



Metro de Paris.

Los metros automáticos ganan terreno por su capacidad y flexibilidad

## Inaugurados en Dubai (Emiratos Árabes), Nuremberg (Alemania) y Vancouver (Canadá)

Los metros automáticos, ya sean pesados o ligeros, con o sin conductor, se han convertido en la tendencia clave del futuro por la gran capacidad y flexibilidad que ofrecen. También por su fiabilidad, modernidad y seguridad, estos sistemas de transporte automático se están extendiendo con rapidez por los cinco continentes.

mas ATO, además de permitir en situación de máxima automatización prescindir del conductor, ofrecen circulaciones muy regulares, con mejoras de velocidades comerciales, ahorros energéticos al programar marchas económicas, etc.. Por el contrario, su coste de implantación es importante y exige un mayor coste en mantenimiento, y un proceso de ajuste de trenes más estricto que en conducciones manuales.

En los sistemas ATO puede existir, pues, un conductor que supervise la conducción del tren, o puede no haber ninguno, y si se pretende conseguir beneficios económicos y operativos, es necesario incorporar un equipamiento que permita realizar las tareas de conducción con un alto grado de disponibilidad y seguridad, así como proporcionar información a los viajeros de idéntica forma a como se haría en caso de la existencia de un conductor a bordo.

El equipamiento de estos trenes incluye CCTV en estaciones y trenes; puertas de andenes, aunque no siempre es así; comunicación bidireccional entre los trenes y el puesto central; y transmisión de informaciones del estado del equipamiento de los trenes para monitorización y diagnóstico.

### ■ Alta disponibilidad

La elevadísima disponibilidad de estos sistemas, de entre el 99,7 y el 99,9 por ciento, se consigue gracias a los equipos embarcados, que en estos casos se duplican y hasta triplican.

Hace aproximadamente treinta años, la técnica hacía ya posible la fabricación de trenes totalmente automáticos. Los siste-



Metro de Dubai.

El material es muy variado, y hay desde sistemas con rodadura clásica, es decir, acero-acero, y con rodadura de neumáticos de caucho sobre plataformas de hormigón que necesitan una nivelación muy precisa.

Cuando no existe conductor en cabina, los sistemas auxiliares son por lo general muy complejos; requieren una alta inversión y, además, son costosos de mantener. Las puertas de andén son un buen ejemplo de ello, y en los pocos casos de metros sin conductor que no incorporan estas puertas en los andenes tiene que recurrirse a complejos sistemas de detección de personas en la vía, como en el caso de Kuala Lumpur, en Malasia.

Al no haber conductor, estos trenes están diseñados de forma que puedan hacer frente a situaciones extraordinarias o todo tipo de incidencias, de modo que suelen incorporar pupitres de conducción no visibles ni accesibles a los viajeros, pero que, en caso de necesidad, el personal de conducción de la línea puede acceder a ello, levantando sólo una tapa de protección o cubierta, por ejemplo.

## ■ VAL de Lille, el primero

Los sistemas automáticos sin conductor han tenido en los últimos años una implantación bastante fuerte en medios de transporte no muy masivos, como es el caso de aeropuertos y sus terminales.

El desarrollo de estos sistemas en los aeropuertos ha sido muy rápido, y hoy en día, la casi totalidad de los aeropuertos internacionales cuentan con un sistema de este tipo (es el caso de Barajas) o proyectan su construcción.

Sin embargo, poco a poco, los sistemas automáticos se han ido incorporando a metros pesados, como Lyon, París, Singapur, Kuala Lumpur, etc

Los primeros metros automáticos se empezaron a instalar en los años setenta. La primera línea de metro urbana sin conductor fue el sistema VAL de Lille, construido por Matra Transport, empresa integrada hoy en Siemens. La primera fase, un tramo de la Línea 1, se inauguró el 25 de abril de 1983. Casi un año después se inauguró la totalidad de la línea.

