneas en servicio en Lille (Francia), una línea en realización en Toulouse, y otras en proyecto en Burdeos y Rennes (Francia).

— Metro automático de gran capacidad: línea de Taipei, en Taiwan, en realización.

— Servicio a un centro-ciudad: primer tramo en servicio en Jacksonville (USA).

— Servicio interno de un aeropuerto: en construcción en Chicago (USA).

— Conexión con una línea ferroviaria de gran capacidad, por ejemplo para dar servicio a un aeropuerto: en construcción el enlace del aeropuerto de Orly con la estación de RER de Antony en París (Francia).

El VAL ha sido concebido con un pequeño galíbo, 2,06 metros, lo que permite reducir el coste de las obras de ingeniería civil. Sin embargo, para los proyectos americanos, caracterizados por líneas aéreas sin problemas de inserción, ha sido desarrollado un nuevo vehículo con una anchura de 2,56 m. En estos proyectos, en que se ha primado la frecuencia de paso frente a la capacidad, los



VAL: Vehículo Automático Ligero.

trenes circulaban con un solo vehículo, mientras que en la concepción general los trenes se componían de un elemento doble indisoluble. El número de vehículos de los trenes puede cambiar en función de la evolución de la demanda.

El éxito de este sistema es debido en gran parte al hecho de haber sabido conservar los elementos del sistema clásico que eran compatibles con la automatización, como por ejemplo la rodadura sobre neumáticos. Este tipo de rodadura, experimentado durante largos años en el metro de París y actualmente en el metro de Lille, permite una fuerte motorización (300 kW por vehículo, es decir, 20 kW/tonelada) al aumentar la adherencia del vehículo a la vía, con lo que se aumenta la velocidad comercial y se permite a los vehículos subir fuertes pendientes, favoreciéndose la inserción urbana de la línea, al mismo tiempo que disminuyen el ruido y las vibraciones.

Entre sus características propias merecen destacarse:

- La rodadura con ejes de dos ruedas portantes y sistema de guiado central en los cambios de aguja, en lugar de los bogies de cuatro ruedas portantes que se utilizan en el metro tradicional sobre neumáticos (todos los ejes son motores).

- Algunas originalidades del dispositivo anticolidión: los automatismos del sistema VAL están basados en un dispositivo de conducción automática en programación lógica y un dispositivo de seguridad descentralizado de tipo «seguridad positiva». En funcionamiento normal el dispositivo de seguridad no interviene en el pilotaje de los trenes. La seguridad anticolidión utiliza el principio de cantones fijos, la detección de ocupación de los cantones (que sólo pueden albergar un tren al mismo tiempo) se efectúa en seguridad mediante una detección positiva, señales emitidas de forma continua por los trenes y una detección negativa: la ausencia de señal corresponde a la presencia de un tren.

- La realización de nuevas funciones, como el empuje de una rama averiada por otra, lo que aumenta la disponibilidad del sistema.

- La protección de los andenes mediante puertas transparentes; estas puertas, cuya apertura está sincronizada con la de las puertas de los trenes, evita la caída de los pasajeros a la vía o el arrastre de un pasajero al ponerse el tren en marcha.

En todos los proyectos VAL se ha cuidado tan-

to la parte técnica como la funcionalidad, se ha dado una importancia fundamental al usuario, cuidándose especialmente todos los aspectos arquitecturales de las estaciones, desde reducir al máximo las correspondencias a incluir una obra de arte en cada estación.

Proyectos más destacados del sistema VAL. El porqué de una solución automática

Lille

Fue en la Universidad de Lille donde el profesor Robert Gabillard concebió el sistema automático VAL. En 1971, la comunidad urbana de Lille promovió un concurso para la realización del sistema, que fue adjudicado a MATRA en 1972.

El deseo de revitalizar su centro histórico, de ofrecer un transporte de calidad a una ciudad de nueva creación en las afueras y una voluntad política firme de llevar adelante el proyecto convirtieron a Lille en una ciudad pionera del transporte automático urbano: en abril de 1983 se abrió al público la primera línea, de 13 km de longitud y 18 estaciones.

