

Metro automático: mayor seguridad y eficacia

Tecnología punta al servicio de las personas



Transports Metropolitans
de Barcelona



Barcelona, camino de la automatización

El metro de Barcelona avanza hacia la automatización. En un horizonte a medio o largo plazo se prevé que el 43 % de la red de TMB (70 kilómetros de 160) funcione automáticamente.

Las nuevas líneas, por ejemplo la L9/L10, se han concebido para ser automáticas y algunas de las existentes se irán reconvirtiendo. Tras la L9/L10, que se pone en marcha como línea automática inicialmente, la L2 deberá reconvertirse tecnológicamente y adaptarse al funcionamiento automático, como ya se hizo recientemente en la L11. La razón es que cuando la L2 se prolongue hasta el aeropuerto a través de la bifurcación del Parque Logístico tendrá que compartir una parte de la infraestructura con la L9. Ambas deberán disponer de trenes y sistemas compatibles para poder operar conjuntamente en la misma infraestructura.





Los beneficios de la automatización

La apuesta de TMB por la automatización es coherente con el interés por prestar el mejor servicio posible. La implantación de metros automáticos no sólo proporciona mayor seguridad, fiabilidad y flexibilidad al adaptar la oferta a la demanda, sino que además permite lograr una gestión operativa más eficiente y aumentar la capacidad de las redes. El metro automatizado puede circular a elevadas frecuencias, con total seguridad y la máxima regularidad.

1) Mayor seguridad

La aportación de la automatización a la seguridad del metro es doble. Por un lado, por la implantación de tecnologías punteras de supervisión de la circulación de trenes y la reducción de la posibilidad de errores humanos. Por otro, por los nuevos medios para evitar intrusiones en la zona de vías. Así, las puertas del andén se convierten en un sistema eficiente para separar físicamente los andenes de las vías, lo que evita caídas accidentales de personas y objetos. Las puertas de andén, que coinciden a la perfección con las puertas de los trenes, ejercen esa función de separación y son una medida de seguridad clave para que los metros puedan circular sin conductor.

2) Más pasaje en menos tiempo

La automatización permite transportar a más pasajeros en menos tiempo con la misma infraestructura. Gracias a los sofisticados sistemas de control y seguimiento, los trenes pueden circular a intervalos más cortos en las horas punta, por debajo de los dos minutos, y con todas las garantías de seguridad.

3) Protagonismo del centro de control

El centro de control adquiere una relevancia capital en la gestión de los metros automáticos. Al ser el cerebro de la red, se dota de más medios técnicos y humanos, además de especialistas en las diferentes vertientes operativas —seguridad, protección civil, información— en apoyo al personal de la línea.

Los operadores del centro de control monitorean los trenes en todo momento a través de los telemandos, pueden ver su interior gracias a cámaras de vídeo que transmiten en tiempo real, dar y recibir mensajes a los pasajeros por megafonía e interfonía e incluso realizar tareas de asistencia remota. Desde el centro de control también se lleva cabo una vigilancia constante de la situación de la red, a fin de adaptar la oferta a cualquier repunte de la demanda mediante la inyección de más trenes en caso necesario.





Los metros automáticos en el mundo

Las primeras experiencias con metros automáticos se remontan a principios de los años ochenta; desde entonces no han parado de extenderse. Hoy día encontramos líneas automáticas en ciudades tan diversas como París, Copenhague, Singapur o Vancouver, entre otras.

Entre los metros automáticos los hay ligeros, como por ejemplo los de Lille y Toulouse, en Francia, y de gran capacidad o pesados, como en la actual línea 14 (o Meteor) de París. La línea 9/10 que se construye actualmente en Barcelona será un metro pesado, mientras que la línea 11, adaptada para la circulación sin conductor, es un caso de metro ligero.

