



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union



Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una

Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza

ANTEPROYECTO

Anejo nº12. Comunicaciones y Centro de Control

Zaragoza, marzo de 2019





Co-financed by the Connecting Europe Facility of the European Union

ÍNDICE

1. OBJETO	4		
2. NORMATIVA	5		
3. COMUNICACIONES	7		
3.1. RED IP MULTISERVICIO	7		
3.1.1. Introducción y condiciones generales	7		
3.1.2. Topología de red	8		
3.1.3. Electrónica de red	9		
3.1.4. Capa física	10		
3.2. RED DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES	11		
3.2.1. Introducción y condiciones generales	11		
3.2.2. Componentes y funciones principales	11		
3.3. RED WI-FI	12		
3.3.1. Introducción y condiciones generales	12		
3.3.2. Componentes y funciones principales	12		
3.4. SISTEMA DE TELEFONÍA IP	13		
3.5. SISTEMA DE INTERFONÍA IP	14		
3.6. SISTEMA DE MEGAFONÍA	14		
4. CENTRO DE CONTROL	15		
4.1. FUNCIONES PRINCIPALES Y CONDICIONES GENERALES	15		
4.2. HARDWARE	16		
4.3. SOFTWARE	16		
4.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	18		
4.5. CONEXIÓN CON OTROS CENTROS	19		
5. SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN Y SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO (SAE/SIV).....	19		



Co-financed by the Connecting Europe
Facility of the European Union

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Topología de la Red IP Multiservicio basada en 4 anillos que recorren la totalidad de la línea	9
Ilustración 2. Arquitectura del Sistema SAE.....	20
Ilustración 3. Ejemplo de Monitor SAE/SIV embarcado.....	20
Ilustración 4. Ejemplo de Pantalla de Regulación a Bordo	21
Ilustración 5. Ejemplo de Pantalla de Operador SAE/SIV en el Centro de Control.....	22

1. OBJETO

El presente Anejo nº12. Comunicaciones y CC forma parte del Anteproyecto correspondiente al “Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este - Oeste en Zaragoza”.

El objeto del presente Anejo es describir los sistemas de comunicaciones y del centro de control para la línea del Tranvía Este-Oeste en Zaragoza, que deberán permitir cumplir las normas de seguridad SIL-3.

Las instalaciones y sistemas incluidos en el presente Anejo son las siguientes:

- Comunicaciones:
 - Red IP Multiservicio sobre fibra óptica monomodo: Es la red sobre la que se transmiten los servicios de comunicaciones fijas de la nueva línea del tranvía.
 - Red de radiocomunicación digital TETRA: Es la red sobre la que se transmiten los servicios de comunicaciones móviles de la nueva línea del tranvía.
 - Red WiFi “tren-tierra”: Se trata de una red específica para transmisión de datos de explotación del SAE (Sistema de Ayuda a la Explotación) desde las unidades móviles a la red o al sistema en tierra.
 - Sistema de Telefonía: Se plantea de tecnología VoIP, funcionando sobre la Red IP Multiservicio.
 - Sistema de Interfonía: Se plantea de tecnología VoIP, funcionando sobre la Red IP Multiservicio.
 - Sistema de Megafonía: También hará uso de la Red IP Multiservicio, concretamente los enlaces del sistema que puedan transportarse sobre Ethernet/IP.
- Centro de Control
- Sistema SAE/SIV (Sistema de Ayuda a la Explotación y Sistema de Información al Viajero)

2. NORMATIVA

En general, serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales, que guarden relación con las obras objeto del presente anejo, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas y que se hallen en vigor en España. En particular:

- R.E.B.T. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- E.I.A. Asociación de Industrias Electrónicas
- C.E.P.T. Comité Europeo de Correos y Telégrafos
- Normas U.N.E.
 - UNE 20-432 Ensayos de los cables eléctricos sometidos al fuego.
 - UNE 20-512 (I). Fiabilidad de equipos y componentes electrónicos. Terminología.
 - UNE 20-512 (V). Fiabilidad de equipos y componentes electrónicos. Toma de datos. Disponibilidad y mantenibilidad a partir de resultados de explotación.
 - UNE 20-608. Pruebas de fiabilidad de equipos.
 - UNE 20812: 1995 – Técnicas de análisis de fiabilidad de sistemas. Procedimientos de análisis de los modos de fallo y de sus efectos.
 - UNE 20864: 1993 - Normalización de Interconexiones entre Emisores de Radiodifusión o entre Sistemas de Emisores y Equipos de Supervisión.
 - UNE EN 50310 Aplicación de las redes equipotenciales y de las puestas a tierra en los edificios con equipos de tecnologías de información.
 - UNE EN 50174-1 Tecnología de información. Instalación del cableado. Especificación y aseguramiento de calidad.
- CENELEC
 - Normativa europea para cableado estructurado
 - CENELEC EN 50310 Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment.
 - CENELEC EN 50173 Information technology – Generic cabling system.
 - CENELEC EN 50174-1 Information technology – Cabling installation Part 1: Specification and quality assurance.
 - CENELEC EN 50174-2 Information technology – Cabling installation Part 2: Installation planning and practices inside buildings.
 - CENELEC EN 50174-3 Information technology – Cabling installation Part 3: Installation planning and practices external to buildings.
- I.S.O / Organización Internacional de Normalización
 - ISO 1745: Proceso de información. Procedimiento de control básico para sistemas de comunicación de datos.
 - ISO 7498: Interconexión abierta de sistemas.
 - ISO/IEC IS 11801 Information technology – Generic cabling for customer premises.
 - ISO/IEC IS 14763-1 Information technology – Implementation and operation of customer premises – Part 1: Administration.
 - ISO/IEC IS 14763-2 Information technology – Implementation and operation of customer premises – Part 2: Planning and installation.
 - ISO/IEC IS 14763-3 Information technology – Implementation and operation of customer premises – Part 3: Testing of optical fiber cabling.

– I.E.C. / Comité Electrotécnico Internacional

- IEC 61935-1 Generic cabling systems – Specification for the testing of balanced communication cabling in accordance with ISO/IEC 11801 – Part 1: Installed cabling.
- IEC 529/EN 60529: Especificación para los grados de protección proporcionados por cubiertas (código IP).
- IEC 605-1: Pruebas de fiabilidad del equipamiento; parte 1: Requisitos generales.
- IEC 605-7: Pruebas de fiabilidad del equipamiento; parte 7: Planes de pruebas de conformidad para la tasa de fallos y tiempo medio entre fallos asumiendo una tasa de fallos constante.
- IEC 255-4: Compatibilidad electromagnética.
- IEC 255-5: Resistencia de aislamiento.
- IEC 801-2: Descarga electrostática.
- IEC 255-5: Rigidez dieléctrica.

– I.T.U. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

- ITU-T H.323: Sistemas de Comunicaciones Multimedia Basados en Paquetes.
- ITU-T L.1: Construcción, Instalación y Protección de Cables de Telecomunicaciones en Redes Públicas.
- ITU-T L.11: Estandarización de Planes de Conducción Subterráneos.
- ITU-T G.650: Definición y métodos de test para los parámetros más relevantes de la fibra óptica monomodo
- ITU-T G.652: Características del cable de fibra óptica monomodo
- ITU-T G.653: Características del cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada
- ITU-T G.655: Características del cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula.
- ITU-T G.661: Definición y métodos de prueba de los parámetros genéricos pertinentes de los dispositivos y subsistemas amplificadores ópticos.

– ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones)

- ETSI TS 100 392-2 V3.9.1 (2019-01) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI)
- ETSI TR 100 392-17-6 V1.1.1 (2018-12) TETRA and Critical Communications Evolution (TCCE); Part 17: TETRA V+D, DMO and associated specifications; Sub-part 6: Release 2.2
- ETSI TS 101 053-2 V2.5.1 (2018-12) Rules for the management of the TETRA standard encryption algorithms; Part 2: TEA2
- ETSI TS 100 392-5 V2.6.1 (2018-06) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D) and Direct Mode Operation (DMO); Part 5: Peripheral Equipment Interface (PEI)
- ETSI TS 100 392-9 V1.6.1 (2018-05) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 9: General requirements for supplementary services
- ETSI TS 100 392-1 V1.5.1 (2018-04) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 1: General network design
- ETSI TR 102 022-2 V1.2.1 (2018-01) User Requirements Specification; Mission Critical Broadband Communications; Part 2: Critical Communications Application
- ETSI TS 103 269-2 V1.2.1 (2017-06) TETRA and Critical Communications Evolution (TCCE); Critical Communications Architecture; Part 2: Critical Communications application mobile to network interface architecture
- ETSI EN 300 392-7 V3.4.1 (2017-01) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 7: Security
- ETSI EN 300 396-6 V1.6.1 (2016-11) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Direct Mode Operation (DMO); Part 6: Security
- ETSI TR 102 300-7 V1.2.1 (2016-11) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D): Designers' guide; Part 7: TETRA High-Speed Data (HSD); TETRA Enhanced Data Service (TEDS)

- ETSI EN 300 392-12-4 V1.4.1 (2016-07) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 12: Supplementary services stage 3; Sub-part 4: Call Forwarding (CF)
- ETSI TR 102 300-6 V1.1.2 (2016-05) Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D): Designers' guide; Part 6: Air-Ground-Air
- ETSI TS 101 052 V2.1.1 (2016-02) Rules for the management of the TETRA standard authentication and key management algorithm set TAA1
- I.E.E.E. Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 - IEEE 802 Normas para redes de Área Local y Metropolitana
 - IEEE 802.11 a/b/g/n/ac Normas para sistemas Wi-Fi

En caso de discrepancias entre las normas anteriores y salvo manifestación expresa en contra, se entenderá válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones legales se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

El equipamiento electrónico instalado en campo deberá soportar condiciones de humedad y temperatura asimilables a condiciones de intemperie.