La Línea 2 se inauguró en abril de 1989, y en 2000, llegó hasta C.H. Dron, cerca de la frontera belga. La red tiene en la actualidad una longitud de 32 km y cuenta con sesenta estaciones.

La tecnología VAL está basada en vehículos totalmente automáticos de dimensiones reducidas (2 metros de ancho y 26 metros de largo) acoplados. Poseen rodadura neumática y guiado lateral. Los andenes tienen una longitud de 52 metros, longitud suficiente para acoger los dos vehículos, cada uno de los cuales tiene capacidad para 156 personas.

## ■ Maggaly, éxito de viajeros

En 1992, se puso en servicio en Lyon un sistema de metro automático llamado Maggaly. La ciudad francesa contaba ya con una importante red de metro convencional, pero se decidió que la extensión de la red se realizara con un metro automático similar a las líneas ya existentes, es decir, el mismo tipo de material móvil, unidades de dos coches, de 36 metros de longitud y 2,9 de ancho, y las mismas estaciones, pero, sin puertas en los andenes. La línea tiene 12 km de longitud y 13 estaciones, y transporta más de doscientos mil viajeros diarios. La principal característica de Maggaly es que la distancia entre los trenes ya no está limitada por cantones fijos, si no que utiliza cantones virtuales "cantón móvil deformable", en función de la velocidad relativa entre los dos trenes.

"Este proyecto ha dado dimensión a los sistemas automáticos. Hasta la puesta en servicio de Maggaly, los sistemas automáticos se habían instalado de forma única, no dando otra opción al viajero. En Lyon, por primera vez, se integran en una red clásica de transporte, lo que ha permitido apreciar la buena

## ■ Meteor de París, el primer metro automático de una gran metrópoli

Meteor, el sistema automático que equipa la línea 14 del metro de París, forma parte de la red de transporte público de la capital de Francia desde 1998. Por primera vez, un tren automático de similar tamaño al resto de la red funcionaba en una capital europea. Y, además, se considera el precedente de los automatismos en los sistemas ferroviarios existentes.

Este sistema de conducción automática sin conductor fue desarrollado por Matra, empresa integrada hoy en Siemens. Está formado por ocho coches, posee rodadura neumática y se alimenta por tercer raíl con 750 V y corriente continua. Los trenes, de 120 metros de longitud y 2,45 metros de ancho, son tipo "gusano", lo que permite a los viajeros ver la totalidad del tren y recorrer el mismo. La capacidad máxima de la línea es de 40.000 viajeros por hora y sentido, con un intervalo de 85 segundos.

Una de las características que los parisinos más aprecian del Meteor es la puntualidad, su reducido intervalo, incluso en horas valle, las estaciones y la presencia de personal en las instalaciones, que aumenta la seguridad percibida de los viajeros.

En París, también está en marcha la automatización de la Línea 1 del metro, que se llevará a cabo con la circulación simultánea de material rodante automático y manual, hasta que el material rodante esté disponible, gracias al sistema SAET. Su inauguración está prevista para 2010.

aceptación de los viajeros de estos sistemas y los buenos resultados de explotación conseguidos por los mismos con relación al metro clásico", afirma Clara Zamorano, ingeniera de Caminos, Canales y Puertos y directora de Desarrollo de la Fundación Caminos de Hierro.

## ■ Un tren de cercanías automático

Entre las incorporaciones más recientes a los sistemas de metros automáticos destaca la Línea Norte-Este, inaugurada en enero de 2006 en Singapur, en la que por primera vez un tren considerado de cercanías se empezó a explotar de forma automática. Desarrollado por Alstom es de rodadura metálica y tiene una velocidad máxima de 100 km/h. La línea tiene una longitud de 16 km y veinte estaciones.

En octubre de 2008 (Véase *Vía Libre* núm. 495), se inauguró en Lausana (Suiza) la primera línea totalmente automática del país. Esta línea, de 6 km de longitud y desarrollada por Alstom, alcanza en determinados puntos de su trazado pendientes de hasta el 12 por ciento, lo que representa récord mundial para una línea de metro.