En España no existe a día de hoy ninguna línea automática en funcionamiento, a excepción de en Barcelona. Así pues, las líneas 9/10 y 11 son las primeras que emprenden esta senda innovadora, aunque han alcanzado ya un considerable nivel de madurez. Hasta la fecha, más de 30 ciudades de todo el mundo han construido y explotan satisfactoriamente metros automáticos, ligeros o pesados, y son muchas más las que disponen de proyectos avanzados.

Líneas automáticas en la red de metro de Barcelona. Horizonte 2015

- L9** Terminal entrepistes Can Zam
- L10** Polígon Pratenc Gorg
- L2** Terminal entrepistes Badalona Centre
- L11** Trinitat Nova Can Cuiàs





El funcionamiento automático de la L9/L10



La L9/L10, la más moderna de la red de metro barcelonesa, se ha concebido desde el inicio para que funcione automáticamente sin conductor, tanto por lo que respecta a la infraestructura como al material móvil. Esto se traduce en que los trenes realizan el recorrido a la velocidad asignada y se detienen en las estaciones de acuerdo con un programa predeterminado que puede variar según el día de la semana y la franja horaria, si bien el centro de control puede intervenir en cualquier momento para incorporar o retirar trenes en función de la demanda. En las estaciones, la entrada y salida del pasaje se efectúa a través de las puertas de andén, que se abren y cierran de manera sincronizada con las de los trenes y evitan así intrusiones y caídas a la vía.

Entre otras características del funcionamiento automático destacan la mecanización de la venta de títulos y el control remoto de las instalaciones fijas ya presentes en la actual red de metro de TMB.



Tecnología al servicio de la máxima seguridad

La L9/L10 representa un salto cualitativo en la forma de explotar las líneas de metro. Este salto se produce básicamente por la tecnología empleada, que permite el **control remoto de recursos e infraestructuras existentes** (trenes, estaciones, etc.) en la línea, por ejemplo:

- Supervisión del estado de los sistemas de los trenes y el interior de los vagones
- Supervisión y control de instalaciones fijas como ascensores, escaleras mecánicas, distribuidoras de títulos y líneas de peaje
- Automatización de la apertura y la puesta en marcha de las estaciones

Mediante el control remoto pueden sincronizarse, además, todos estos elementos para optimizar el funcionamiento de acuerdo con las necesidades del servicio.

Para hacerlo viable, la L9/L10 dispone de una **red inalámbrica de banda ancha** que posibilita la transmisión **de datos e imágenes entre el centro de control y el interior de los trenes**. Esta tecnología admite el envío de información y vídeos en tiempo real entre los trenes que circulan automáticamente y el centro de control que supervisa todas las operaciones, lo que aporta mayor seguridad.

La banda ancha permite transmitir contenidos multimedia para reproducirlos en las pantallas ubicadas en el interior de los trenes con inmediatez y eficacia, de manera que los usuarios puedan estar informados en todo momento.

El telecontrol y la monitorización del material móvil es un **sistema innovador** que permite gestionar los diferentes dispositivos integrados en cada uno de los trenes y disponer así de toda la información sobre éstos en el centro de control. La ausencia de conductor en la cabina del tren simboliza, de hecho, el acceso a un nuevo estadio tecnológico, consecuencia lógica de una evolución que se inició hace algunos años ya con la implantación de sistemas de protección automática de trenes (ATP) y de conducción asistida (ATO).



Trenes automáticos, máxima expresión de la seguridad

La automatización aumenta la seguridad técnica del metro y ayuda a dar respuesta a la movilidad ciudadana

Puertas de andén

Sincronizadas con las puertas del tren; evitan intrusiones y caídas a las vías

Centro de Control

El personal especializado supervisa todos los procesos las 24 horas del día



Megafonía

Permite al Centro de Control dar información e instrucciones a los pasajeros

Monitores de TV

Información visual constante dirigida a los pasajeros

Videovigilancia

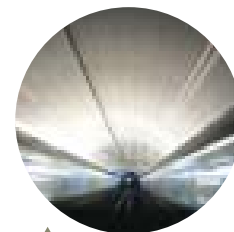
Transmite imágenes en tiempo real al Centro de Control

