



bizkaiko garraio partzuergoa
consorcio de transportes de bizkaia



Consortio de Transportes de Bizkaia

Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación, Distribuido y Multi-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

Documento:

Descripción del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

Indice de Capítulos

1. OBJETO	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. ESTUDIOS INICIALES	2
2.2. PLAN DE CONSTRUCCIÓN	2
2.3. PROYECTO FUNCIONAL.....	3
2.4. FASES DEL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.....	3
2.5. PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE LÍNEA 1	3
2.6. OBRAS DE LÍNEA 1	4
2.7. PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE LÍNEA 2	5
2.8. OBRAS DE LÍNEA 2	5
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL F.M.B.....	7
3.1. LÍNEA 1.....	7
3.2. LÍNEA 2.....	8
4. INSTALACIONES DE SUPERESTRUCTURA EXISTENTES.....	9
4.1. INSTALACIONES DE CORRIENTES DÉBILES.....	9
4.1.1. Señalización.....	9
4.1.2. Comunicaciones	9
4.1.3. PMC y telemandos.....	10
4.1.4. Red troncal de fibra óptica.....	11
4.1.5. Sistema de transmisión digital SDH-PDH	12
4.1.6. Red GigabitEthernet.....	15
4.1.7. Sistema de radiocomunicaciones	17
4.1.8. Telefonía automática, interfonía y telefonía selectiva. Sistema MX-ONE™ Telephony Switch.....	20
4.1.9. Sistema de megafonía	31
4.1.10. Sistema de videovigilancia	33
4.1.11. Sistemas de información a los viajeros	36
4.2. ELECTRIFICACIÓN.....	44
4.3. SUBESTACIONES	44
4.4. SISTEMA DE VENTA Y CANCELACIÓN DE BILLETES.....	45
5. CRITERIOS DE EXPLOTACIÓN DEL F.M.B.	48
5.1. GENERAL.....	48
5.2. SEÑALES	49
5.3. ITINERARIOS DE LOS TRENES.....	50
5.4. SISTEMAS DE SEGURIDAD	51
5.5. MODOS DE CONDUCCIÓN	52
5.6. MODOS DE OPERACIÓN	52

1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto presentar los antecedentes de la infraestructura del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao describiendo los sistemas actualmente en servicio.

2. ANTECEDENTES

La materialización de los Proyectos y Obras del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao ha pasado por diversas fases, cuya historia se resume en los siguientes apartados.

2.1. ESTUDIOS INICIALES

Los comienzos del proyecto del Metro de Bilbao se remontan al año 1971, con la creación de la Comisión de Comunicaciones de Vizcaya. Entre 1971 y 1984 se realizaron múltiples estudios por los distintos organismos competentes.

2.2. PLAN DE CONSTRUCCIÓN

En 1984, al iniciarse la redacción del Plan de Construcción, fue cuando la red Metro adoptó la configuración actual.

En Marzo de 1984, el Gobierno Vasco inició, a través del Centro de Estudios del Departamento de Política Territorial y Transportes, la redacción de un nuevo Plan de Construcción del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao, basado en la denominada alternativa X, incorporando a la misma algunas modificaciones o variantes propuestas por el Consorcio de Transportes de Bizkaia.

Los Anteproyectos de Trazado para los tramos Elorrieta – Bolueta y Santurtzi – Elorrieta fueron englobados en el Plan de Construcción.

El mencionado Plan de Construcción fue sometido a información pública el 31 de Mayo de 1985, tanto a particulares como a las diferentes Corporaciones afectadas. La recepción de las distintas alegaciones se prolongó hasta el 25 de Septiembre de 1985. A continuación se realizó un análisis detallado, tanto desde el punto de vista técnico como de explotación y de coste / beneficio social, de las alegaciones presentadas. Las alegaciones que fueron estimadas fueron incluidas en el Plan de Construcción, que fue aprobado mediante decreto del entonces Departamento de Política Territorial y Transportes el 10 de Febrero de 1987.

Este Plan de Construcción definía la configuración y corredores actuales de las Líneas 1 y 2 del Metro de Bilbao, la distribución de estaciones y las principales características de la explotación.

2.3. PROYECTO FUNCIONAL

El Proyecto Funcional de la Línea 1 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao fue realizado con objeto de fijar las características y criterios funcionales y de explotación, de forma precisa para la realización de los Proyectos de Infraestructura. Este Proyecto Funcional fue entregado en Marzo de 1988.

2.4. FASES DEL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

Para la realización de todas las actuaciones previstas, tomando como base el Proyecto Funcional, el Programa de Construcción ha quedado formado por las siguientes fases:

- Fase 1A: Acondicionamiento del tramo Plentzia – Elorrieta.
 Tramo Elorrieta – Casco Viejo.
- Fase 1B: Tramo Casco Viejo – Bolueta.
- Fase 2A: Tramo San Inazio – Urbinaga.
- Fase 2B: Tramo Urbinaga – Santurtzi.
- Otras fases: Tramo Bolueta – Etxebarri.
 Tramo Etxebarri – Basauri.
 Tramo Santurtzi – Kabiezes.

2.5. PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE LÍNEA 1

En Diciembre de 1987 el Gobierno Vasco convocó un Concurso para la redacción de los Proyectos Constructivos de la Infraestructura de Línea 1.

La Línea 1 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao (Plentzia – Basauri) tiene una longitud de 29,1 km y aprovecha entre Plentzia y Elorrieta 20,1 km de trazado existente, adecuadamente rehabilitado, de la antigua Línea Bilbao – Plentzia de ET / FV. El resto de la Línea está formado por 9,0 km de nuevo trazado entre Elorrieta y Basauri.

En 2008 se redactaron los Proyectos Constructivos del tramo Etxebarri – Basauri, prolongación final del trazado de la Línea 1.

El 30 de marzo de 2007, el CTB aprueba el proyecto constructivo del soterramiento del paso a nivel de Maidagan y la construcción de la nueva estación de Ibarbengoa, que constará de un tramo soterrado de 150 metros.

2.6. OBRAS DE LÍNEA 1

En Noviembre de 1988 dieron comienzo las obras de Línea 1 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao, con el soterramiento de la estación de Erandio.

En una primera etapa se llevó a cabo la construcción del sector Elorrieta – Casco Viejo, de 6,3 km de longitud, con trazado subterráneo en su totalidad, diseñado para su utilización como túnel único de vía doble y que cruza la ría en dos ocasiones por medio de pasos subfluviales: Ripa / Arenal y Deusto / Olabeaga.