La elección del VAL no era una actuación aislada en la política de desarrollo de la comunidad urbana de Lille; situada en el norte de Francia, junto a la frontera belga, Lille aspira a estar en la vanguardia de la modernización europea.

Con la implantación del metro se reestructuró toda la red de transporte. En la actualidad, los tres modos existentes (tranvía, autobús y VAL) están regidos por la misma compañía de explotación y tienen un mismo sistema tarifario. El efecto red se demostró con la duplicación de la clientela de transporte público tras la puesta en servicio de la línea VAL.

En servicio veinte horas al día, con un intervalo de 1,12 minutos en hora punta y una velocidad comercial de 34 km/h la línea 1 contabiliza 120.000 viajes por día, más de 30 millones de pasajeros por año. Desde su inauguración ha transportado más de 200 millones de pasajeros con completa seguridad. Y con la ventaja añadida de tener una productividad dos veces superior a la media (desde 1985 los gastos de explotación se equilibran con la venta de billetes).

Los resultados no se han hecho esperar, una segunda línea de 12 km y 10 estaciones fue puesta en servicio en 1989 y existe el proyecto de realizar próximamente una tercera línea. Bien integra-



El VAL en Jacksonville. Florida.

do en el plan de ordenación del territorio de Lille, el metro de Lille ha pasado de ser un sistema moderno de transporte a convertirse en el instrumento privilegiado de la política de reordenación de la ciudad.

Jacksonville

Ciudad estuaria de 850.000 habitantes situada junto a la costa atlántica en los Estados Unidos, Jacksonville es a la vez un puerto comercial, un centro de reparación naval, una base militar y la capital de las compañías de seguros.

A partir de los años cincuenta hubo un deterioro del centro de la ciudad, la utilización masiva del automóvil y una excelente red de carreteras provocaron el éxodo de la población hacia las afueras, convirtiendo el centro de la ciudad en un área de negocios que quedaba absolutamente desierta por la noche. 40.000 vehículos se desplazaban diariamente desde las afueras hasta el centro al ritmo de los horario de trabajo.

En 1975 un grupo de ciudadanos puso en marcha un programa para el renacimiento del centro. Los promotores del proyecto basaron su éxito en un sistema de transporte potente que uniera los estacionamientos disuasorios en las afueras con los principales centros de actividad. En 1986 fue promovido un concurso internacional, y desde 1989 funciona el primer tramo de la línea. Con tres estaciones y un kilómetro de vía única, el VAL ha cumplido en parte su objetivo, desde hace tres

años diferentes operaciones inmobiliarias se han realizado en el centro de Jacksonville: se ha construido un centro de congresos en la antigua estación abandonada y se han abierto nuevos hoteles y comercios.

Las extensiones del primer tramo son inminentes, se unirá el centro con el parking de un campo de deportes que posee 3.000 plazas de estacionamiento inutilizadas los días de diario, y a largo plazo existe el proyecto de dar servicio a un barrio situado a 10 km del centro.

Toulouse

Esta ciudad del suroeste de Francia, que posee 600.000 habitantes, es conocida como el centro europeo de la construcción espacial y aeronáutica. Especializada en tecnologías de punta, Toulouse es una ciudad de un gran dinamismo. Desde 1980 la progresiva saturación del viario imposibilita a la red de autobuses mantener un servicio de calidad.

En 1984, las autoridades locales deciden la construcción de un modo de transporte en sitio propio, enterrado en el centro de la ciudad, que permita revalorizar el patrimonio histórico y reforzar las funciones residenciales y terciarias de los barrios del centro.

Al no justificar el tamaño de la ciudad la realización de un metro clásico, se estudiaron dos alternativas, un sistema férreo tipo tranvía y el VAL. Para comparar estos dos sistemas se realizó un estudio multicriterio, basado en la clientela potencial

y los itinerarios posibles y teniendo en cuenta la calidad, el coste y el respeto al medio ambiente.

En 1985 fue elegido el VAL pese a un coste de primera inversión superior al tranvía, esta elección se justificaba por un menor coste de explotación y el indudable atractivo del sistema.