Interfonos

Permiten a los pasajeros comunicarse con el Centro de Control

Radio

Diagnóstico de los equipos del tren en tiempo real a través de radio



Experiencia de viaje

La ausencia de cabina hace que los viajeros tengan una visión privilegiada al frente del tren

Recursos de emergencia

Desbloqueadores de puertas, puertas de evacuación frontales

Conducción automática

ATC

Control automático de trenes que determina el itinerario y las paradas para optimizar los tiempos de paso

Telecontroles

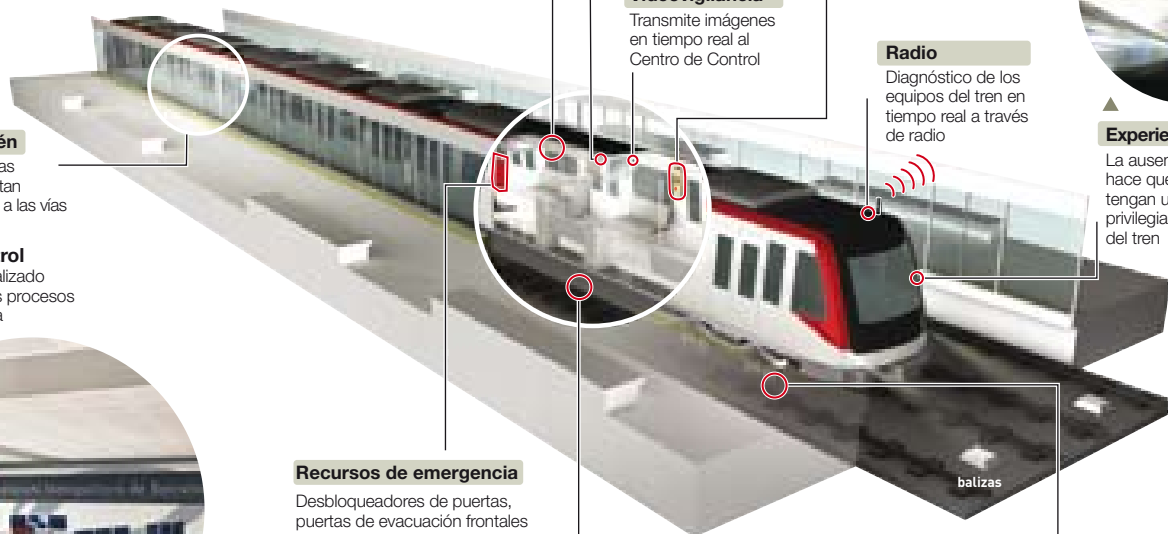
Permiten dar órdenes a los mecanismos del tren desde el Centro de Control

Equipos redundantes

Entran en acción en caso de fallo de los equipos principales

Odometría

Determina continuamente la posición del tren en la vía junto con las balizas



Trenes automáticos para mejorar el servicio

Los trenes que dan servicio a la L9/L10 son **automáticos**, es decir, sin conductor, y se **localizan, controlan y programan desde el Centro de Control de Metro (CCM)**, ubicado en la Sagrera. El sistema localiza los trenes con ayuda de estaciones de radio y balizas y mide la distancia que los separa.

Los trenes que circulan por la L9/L10 pertenecen a la serie 9000 y se caracterizan por **su estructura ligera, tecnología avanzada y elevado ahorro energético**. Además, la duplicación de los equipos permite multiplicar su fiabilidad y la capacidad para comunicarse de manera permanente con el centro de control.

Las unidades de la serie 9000 tienen una longitud de 85.860 metros y están formadas por cinco coches, cuatro de los cuales corresponden a coches motores y el restante a remolque. Se caracterizan por su estructura de caja realizada con perfiles estándar de aluminio; el acero se ha empleado en otros componentes de la estructura sujetos a prestaciones superiores como el cabezal o la traviesa de pivote.