El tramo comprendido entre Plentzia y Elorrieta fue debidamente acondicionado, con objeto de adecuar el gálibo a las nuevas unidades de tren UT 500 y UT 550 y de mejorar la geometría del trazado. En lo que se refiere a las estaciones, se rehicieron todas ellas en base a una nueva arquitectura, adecuando sus dimensiones a las de los nuevos trenes y sus servicios y equipamientos a la funcionalidad requerida por las nuevas tecnologías introducidas.

A partir de 1990 fueron adjudicadas sucesivamente las obras de infraestructura en el área central de Bilbao. Por su parte las obras de superestructura, gestionadas por el Consorcio de Transportes de Bizkaia fueron adjudicadas a partir de 1992, hasta completar la primera fase (1A) Plentzia – Casco Viejo de Línea 1, que fue puesta en funcionamiento el 11 de Noviembre de 1995.

A la vista de las previsiones de tráfico disponibles, durante 1992 se decidió acometer una segunda fase de las obras de Línea 1, iniciándose en Mayo de 1993 la ejecución del tramo Casco Viejo – Bolueta, también completamente en trazado subterráneo salvo un corto espacio en su fase final en el que se ubica la estación de Bolueta. Este tramo fue puesto en servicio el 5 de Julio de 1997.

Un nuevo tramo de Bolueta a Etxebarri fue puesto en servicio el 8 de Enero de 2005. Este tramo discurre en superficie con plataforma de doble vía y consta de un túnel y dos viaductos. La zona de maniobras de Etxebarri consta de cuatro vías, dos de las cuales sirven para la conexión con las Cocheras de Ariz.

El tramo Etxebarri – Basauri, con una longitud aproximada de algo más de 2.400 m, discurre en su mayor parte mediante catenaria rígida y completamente subterráneo, contando con dos nuevas estaciones: Ariz y Basauri. Los primeros 300 metros son a cielo abierto y sobre cajones o falsos túneles, donde se realiza la transición de catenaria convencional (que lleva el resto de la Línea 1) a rígida. El 28 de febrero de 2011 se inauguró oficialmente la estación de Ariz. El 11 de noviembre de 2011 se inauguró oficialmente la estación de Basauri.

2.7. PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE LÍNEA 2

Por otra parte, a finales de 1989, el Gobierno Vasco convocó el Concurso para la redacción del Proyecto de Trazado San Inazio – Santurtzi de Línea 2, que fue dividido en dos sectores (San Inazio – Urbinaga, de 6,2 km y Urbinaga – Santurtzi, de 4,5 km). Estos Proyectos de Trazado, finalizados en Febrero de 1991 y en Junio de 1991, fueron remitidos al Consorcio de Transportes de Bizkaia en el primer trimestre de 1992, quien a su vez los remitió a los distintos Ayuntamientos afectados.

El tiempo transcurrido desde la redacción de estos Proyectos de Trazado, la experiencia adquirida durante las obras de Línea 1 y la explotación de Metro, así como la decisión de acometer las obras del sector San Inazio – Urbinaga, aconsejaron la actualización de los mencionados Proyectos de Trazado, en la que el sector San Inazio – Urbinaga fue dividido en dos subsectores (San Inazio – Gurutzeta y Gurutzeta – Urbinaga).

Los Proyectos de Trazado de ambos subsectores del sector San Inazio – Urbinaga fueron tramitados y aprobados a lo largo de 1996.

El Proyecto de Trazado del tramo Urbinaga – Santurtzi se ha mantenido como un único sector, y el Proyecto de Trazado fue aprobado por el C.T.B. el 27/12/97.

En enero 2010, CTB realizó el “Proyecto de Subestación de apoyo de tracción del F.M.B” situada en Santurtzi, cercana a la propia estación del mismo nombre (en galería zona Mamariga) entroncando con el túnel de línea 2 en el entorno de la bretelle de Santurtzi.

Los Proyectos Constructivos de Superestructura del tramo Santurtzi – Kabiezes están aprobados por C.T.B.

2.8. OBRAS DE LÍNEA 2

En 11/04/97 dieron comienzo las obras de Línea 2 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao.

El tramo San Inazio – Urbinaga fue inaugurado el día 13 de Abril de 2002. Consta de un túnel único para los dos sentidos de vía, salvo en la salida inicial de San Inazio que consta de dos túneles gemelos de vía única, y la estación final de Urbinaga, que se erige sobre un viaducto de doble vía.

El tramo Urbinaga – Sestao fue inaugurado el día 8 de Enero de 2005. Consta de un túnel único para los dos sentidos de vía, salvo en la salida de la estación de Urbinaga, la cual se erige sobre un viaducto de doble vía.

El tramo Portugalete – Santurtzi, perteneciente a la Línea 2 y con una longitud aproximada de 1.699 m (del límite de revestimiento de túnel en línea en el PK 2+580,20 al fin de proyecto en

Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación,
Distribuido y Muti-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

el PK 4+279,20), discurre completamente subterráneo tras la estación de Portugalete, realizando los recorridos interestación Portugalete – Peñota de 627 m y Peñota – Santurtzi de 1.076 m, e incluyendo la construcción de 2 nuevas estaciones tipo caverna (Peñota y Santurtzi). Fue inaugurado el 4 de julio de 2009.

Finalmente, el tramo Santurtzi – Kabiezes, con una longitud aproximada de 2.400 m, discurrirá completamente subterráneo tras la estación de Santurtzi, e incorporará una nueva estación, la de Kabiezes. El trazado terminará con una salida de túnel y unos 40 metros de vías a cielo abierto. En esta zona se prevé la instalación de unas nuevas cocheras.

De cara al futuro se prevé la prolongación de la vía unos 300 metros y la construcción de unas nuevas cocheras, que albergarán también la subestación de tracción definitiva de Kabiezes.

El trazado entre Elorrieta y Bolueta, de aproximadamente 9 km de longitud, discurre por un túnel único para los dos sentidos de vía, excepto en un corto espacio aéreo en su fase final en el que se ubica la estación de Bolueta, y en el paso subfluvial de Olabeaga, en el que se ha empleado un cajón de hormigón con dos huecos. Existe otro paso subfluvial entre Ripa y el Arenal.

El tramo entre Bolueta y Etxebarri discurre en superficie, pasando por un túnel y dos viaductos. Por la parte central del último de ellos se prolonga la traza unos 100 m en superficie para adentrarse en un túnel con doble vía que da acceso a la estación de Ariz.

3.2. LÍNEA 2

La Línea 2 del F.M.B. tendrá una longitud total de aproximadamente 11,8 km sin contar el Tramo Común con la Línea 1. Actualmente dispone de doce estaciones: Basauri, Ariz, Gurutzeta, Ansio, Barakaldo, Bagatza, Urbinaga, Sestao, Abatxolo, Portugalete, Peñota y Santurtzi.