3. COMUNICACIONES

3.1. RED IP MULTISERVICIO

3.1.1. Introducción y condiciones generales

La nueva línea del tranvía de Zaragoza dispondrá de una red de comunicaciones fija para transmitir toda la información necesaria desde las paradas y otras ubicaciones hasta el Centro de Control. Dicha red de comunicaciones estará basada en Ethernet/IP e integrará prácticamente todos los servicios de comunicaciones fijas relativos al tranvía en su funcionamiento normal. La capa física serán anillos de fibra óptica monomodo y la electrónica de red se basará en tecnología Gigabit Ethernet con puertos de cobre 10/100/1000 Base T y puertos de fibra 1000BASE-LX. Los distintos servicios de comunicaciones se configurarán como VLANs dentro de la WAN global del Tranvía de Zaragoza.

Los sistemas que van a comunicar por esta red IP son:

- Sistema de Señalización Tranviaria / Ferroviaria, descrito en el capítulo de Señalización. Los armarios de señalización y enclavamientos dispondrán de interfaces Ethernet para conectar a los switches de la red IP multiservicio.
- Sistema de Billetaje, descrito en el capítulo de Sistema Tarifario. Las máquinas expendedoras de títulos de transporte en paradas dispondrán de puerto RJ-45 para conectar a los switches de Parada la red IP multiservicio.
- Sistemas de telemando de energía y/u otros sistemas en subestaciones eléctricas / de tracción, descrito en el capítulo de Suministro y Catenaria.
- Sistema Wi-Fi “tren-tierra”. Los puntos de acceso WiFi se conectarán con la Red IP fija mediante interfaces Ethernet en cobre. Para distancias superiores a 100 m se emplearán convertidores de medios UTP/FO en ambos extremos.
- Sistema de Telefonía IP
- Sistema de Interfonía IP
- Sistema de Megafonía
- Sistema SAE/SIV

- Sistema de CCTV
- Otros (Telemetría, Cronometría, Control de Accesos, conexiones entre Estaciones Base TETRA, u otros sistemas previstos en el futuro).

La red IP completa deberá estar dimensionada con suficiente capacidad como para dar servicio a todos estos sistemas con alta calidad de transmisión, y además permitir un crecimiento futuro en tráfico y en servicios de hasta un 30%.

La red IP contará con equipamiento de gestión a instalar en el Centro de Control que se empleará para las tareas de administración y mantenimiento de la red. El gestor de red facilitará la visualización del estado técnico y de la configuración de todo equipo conectado a la red. Ésta deberá diseñarse con criterios estrictos de seguridad, fiabilidad, disponibilidad, y mantenibilidad. Así pues, el mantenimiento de primer nivel resultará sencillo mediante la utilización de las herramientas adecuadas. Asimismo, la propia red facilitará la gestión y mantenimiento de los elementos que conecta, a través del protocolo SNMP. Por tanto, como criterio general, todos los elementos y componentes IP de la red multiservicio, así como los dispositivos a ella conectados soportarán preferiblemente SNMP para su monitorización y gestión.

Las transmisiones deberán ser insensibles a las perturbaciones eléctricas y electromagnéticas presentes a lo largo de la vía. Se preferirá y especificará el uso de cables de fibra ópticas sin partes metálicas de refuerzo (armadura de acero/copolímero corrugada y termosoldada, por ejemplo), no obstante, en caso de presentarse algún tramo de cable reforzado con componente metálica, ésta deberá ponerse a tierra adecuadamente para evitar corrientes de fuga e interferencias electromagnéticas que pudieran afectar a cableado de telecomunicaciones cercano. Se seguirán siempre las instrucciones y recomendaciones del fabricante a la hora de instalar y tender cables de comunicaciones, tanto en este aspecto como en el radio de curvatura mínimo a respetar. Se plantea en principio cableado de datos no apantallado por simplicidad de instalación, por tanto la canalización de telecomunicaciones y la canalización de cableado eléctrico deberá siempre respetar las distancias mínimas de separación y los ángulos de cruce que marca la normativa vigente. En fases posteriores del proyecto podrá estudiarse la conveniencia de plantear cableado de datos apantallado FTP (Foiled Twisted Pair) siempre que la complejidad de su instalación y puesta a tierra de todos los componentes asociados no implique un sobre coste mayor que las ventajas que el apantallamiento proporciona.

Todo el cableado de comunicaciones tendrá cubierta fabricada con material no propagador de incendio, retardante de llamas, y cumplirán la norma UNE 20.432 Parte 3, Categoría C o la norma equivalente con vigencia en el momento de la instalación, con emisión libre de halógenos en caso de incendio cumpliendo la norma UNE 21147.1 (IEC-754.1) o equivalente y baja emisión de humos.

3.1.2. Topología de red

La red IP multiservicio conecta todas las paradas de la nueva línea del tranvía, así como las seis nuevas subestaciones eléctricas y de tracción previstas con el Centro de Control, donde se ubicarán los Conmutadores Principales y los Nodos de Agregación (nodos IP de Capa 3).

Cada Parada y Subestación dispondrá de un Nodo de Acceso (Switches de Acceso Ethernet) con suficientes puertos RJ-45 para todos los elementos que conecta a la red y dos interfaces para fibra óptica monomodo de largo alcance.

La topología de red propuesta se basa en 4 anillos independientes que comunican cada nodo de acceso con el Centro de Control de forma redundada, es decir, proporcionando redundancia de camino frente a la caída de cualquier enlace:

- Anillo “Las Fuentes”: Parte del Centro de Control ubicado en las Cocheras de Las Fuentes y cose la subestación eléctrica SST6 ubicada en la mismas cocheras, de ahí parte hacia las vías cosiendo a la ida las paradas P17, las ubicadas en Calle Rodrigo de Rebolledo P16A y P15A, se acerca a comunicar la subestación SST5, y vuelve al Centro de Control por la Avenida Compromiso de Caspe, cosiendo las paradas P15B y P16B.
- Anillo “San José”: Parte del Centro de Control y recorre Rodrigo Rebolledo hasta la primera parada con la que conecta, P14, localizada en la Calle de Miguel Servet, junto al desvío del ramal a San José. De ahí continúa por dicho ramal, cosiendo las paradas P18, P19, P20 y P21 y la subestación SST4. El anillo de fibra va y vuelve a P14 por el mismo camino, pero por distinto tubo. Desde P14 hasta el Centro de Control el cable de fibra óptica recorrerá Compromiso de Caspe sin entrar en ninguna parada.
- Anillo “Centro”: Parte del Centro de Control y recorre Rodrigo Rebolledo hasta la primera parada con la que conecta, P13, localizada al principio de Miguel Servet, junto al Río Huerva. De ahí continúa por el tramo de línea que atraviesa el centro de la ciudad por Paseo de la Mina, Paseo Constitución, Plaza Paraíso, Paseo Pamplona y Paseo María Agustín hasta la Avenida Navarra, cosiendo las paradas P12, P11, P10, P09, P08 y P07, así como la subestación SST3. El anillo de fibra vuelve hasta el desvío del ramal de San José por el mismo camino, pero por distinto tubo, y de ahí continúa hasta el Centro de Control recorriendo Compromiso de Caspe sin entrar en ninguna parada.
- Anillo “Delicias”: De forma similar al caso anterior, parte del Centro de Control, recorre Rodrigo Rebolledo hasta la primera parada con la que conecta, P06, localizada en la Avenida Navarra, junto a la Estación Intermodal Delicias. De ahí continúa por el tramo de línea que atraviesa el barrio de Delicias por la Calle Rioja y la Avenida Madrid, sigue por el mismo tramo hasta la rotonda de los Enlaces y llega hasta el fin de línea en la Avenida de Rodríguez Ayuso. De

esta forma cose la subestación de tracción SST2 y las paradas P05, P04, P03, P02 y P01. El anillo de fibra vuelve hasta el desvío del ramal de San José por el mismo camino, pero por distinto tubo, y de ahí continúa hasta el Centro de Control recorriendo Compromiso de Caspe sin entrar en ninguna parada.

En la ilustración 1 se muestra un diagrama de la topología de red propuesta para la red IP multiservicio de la nueva línea Este–Oeste del Tranvía de Zaragoza. El orden de las paradas mostrado en la ilustración para cada anillo es una propuesta a título orientativo. El orden de conexión de los nodos de acceso dentro de cada anillo podrá modificarse en fases posteriores del proyecto con objeto de homogeneizar la longitud de los enlaces, si fuera conveniente a efectos de costes de la electrónica de red asociada. Los enlaces entre nodos de acceso en paradas (denominados PXX en el diagrama) y subestaciones eléctricas (denominados SSTX en el diagrama) se plantean de 1 Gigabit de capacidad sobre fibra óptica monomodo.