La incorporación más reciente de todas, desde el pasado 17 de agosto, es la del metro automático Sky Train de Vancouver. Es la tercera línea de esta red, bautizada como Línea Canadá y cuenta con dieciséis nuevas estaciones a lo largo de sus 19,2 kilómetros de recorrido.

El trazado es subterráneo en su primer tramo hasta superar la estación de la avenida Langara-49th, donde sale a superficie para circular principalmente en viaducto. Aunque forma parte de la red de metro, la línea Canadá opera de manera completamente independiente ya que utiliza trenes de mayor gálibo (construidos por la empresa coreana Rotem), que no pueden circular por el resto del sistema. La empresa canadiense SNC Lavalin fue la responsable de su construcción, finalizada con tres meses y medio de adelanto sobre la fecha prevista, así como de su explotación durante los próximos 35 años.

## ■ La reducción de costes, una de sus bazas

El déficit con que normalmente cuentan los sistemas de transporte público ha demostrado ser un gran aliado de los metros automáticos, pues ha servido para impulsar la investigación de este tipo de sistemas.

Si bien su implantación puede resultar costosa, los trenes automáticos consiguen una reducción de costes a corto y medio plazo, tanto en lo que se refiere a la explotación, por la reducción de personal, como por la infraestructura. Tanto es así que el automatismo integral logra ahorrar hasta un treinta por ciento de los costes de explotación con relación a una red de transporte clásica.

La reducción de gálibo y la menor longitud de los trenes teniendo la misma capacidad, gracias a la reducción del intervalo, puede además disminuir la inversión inicial.

Por otra parte, los equipamientos utilizados por este tipo de líneas permiten una detección rápida de las incidencias o averías.

## ■ Las puertas de andén, sus señas de identidad

El sistema de puertas de andén, que sirven para separar físicamente de la vía a los viajeros que están esperando en el andén, es uno de los rasgos más característicos de los metros automáticos. Evitan que los viajeros se muevan entre el andén y el tren, a menos que éste se encuentre totalmente detenido en su posición correcta, es decir, con las puertas del tren perfectamente enfrentadas a las puertas del andén.

Las puertas de andén no sólo se instalan en explotaciones de metros automáticos, sino también cuando existe aire acondicionado en las estaciones y se desea aislar este recinto de los túneles; para proteger a personas inválidas o con movilidad reducida; y, para evitar que las personas puedan caer a la vía, especialmente cuando existe toma de corriente por tercer carril.

Las puertas de andén presentan ventajas como la eliminación de suicidios, la reducción del tiempo perdido en interrupción de servicio por intrusiones o debido a caídas de objetos a la vía o el atropello de personas en la vía.

Su desventaja es el alto coste de instalación y los altos costes de mantenimiento y limpieza que estos sistemas exigen.

Inicialmente, estas puertas cubrían totalmente el espacio comprendido entre el suelo del andén y el techo de la estación, aunque, posteriormente, han surgido otros tipos, como las puertas de andén altas, de gran altura y de media altura. Estas últimas poseen una altura reducida, de un metro como mínimo, y están ganando adeptos porque constituyen una alternativa más económica que los otros tipos de puertas.

Con esta ampliación, SkyTrain no sólo se mantiene como la mayor red de metro sin conductor del mundo, por delante de Lille, Toulouse o Copenhague, sino que además se convierte en el sistema de metro más extenso de Canadá. Con tres líneas, 48 estaciones y 68,7 kilómetros, supera por cuatrocientos metros al subterráneo de Toronto.

Un sistema de detección de objetos en la vía garantiza la seguridad ante la ausencia de puertas de andén.

## ■ Nuremberg, la misma vía

En junio de 2008, comenzó a circular el primer metro automático sin conductor de Alemania, concretamente en la línea U3 de la red de metro de Nuremberg. Se trata de la primera línea del mundo en la que trenes completamente automatizados comparten la misma vía con trenes que sí llevan conductor.