El trazado discurre por un túnel único para los dos sentidos de vía, salvo en la salida inicial de San Inazio, que consta de dos túneles gemelos de vía única, y la estación de Urbinaga, que se erige sobre un viaducto de doble vía. El recorrido incluye un paso subfluvial excavado entre las estaciones de San Inazio y Gurutzeta.

4. INSTALACIONES DE SUPERESTRUCTURA EXISTENTES

De acuerdo con el artículo cuatro.tres de la Ley 44 / 1975 de 30 de Diciembre de 1975, corresponde al Consorcio de Transportes de Bizkaia la obligación de aportar la vía, el material móvil, la electrificación, los accesorios y demás elementos necesarios para la explotación del servicio del Metro de Bilbao, redactando al efecto los correspondientes Proyectos.

Dentro de dichos Proyectos necesarios se consideran incluidos los de Superestructura: Corrientes Débiles (señalización ATP/ATO, comunicaciones y Puesto de Mando Centralizado), Electrificación, Subestaciones y Sistema de Venta y Cancelación de Títulos.

4.1. INSTALACIONES DE CORRIENTES DÉBILES

4.1.1. Señalización

En el conjunto de las Líneas 1 y Línea 2 del FMB existen ocho (8) enclavamientos de módulos geográficos repartidos por las estaciones de Casco Viejo, Abando, Indautxu, Lutzana, Leioa, Aioa, Urduliz y Plentzia y catorce (14) enclavamientos electrónicos repartidos por las estaciones de Bolueta, Etxebarri, san Inazio, Larrabasterra, Sopelana, Iberbangoa, Gurutzeta, Barakaldo, Urbinaga, Sestao, Portugalete y Santurtzi, como se presenta en los planos. Aunque existen diferentes generaciones de enclavamientos, el interface es el mismo con todos ellos (PC104).

Los trenes UT 500 y UT 550 pueden circular por ambas Líneas en modos manual, especial, ATP y ATO.

Los enclavamientos y los módulos de control de los sistemas ATP / ATO están ubicados en los Cuartos Técnicos de Corrientes Débiles de las estaciones implicadas, mientras que los Cuadros de Mando Local se ubican en los Cuartos de los Jefes de Estación.

Los circuitos de vía son del tipo de audiofrecuencia sin juntas. Los accionamientos de aguja son eléctricos y electrohidráulicos, y las señales son del tipo homologado por Metro Bilbao.

4.1.2. Comunicaciones

Toda la gestión centralizada de la explotación de la red Metro se realiza desde el PMC existente en la calle Navarra nº 2. En el PMC hay un supervisor de sala, dos operadores de Tráfico, un operador de Energía, un operador de Comunicaciones y un operador de Seguridad. Además existe un puesto de operador adicional que se utiliza como puesto de mantenimiento y moviola.

Adicionalmente, a lo largo de la red de Metro existe diverso personal de explotación: conductores de trenes, supervisores de estación, inspectores de línea, personal de intervención (USI), personal de seguridad y personal de mantenimiento.

Todo este personal de explotación, tanto en el PMC como a lo largo de la red conforma distintos grupos de usuarios que se intercomunican entre sí y con las instalaciones.

Además, desde el PMC se realizan comunicaciones con viajeros: emisión de mensajes de megafonía (voz), teleindicadores (datos), recepción de llamadas de interfonos (voz) y de imágenes de videovigilancia (vídeo).

Para dar funcionalidad a todos estos servicios, los sistemas de comunicaciones instalados en las Líneas 1 y 2 son los siguientes:

- Red troncal de fibra óptica, formada por mangueras de cables de fibra óptica tendidas por ambos hastiales.
- Sistema de transmisión de datos para definir y establecer permanentemente los canales sobre los que se soportan los distintos servicios de comunicaciones.
- Sistema de comunicaciones TETRA tanto en vía (para trenes) como en dependencias (personal de explotación y mantenimiento).
- Telefonía automática, interfonía y telefonía selectiva.
- Megafonía para la difusión de mensajes a estaciones y/o unidades de tren desde el PMC o desde el cuarto del supervisor de estación.
- Videovigilancia para la recepción de imágenes captadas por cámaras de CCTV en el cuarto del supervisor de estación y en el PMC.
- Teleindicadores para información a viajeros sobre el destino y tiempo de llegada de trenes, así como de otras incidencias del servicio.

4.1.3. PMC y telemandos

Desde el PMC se establecen comunicaciones permanentes entre los operadores del PMC y el personal de explotación de Metro Bilbao (conductores de trenes y supervisores de estación).

Los ordenadores del PMC están duplicados. Para facilitar la visualización de imágenes existe un sinóptico soportado por retroproyectors. Además, existen en el PMC sistemas de grabación y reproducción de conversaciones de voz y de imágenes de vídeo.

Desde el PMC se gestionan los siguientes telemandos:

- El telemando de tráfico permite la supervisión y gestión de la situación de los trenes a lo largo de la red de Metro, así como conocer el estado de los aparatos de vía, establecer los itinerarios que permitan cumplir el plan de explotación, establecer vías únicas temporales y servicios provisionales.
- El telemando de energía permite la supervisión y gestión de las subcentrales de tracción y del sistema de electrificación de la red Metro.
- El telemando de instalaciones fijas permite la supervisión y gestión de las instalaciones electromecánicas de las estaciones: pozos de bombeo, ventiladores, ascensores y escaleras, alumbrado y fuerza, detección de incendios, etc.