El diseño interior es **moderno** y se ha **adaptado a las exigencias del transporte metropolitano: gran capacidad, confort y seguridad**. Los coches se enlazan por medio de un pasillo de interconexión tipo gusano. Cada uno tiene cuatro puertas de acceso a cada lado, equidistantes a lo largo de toda la longitud del tren para posibilitar el cierre de andenes.

Cada tren tiene una capacidad máxima de 959 pasajeros (112 pasajeros sentados y 845 de pie; también dispone de espacio para dos pasajeros con movilidad reducida). En los coches de los extremos hay **zonas adaptadas para personas con movilidad reducida**, espacio para bicicletas, etc.

Los trenes funcionan en modalidad automática sin conductor (ATC-S), aunque cuando circulan por otras líneas convencionales pueden hacerlo con conductor (ATP-ATO). El pupitre de conducción es plegable y se ha integrado en el diseño de cabina.

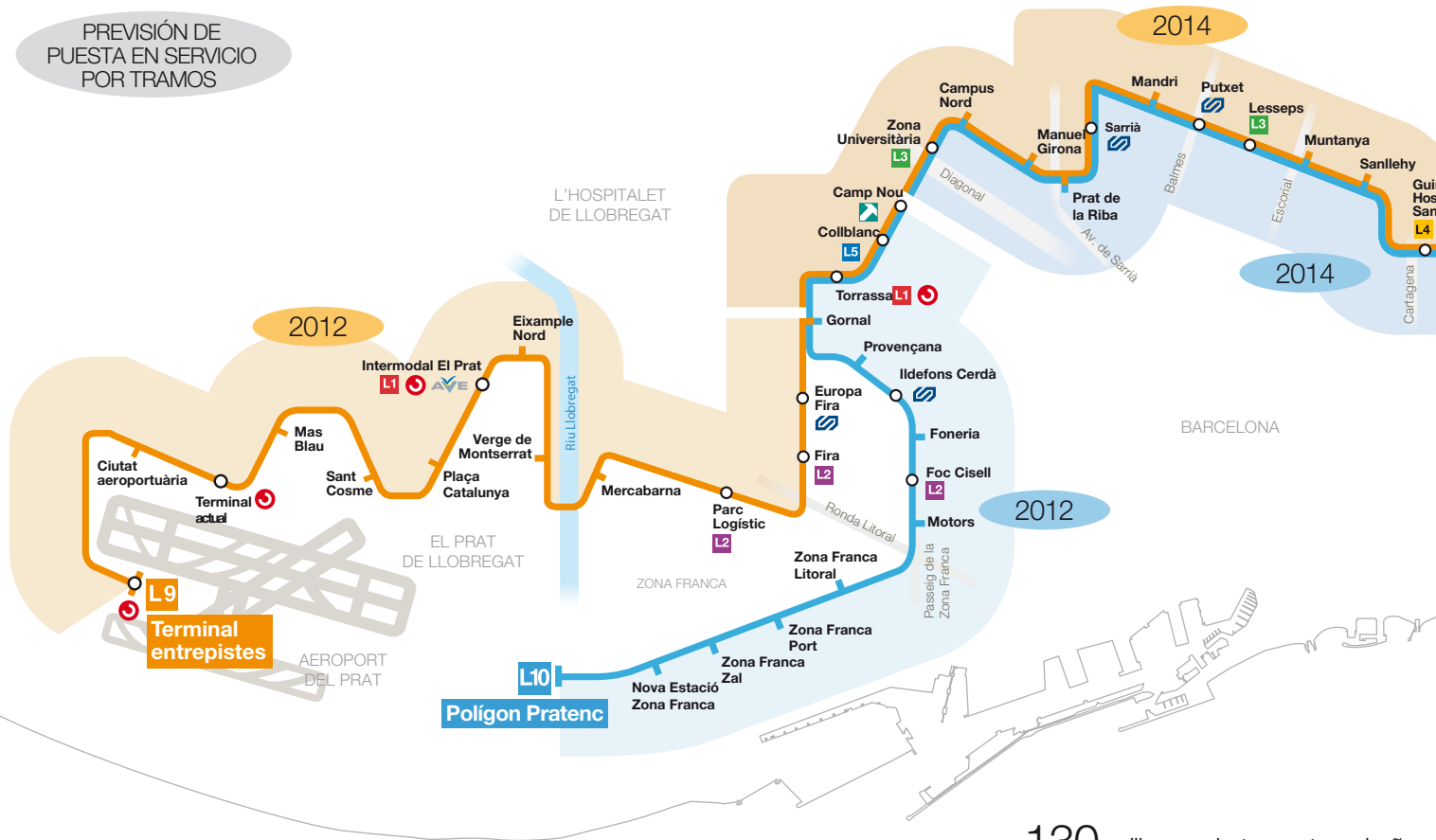
Las puertas de los coches son de doble hoja, de tipo deslizante, encajables y de accionamiento eléctrico, lo que asegura la hermeticidad y la seguridad del pasaje. Cada coche cuenta con cuatro puertas por cada lado, con una anchura de paso que hace posible una evacuación rápida y segura en cualquier circunstancia.