La línea U3 ha incorporado trenes automáticos de Siemens y en la red se ha instalado un sistema de Control Automático de Trenes (ATC), también suministrado por Siemens, que permite determinar la localización exacta y la velocidad de los trenes y, a la vez, controlar totalmente su circulación.

Los andenes, ante la imposibilidad de utilizar puertas de andén, dado que éstas son incompatibles con los trenes convencionales, están vigilados por cámaras de vídeo y sistemas de control especiales. Además, un sistema de alta frecuencia que actúa en los raíles transmisores y receptores, está situado justo bajo el borde del andén y emite una densa red de haces sensibles por todo el trazado, de modo que si alguien cae a las vías, el sistema detiene automáticamente todos los trenes cercanos a la zona.

Asimismo, un sensor de infrarrojos obliga al tren a detenerse si al salir detecta el más mínimo contacto con los bordes de las puertas.

El sistema implantado en Nuremberg es único en el mundo, puesto que la línea U3 comparte trazado –durante 3,5 km– con la línea U2, que seguirá usando trenes operados por



conductores hasta 2010, fecha en que está prevista la plena automatización. Desde el pasado 28 de septiembre funcionan automáticamente cuatro de los ocho trenes que circulan por la Línea U2.

## ■ Dubai, el metro automático del desierto

La Línea Roja del metro de Dubai, parcialmente inaugurada el pasado 9 de septiembre, ha sido la última incorporación al club de los metros automáticos. La Línea Verde está aún en construcción, y su inauguración está prevista para junio de 2010.

El metro de Dubai es el primer tren urbano de la península de Arabia. Las dos primeras líneas discurren subterráneas por el centro de la ciudad, y cuentan puntualmente con zonas elevadas.

Una vez se inaugure la Línea Verde, con una longitud de



Metro de Vancouver.

20 km, el metro de Dubai se adjudicará el título de la red de metro automática más larga del mundo (en esta primera fase contará con 35 km), que en la actualidad ostenta el Skytrain de Vancouver, superándolo en 3 km.

En una segunda fase, está previsto extender estas líneas iniciales. Una vez completo, el metro de Dubai contará con 70 km de líneas y 47 estaciones, incluidas las subterráneas. A largo plazo, está prevista la construcción de otras tres líneas más.

## ■ Lo primero es la seguridad

Una de los mayores obstáculos que han debido superar los metros automáticos sin conductor es el miedo psicológico de algunas personas a utilizar medios de transporte de pilotaje automático.

“La cuestión de la seguridad fue considerada al principio secundaria. El objetivo era lograr el mismo nivel de seguridad que en los metros existentes, pero, se ha demostrado, desde las primeras realizaciones, que la seguridad podía aumentar con una concepción racional del conjunto del sistema”, afirma Clara Zamorano, ingeniera de Caminos, Canales y Puertos y directora de Desarrollo de la Fundación Caminos de Hierro.

La realidad es que la falta de conductor puede evitar fallos humanos, y que las puertas de andén, que impiden el acceso a las vías desde los andenes, han conseguido reducir el número de accidentes.

Una vez en movimiento, el vehículo está controlado por los automatismos, en parte embarcados a bordo del vehículo y en parte en la vía.

“El principio de los estudios de seguridad de estos vehículos es que ninguna avería, ni ninguna combinación de averías, puedan poner en peligro la seguridad del viajero. Para respetar este criterio, cada circuito elemental ha sido objeto de un estudio detallado que permite garantizar un funcionamiento con total seguridad. Todos los equipos están, por lo general duplicados”, explica Clara Zamorano.

Otra de las características de estos sistemas automáticos es la utilización de elementos que permiten la comunicación entre los usuarios y el personal que se encuentra en el puesto de control, como interfonos y cámaras instalados en las estaciones y en el interior de los trenes. Las redes de metros automáticos suelen evitar los pasillos en las estaciones y las zonas cerradas que puedan producir sentimientos de inseguridad en los viajeros.

## ■ Línea 9 del metro de Barcelona

También España está a punto de entrar en el selecto club de los metros automáticos con la inauguración este otoño de la línea 9 del metro de Barcelona.