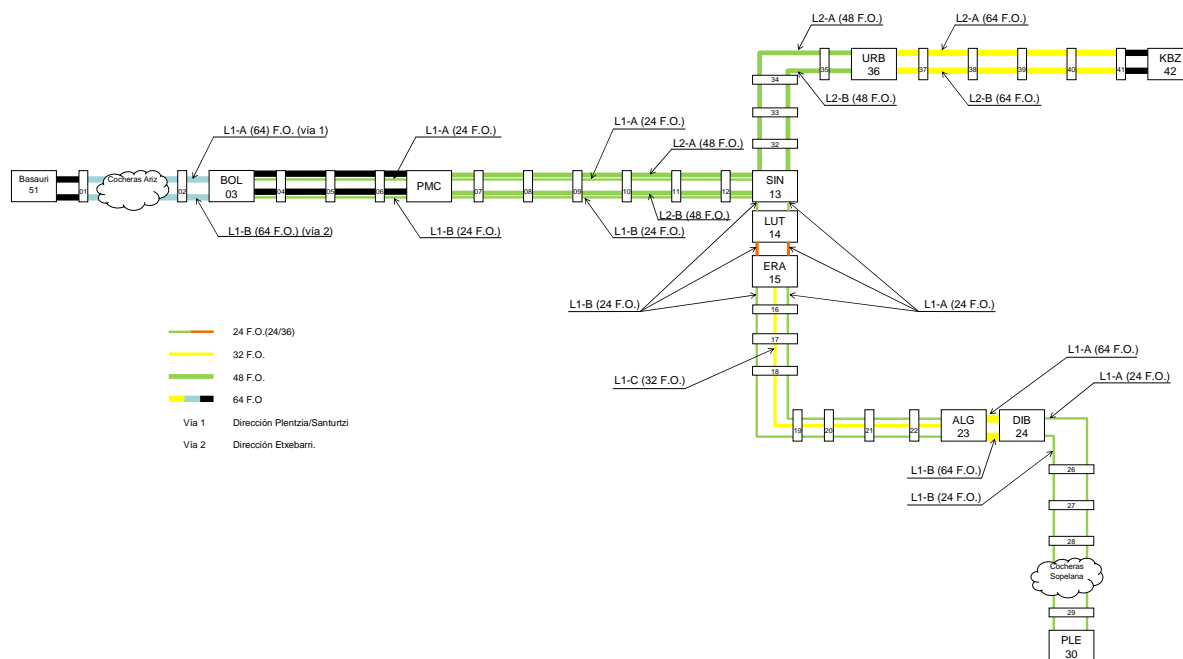
4.1.4. Red troncal de fibra óptica

La red de nivel físico de la que dispone Metro Bilbao se divide en los siguientes subsistemas:

- Cableado de fibra óptica monomodo: Cableado entre estaciones para interconexión de los equipos de comunicaciones entre las estaciones y el Puesto de Mando Central (PMC).
- Cableado de fibra óptica multimodo: Cableado entre vestíbulos de estaciones, cuando la estación dispone de equipos del sistema de venta y cancelación de títulos en ambos vestíbulos.
- Cableado de cobre: cableado en el interior de las estaciones. Está formado por cable de pares de cobre con topología en estrella siendo los centros los repartidores de cableado del cuarto de corrientes débiles (CCDD) y, en su caso, del armario auxiliar del sistema de venta y cancelación de títulos (CA-2 ó CA-1). Se propone que el cableado se realice conforme a la categoría 6 de cableado estructurado.
- Armarios de comunicaciones: formados por bastidores de 19", dentro de los cuartos técnicos de corrientes débiles (CCDD) de las estaciones. Asimismo, existe un armario auxiliar en el segundo vestíbulo.

Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación, Distribuido y Multi-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

En el siguiente esquema se presenta la infraestructura de Fibra Óptica.



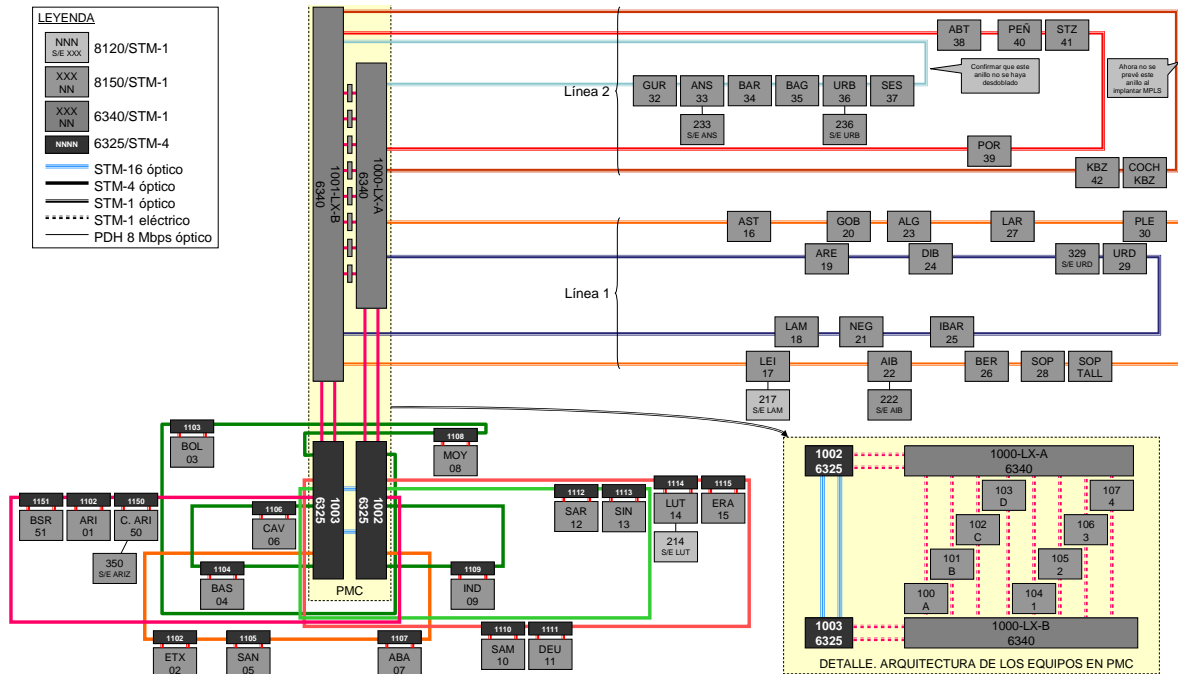
4.1.5. Sistema de transmisión digital SDH-PDH

El sistema de transmisión digital de datos (Red SDH) realiza el transporte y acceso de los sistemas empleados para la explotación de las Líneas 1 y 2 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao y utilizando soportado por la infraestructura de fibra óptica. Sus características principales son:

- Arquitectura basada en anillos de diferentes capacidades sobre fibra óptica monomodo recorriendo todas las estaciones:
 - Anillos de capacidad STM-1 (4 en total).
 - Anillos de capacidad STM-4 (6 en total).
- Red única para ambas Líneas, 1 y 2.
- Constituida por equipos SDH (MARTIS DXX 6325 y 6340) y PDH (MARTIS DXX 8150 RXS-D), todos ellos del fabricante TELLABS.

Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación, Distribuido y Multi-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

La arquitectura actual de la red es la que se presenta en el siguiente esquema.



4.1.5.1 Topología de la red en las estaciones (cocheras, etc.)

Los diez (10) anillos se encuentran divididos de la siguiente manera:

- La línea 1 se encuentra dividida en ocho (8) subanillos en los que cada nodo pertenece a un único subanillo (de capacidad STM-1 y STM-4).
- La línea 2 en dos (2) subanillos (ambos de capacidad STM-1).