Disponen de sistemas **de información activa al pasajero**: megafonía interior, indicadores de línea luminosos situados en todas las puertas, indicador de número de tren y dispositivo de intercomunicación de emergencia. Todas las unidades incorporan un **sistema de información visual** a través de pantallas LCD con control de luminosidad, así como sistemas de detección de incendios y de videovigilancia. Además, los trenes están dotados de aire acondicionado integrado y una insonorización interior máxima.

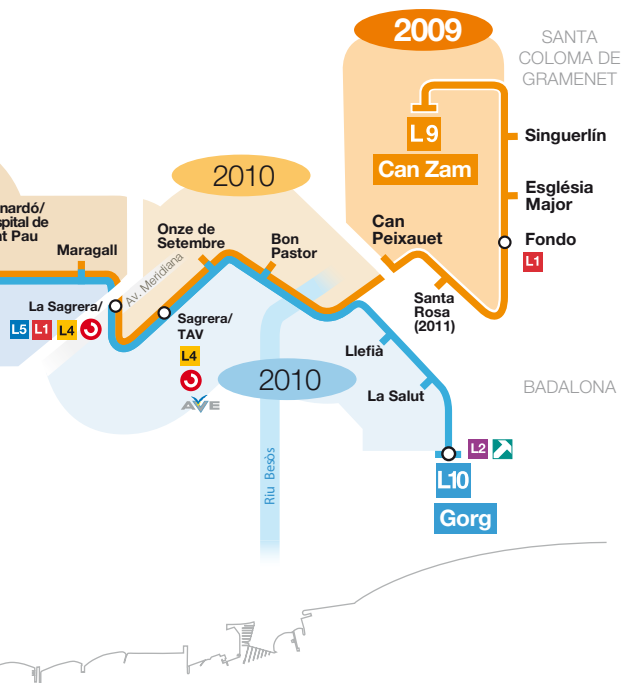
Como novedad, cabe destacar la incorporación de una rampa de evacuación en el frontal de los trenes.

L9/L10, la línea de metro automática más larga de Europa

PREVISIÓN DE
PUESTA EN SERVICIO
POR TRAMOS



130 millones de trayectos al año
350.000 validaciones/día



47,8 km de longitud
0-70 m de profundidad

52 estaciones
20 intercambiadores

Cuando esté totalmente acabada, la L9/L10 será **la línea automática de metro más larga de Europa**, con 47,8 kilómetros de longitud, 52 estaciones en cinco municipios del área metropolitana de Barcelona y una demanda estimada de 165 millones de viajeros anuales en el 2020.