La topología en anillo planteada para la red IP permite que en caso de avería de un nodo de la red (parada o subestación), éste se aisle del resto y permita la reconfiguración de su anillo. El resto de anillos no se verán afectados, y el resto de nodos del anillo con fallo o avería tampoco. La reconfiguración del anillo de comunicaciones permitirá que el sistema siga funcionando y sólo se pierda la comunicación con la parada o subestación afectada. En caso de pérdida de comunicación de un enlace de fibra entre dos nodos (rotura del cable, rotura de la fibra, desconexión, enlace saturado por error de configuración, etc..) la red se reconfigurará automáticamente para que la información circule a través del otro sentido del anillo y no se pierdan las comunicaciones de cualquiera de los nodos de la red. Para poder aprovechar estas ventajas que proporciona la topología en anillo es de vital importancia que los dos tendidos de cable de 64 FO previstos se instalen por caminos y canalizaciones lo más diferentes posible, para que un fallo o ruptura de enlace en uno de ellos no afecte también al otro y viceversa.

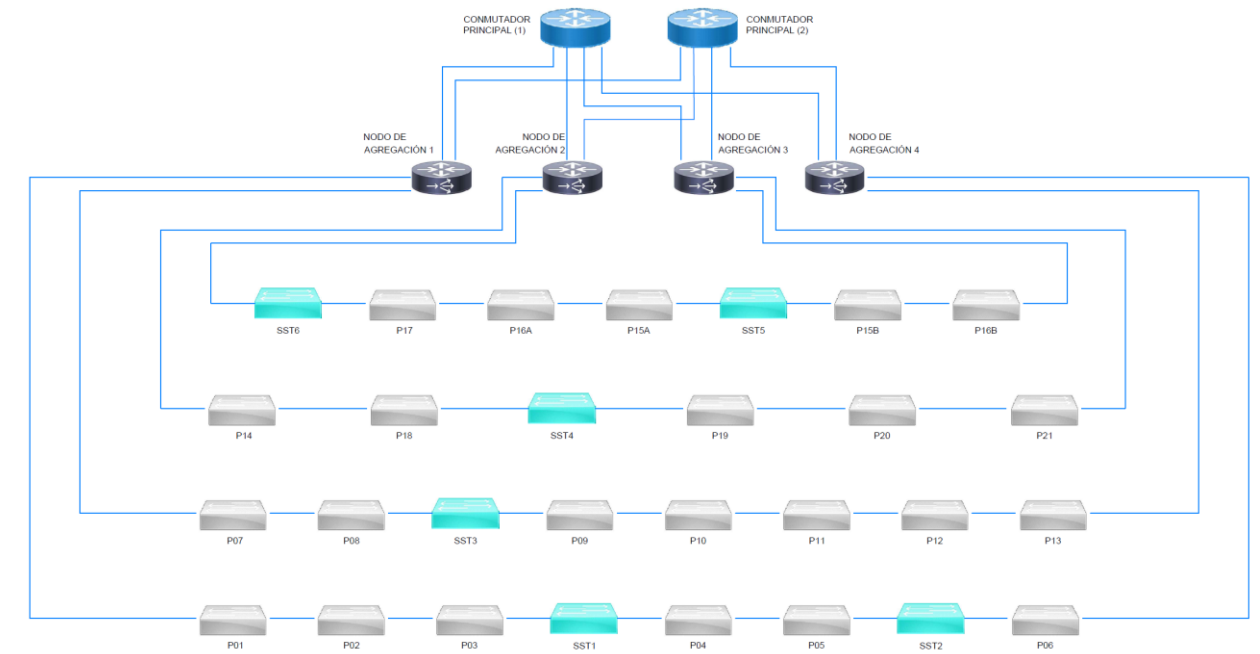


Ilustración 1. Topología de la Red IP Multiservicio basada en 4 anillos que recorren la totalidad de la línea

3.1.3. Electrónica de red

Como se comentaba anteriormente, la electrónica de red se basará en tecnología Gigabit Ethernet con puertos de cobre 10/100/1000 Base T y puertos de fibra 1000BASE-LX. Los distintos servicios de comunicaciones se configurarán como redes virtuales independientes (VLANs) dentro de la red física global.

En la Sala Técnica del Centro de Control se instalarán los Conmutadores Principales y los Nodos de Agregación, todos ellos switches Ethernet de capa 3 ó routers. Estos equipos deben soportar funcionalidades de conmutación o nivel 2 y funciones de enrutamiento o nivel 3. Deberán ser capaces de manejar los cuatro anillos previstos más dos extra en un futuro. Su arquitectura será modular, con al menos siete (7) ranuras de ampliación (slots), fuente de alimentación redundante y posibilidad de emplear tarjeta procesadora redundante para mayor fiabilidad y disponibilidad. Soportarán protocolo VTP, dominios VTP, PVST+ (Per VLAN Spanning Tree+), Spanning Tree, enrutamiento estático, protocolos de routing, RIP (Routing Information Protocol) y RIPv2. Los conmutadores principales y los nodos de agregación deberán soportar también tráfico multicast. En cuanto a

características de Calidad de Servicio, deberán poder particularizar políticas de calidad por puerto, soportando encolamiento por puerto, por prioridad estricta, políticas de entrada y salida diferenciadas, etc.

Los conmutadores principales y nodos de agregación deberán estar provistos de redundancia total (tarjetas de red y tarjetas de interfaz).

Los nodos de acceso a la red, instalados en cada parada y subestación, serán switches de acceso Gigabit Ethernet de 24 puertos full dúplex con soporte de VLAN. Irán equipados con dos puertos Gigabit Ethernet sobre fibra óptica monomodo (formato SFP, GBIC o similar) con alcances adecuados a la distancia a cubrir en cada caso. Este equipo integra las señales procedentes de los distintos sistemas ubicados en cada parada, permitiendo su transmisión al Centro de Control. Se prevé una configuración de la red a nivel 2 (Capa 2 ó L2) del modelo OSI, sin embargo, también dispondrán de la posibilidad de emplear funciones de enrutamiento (Capa 3 ó L3), permitiendo establecer criterios de QoS y routing dinámico. Soportarán reclasificación de tramas basada en el valor QoS 802.1p ó en el predeterminado por puerto, hasta 4 colas por puerto de salida, el algoritmo de formación de colas WWF y detección y configuración automática de puertos. Soportarán asimismo SNMP siendo gestionables también a través de su herramienta específica. Los switches de acceso serán compatibles con 802.1x. con una rápida recuperación en caso de errores. Por otro lado, los switches de acceso dispondrán de funcionalidad PoE+ en parte de sus puertos de cobre para conexión de cámaras de video IP (mínimo un 30%), puntos de acceso Wi-Fi e interfonos VoIP.

En definitiva, las características principales de la electrónica de red prevista en la red IP multiservicio se resumen a continuación:

- Configuración de protocolos de gestión de duplicidad de rutas (Rapid Spanning Tree Protocol) que aseguren una rápida recuperación del sistema en caso de caída de algún enlace.
- Configuración de protocolos de calidad de servicio (QoS) mediante mecanismos de diferenciación y priorización de tráfico.
- Conmutadores con puertos con capacidad de alimentación (Power over Ethernet – PoE)
- Configuración de mecanismos de seguridad para evitar accesos no autorizados a la red
- Equipos aptos para su instalación en rack de 19” y adecuados a las condiciones de temperatura y humedad propias de su ubicación prevista (especialmente los racks en las paradas del tranvía). Los armarios y locales técnicos que alojan la electrónica de red deberán estar convenientemente climatizados para un funcionamiento correcto de la red.

3.1.4. Capa física

3.1.4.1. Cableado de Fibra Óptica

Los anillos descritos en el apartado de Topología de Red se constituyen mediante fibra óptica monomodo, en dos tendidos de cable de 64 FO SM (uno para cada sentido del trayecto del tranvía). La infraestructura de fibra óptica monomodo se planteará según la recomendación ITU-T G.652. El cable constará de 64 fibras ópticas agrupadas en 8 tubos de 8 fibras cada uno, tendida por la canalización dedicada a las comunicaciones (tritubo) paralela a la traza del tranvía. El tendido “de ida” y el “de vuelta” del anillo, es decir, los tendidos de ambos cables de 64 FO se realizarán siempre por distinto tubo de canalización, y a ser posible, por distinto prisma de canalización. Cuando la topología de la línea de tranvía lo permite, ambos tendidos se realizarán incluso por calles distintas. De esta forma, en caso de ruptura de la fibra o fallo de un enlace, se establecerá siempre una ruta alternativa hasta el destino de la comunicación en el otro sentido del anillo. Esta especificación permite asegurar que la topología de la red IP multiservicio es totalmente redundante, y permite aprovechar las ventajas y la alta fiabilidad que una topología en anillo proporciona.