La red a largo plazo debe componerse de tres líneas y una veintena de kilómetros. La puesta en servicio de la primera línea, 10 km y 15 estaciones actualmente en construcción, está prevista para julio de 1993.

Uno de los aspectos característicos de esta red de transporte es que se realiza mediante una concesión, que cubre no solamente la construcción de la primera línea sino su explotación junto a la red de autobuses por un período de treinta años. Esto ha sido posible gracias a una subvención del gobierno de 500 millones de francos (1988).

Chicago O'Hare

El aeropuerto de Chicago, con 56,7 millones de pasajeros en 1988 y 75 millones esperados en 1995, es el aeropuerto más visitado del mundo.

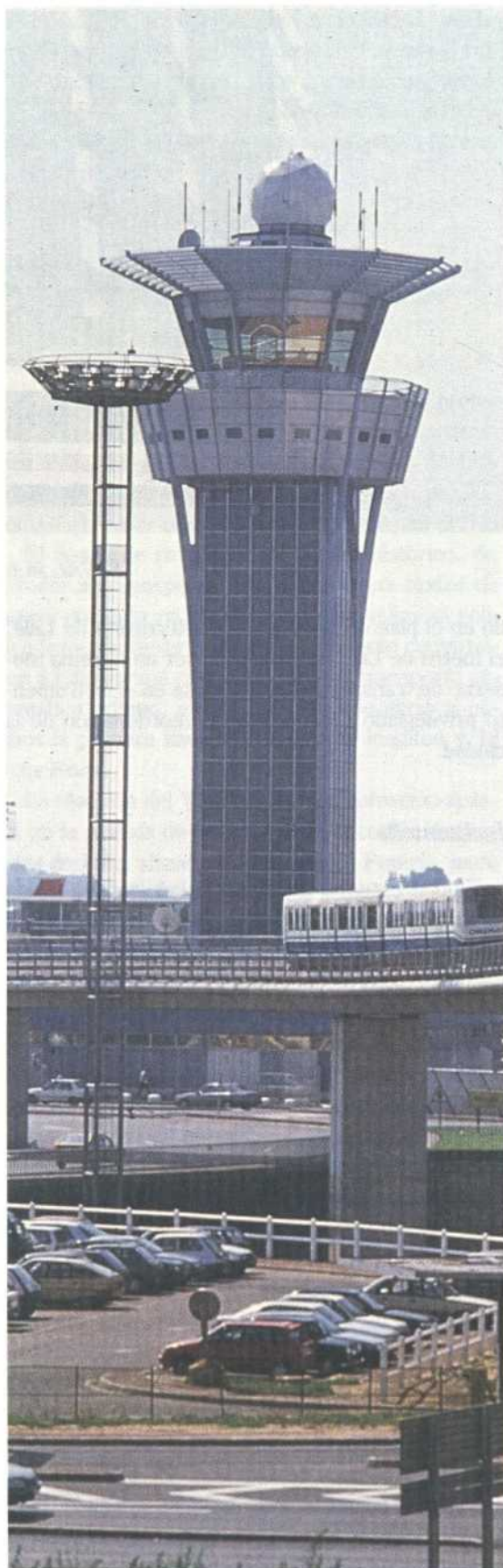
El flujo diario de 300.000 pasajeros hacía necesaria una reestructuración del transporte interno del aeropuerto. Un aumento del viario y el estacionamiento en el área central hubiera hecho aumentar la congestión sin permitir aprovechar el gran conjunto inmobiliario que representan las instalaciones del aeropuerto.

Las autoridades del aeropuerto decidieron en 1986 la realización de una línea de transporte en sitio propio, cuyo primer tramo, de 4,3 km de línea y cinco estaciones, está siendo realizado actualmente.

Este primer tramo se inscribe dentro de un programa ambicioso que tiene como objetivos:

- Reducir la congestión del área central uniendo los *parkings* periféricos a las terminales.
- Promover la función de tránsito del aeropuerto facilitando la transferencia entre la terminal nacional y la nueva terminal internacional.
- Facilitar operaciones inmobiliarias próximas al aeropuerto: actividades hoteleras y centros de congresos.