Anillos en STM-4 (6 que se apoyan sobre los 6325):

- Anillo STM-4: Lutzana (14), Erandio (15), Deusto (11) y San Mamés (10).
- Anillo STM-4: Abando (07), Santutxu (05) y Etxebarri (02).
- Anillo STM-4: Sarriko (12) y San Inazio (13).
- Anillo STM-4: Bolueta (03) y Moyua (08).
- Anillo STM-4: Indautxu (09), Basarrate (04) y Casco Viejo (06)
- Anillo STM-4: Cocheras de Ariz, Ariz (01) y Basauri (51).

Anillos en STM-1 (máximo de 4 que se apoyan sobre los 6340):

- (Línea 1) Anillo STM-1: Leioa (17), Aioa (22), Berango (26), Sopelana (28), Talleres de Sopelana (TS), Plentzia (30), Larrabasterra (27), Algorta (23), Gobela (20) y Astrabudua (16).
- (Línea 1) Anillo STM-1: Lamiako (18), Neguri (21), Urduliz (29), Subestación de Urduliz (229), Getxo-Bidezabal (24) y Areta (19).
- (Línea 2) Anillo STM-1: Gurutzeta-Cruces (32), Ansio (33), Barakaldo (34), Bagatza (35), Urbinaga (36) y Sestao (37).
- (Línea 2) Anillo STM-1: Abatxolo (38), Portugalete (39), Peñota (40) y Santurtzi (41).

La conexión de las subestaciones eléctricas S/E con el resto de la red, es la siguiente:

- S/E Bolueta. Los servicios dependen directamente del nodo de la propia estación de Bolueta (03) sin hardware adicional.
- S/E Abando: Los servicios se conectan directamente con el PMC, excepto el servicio de arrastre entre subcentrales que se realiza a través de los equipos MARTIS del PMC.
- S/E Lutxana (mininodo), cuelga de la estación de Lutxana (14).
- S/E Lamiako (mininodo), cuelga de la estación de Leioa (17).
- S/E Aioa (nodo básico), cuelga de la estación de Aioa (22).
- S/E Larrabasterra. Los servicios dependen directamente del nodo de la propia estación de Larrabasterra (27) sin hardware adicional.
- S/E Urduliz (nodo básico), está introducido dentro de uno de los anillos de la red, tal y como se ha detallado anteriormente, debido a la que además de los datos de la subestación recoge el tráfico de la TBS de TETRA de las Cocheras.
- S/E Ansio (nodo básico), cuelga de la estación de Ansio (33).
- S/E Ansio (nodo básico), cuelga de la estación de Ansio (33).
- S/E Ariz (nodo básico), cuelga del nodo de las cocheras de Ariz (50).

4.1.5.2 Topología de la red en el PMC

Se dispone de dos tipos de equipos, los SDH propiamente y los PDH, en la sala técnica del PMC. El equipamiento en el PMC, por tanto, es el siguiente:

- Dos (2) nodos SDH 6340, con seis (6) interfaces STM-1 ópticos, para conectarse a los nuevos nodos 6325 y cerrar los anillos de estaciones que no han sido ampliados (4 en total), y seis (6) interfaces STM-1 eléctricas, para conectarse con los nodos PDH.
- Dos (2) nodos SDH 6325, con seis (6) interfaces STM-4 ópticos, para cerrar los anillos con las estaciones migradas a STM-4, dos (2) interfaces STM-1 ópticos, para conectarse a los nodos 6340 existentes, y dos (2) interfaces STM-16 ópticos, para conectarse entre ellos.
- Seis (6) nodos PDH 8150 para extracción de servicios, tanto de la Línea 1 como de la Línea 2, con dos (2) interfaces STM-1 eléctricas para la conexión con los nodos 6340.

Todos estos equipos son controlados por el sistema de gestión de la red SDH, (TELLABS 8100 NMS).

Los nodos centrales 6325 disponen de dos tarjetas SIMX16 cada uno con cuatro (4) interfaces STM-1/4 por tarjeta, es decir un total de ocho (8) interfaces STM-1/4 por cada nodo 6325.

Con las actuaciones realizadas hasta la fecha, los nodos centrales no tienen posibilidad de cerrar nuevos anillos STM-4 dado que cada nodo 6325 instalado en el PMC tiene ocupadas sus ocho (8) interfaces.

Esta característica limita la migración de los dos anillos de Línea 2 así como la posterior reestructuración de los anillos.

4.1.6. Red GigabitEthernet

La red gigabit Ethernet ofrece servicio de transporte IP tanto en las estaciones como en el PMC. Los servicios de estación más representativos transportados por esta red son el sistema de venta y cancelación, la comunicación con los PCs de estación y parte del sistema de videovigilancia, además de la propia ofimática de Metro Bilbao.

Los equipos que forman esta red son switches del fabricante ENTERASYS:

- PMC: nodos N7.
- Troncal: nodos E7.
- Acceso: nodos MATRIX SecureStack A2.

Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación,
Distribuido y Muti-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

Se dispone de una topología en estrella basada en enlaces activos y port-trunking. Como anexo se acompaña el plano que presenta la configuración de los nodos troncales y del PMC como se encuentran en la actualidad.

Las estaciones de ambas Líneas 1 y 2 disponen de equipos, bien troncal más acceso, bien sólo acceso:

- Estaciones con equipamiento de troncal y de acceso: Sopelana, San Inazio, Areta, Peñota y Barakaldo.
- Estaciones con equipamiento sólo de acceso, con dos equipos por estación (de modo general estaciones con dos accesos a vía pública): Línea 1: Algorta; Tronco común: San Inazio, Deusto, San Mamés, Indautxu, Moyua, Abando, Casco Viejo y Santutxu y Línea 2: Sestao, Abatxolo, Portugalete, Peñota, Santutzi, Kabiezes, Ariz y Basauri. Por otra parte, estaciones con un equipo por estación: Línea 1: Astrabudua, Leioa, Lamiako, Aiboa, Neguri, Gobela, Urduliz, Plentzia, Berango, Ibarbengoa, Bidezabal, Larrabasterra, Sopelana, Lutxana y Erandio; Tronco común: Sarriko, Basarrate y Bolueta y Línea 2: Urbinaga, Bagatza, Barakaldo, Ansio, Gurutzeta y Etxebarri.

Otras ubicaciones dentro de la red son los talleres de Sopelana (dos equipos de acceso), el Parking de Etxebarri (un equipo de acceso), la subestación de Kabiezes (un equipo de acceso) y las cocheras de Ariz (un equipo de acceso).