Como se adelantaba en el apartado anterior, el orden de las paradas y subestaciones en la ilustración 1, es decir, el orden de conexión de los nodos de acceso dentro de cada anillo es solo una propuesta orientativa. Este orden podrá modificarse y optimizarse en fases posteriores del proyecto, con objeto de homogeneizar las longitudes de los enlaces fibra óptica si así resultara más conveniente. Por ejemplo, cada anillo podrá también constituirse cosiendo paradas alternas de su tramo de línea de tranvía, obteniendo así unas longitudes de sus enlaces algo más homogéneas (uniendo las paradas pares en el tendido correspondiente a un sentido de la línea y las impares en el tendido del sentido opuesto).

En cualquier caso, para los enlaces de fibra óptica monomodo más largos se valorará la necesidad o conveniencia del uso de repetidores o amplificadores ópticos intermedios, regeneradores de señal óptica o switches Ethernet en paso.

En cada parada y subestación de tracción se dispone de un repartidor óptico modular con mecánica de 19” y con capacidad para 64 fibras ópticas (empalmes y conectores FC/PC). En estos puntos se segregarán como mínimo 4 fibras para cada sentido, es decir, se terminarán en repartidor óptico 8 fibras como mínimo, quedando la mitad de ellas como reserva para incidentes o ampliaciones futuras. Estas 8 fibras corresponderán siempre a un mismo tubo, en caso de ser cable multitubo. El resto de fibras del cable (y tubos, en su caso) quedarán en paso, evitando siempre que sea posible introducir atenuación adicional con fusiones o empalmes innecesarios.

Las bobinas a emplear en el tendido de cable de 64 FO SM serán de longitudes adecuadas para evitar empalmes entre nodos. Los enlaces del anillo serán tendidos continuos de extremo a extremo para evitar la introducción de atenuación de señal adicional en fusiones ópticas.

La parte exterior del cable de fibra óptica contendrá ligaduras de aramida o bien el cable contará con protección antirroedores, siendo apto para su instalación en planta externa.

El sistema incluirá un módulo supervisión de fibra óptica que permitirá la monitorización de la fibra en servicio y de la fibra oscura de todos los tendidos. Se contará para ello con un interfaz de usuario en el Centro de Control.

3.1.4.2. Cableado UTP (Unshielded Twisted Pair)

Las conexiones de cada dispositivo a comunicar con su nodo de acceso correspondiente se realizarán, siempre que sea posible, sobre cableado de cobre. En los casos en los que no sea así, principalmente por distancia, (distancia al nodo de acceso más cercano superior a 100 m), se plantearán enlaces en fibra óptica multimodo con conversores de medios en ambos extremos, conectado a un puerto de cobre.

Para los enlaces en cobre se ha seleccionado la categoría 6 avanzada, que funciona con frecuencias de señal de hasta 500 MHz, para que la red pueda transmitir la información a tasas de Gigabit pero además ya esté físicamente preparada para alcanzar velocidades de hasta 10 Gbps, por si fuera necesario en el futuro o bien requerido por alguna aplicación de alto consumo de ancho de banda. El cable será no apantallado (“unshielded”) por simplicidad y ahorro de costes durante su instalación. Al tener cubierta dieléctrica no será necesaria su puesta a tierra en ambos extremos de cada tendido. No obstante, como se adelantaba anteriormente, en fases posteriores del proyecto podrá estudiarse la conveniencia de plantear cableado de datos apantallado FTP (Foiled Twisted Pair) siempre que la complejidad de su instalación y puesta a tierra de todos los componentes asociados no implique un sobrecoste mayor que las ventajas que el apantallamiento proporciona.

3.2. RED DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES

3.2.1. Introducción y condiciones generales

El proyecto de la línea Este - Oeste del tranvía de Zaragoza incluirá una red de radiocomunicaciones móviles propia principalmente para las comunicaciones de los tranvías en movimiento con el Centro de Control. La tecnología seleccionada es la radio troncalizada digital conforme al estándar TETRA (Terrestrial Trunked Radio), debido a su seguridad y fiabilidad así

como a las múltiples posibilidades de transmisión de voz y datos en distintos formatos que proporciona. El porcentaje de disponibilidad de la infraestructura de radio será de 99,99% para un funcionamiento de 24 horas al día y de 7 días a la semana, sobre un 100% de la superficie con cobertura deseada.

TETRA es un estándar abierto de radio troncalizada digital, basado en multiacceso TDMA (Time División Multiple Access) con 4 time slots, modulación digital pi/4 - DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) y orientado a satisfacer las necesidades de comunicaciones críticas que precisan altos niveles de fiabilidad del sistema. Las redes TETRA son capaces de alcanzar tasas de transmisiones brutas de 36 Kbps por canal. La red de radio prevista en la nueva línea del tranvía de Zaragoza deberá cumplir el estándar TETRA según la estandarización vigente del ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Se soportarán velocidades de los terminales TETRA de hasta 200 km/h sin corte en las comunicaciones.

Este sistema de radiocomunicación será totalmente nuevo e independiente del existente en la actualidad para Línea 1.

3.2.2. Componentes y funciones principales

El sistema se compone de un Nodo Central, una serie de estaciones base de cobertura (SBS o Site Base Stations) y terminales radio de usuario. El proyecto incluye terminales de comunicaciones embarcadas para todas las unidades móviles a suministrar y una serie de terminales portátiles para el personal de supervisión, inspección y mantenimiento. El sistema TETRA incorpora asimismo los enlaces entre las SBS y el nodo central del sistema, que podrá basarse en radioenlaces microondas punto a punto o en enlaces de fibra óptica monomodo. En el Centro de Control, el sistema radio contará un puesto de gestión y configuración así como de despacho radio, desde donde se podrá hablar con todos los conductores en servicio y personal con radioteléfono así como configurar o modificar los grupos de usuarios, realizar tareas de gestión de flotas, etc.

El sistema debe poder administrar las autorizaciones de llamadas hacia los grupos, hacia el teléfono, y entre distintos tipos de terminales. etc.

El sistema radio deberá ser capaz de proporcionar las siguientes funciones de comunicaciones móviles para la nueva línea de tranvía:

- Transmisión de voz o fonía para garantizar la comunicación del conductor con tierra o con otros conductores, megafonías e interfonías embarcadas, etc.

- Transmisión de datos de la unidad móvil al Centro de Control, del sistema SAE / SIV (Sistema de Ayuda a la Explotación / Sistema de Información al Viajero) y otros, incluyendo por ejemplo datos de alarmas, diagnóstico de las unidades rodantes, información de localización, etc.
- Transmisión de datos críticos incluyendo las de señalización tranviaria / ferroviaria.
- Transmisión de imágenes de video vigilancia embarcada y otras de tipo multimedia.

El sistema de comunicación TETRA permite realizar llamadas individuales, tanto full dúplex como semi dúplex, llamadas de grupo, y llamadas broadcast entre todos los usuarios de la infraestructura de transporte como conductores, puestos de mando en Centro de Control, cocheras y talleres, personal de seguridad, de mantenimiento, etc. No obstante, la configuración del sistema se realizará de acuerdo a las instrucciones de la empresa concesionaria, de forma que no todos los modos de llamada estarán permitidos a todos los usuarios. Además, el sistema permitirá la configuración de distintos niveles de prioridad de llamada, de forma que los recursos estén siempre disponibles para llamadas de alta prioridad. El sistema dispondrá de interfaz con el sistema de telefonía público y/o la centralita de la línea este-oeste del tranvía, por tanto, permitirá llamadas entre radiotéfonos y teléfonos convencionales, autorizadas a un número reducido de usuarios.

La cobertura que proporcionan las SBS TETRA deberá incluir la línea Este – Oeste completa y su entorno más próximo, el interior de las cocheras y talleres, del nuevo parking disuasorio, de las seis subestaciones eléctricas, y el interior de las unidades móviles, calculada tanto para terminales móviles como para portátiles. La ubicación de las SBS será en alojamientos dependientes del Ayuntamiento de Zaragoza. Cada SBS se dimensionará con el número de canales o portadoras necesario para dar servicio de calidad, tanto de fonía como de datos, a todos los sistemas y aplicaciones del Tranvía que requieran comunicaciones móviles desde los tranvías (garantizar la transmisión de los flujos de datos en tiempo real como mínimo de los sistemas SAE, billeteaje, conteo de pasajeros y SIV a la hora punta de forma simultánea). La infraestructura de la red de radio se dimensionará para poder hacer frente a un aumento del tráfico en un 50% sin modificaciones hardware.

El tiempo de establecimiento de llamada estará siempre por debajo de 300 ms.

El sistema radio estará integrado con el sistema de megafonía embarcado en las unidades móviles, de forma que se permita emitir mensajes en directo desde el Centro de Control no solamente al conductor, sino también directamente a los pasajeros de cualquier unidad móvil.