Desarrollar una infraestructura de tal magnitud y **con un presupuesto total de 6.500 millones de euros** requiere disponer de una organización firme y cohesionada. La Generalitat de Catalunya, a través del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas, ha sido la encargada de impulsar el planeamiento y la construcción de la línea. La financia y la promueve junto con Ifercat (Infraestructuras Ferroviarias de Cataluña) y la gestiona y la construye con GISA (Gestió d'Infraestructures, SAU).

La nueva línea cruzará **Barcelona** y unirá **Badalona** y **Santa Coloma de Gramenet** con **L'Hospitalet** y **El Prat de Llobregat**. Dará servicio a zonas con una gran demanda que hasta ahora no disponían de conexión de transporte público ferroviario, como los barrios de Singuerlín, Liefià, Santa Rosa, Bon Pastor, Can Peixauet, Zona Franca, Sant Cosme, Mas Blau, la Zona de Actividades Logísticas (ZAL), el polígono industrial de la Zona Franca, los campus universitarios de la UB y la UPC, la Fira, la Ciutat de la Justicia y el aeropuerto de El Prat, entre otros. Además, veinte de las estaciones serán intercambiadores que permitirán mejorar la movilidad en el área metropolitana de Barcelona, ya que conectarán con otros sistemas de transporte ferroviario colectivo como la red de Cercanías, el AVE y otras líneas de metro, de FGC o de tranvía.

La construcción de una nueva e innovadora línea

La construcción de la L9/L10 de metro constituye **un gran reto en materia de grandes infraestructuras subterráneas en España**. Las condiciones del terreno, que engloba todas las tipologías de suelo, desde los arenales de los deltas del Besós y del Llobregat hasta el terreno rocoso de Collserola, hacen que sea necesario utilizar **las tecnologías y los diseños más innovadores para este tipo de construcciones**.

La mayor parte del recorrido de la L9/L10 se construye con **tuneladoras de última generación**, preparadas para perforar terrenos de diferentes composiciones. Este método constructivo garantiza la estabilidad y la estanqueidad del túnel, no afecta la superficie y minimiza el impacto sobre el entorno.

Las tuneladoras utilizadas en la construcción de la L9/L10 tienen dos medidas de cabezal diferentes. Desde el aeropuerto de El Prat hasta L'Hospitalet de Llobregat se utiliza una tuneladora con **cabezal de 9,4 metros de diámetro**, de manera que la doble vía se sitúa al mismo nivel. En este tramo **los trenes circularán en paralelo**.

En el resto de la línea se está utilizando una tuneladora con un **cabezal de 12 metros de diámetro** que permite que **los trenes circulen a diferentes niveles**, que los andenes se encuentren situados dentro del túnel y que las vías estén superpuestas.

En el tramo de la Zona Franca donde la línea conectará con el puerto y la ZAL, **los trenes circularán sobre un viaducto** situado a 6,5 metros de altura. El viaducto, que tendrá una longitud de 4 kilómetros, es el primero de estas características que se construye en España y contribuirá a mejorar la movilidad en la Zona Franca.

En esta zona también se están construyendo actualmente talleres y cocheras. Se trata de un edificio de 26.000 metros cuadrados y doce vías de estacionamiento en el que se ubicarán también oficinas. En el otro extremo de la línea, en Santa Coloma de Gramenet, también hay talleres y cocheras.