En el edificio de Abando (calle Navarra) se dispone de dos equipos troncales de Enterasys, switch modelo N7, uno de ellos ubicado en el Puesto de Mando (1º planta) y otro de ellos en la 2ª planta del edificio (este último conectado a su vez con un switch de acceso en 5ª planta). Ambos equipos se encuentran conectados entre ellos por interfaces eléctricos.

La estrella de los equipos de estación se cierra en el nodo del PMC que centraliza los enlaces de toda la red.

4.1.7. Sistema de radiocomunicaciones

El sistema de radiocomunicaciones empleado en Metro Bilbao está soportado por la red TETRA de Itelazpi, que es una red con infraestructura del fabricante Teltronic, modelo NEBULA, versión 10.16. Itelazpi actúa como un operador del servicio. Por tanto, no se realiza la descripción del equipamiento y arquitectura de dicho sistema. Por otra parte, a continuación únicamente se describen las funciones generales del terminal de operador de centro de control:

- Realización de llamada

La llamada puede ser realizada tanto por marcación de un número introducido manualmente por el operador, como efectuando doble click sobre un elemento de la agenda.

Las llamadas salientes permiten definir el tipo de llamada a realizar, pudiendo seleccionar las características de la llamada entre:

- Llamada semi-dúplex directa
- Llamada semi-dúplex con Hook
- Llamada dúplex.
- Llamada de grupo.
- Selección del nivel de prioridad de 0 a 15. Siendo 15 la llamada más prioritaria.

Cada operador puede establecer varias comunicaciones de grupo y unirlos en multiconferencia.

- Recepción de llamada con HOOK

La llamada entrante se refleja en todos aquellos operadores que disponen de permisos de utilización de la interfaz Tetra por el que entra. Cualquiera de los operadores puede atenderla. La señalización se produce de forma visual y acústica reflejando también el nivel de prioridad. En la conexión directa con Nebula se debe poder definir qué operadores atienden la llamada en función del equipo llamante dependiente de la flota a que pertenecen.

- Recepción de llamada directa o de grupo

Los operadores pueden relacionarse a los diferentes interfaces Tetra de modo que cuando se recibe una llamada directa o de grupo, ésta es atendida automáticamente por su puesto. El operador puede seleccionar si desea que la llamada entre al canal primario en comunicación normal o al secundario en difusión. Si la interfaz se encuentra configurada

en el canal primario, pero el operador tiene una comunicación en curso por él, la llamada entrante pasará automáticamente al canal secundario en modo difusión para que no deje de ser atendida.

Si alguno de las interfaces se encuentra relacionado con un operador que no está conectado al sistema, éste es señalizado para que algún otro operador tome el relevo. Una interfaz sólo puede estar asociada a un operador simultáneamente. Si entrase una llamada de este tipo por una interfaz no relacionado, pasaría a entrar como una llamada normal, quedando como retenida.

- Recepción de llamada prioritaria

La llamada prioritaria se señala con un tono diferente a la llamada normal.

- Identificación de llamante

Las llamadas entrantes deben disponer de identificación del número llamante. Este número es contrastado con la agenda y se muestra su nombre si se encuentra dado de alta en la lista.

- Recepción de mensajes de estado

El sistema permitirá asociar textos a los mensajes de estado que se reciben por cada uno de los terminales, de este modo, al recibir un mensaje de estado, éste quedará registrado con su valor y el texto asociado según el grupo de terminales por el que se recibe.

- Recepción de mensajes SDS

El sistema soportará la recepción de mensajes SDS con o sin TL. Emitiendo el Centro de Control enviará el informe correspondiente a la recepción del mensaje en el terminal Tetra y al efectuar la lectura del mensaje por alguno de los operadores. Los mensajes recibidos serán registrados en la bandeja de entrada de mensajes de aquellos operadores que tienen permiso de uso de la interfaz por el que entra el mensaje.

- Envío de mensajes de estado

El envío de mensajes de estado se realiza seleccionando de una lista el texto asociado al estado. El operador puede enviar mensajes de estado de forma individual a recursos o bien a grupos radio mediante selección de la lista de recursos o utilizando ISSI's o GSSI's. Si el envío de estado es de grupo, el grupo debe encontrarse definido en la interfaz por el que se realiza el envío.

Se pueden enviar y recibir estados de un rango entre el 32768 al 65535 existiendo dentro de este rango tres estados predefinidos en el sistema de "Call Back", "Emergency" y

“Urgent Call Back”. El resto de definiciones podrá realizarse en función de las necesidades del cliente por el administrador del sistema para cada grupo de interfaces.

- Envío de mensajes SDS

El envío de mensaje SDS puede ser realizado tanto a un número introducido manualmente por el operador, como seleccionando la opción de enviar mensaje del menú correspondiente.

Se pueden enviar mensajes SDS individuales o de grupo radio. Los mensajes SDS enviados pueden ser con o sin TL, y en el caso de TL pueden solicitar:

- Sin informe.
- Con informe de entrega.
- Con informe de lectura.
- Con informes de entrega y lectura.

Los mensajes de informe recibidos también serán almacenados en la bandeja de entrada de mensajes al igual que los mensajes SDS recibidos.

- Activación o desactivación de VOX control sobre la interfaz

El operador podrá activar o desactivar el VOX control de la interfaz en todo momento (siempre que ésta no se encuentre en una difusión), pudiendo incluso utilizarlo él mismo además de ser utilizado en la integración de comunicaciones.

- Detección de cobertura o enlace

El equipo Tetra puede encontrarse no disponible por dos motivos: pérdida de cobertura Tetra o bien por la pérdida del control del terminal por la matriz de conmutación. En ambos casos, se indica en el operador la disponibilidad o no de la interfaz.

- Señalización de recepción

Las interfaces Tetra disponen de señalización de portadora, de modo que cualquier operador puede conocer si un terminal se encuentra en recepción aún sin estar en comunicación.

- Señalización de transmisión

Las interfaces Tetra disponen de señalización de transmisión, de modo que cualquier operador puede conocer si un terminal se encuentra en transmisión aún sin estar en comunicación.

4.1.8. Telefonía automática, interfonía y telefonía selectiva. Sistema MX-ONE™ Telephony Switch

Se trata de un sistema digital de estructura distribuida que utiliza una técnica SPC, control por programa almacenado, una conmutación temporal del tipo sin congestión y está formado, básicamente, por dos unidades, por una parte el módulo interface de línea (LIM) y por otro el selector de grupo (GS):

- El LIM es una unidad controlada por microprocesador que puede equiparse con cualquier combinación de tarjetas de extensiones, enlaces y órganos de telefonía.
- El GS realiza la interconexión de LIMs que componen la central por medio de un conmutador digital sin congestión interna, que también puede duplicarse. El GS está controlado por los LIMs que tiene conectados y se incluye en la central cuando esta se configura con tres o más LIMs.