La función de emisión de fonía en el sistema radio se integra en el concepto de seguridad de la línea. Es por lo tanto indispensable que esta función esté asegurada completamente. El sistema permitirá la comunicación de fonía incluso cuando

los equipos centrales del sistema radio estuvieran fuera de servicio. Es decir, las comunicaciones de fonía circunscritas a una misma SBS se podrán establecer independientemente de la disponibilidad del nodo central del sistema, correspondiendo a un modo degradado de funcionamiento. El sistema fonía debe ser completamente independiente del sistema SAE/SIV. Nunca un fallo de la función SAE, tanto en la central como en embarcado, debe perturbar las comunicaciones radio.

3.3. RED WI-FI

3.3.1. Introducción y condiciones generales

Se dispondrá de un sistema de comunicaciones inalámbricas de datos “no críticos” de alto consumo de ancho de banda en las unidades móviles. El sistema se basará en tecnología Wi-Fi y comunicará los vehículos con los puntos de acceso Wi-Fi instalados a lo largo de la línea. De ahí, el flujo de datos se transmitirá al Centro de Control a través de la red fija. Este sistema deberá permitir:

- Visualización en el Centro de Control de hasta 4 cámaras embarcadas por unidad móvil
- Envío de un canal de entretenimiento (contenidos multimedia) a los monitores embarcados en cada unidad móvil.

Además, la infraestructura Wi-Fi se emplea también como redundancia de las siguientes comunicaciones radio:

- Mensajería bidireccional entre Centro de Control y conductores
- Gestión de las comunicaciones de voz (fonía con conductores y mensajes de megafonía)

En Cocheras y Talleres también se dispondrá de cobertura Wi-Fi para volcado de datos.

3.3.2. Componentes y funciones principales

Los Puntos de Acceso Wi-Fi están formados por el equipo activo de comunicaciones y el sistema radiante (la antena). El equipo activo de comunicaciones es el encargado de proveer de las funcionalidades asociadas a la comunicación Ethernet, así como la implantación del estándar de comunicaciones inalámbrico IEEE 802.11 a/b/g/n/ac. Se conectará al nodo de acceso en Parada más cercano mediante interfaz 100BaseT sobre cable de par trenzado Cat 6a. En caso de que la distancia supere los 100 m,

la conexión se hará con interfaz 1000BaseFX sobre fibra óptica. El equipo activo de la estación base se alojará en carcasa de intemperie, con grado de protección ambiental IP67 y antivandálica.

Se utilizarán antenas discretas como sistema radiante. Será posible el uso de antenas directivas de ganancia hasta 12 dBi. Las antenas se conectarán al equipo activo de la estación base por medio de cable coaxial terminado en conector tipo RP-TNC o N. La antena deberá instalarse a una distancia de la estación base no superior a los 5 metros. Las antenas deberán soportar condiciones ambientales de intemperie.

La red Wi-Fi también será monitorizada desde el puesto de Administración de Red instalado en el Centro de Control.

El punto de acceso WiFi embarcado será el responsable de establecer la comunicación entre los sistemas embarcados y la Red IP fija en tierra, de manera que se pueda establecer comunicación entre cualquiera de los sistemas embarcados (Videovigilancia, SAE, SIV...) y el Puesto Central de Control, paradas, talleres y cocheras. El punto de acceso embarcado soportará funciones de gestión de comunicaciones, creando una red IP móvil interna en el tranvía, a la que podrá conectarse cualquier elemento con interfaz Ethernet estándar (por ejemplo los equipos portátiles de los inspectores). Los puntos de acceso embarcados integrarán funcionalidades de equipo de comunicaciones asociadas a los niveles 2 y 3 de la capa OSI, como mínimo:

- Routing (OSI L-3) y Bridging (OSI L-2):
- Hasta 32VLAN's (Virtual LAN's), para la separación de tráfico procedente de diferentes aplicaciones.
- Protocolos de enrutamiento: RIP (Routing Information Protocol), RIPv2, OSPF (Open Shortest Path First), IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), etc.
- IGMP (Internet Group Management Protocol).
- Soporte protocolos Mobile IP, Mobile Networks.
- Home Agent, Mobile Router Redundancy, Mobile Router Preferred Interfaces, Mobile Router Reverse Tunneling, Mobile Router Asymmetric Links, Mobile Router Static and Dynamic Networks.
- Soporte AAA (Authentication, Authorisation and Accounting).
- Soporte de IP Basic & Extended Access Lists, Time-Based Access Lists.

- Funcionalidades de cortafuegos (Stateful Inspection Firewall, IDS – Intrusion Detection System), Port-to-Application Mapping, etc.
- Soporte SSH (Secure Shell).
- SNMP (Simple Network Management Protocol) versions 2 y 3.
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).
- Soporte Generic Traffic Shaping, Class-Based Ethernet Matching, Mobile Access Routing, Committed Access Rate.

El punto de acceso WiFi embarcado será capaz de mantener el enlace de comunicaciones con la red fija sin interrupciones a lo largo de toda la línea, gestionando los procesos de transferencia (handover) entre las diferentes celdas de cobertura radio Wi-Fi distribuidas a lo largo del trayecto sin interrupción perceptible de las comunicaciones.

3.4. SISTEMA DE TELEFONÍA IP

A lo largo de la línea del tranvía, en las subestaciones de tracción y en los locales del Centro de Control, los agentes de explotación y mantenimiento podrán disponer, en particular cerca de los puntos estratégicos de la línea de tranvía, de teléfonos mediante los cuales puedan comunicar con el Centro de Control o los servicios de mantenimiento. Para ello se suministrará una centralita telefónica IP y terminales telefónicos IP. Este sistema permitirá el establecimiento de conversaciones mediante una red de telefonía privada entre:

- Los locales técnicos en línea
- Las subestaciones de energía.
- Los locales técnicos del recinto de talleres y cocheras: local de mantenimiento de las cocheras, local informático, Centro de Control, oficinas y salas diversas.

Generalmente, y según los derechos parametrizados para cada uno de los puestos, son posibles las conversaciones telefónicas entre los puestos de los lugares anteriores, pero también con:

- La red telefónica pública (RTC)

- Los terminales portátiles de radio de los agentes de explotación y mantenimiento

El sistema dispondrá asimismo de una grabadora de comunicaciones telefónicas conectada a la centralita principal e instalado en el Centro de Control.

El servidor de comunicaciones (PABX IP) debe soportar las funciones de los PABX tradicionales, así como las funciones de la telefonía IP. Será gestionable a través de SNMP usando el puesto de gestión y configuración de red.

El grabador debe permitir la relectura de las grabaciones y el registro simultáneo de nuevas llamadas.

Como terminal de usuario de telefonía se utilizarán terminales telefónicos IP estándar, homologados para su utilización en la red telefónica pública Europea. La unidad incluye el latiguillo para conexión a toma RJ45 (cable UTP catg. 6 a). Dispondrá de las funcionalidades habituales en este tipo de terminales, presentando como mínimo las siguientes características:

- Compatibilidad H.323 y Microsoft NetMeeting
- Compresión de sonido G.711 y G.729a
- Admisión DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) y BootIP
- Interoperabilidad con protocolos de gestión telefónica SIP (Session Initiative Protocol), MGCP (Media Gateway Control Protocol).

3.5. SISTEMA DE INTERFONÍA IP

El sistema de Interfonía para la nueva línea del tranvía de Zaragoza estará basado en criterios de simplicidad de uso, fiabilidad de los elementos de los que se compone la instalación y un control total del sistema. Se ha previsto la instalación de un interfono en cada una de las máquinas expendedoras de billeteaje. A todos los efectos, los interfonos se integrarán en la centralita telefónica IP como extensiones de la misma. El botón de llamada generará de forma automática la llamada hacia el operador correspondiente, quien tendrá acceso a las imágenes de la cámara del Circuito Cerrado de Televisión asociada.

Los interfonos constarán de un microteléfono/altavoz a cámara de compresión, estanco al agua y de gran robustez, un mando de llamada a la central, indicador luminoso de llamada y la circuitería electrónica de amplificación bidireccional, conmutación habla/escucha y envío de señal de llamada al Puesto de Control Central. Funcionará en modo manos libres. Utilizarán tecnología

de Voz sobre IP, de manera que la conexión entre los interfonos y el Centro de Control se llevará a cabo por medio de la red IP fija. Cada interfono ubicado en las paradas de la línea se conectará a la red por medio de interfaz Ethernet 10/100/1000BaseT.

La gestión del sistema de interfonía será centralizada para el conjunto de la línea.

3.6. SISTEMA DE MEGAFONÍA

El sistema de megafonía se compone de altavoces instalados en las paradas, para comunicar mensajes y avisos desde el Centro de Control a los usuarios. Se basa en una división por zonas, de forma que desde el puesto de gestión en el Centro de Control se podrán seleccionar las zonas a las cuales se quiere emitir un mensaje concreto. Los mensajes podrán ser “en vivo” o “en tiempo real”, o bien pregrabados, pudiendo ser también automáticos (función de programación horaria y por calendario). El sistema soportará distintos niveles de prioridad de mensajes, de forma que se pueda configurar, por ejemplo, que un anuncio desde micrófono en tiempo real será prioritario sobre un anuncio pregrabado.