Los equipos del sistema han sido concebidos para funcionar bajo las severas condiciones climáticas del invierno de Chicago: ciento veinte días de helada por año, 80 centímetros de nieve y abundante granizo. Las características del vehículo pre-



El VAL en el Aeropuerto de Orly. París.

vén una velocidad máxima de 80 km/h y un intervalo de ciento veinte segundos en hora punta.

Orly

El aeropuerto de París-Orly, con 24 millones de pasajeros en 1989, rivaliza con el de Francfort por la primera plaza en Europa continental.

París, como todas las grandes ciudades, necesita un enlace rápido con sus dos aeropuertos, Orly y Roissy. En Orly, donde existe un tráfico fundamentalmente nacional, a pesar de estar bien conectado por carretera, se da la paradoja de que el tiempo de acceso a París es normalmente mayor que la duración del vuelo.

Para resolver este problema, el Syndicat des Transports Parisiens eligió en 1987 la solución propuesta por el grupo MATRA, RATP y AIR INTER frente a una solución clásica patrocinada por la SNCF.

El proyecto elegido, ORLYVAL, comprende el enlace entre las terminales del aeropuerto y la estación de RER de Antony, asegurando la correspondencia con la red del metro y del RER, aproximadamente 400 estaciones. La automatización del sistema permite una perfecta sincronización de las salidas y llegadas del VAL y del RER que se efectuarán en el mismo andén de la estación de Antony.

Los trenes circularán todos los días del año desde las 5,50 h de la mañana hasta las 12 de la noche, con un intervalo de tres minutos en hora punta. La velocidad comercial de la línea será de 50 km/h, y en total la duración media del viaje entre el aeropuerto y la mayor parte de las estaciones de París será de treinta y cinco minutos. La apertura de la línea está prevista en septiembre de 1991.

La realización de esta línea se realiza mediante una concesión, pero en este caso, a diferencia del de Toulouse, la empresa concesionaria, formada por el grupo ganador del concurso más una asociación de bancos, asume todo el riesgo de la operación.

Este tipo de concesión, en el que se incluye la construcción y la explotación de una línea, es interesante tanto para organismos públicos encargados de transportes que no tienen un equipo técnico suficiente, pero quieren controlar la operación, como para proyectos en los que no es posible una financiación totalmente pública y una parte de la rentabilidad viene dada por la venta de billetes.

Taipei

Taipei, capital de Taiwan, cuenta actualmente con 4,8 millones de habitantes y tiene 6 millones previstos para el año 2000. El enorme ritmo de crecimiento de esta ciudad, difícilmente comprensible para un occidental, llevó a sus autoridades a fijar en 1987 un plan de renovación de la red de transporte público.

Este plan estaba basado en la renovación de dos líneas de ferrocarril, la reestructuración de la red de autobuses y la construcción de una red de metro. El ferrocarril, similar al RER de París, está dimensionado para una capacidad en hora punta de 30.000 pasajeros por hora, y el metro, cuya primera línea está en construcción, tendrá una capacidad de 20.000 pasajeros/hora.

Esta primera línea, que será totalmente automática, tiene una longitud de 11,5 km y 13 estaciones y será puesta en servicio en 1992.

Rennes

Al norte de Francia, Rennes, capital de Bretaña, es la primera ciudad de un número reducido de habitantes (300.000) que ha elegido una red de metro como solución a su problema de transportes.

La razón es sencilla, Rennes quiere convertirse en el punto de convergencia de su región. La creación de una tecnópolis en su territorio, el desarrollo de su universidad y la llegada del TGV han sido objeto de un deseo de renovación por parte de las autoridades locales.

En 1985, un plan de desplazamientos urbanos puso en evidencia la necesidad de construir un transporte en común en sitio propio, justificado por una degradación importante de la accesibilidad al área central. Un proyecto de tranvía fue elaborado en 1987, este proyecto proponía la realización subterránea de una parte del trazado para preservar el centro histórico. Esta imposición impulsó a las autoridades locales a realizar durante dos años estudios comparativos entre dicho proyecto y un metro ligero VAL.

En 1989, las comunas del distrito y la municipalidad de Rennes eligieron por mayoría la solución del metro automático. Difícil decisión teniendo en cuenta que la subvención del Estado estaba basada en el proyecto más barato.

