

# Comunicaciones de las nuevas líneas automáticas 9/10 de Transportes Metropolitanos de Barcelona, TMB – “un avance tecnológico”

Ana De Sousa, División de Tecnología\_AudingIntraesa.

AudingIntraesa, como consultoría e ingeniería integral, participa desde sus inicios en la Dirección de Obra del proyecto de Comunicaciones de las nuevas líneas 9 y 10 de Metro de Barcelona, en adelante L9.

El proyecto de la L9 nace en el año 2000 con el objetivo de dar servicio a diversas áreas de elevado interés logístico para la ciudad y con una gran demanda de transporte público. La nueva L9 es clave para la movilidad de la ciudad, contribuyendo a una distribución más equitativa y funcional de la demanda de los usuarios. Los principales puntos de paso son los siguientes (**Figura 1**):

- ✓ Barrios más alejados de Barcelona (eje Carlos III - Ronda del Mig – Travesera de Dalt - Sagrera)
- ✓ Municipios del Barcelonés (Badalona, Santa Coloma de Gramanet y Hospitalet de Llobregat).
- ✓ Municipios del Baix Llobregat (el Prat de Llobregat).
- ✓ Zonas de interés logístico (Zona de Actividades Logísticas (ZAL) del puerto, la Zona Franca y el Aeropuerto del Prat).

Dada la gran longitud y complejidad de esta nueva línea, el estudio de implantación se dividió en diferentes tramos y etapas de desarrollo. El trazado definitivo acordado por La generalitat de Catalunya y el Ayuntamiento de Barcelona, dispondrá de 52 estaciones y

46,6 km de longitud, divididos en los siguientes tramos :

- ✓ **Tramo I:** desde aeropuerto del Prat hasta el Parque Logístico (ZAL) – 13,9 Km.
- ✓ **Tramo II:** desde la estación de Zona Franca hasta Zona Universitaria - 12,3 km.

En este tramo habrá un ramal hacia el Puerto donde se implantarán las Cocheras de Zona Franca para el mantenimiento de vehículos.

- ✓ **Tramo III:** desde Zona Universitaria hasta Sagrera | TGV - 9,4 km.
- ✓ **Tramo IV:** desde Sagrera hasta Badalona (Gorg) y Santa Coloma de Gramanet (Can Zam) - 11 km. Al final de la línea de Can Zam se sitúan las cocheras de Can Zam para el mantenimiento de vehículos.

Actualmente, nos encontramos dentro del proceso de inauguración del tramo IV de la línea que finalizará el presente mes de Junio con la inauguración de las estaciones de Onze de Setembre y La Sagrera, que conectarán los ramales de Badalona y Santa Coloma con la red existente de TMB en Barcelona.

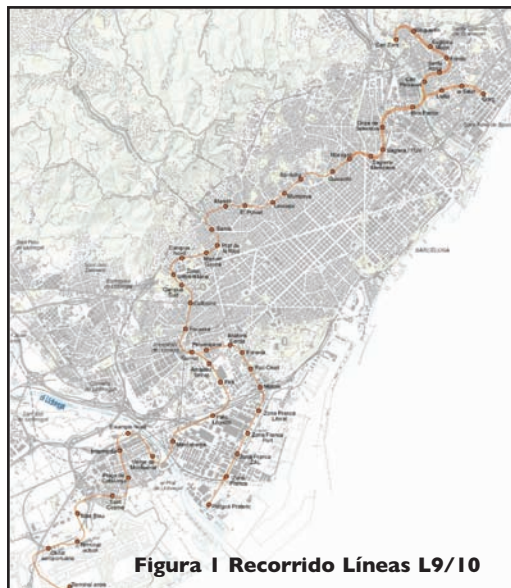


Figura 1 Recorrido Líneas L9/10

## Servicios de Comunicaciones

El elevado grado de automatización tanto de las estaciones como del material embarcado de la L9 hacen que los niveles de disponibilidad y fiabilidad de los servicios y sistemas de Comunicaciones adquieran una importancia vital. El proyecto de Comunicaciones debe proporcionar el canal y conectividad necesaria para permitir dicha automatización con altísimos niveles de calidad. Entre los servicios dotados por el Proyecto de Comunicaciones destacan los siguientes:

- ✓ Canales de comunicaciones redundantes para la conducción automática (sin necesidad de personal a bordo).
- ✓ Canales de comunicaciones redundantes para controlar el cerramiento de las Puertas de andén, necesarias para incrementar la seguridad y el confort, así como, mejorar la explotación.
- ✓ Sistema de Información al cliente de calidad y en tiempo real mediante pantallas dinámicas sincronizadas con el tráfico de trenes.
- ✓ Sistema de Video vigilancia para el soporte a la operación y seguridad en todos los ámbitos (tren, ascensores, andén ...)
- ✓ Canales de comunicaciones redundantes para el sistema automático de Validación y Venta.
- ✓ Canales de comunicaciones redundantes para el Control remoto desde el Centro de Control de Metro de instalaciones y sistemas (circulación, energía, comunicaciones, seguridad, accesos, líneas de peaje, venta, ascensores ....y funciones del tren)
- ✓ Canales de comunicaciones redundantes para dispositivos móviles para el apoyo de

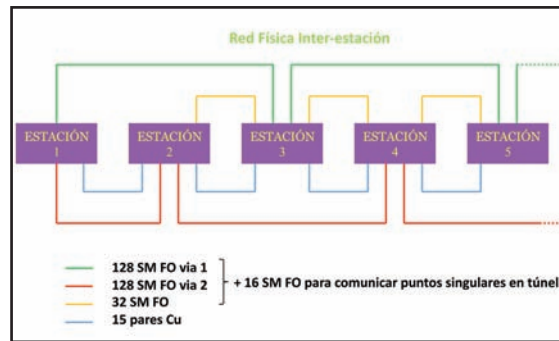


Figura 2 Topología de la red física inter-estación

funciones de los empleados (información, alarmas, localización ...)

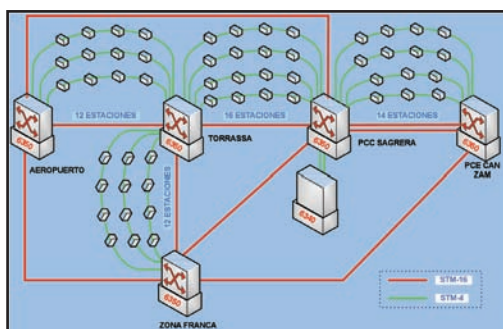
Las Comunicaciones de voz y datos de la L9 se soportan sobre una Red Física redundante tanto a nivel de estación como inter-estación. La solución propuesta para el cableado inter-estación puede observarse en la siguiente figura (Figura 2).

En cada uno de los túneles, se instala un cable de cable troncal de fibra óptica monomodo de 128 fibras bajo norma G.652D con doble cubierta ignífuga LSFRZH y armadura metálica anti-roedores. La instalación de dichos cables sigue una topología en tresbolillo para optimizar la distancia entre los enlaces y se prevén reservas en cada una de las entradas desde túnel a estación (30 metros) y en la entrada de la cámara de comunicaciones principal (10 metros). Además, se instala un cable de 32 fibras monomodo que va cosiendo todas las estaciones de la línea y un cable de cobre de 15 pares AWG apantallados, con cubierta ignífuga LSFRZH y armadura anti-roedores, para el sistema de telefonía de reserva.

A nivel de cableado vertical en estación se mantiene el modelo de redundancia de la red física con dos anillos de fibra óptica multimodo que recorren la estación por caminos diferentes y enlazan la cámara de comunicaciones principal (CCP) con el resto de cámaras de comunicaciones secundarias (CCS) de la estación y una estrella de cables de cobre desde CCP hacia CCS's.

La red física a nivel estación y inter-estación, soporta los siguientes servicios:

**a. Red de transmisión de voz SDH (Jerarquía Digital Síncrona),** constituida por cinco nodos troncales 6350 de Tellabs (Centro de Control Sagrera, Centro de

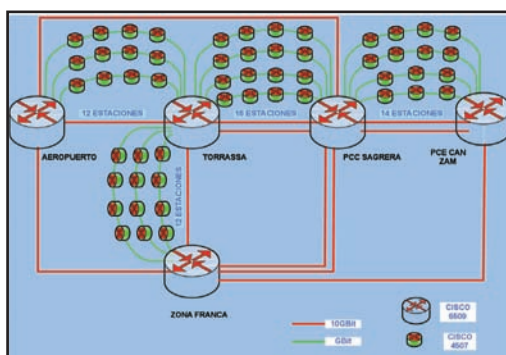


**Figura 3**  
Arquitectura de la Red SDH

Control de Emergencias Can Zam, Torrassa, Aeropuerto y Zona Franca) interconectados de forma redundante con enlaces de nivel STM-16 (2,5 Gbps) y anillos de estaciones interconectadas con enlaces de nivel STM-4 (622 Mbps) (**Figura 3**). La red SDH, transporta los siguientes subsistemas:

- ✓ Voz del sistema de telefonía: todas las salas técnicas tanto de estación como de túnel están equipadas con teléfonos analógicos y/o digitales.
- ✓ Voz del sistema de interfonía: en diferentes zonas de estación y túnel se instalan interfonos que permiten la comunicación de usuarios y personal de mantenimiento con Atención al usuario y/o Centro de Seguridad.
- ✓ Voz del sistema de megafonía: existen altavoces en vestíbulos, andenes y pre-andenes, ascensores, zonas de confinamiento y salas técnicas.
- ✓ Interconexión entre las diferentes estaciones base y las matrices de conmutación (SCN) de la red de radiocomunicaciones TETRA ferroviario.
- ✓ Interconexión entre las estaciones base y los multiplexores digitales (DN2) de la red de radiocomunicaciones RESCAT.
- ✓ Ruta de back-up telemandos.

**b. Red de transmisión de datos IP**, constituida por cinco nodos troncales 6509 de Cisco (Centro Control en Sagrera, Centro



**Figura 4**  
Arquitectura de la Red IP

de Control de Emergencias en Can Zam, Torrassa, Aeropuerto y Zona Franca) interconectados de forma redundante con enlaces de 10 Gbps y anillos de estaciones interconectadas con enlaces de 1 Gbps (**Figura 4**). La red IP, transporta los siguientes subsistemas:

- ✓ Datos de servicios propios del explotador (ofimática).
- ✓ Datos del sistema de video vigilancia: la estación queda cubierta con un sistema de CCTV de arquitectura distribuida.
- ✓ Datos del sistema de información al cliente: consiste en pantallas TFT ubicadas en vestíbulo y andenes que ofrecen información sincronizada con la circulación de los trenes.
- ✓ Datos del sistema de cronometría. Todos los sistemas que lo requieran reciben señal de sincronía perfecta mediante protocolo NTP. La central horaria del centro de Control está replicada en el centro de Control de Emergencias.
- ✓ Datos del subsistema de validación y venta.
- ✓ Datos del subsistema de telemandos.
- ✓ Datos del subsistema de gestión. Cada uno de los subsistemas de comunicaciones tienen su propio gestor nativo que queda integrado en un sistema Gestor de gestores que permite recibir las alarmas y cambios de estado de todos los subsistemas mediante protocolo SNMP.

**c. Red de radio digital TETRA**, que soporta:

- ✓ Interconexión entre las unidades maestras y remotas de la red de radiocomunicaciones TETRA ferroviario. La cobertura radio del túnel se realiza mediante cable radiante en túneles y mediante antenas en zonas nobles de estación. La cobertura en túnel es redundante.

**d. Red de radio digital RESCAT**, que soporta:

- ✓ Interconexión entre las unidades maestras y remotas de la red de radiocomunicaciones RESCAT. La red RESCAT de L9 no es más que una extensión de la red radio de los Cuerpos de Emergencias de la Generalitat de Cataluña.

**e. Sistemas de terceros** con necesidad de enlaces dedicados entre estaciones:

- ✓ Sistema ATC para el control automático de trenes.
- ✓ Telemandos: Selectividad lógica, arrastre, Anti-incendios.
- ✓ Fibras de reserva para la explotación.

## Conclusiones

En una línea con conducción totalmente automatizada y con estaciones pensadas para funcionar sin personal de explotación, la fiabilidad y seguridad de las comunicaciones debe ser la referencia esencial para cualquier modelo que se quiera aplicar. La automatización permite aumentar la frecuencia y minimiza el riesgo de accidentes, ya que, se reduce el riesgo de error humano.

Para conseguir los niveles de seguridad exigidos, todos y cada uno de los sistemas de Comunicaciones que componen la L9 de TMB están redundados a diferentes niveles:

- ✓ Redundancia de la capa física, a nivel inter-estación y estación.

- ✓ Redundancia de los equipos troncales y los periféricos de estación (fuentes de alimentación, tarjetas de conectividad, conexiones hacia centro de Control, etc.).
- ✓ Redundancia de la topología de conexionado de los diferentes subsistemas (líneas de altavoces redundadas, interfonos conectados de manera independiente con centralita de estación para evitar fallos en cadena, telefonía de reserva de estación por pares de cobre independientes de la telefonía por SDH, etc.).
- ✓ Redundancia de la cobertura Radio en túnel. En caso de fallo de la red Tetra de una determinada estación, se puede cubrir el túnel desde las estación/es vecina/s.
- ✓ Redundancia del centro de Control. Existe un Centro de Control de back-up desde el que se podría operar en caso de Emergencia o fallo de Centro de Control principal.

Todas estas medidas en su conjunto, permiten la automatización 100 % y la excelencia de servicio en la nueva L9 de TMB.