Se grabarán algunos mensajes sonoros en una biblioteca de mensajes específica para la megafonía de las paradas. Se trata de los mensajes generales de explotación. Esta función puede permitir también la difusión automática de anuncios, como el anuncio de la aproximación de una unidad a la parada, en coordinación con el SAE (Sistema de Ayuda a la Explotación). La biblioteca de mensajes se creará de acuerdo con el explotador. La biblioteca debe permitir como mínimo, en términos de mensajes de estación, la grabación de 60 mensajes de una duración del orden de veinte a treinta segundos cada uno. A partir de un micro, el operador también tendrá la posibilidad de grabar un nuevo mensaje y de memorizarlo bajo un nombre elegido, en la biblioteca de mensajes pregrabados.

- La megafonía dispondrá de funciones de procesamiento y transmisión de las señales de audio digital a través de la red IP fija. El transporte de audio en el sistema se llevará a cabo en formato digital. El sistema de megafonía estará integrado en red y su configuración, en cada parada, será la siguiente:
- Módulo Preamplificador (opcional)
- Amplificador IP
- Altavoces

El amplificador IP recibe información vía IP desde la red IP fija y proporciona la salida audio analógica amplificada para los altavoces. Su función principal es codificar y decodificar las señales de audio, adaptar la información y señalización a la red IP

usando protocolos estándar y amplificar las señales de audio. El equipo contará con al menos un puerto RJ-45 para su interconexión con la red local 10/100/1000BaseT. Integrará un amplificador de potencia de audio de como mínimo 15W, con capacidad de alimentar un mínimo de dos altavoces

El sistema de sonido deberá cumplir los siguientes parámetros acústicos:

- Nivel de presión sonora: Los altavoces serán capaces de generar niveles del orden de 105 dB.
- Ancho de banda: El ancho de banda mínimo exigido es de 80 Hz a 16 KHz.
- Uniformidad de cobertura: La cobertura deberá ser inferior a 10 dB.
- Inteligibilidad: 0,65 RASTI.

El sistema deberá ser gestionable mediante protocolo SNMP y soportar los siguientes protocolos H.323 y SIP. Soportará asimismo los siguientes Codecs de voz:

- G.729A
- G.723.1
- G.711A
- G.711

4. CENTRO DE CONTROL

4.1. FUNCIONES PRINCIPALES Y CONDICIONES GENERALES

El Centro de Control tiene como función principal alojar todas las herramientas de gestión centralizada para gestionar, monitorizar y controlar todas las instalaciones y sistemas asociados a la infraestructura de la nueva línea del tranvía:

- Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) y Sistema de Información al Viajero (SIV)
- Sistema de Billetaje y Facturación
- Señalización Tranviaria (Operadores de Tráfico tranviario, control de Cocheras...)
- Semaforización
- Sistemas e Instalaciones de Telecomunicaciones (Telefonía, Interfonía, Megafonía, Red Fija, Red TETRA, Red Wi-Fi...)
- Sistemas e Instalaciones de Seguridad y CCTV
- Telemando de Instalaciones Fijas
- Telemando de Energía.

Todas las instalaciones enumeradas anteriormente constan de equipamiento en cada una de las paradas y ubicaciones remotas encargadas del control in situ de las instalaciones. En el Centro de Control (CC) se recopilará toda la información recogida en ellas y se permitirá la actuación sobre los elementos terminales y de campo. Para ello, la comunicación entre todos los equipos remotos y el CC se apoyará en la red IP fija multiservicio.

El Centro de Control está localizado en el recinto de Talleres y Cocheras. Incluye todos los espacios y zonas necesarias para la operación centralizada del sistema tranviario. Esto incluye los siguientes espacios:

- Sala de Operación (o de tiempo real), donde se supervisa, en tiempo real, la operación de la línea y los movimientos de los vehículos en los talleres y en las cocheras. Muchas veces se referencia a esta sala como PCC.

- Sala de Billetaje, donde se generan billetes de intercambio o de promoción, se personalizan abonos, se emiten billetes sin contacto, etc.
- Sala de Técnicos de Operación (o de tiempo diferido), donde se realiza la planificación de la operación, la extracción de estadísticas, consulta de históricos, etc.
- Sala Técnica (o de servidores y enclavamiento), donde se ubican los servidores, pasarelas de comunicaciones, registros, etc. de los diferentes sistemas informáticos, así como toda la electrónica de red, radio, etc.

El diseño del PCC se basa en los principios básicos de una explotación de 24/24h y 7/7d, a efectos de ergonomía, acústica, iluminación, temperatura, etc.

Se cuidará particularmente la ergonomía de los puestos de trabajo del PCC. El PCC estará equipado con los siguientes puestos de trabajo:

- Un conjunto "pupitre regulador o mesa de control" compuesto de 2 puestos operador completamente equipados con las estaciones de trabajo. Cada uno de ellos estará equipado con teléfono avanzado IP y con radioteléfono. Entre los dos puestos a instalar se instalará una mesilla con los pulsadores (tipo "seta") de corte de tensión de línea, de talleres y general.
- Una estación cliente del programa de regulación de semáforos
- Una estación de trabajo para la gestión de vídeos embarcados
- Un puesto de administración y configuración de la red IP multiservicio.
- Un videowall ubicado directamente delante de los puestos de operador

El sistema deberá ser intuitivo y fácil de manejar, lo que permitirá al operador centrarse en la operación de las instalaciones. Se desarrollará un Interfaz de usuario adaptado a la nueva línea del tranvía y las instalaciones y sistemas asociados.

Tanto el hardware como el software del Centro de Control será fácilmente ampliable, y el equipamiento será de tecnología abierta, de modo que permita la integración de nuevos módulos, con independencia del fabricante de los mismos.

4.2. HARDWARE

La arquitectura del hardware del Centro de Control deberá ser de última generación, estar basada en una tecnología abierta, en equipos estándar de reconocido valor en su desempeño y fiabilidad.

Se plantea una arquitectura de control basada en configuración cliente-servidor, de modo que desde los puestos de operación previstos sea posible el control y la supervisión de todas y cada una de las instalaciones. La arquitectura prevista se basa en una serie de servidores, generalmente redundados 1+1, encargados de la gestión de la información proveniente de las estaciones remotas de control de cada una de las instalaciones objeto de control. De este modo, se dispone de una pareja de servidores para el Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE), otra para el servicio de Telemando de Energía, otra para el servicio de Telemando de Instalaciones Fijas, etc.

Para el control de las cocheras se dispondrá de un sistema videográfico conectado al enclavamiento de cocheras de forma totalmente independiente al resto de sistemas del PCC. El resto de enclavamientos de la línea también se conectarán al Centro de Control a través de la red IP de comunicaciones fijas.

Todas estas plataformas hardware están conectadas entre sí a través de una red de área local (LAN) redundante que permite el intercambio de la información entre los diversos sistemas.

- Los servidores serán de altas prestaciones y estarán enlazados por una doble red de datos.

4.3. SOFTWARE

Se implementarán dos puestos idénticos de "operador" dedicados a la regulación del tráfico tranviario. Estos puestos podrán eventualmente trabajar simultáneamente en función de la carga de trabajo. De igual modo, cualquiera de los dos puestos tendrá a su disposición el conjunto de sistemas suficiente para operar independientemente el conjunto del Sistema Tranviario. Estos sistemas integran diferentes interfaces gráficas idénticas para cada puesto:

- Interfaz Gráfica 1: (SAE SIV RADIO BILLETAJE)
 - Comunicación vía voz (Line Dispatcher)
 - Radio a los vehículos

- Radio a los agentes en línea
- Tráfico / SAE-IV / Billetaje
- Localización, Regulación y Estado de los vehículos (SAE)
- Información visual al viajero en andén (SIV)
- Informaciones sobre el conteo de viajeros y datos embarcados (incluidas canceladoras embarcadas)
- Información en tiempo real estado DABs parada
- Interfaz Gráfica 2: (SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA)
 - Tráfico / Señalización
 - Supervisión movimientos vehículos: Señalización en Línea
 - Mando movimientos vehículos: Señalización Cocheras y Modos Degradados de Línea
- Interfaz Gráfica 3: (TELEMANDO ENERGÍA)
 - Alarmas y mandos el Sistema de Energía: Telemando de Energía
 - Alarmas estados VTD parada
- Interfaz Gráfica 4 (TELEMANDO DE INSTALACIONES FIJAS)
 - Megafonía a los andenes (con IHM gráfico)
 - Gestión pantallas CCTV fijas, embarcadas y Video-Wall (con IHM gráfico)
 - Gestión del control de accesos
 - Estado de alarmas red IP multiservicio
 - Supervisión estado cronometría

- Supervisión estado técnico Edificio Talleres y Cocheras (contraincendio, climatización)
- Interfaces Comunes (a ambos puestos de operación)
 - Cliente de gestión de semáforos (cliente de servidor programa de regulación del tránsito municipal)
 - Software de gestión de vídeos embarcados (configuración, herramientas, descargas, escaletas, edición de vídeos, programación de carga en tranvías...)

Además de las aplicaciones de gestión de los distintos sistemas e instalaciones mencionadas a controlar, integrados en él o no, el Centro de Control incorporará un software tipo SCADA ("Supervisory Control And Data Acquisition"). El SCADA proporcionará los servicios de servidor de base de datos de tiempo real y servidor de histórico. Ambos servicios, que funcionarán de forma totalmente independiente, podrán establecerse en los dos servidores redundantes, aunque en todo momento en solo uno de ellos estará implementando el servicio.