La elección se justificaba además de por la calidad de servicio y el menor coste de explotación en una realidad económica, la inversión del metro

(2.400 millones de francos 1990) es un 25 por 100 superior a la del tranvía, pero su clientela, es decir, el servicio ofrecido a la comunidad, es un 40 por 100 superior.

Bordeaux

Bordeaux, con 600.000 habitantes, es la quinta aglomeración de Francia. Como en todas las ciudades de este tamaño, la congestión del tráfico para acceder al centro de la ciudad hizo surgir la idea de un transporte en común en sitio propio, que se incluye en el desarrollo de la ciudad.

En 1986, la comunidad urbana decidió adoptar un sistema de transporte tipo VAL y reestructurar la red de autobuses de forma complementaria. Actualmente se están realizando estudios que permitan la puesta en servicio de una primera línea de 13,1 km y 19 estaciones a finales de 1996 y una segunda línea de 6 km y nueve estaciones en 1988. A largo plazo la red deberá contar 50 km y 60 estaciones.

Conclusión

Llega un momento en que el desarrollo urbano obliga a las autoridades de una ciudad a replantear su sistema de transporte dentro de un nuevo marco. Es necesario entonces elegir un sistema de transporte público capaz de coordinar diferentes intereses con el urbanismo ya existente.

La realización de un sistema de transporte en sitio propio constituye para una ciudad un compromiso de futuro. La infraestructura de un sistema de este tipo tiene una duración de vida por encima del siglo, el coste de primera inversión es relativamente importante y las posibles opciones técnicas numerosas.

Hoy en día son muchas las ciudades que se interesan por el transporte automático sin conductor, la situación es completamente diferente a la existente hace veinte años. Hay algunas referencias mundiales incontestables en el campo del metro urbano, AEG-Westinghouse en Miami y Las Colinas, UTDC en Vancouver, Toronto y Detroit y el VAL en París, Lille y Jacksonville. Son éstos los sistemas que constituyen la norma, pero de-

trás de ellos no faltan otros candidatos, los japoneses en particular, que aunque no han obtenido todavía el nivel de calidad de los precedentes están avanzando de forma importante en el sentido deseado por la clientela. Hoy en día ninguna ciudad puede pretender estar esperando la llegada de los nuevos sistemas para mejorar su transporte, razonamiento que ha provocado la invasión del vehículo privado en numerosas ciudades.

A partir de ahora cualquier nueva línea que se realice en un país industrializado tendrá grandes probabilidades de ser automática. Las compañías de metro clásico se interrogan sobre el automatismo, la comunidad urbana de Lyon ha sido la primera en cambiar un proyecto de metro clásico ya en construcción por un metro totalmente automático que estará en funcionamiento en junio de 1992. Las grandes ciudades tienden hacia la transformación de sus antiguas líneas. París, con la nueva línea Meteor inicia la total automatización de su red. Esta línea, de 10 km y 10 estaciones, totalmente en túnel desde la estación de St. Lazare hasta Maison Blanche, pasando por la Gare de Lyon, prototipo del futuro metro parisino, será puesta en servicio en 1996.

En el plano general puede apreciarse que aunque se partió de consideraciones técnicas (aporte del automatismo y la informática a los transportes públicos) se ha llegado finalmente a privilegiar los aspectos económicos (reducir los déficits de explotación) y los aspectos humanos de estos nuevos sistemas. Entre estos aspectos humanos están, por una parte, los del viajero, confort, mejora del servicio y seguridad, y, por otra, los del personal de explotación, su oficio enriquecido y transformado.

En cualquier caso el desarrollo técnico no excluye decisiones políticas. Son los responsables de las ciudades quienes tienen que decidir cuál es el sistema de transporte que se adapta al futuro y a las posibilidades económicas de su ciudad. Muchos tabúes han dejado de existir, tales como que el metro es un sistema pesado y caro o que sólo es razonable para grandes ciudades. Actualmente el metro se adapta a la ciudad y mejora con ella. Automáticamente. □

Clara Zamorano Martín es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.