Cada uno de los LIM de la red proporciona una posición de telefonía analógica (2 hilos, batería central por bucle) para conectar el interface lado central del nodo PDH del sistema de transmisión de datos. Igualmente los terminales y el teléfono auxiliar del supervisor de estación (conexión a un LIM diferente del de los terminales) se conecta al nodo PDH (lado abonado) con dos (2) hilos. Actualmente existen dos LIMs diferentes en el PMC:

- LIM de estaciones, conectado con el resto de LIMs distribuidos a través de las estaciones a través de la infraestructura de transmisión de Metro Bilbao y que trabaja bajo la versión SW MXOne Telephony Switch.
- LIM para soporte de la telefonía del PMC, actualizado con la versión SW MXOne aunque de mecánica tradicional y que dispone de la conexión con el exterior a través de primarios.

4.1.8.1 Sistema gateway MXOne Server

Este sistema está totalmente habilitado para IP, tanto a nivel de interconexiones como a nivel de extensiones, quedando a la elección del usuario la utilización de terminales analógicos, digitales o IP.

4.1.8.2 Arquitectura actual

El sistema tradicional está conectado, desde la LIM que presta servicio a las estaciones, con el gateway MXOne Server empleando un enlace QSIG, como se presenta en la siguiente figura.

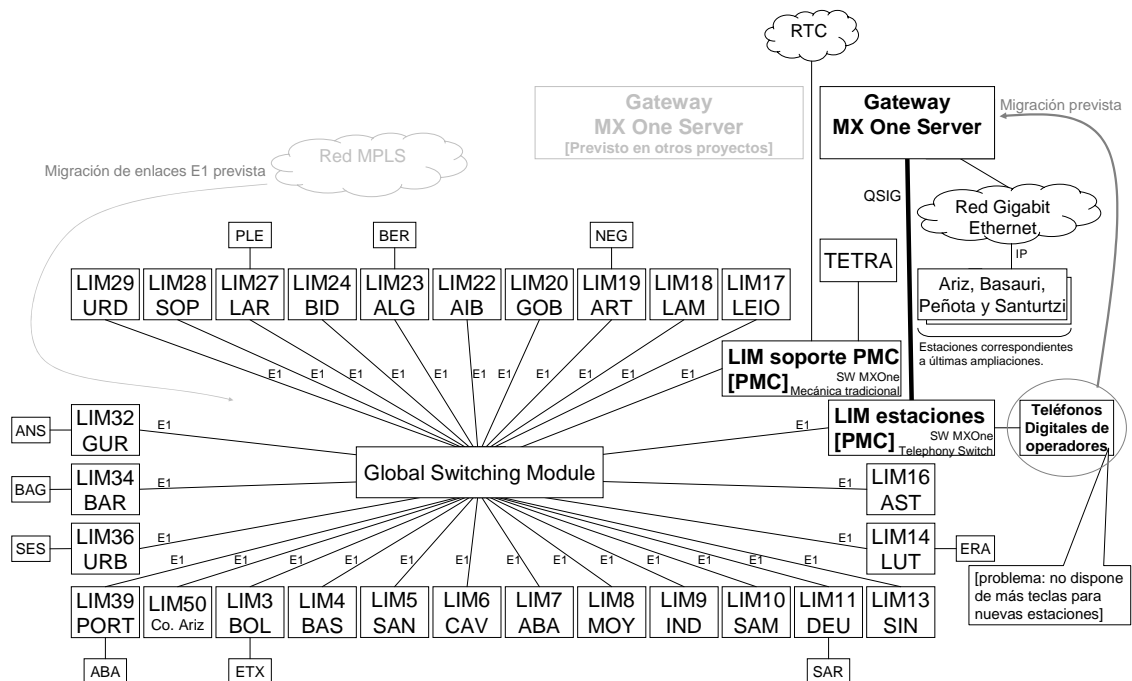


Figura 1. Arquitectura del sistema de telefonía e interfonía

4.1.8.3 Arquitectura prevista

CTB ha previsto incorporar un segundo gateway MXOne Server con objeto de que exista una redundancia, como se presenta en la siguiente figura.

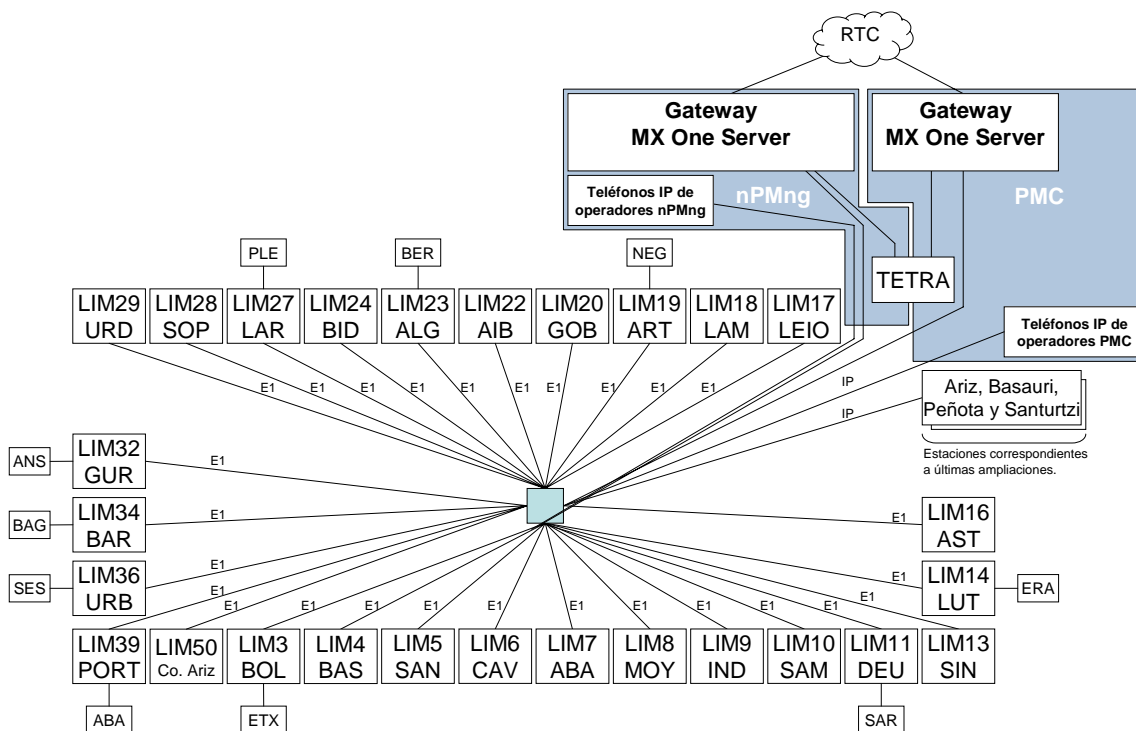


Figura 2. Arquitectura del sistema de telefonía e interfonía

4.1.8.4 Integración con el PMC

La solución de integración del sistema de telefonía clásico con el PMC consta de:

- Un servidor de telefonía conectado a la red LAN del PMC.
- Un (1) interfaz SIU para la central.
- Dos (2) interfaces ICU, uno (1) por cada LIM del PMC.
- Una serie de adaptadores de terminales digitales de datos (TAU-2620) para su interconexión con el servidor de telefonía del PMC.