El software será modular. La aplicación contará con dos puestos cliente de operador, desde los que se podrá operar cualquiera de los módulos de los que se compone. Cada operador, según su categoría, tendrá acceso a unas determinadas funciones y privilegios. Desde estos puestos los operadores podrán visualizar y controlar, dependiendo de los privilegios que le hayan sido concedidos, cualquiera de las instalaciones y sistemas controlados.

Los datos leídos proceden de remotas instaladas en campo, las cuales a su vez la obtienen de la instrumentación de campo y de los cuadros de control y cuadros eléctricos.

Un paquete SCADA está en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Transmisión: Estas funciones se realizan a través de una interfaz de comunicaciones que gestiona la comunicación entre unidad de control y dispositivos de campo. Implementa el protocolo de comunicaciones que caracteriza a la red de campo.
- Adquisición: Estas funciones requieren trabajar a gran velocidad, con un tiempo de respuesta muy corto si se quiere poder manejar las variables en tiempo real.
- Gestión de alarmas: Incluye el análisis de los valores de las variables adquiridas, la generación de las alarmas que corresponda de acuerdo con la parametrización establecida por el usuario y la transmisión al gestor de datos y a los periféricos de los valores y activaciones que corresponda según la configuración establecida.

- Gestión de datos: Aquí se incluye la comunicación con la base de datos y el almacenamiento en la misma de los datos a registrar. También se incluye la comunicación con la interfaz de operación para poder realizar las tareas básicas de supervisión y control por parte del operador.
- Gestión de bases de datos de tiempo real e históricos: Tiene una estructura interna específica a la que no se puede acceder con un gestor de BD estándar. Esta estructura tiene por objetivo permitir al gestor de datos alcanzar los bajos tiempos de registro y acceso que requieren este tipo de aplicaciones.
- Presentación: Estas funciones se realizan mediante una interfaz de operación e incluyen la representación gráfica y alfanumérica de datos a través de los periféricos de comunicación con el operador, así como la entrada o modificación de datos y órdenes por parte del operador. El módulo específico para realizar estas funciones, recibe el nombre de software HMI (interfaz Hombre-Máquina):
 - Creación de sinópticos con objetos estáticos y dinámicos, incluyendo bitmaps, 64 colores entre una paleta de 16 millones de colores.
 - Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

En las aplicaciones SCADA se incluyen módulos de explotación de datos capaces de analizar la evolución de las variables, tanto el histórico de cada una como en su conjunto, y detectar si el sistema está actuando correctamente, diagnosticar la causa y generar acciones correctivas:

- Creación de gráficos de tendencias en tiempo real e históricos.
- Presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.
- Creación de informes personalizados.
- Una librería completa de funciones básicas y avanzadas, de tipo matemático, lógico, de control, de control estadístico, de bases de datos relacionales, etc. Esta librería se puede ampliar con funciones específicas creadas a medida.

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

- Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre las instalaciones y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

El Sistema tiene dos entornos claramente definidos de funcionamiento que son:

- Entorno de desarrollo: Disponible en el puesto de supervisión.
- Entorno de ejecución: Disponible en todos los puestos de operador.

4.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Sobre la arquitectura software y hardware anteriormente descrita, se implementa la aplicación de supervisión y control a medida de la instalación objeto de control, en este caso los sistemas e instalaciones del tranvía.

El sistema aportará las herramientas software necesarias que permitan implementar una aplicación para que la visualización de la información y la supervisión de las instalaciones sea realizada de forma rápida e intuitiva, para lo cual incluirá las siguientes funciones:

- Interfaz gráfica de usuario, con gráficos interactivos.
- Gestión de Alarmas e Incidencias.

- Recolección de históricos y visualización de gráficos de tendencias en tiempo real e históricos.
- Gestión de informes.

Sobre gráficos sinópticos representativos de la instalación, el usuario verá visualizados los parámetros del sistema, facilitando las tomas de decisión sobre su funcionamiento, que podrán ser llevadas a cabo directa e interactivamente en el propio gráfico.

Simultáneamente, en todas las pantallas se visualizará una lista de las alarmas que se están produciendo, permitiéndole ejecutar acciones en los mismos gráficos sinópticos sin tener que conmutar a la pantalla de visualización de alarmas e incidencias.

4.5. CONEXIÓN CON OTROS CENTROS

El centro de control de la línea este-oeste del tranvía estará conectado a su vez con el centro de control de la línea 1 y con el centro de control de tráfico del Ayuntamiento de Zaragoza.

5. SISTEMA DE AYUDA A LA EXPLOTACIÓN Y SISTEMA DE INFORMACIÓN AL VIAJERO (SAE/SIV)

En la nueva línea del tranvía de Zaragoza se plantea un sistema SAE/SIV de ayuda a la explotación e información al viajero. El Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) asegura el seguimiento, la supervisión y la regulación de tráfico de los tranvías en la línea y en las Cocheras. Las funciones de Información a Viajeros (SIV) permiten transmitir información visual y/o sonora a los usuarios. Se plantea implantar una solución integrada que permita mejorar la usabilidad del sistema por parte de los equipos de explotación y mantenimiento del tranvía.

Los Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE) son el punto de encuentro entre las expectativas de los pasajeros de movilidad integrada e información fiable en tiempo real, y las de los operadores de transporte que buscan fidelizar a sus clientes a la vez que reducir sus costes operacionales.

El SAE permitirá a los reguladores adaptar la oferta de transporte a los imperativos del terreno “en tiempo real” en las mejores condiciones posibles. Deberá tratarse de un sistema que permitirá al operador garantizar una supervisión instantánea de la explotación en comparación a su explotación teórica. Esta supervisión se presentará de forma sintética (indicadores, capacidades, mapas, gráficos, sinópticos...) mediante un interfaz de usuario que deberá también permitir enviar órdenes de regulación al personal de explotación y a los equipamientos.

Para ello, el SAE deberá poder:

- Importar antes del principio del día de explotación el programa teórico de explotación (asignación de los recursos materiales, humanos, por hora...) a partir de los programas informáticos de planificación del operador.
- Supervisar que se respete el programa teórico durante la explotación y, cuando proceda, generar alarmas a los operadores para que adopten medidas correctivas (actos de regulación, nuevas asignaciones de recursos...),
- Compilar al final de la jornada los balances estadísticos sobre la explotación realizada (kilómetros recorridos por convoy, puntualidad, respeto de los intervalos, divergencias con el programa teórico..., así como todo dato que permita comprobar los resultados del sistema).

El SAE incluirá asimismo un sistema de conteo de viajeros en las unidades móviles, que dotará a la nueva línea del tranvía de Zaragoza de un método seguro y fiable de conocer el grado de ocupación de los tranvías y los flujos de entrada y salida de los pasajeros en cada una de las estaciones. Para ello se instalarán en los tranvías el material necesario para detectar

y contar los pasajeros, el cual se comunicará con la UC del SAE para indicar los valores recogidos en cada puerta parada a parada.

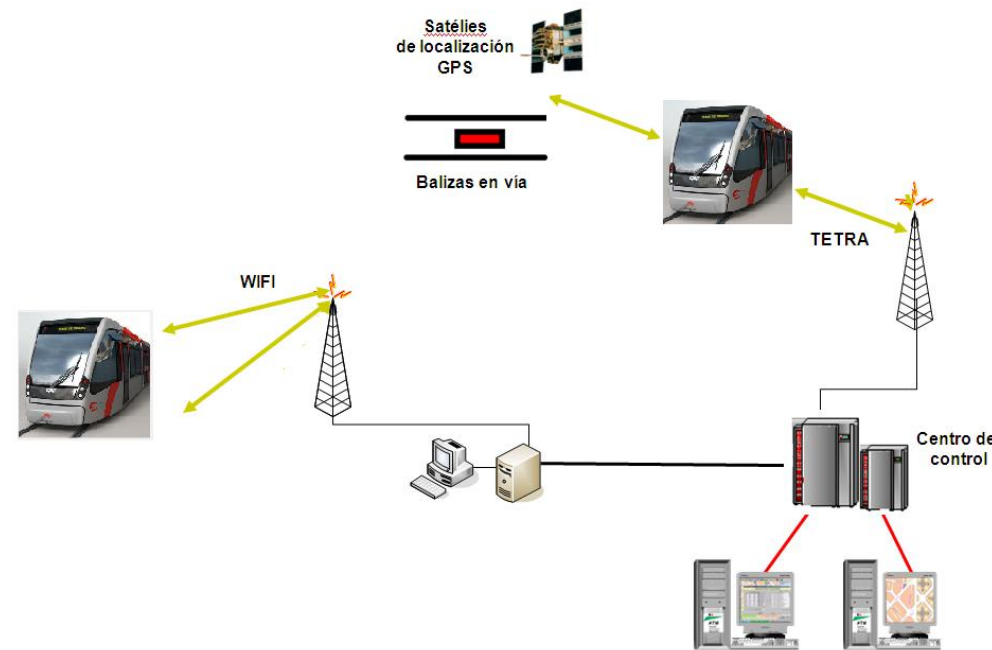


Ilustración 2. Arquitectura del Sistema SAE

Como información dirigida al viajero, en cada parada se mostrarán indicaciones visuales en un panel de mensajería variable con anuncios de los horarios de llegada previstos del tranvía, también en caso de incidencias en el servicio.