La línea 9 se ha planificado de forma que se convertirá en la columna vertebral del transporte público de Barcelona, con enlace al aeropuerto y conexiones con todas las líneas de metro y ferrocarril.

El sistema de conducción automática de esta línea está basado en el sistema Meteor de la línea 14 del metro de París, y utiliza una comunicación de radio en banda ancha entre el equipo de a bordo y el situado en los andenes.

Debido a la complicada orografía de la parte alta de la ciudad de Barcelona, pero sobre todo a la densidad de las infraestructuras subterráneas que hay que salvar, la línea discurrirá a gran profundidad, hasta a 90 metros por debajo de la cota de la calle.

La línea discurre por un único túnel, dividido horizontalmente por un forjado, permitiendo así que circulen trenes uno encima de otro en sentidos opuestos. Además el diámetro excepcionalmente grande del túnel permite que dentro de éste quepan las vías y también los andenes de los viajeros. De este modo se simplifica la construcción de las estaciones, haciendo innecesario abrir grandes pozos en zonas densamente pobladas para construir cada estación, pero por la profundidad a la que se encuentran, el acceso se realiza por medio de veloces ascensores de gran capacidad.

Los trenes tendrán una longitud de casi cien metros y estarán formados por cinco coches, cada uno de los cuales

con capacidad para 960 personas.

Todas las estaciones estarán adaptadas para personas con movilidad reducida, y los andenes estarán protegidos con puertas de cristal. Además contarán con ascensores de alta capacidad y se desplazarán rápidamente uniendo los vestíbulos de las estaciones con los andenes. Estos ascensores estarán coordinados con la llegada de los trenes.

En Seúl, capital de Corea del Sur, también se está construyendo una línea de metro totalmente automática, de 18,5 km de longitud, cuya inauguración está prevista para 2010. La línea conectará el área metropolitana de Seúl con el metro de esta ciudad y la red de cercanías.

Otros muchos metros automáticos, por citar algunos de ellos el de Budapest (Hungría) y el de Brescia (Italia), se inaugurarán en los próximos años. ■

YOLANDA DEL VAL

## ■ La calidad del servicio, un valor añadido

Una de las grandes conquistas de los sistemas de metro automáticos es su gran flexibilidad. Estos sistemas permiten aumentar la frecuencia de paso de los trenes y su regularidad, ampliar los horarios de funcionamiento y reducir el tiempo de recorrido, características que son las más valoradas por los usuarios del transporte público. Y todo ello sin un aumento de los costes considerable.

“Con los sistemas automáticos, se puede conseguir reducir el intervalo de reducción a un minuto, y aunque en horas valle los costes de explotación hacen que los intervalos sean mayores al haber menos usuarios, en este caso, la inexistencia de conductor reduce considerablemente el coste marginal del vehículo-kilómetro, lo que permite conseguir frecuencias atractivas y aumentar con un coste mínimo los horarios de funcionamiento”, afirma Clara Zamorano, ingeniera de Caminos, Canales y Puertos y directora de Desarrollo de la Fundación Caminos de Hierro.

El automatismo integral permite también hacer frente a una afluencia excepcional de viajeros, como es el caso de un acontecimiento deportivo. Con este tipo de sistemas se pueden también añadir más trenes rápidamente, algo que no sería posible con una explotación tradicional.

“Hay que subrayar que el automatismo integral libera al personal de una tarea particularmente pesada en una red de metro, como es la conducción, en mayoría de los casos convertida simplemente en observación de la vía y los andenes, ofreciendo a cambio otro tipo de empleos más interesantes y variados, principalmente en cuanto al contacto con los usuarios y la gestión de incidentes”, asegura Clara Zamorano.

Otra ventaja que refleja la calidad que ofrecen los sistemas de metros automáticos es la reducción del tiempo de recorrido, que se logra principalmente gracias a la plataforma reservada, pero también a una potente motorización, del orden de 300 kW por vehículo, es decir, 20 kW por tonelada.