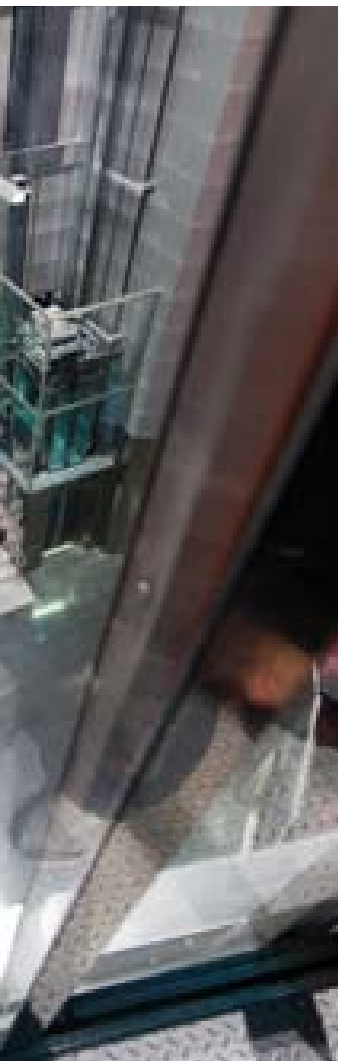
La construcción de las estaciones de la L9/L10 está condicionada por tres factores: la profundidad del subsuelo, el cruce con el resto de líneas de metro y servicios y el alto grado de urbanización de los territorios que atraviesa. Teniendo en cuenta esos factores se han diseñado tres modelos de estación:

Estación tipo de la L9/L10. Treinta de las estaciones se han diseñado en forma de gran pozo cilíndrico, con un vestíbulo superior (con accesos al exterior) y otro inferior o preandén (conectado a los andenes) que se comunican entre sí por medio de ascensores de gran capacidad y escaleras de emergencia. En este tipo de estaciones, los andenes están situados dentro la sección del túnel y los trenes circulan superpuestos en dos niveles.

Estación subterránea clásica. Diecisiete estaciones están situadas en tramos poco profundos y se construyen mediante pantallas con excavación a cielo abierto. En este caso los trenes circularán en paralelo, al mismo nivel.

Estación exterior en el viaducto. La Zona Franca acoge cinco estaciones proyectadas en el exterior sobre un viaducto con vías paralelas y andén central.





La L9/L10 destaca por la comodidad y la seguridad de sus estaciones. Pese a las diferencias de construcción, todas ellas tienen accesos innovadores y sistemas de seguridad modernos.

Para llegar desde el vestíbulo hasta el andén se emplean ascensores de alta velocidad dotados de un eficaz sistema de seguridad. Los ascensores funcionan coordinadamente con la llegada de los trenes al andén. Las estaciones son totalmente accesibles y disponen asimismo de ascensores adaptados para personas con movilidad reducida y caminos para invidentes.

Por otra parte, todas las estaciones disponen de mamparas que separan los andenes de la zona de circulación de trenes. La apertura de las mamparas se realiza de manera coordinada respecto a la de las puertas de los trenes. Este sistema mejora la seguridad a los andenes.

En el diseño de las estaciones trabajan diferentes arquitectos que han creado acabados diversos por grupos de estaciones. Esto permite presentar a los usuarios una visión rica, diferente y variada de los diseños arquitectónicos, a la vez que identificadora.

Las estaciones también incorporan la experiencia creativa de artistas, con el objetivo de situar el arte en el entorno de las personas y crear un espacio personalizado en cada barrio. La idea es que las estaciones mantengan un aspecto característico en cada tramo, pese a la armonía y continuidad del conjunto.

La Generalitat de Catalunya ha impulsado la construcción de la L9/L10, una obra ambiciosa por su envergadura, por el esfuerzo inversor que comporta y, sobre todo, por los beneficios que reportará a los centenares de miles de personas que usan el transporte público en el área metropolitana de Barcelona.

Con la puesta en servicio del nuevo metro se está dando un paso de gigante, puesto que la línea garantiza la cobertura en un territorio con una elevada densidad de movilidad y ampliará exponencialmente la oferta de transporte público en las comarcas barcelonesas. El Gobierno de la Generalitat tiene el firme compromiso de trabajar para ampliar y mejorar los servicios de transporte colectivo de viajeros y, de esta manera, dar respuesta a las necesidades de movilidad de la ciudadanía a un coste mínimo para la colectividad y de una manera ambientalmente sostenible.