El sistema SAE / SIV está compuesto de:

- Servidores y Puestos Cliente en el Centro de Control
- Estaciones de trabajo para administración, mantenimiento y tratamientos de datos de explotación.
- Los paneles de Información a Viajeros en estación,
- Equipos embarcados en los tranvías (UC embarcadas, elementos cuenta personas y elementos de localización y posicionado del tranvía, displays embarcados - en el exterior de los tranvías, el número de línea y el destino se indicarán sobre paneles visibles frontalmente y lateralmente -).

- Balizas SAE instaladas bajo las vías a lo largo de la línea. Se trata de elementos físicos de tecnología RFID instalados a lo largo de la vía, principalmente en los cambios de vía y a la entrada de las paradas. Permiten conocer la vía exacta en la que está el tranvía. Corrigen los errores de localización asociados al odómetro del tranvía.

El sistema SAE/SIV basa sus comunicaciones en la red IP multiservicio fija (paneles en Paradas), el sistema de comunicaciones móviles TETRA, para comunicar con las unidades móviles, y el sistema WiFi previsto a lo largo de la vía, para la transmisión de tráfico de banda ancha de los tranvías. Además, el sistema SAE/SIV se comunica con los equipos de megafonía en paradas y la megafonía de los tranvías.

El equipo SAE/SIV instalado a bordo de los vehículos proporciona información permanente sobre la posición del tranvía. Ésta la obtiene a partir de las balizas RFID instaladas bajo las vías, empotradas en el pavimento, el odómetro de a bordo y el sistema GPS. (El sistema GPS aislado tiene un error de localización de unos 3 m, y si el tranvía está parado o entre edificios altos, el error es mayor). Además, participa de la regulación autónoma a bordo, aportando información al conductor sobre retrasos y adelantos (el conductor recibe las órdenes de regulación desde Centro de Control). Otras funciones del equipo embarcado son la monitorización de dispositivos y señales a bordo (conexión con centralita de diagnóstico del tren, monitorización de alarmas técnicas) y el control del Sistema de Información al Viajero embarcado.

El equipo SAE/SIV embarcado dispone de un monitor táctil y se instala en ambas cabinas de conducción.



Ilustración 3. Ejemplo de Monitor SAE/SIV embarcado

Ventajas de un sistema SAE:

- Permite una comunicación verbal entre conductores de tranvías, inspectores y central, a través del sistema de radiocomunicación TETRA.
- Permite la transmisión de datos entre los tranvías y el PCC.
- Localiza la posición de los tranvías.
- Regula la marcha de los tranvías, a fin de cumplir los horarios.
- Recopila todos los datos diarios de operación de la explotación con un nivel de desagregación suficiente para su tratamiento posterior.
- Facilidad de integración con Sistemas de Información al Usuario en las paradas.
- Facilidad de integración con Sistemas de Billetaje que permitan la gestión automática de emisión y cancelación de billetes y tarjetas de transporte público.
- Facilidades de interconexión y coordinación con el centro de control de tráfico.

En el Centro de Control, gracias al sistema SAE/SIV, los operadores disponen de las siguientes prestaciones de ayuda a la explotación:

- Localización y seguimiento permanente con gran precisión y refresco cada pocos segundos
- Comunicaciones de voz y datos redundantes: TETRA/WiFi
 - Mensajería bidireccional con conductores
 - Gestión de las comunicaciones de voz con conductores
 - Gestión de los mensajes de megafonía con los pasajeros
- Gestión del Sistema de Información a Pasajeros en paradas (paneles + web)
- Monitorización de avisos y alarmas procedentes de las unidades móviles
- Monitorización y control del estado de funcionamiento del propio sistema
- Funciones de regulación por horario y por frecuencia: control de retrasos y adelantos
- Gestión de acciones de regulación y cambios de servicio On-Line

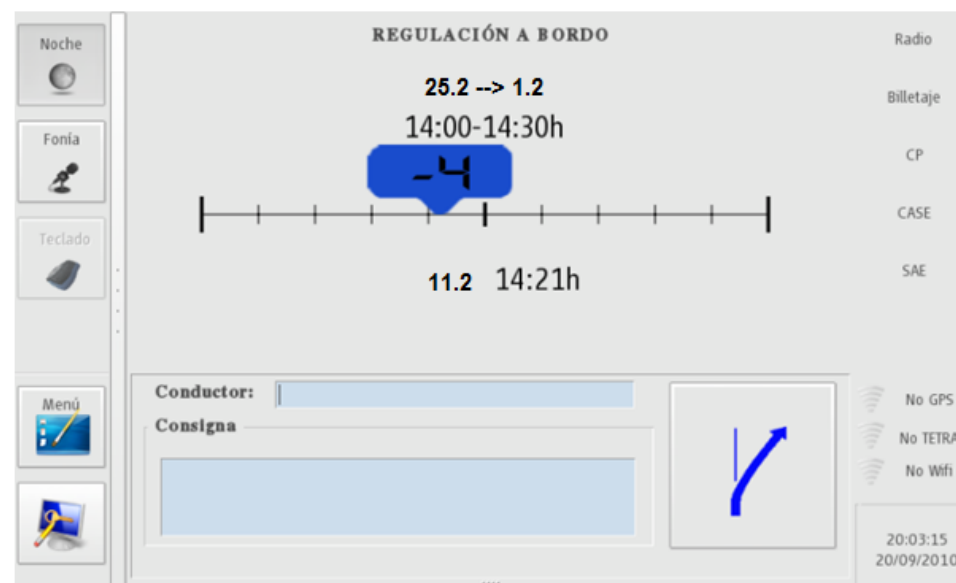


Ilustración 4. Ejemplo de Pantalla de Regulación a Bordo

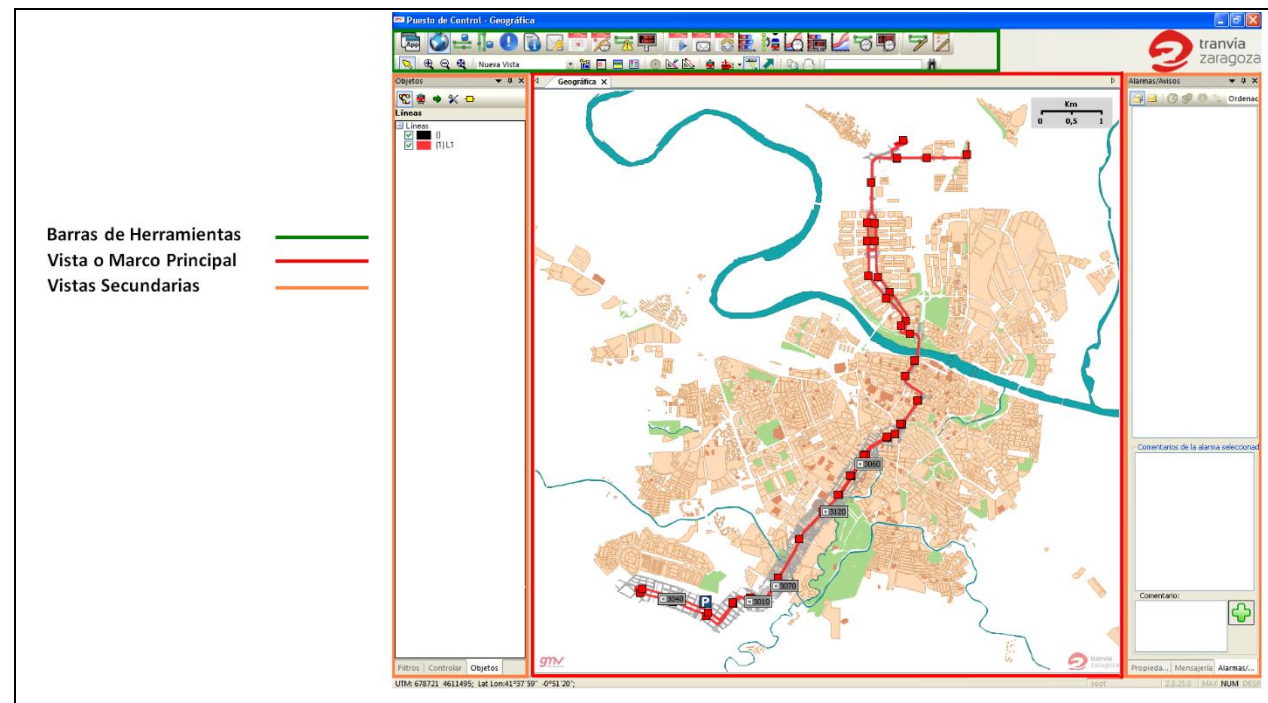


Ilustración 5. Ejemplo de Pantalla de Operador SAE/SIV en el Centro de Control