Los nuevos Gateways MXOne Server se conectan directamente a la red LAN del PMC a través de interfaces Ethernet.

Cada puesto de operación del PMC dispone de una conexión vocal al sistema de telefonía, en el que se reciben y cursan llamadas a los diferentes usuarios de la red y un terminal informático,

integrado en la red de área local de PMC, desde el que se puede realizar las siguientes operaciones:

- Realizar llamadas seleccionando el destino en la pantalla del ordenador.
- Visualización en la pantalla de las llamadas recibidas con indicación del equipo que ha llamado.
- Rellamada: llamar al último número marcado.
- Espera: poner una llamada en estado de espera.
- Activar: sacar una llamada del estado de espera.
- Desvío: reencaminar la llamada actualmente atendida hacia otro número telefónico.
- Inclusión: permite al operador incluirse en cualquier conversación telefónica del sistema que se esté realizando en ese momento.
- Agenda: Lista almacenada de teléfonos del sistema.
- Conferencia: Interconexión con el operador de varios usuarios.
- Llamada general: conexión automática de un grupo de abonados predefinidos de forma inmediata.

Anteriormente, cada uno de los puestos de operador y supervisor del PMC estaba equipado con un teléfono digital Dialog 2662 y una TAU-2620 (línea digital B+D). Esta TAU se conecta por medio de una interfaz V24 / V28 al terminal correspondiente del operador del PMC.

El presente proyecto contempla la sustitución de los terminales telefónicos digitales por unos nuevos terminales nativos IP avanzados que incorporan la capacidad de poder incrementar el número de paneles de teclas de marcación directa de tal forma que permiten la incorporación de nuevas estaciones. Dicha sustitución implica la necesidad de desarrollar un nuevo aplicativo que sustituya al TAU-2620 y que permita establecer comunicaciones telefónicas entre los PCs de los operadores y los gateways de telefonía MXOne Server, sin necesidad de emplear los nuevos terminales de telefonía como pasarela entre PC y gateways como sucedía anteriormente.

El sistema MD-110 envía, por medio de dos (2) interfaces ICU (Interface Computer Unit) instalados en los LIMs del PMC (uno por LIM), la información de origen de cada una de las llamadas que se reciben para los puestos de operador y supervisor del PMC. Esta información se recoge en el servidor de telefonía para su tratamiento y presentación en el terminal del operador correspondiente.

El protocolo “voice mail” empleado, está conformado para enviar las informaciones anteriores por medio de señales asíncronas. De esta manera se puede obtener la visualización, en el terminal informático de operador, de toda la información concerniente a quien llama.

A través del nuevo software a desarrollar integrado en el SW del puesto de operador se permitirán realizar las prestaciones definidas. De esta manera desde el terminal informático se puede realizar, sin marcación directa desde el terminal de voz, todo tipo de marcaciones como si se pulsase una tecla del teléfono digital asociado al puesto de operaciones.

Las llamadas recibidas o realizadas desde los puestos de comunicaciones del PMC, son registradas en el sistema de grabación existente en el PMC.

4.1.8.5 Telefonía automática

El servicio de telefonía automática engloba todas las comunicaciones entre cualquier equipo telefónico de la red, exceptuando los puestos de operación de telefonía del PMC y los equipos de cabecera de andén, que corresponden a la telefonía selectiva.

4.1.8.6 Telefonía selectiva

La telefonía selectiva (hot - line) permitirá la comunicación de los operadores del PMC (a través de la consola de operación), con los supervisores de estación (a través del terminal IP del supervisor de estación) y con los conductores (a través del teléfono de cabecera de andén) en cualquier circunstancia.

La telefonía selectiva deberá posibilitar que el supervisor de estación o el conductor, llamen directamente al PMC sin realizar marcación, y que su llamada sea atendida por el operador del PMC de forma prioritaria a otras llamadas. Las llamadas selectivas se reciben en la consola del operador del PMC correspondiente pero se señalizan en todas las otras consolas, de forma que cualquier otro operador puede recoger la llamada.

4.1.8.7 Llamada selectiva en el teléfono IP del supervisor de estación

De esta manera, se cumplirán los dos requisitos básicos del funcionamiento selectivo:

- El teléfono del supervisor de estación siempre está disponible para las llamadas procedentes del PMC.
- El supervisor de estación podrá comunicar directamente con el PMC en caso de emergencia sin realizar marcación, y sabiendo que su llamada será atendida de forma prioritaria.

En caso de que se produzca una avería en el propio teléfono IP, el supervisor de estación podrá realizar la llamada al PMC marcando la extensión correspondiente desde el terminal IP de

reserva (el asociado al servicio de telefonía auxiliar). El operador del PMC recibirá la llamada y la tratará de manera idéntica a como si se hubiera realizado desde el teléfono selectivo del supervisor de estación.

4.1.8.8 Terminal de cabecera de andén

El teléfono de cabecera de andén, estará programado como hot-line al PMC (al descolgar se establece una llamada automática al operador del PMC de la línea correspondiente) y la llamada será priorizada por el PMC. El teléfono de cabecera de andén solamente podrá ser llamado desde el PMC.

4.1.8.9 Consola de operador del PMC

Las llamadas selectivas se recibirán en el PMC, en la consola del operador correspondiente ya sean selectivas u ordinarias. No obstante, la consola permite identificar una llamada como selectiva, con lo cual el operador la priorizará.

4.1.8.10 Interfonía

La interfonía permite la comunicación de los viajeros del Metro con el personal de explotación (supervisores de estación y operadores del PMC) a través de los interfonos ubicados en los andenes y vestíbulos de las estaciones.

El usuario que desee iniciar una llamada, pulsará un botón de llamada (que sólo habrá que apretar momentáneamente, no durante la conversación), encaminándose la llamada al supervisor de estación. Al pulsar por segunda vez el botón se cortará la llamada previamente establecida.

El supervisor de estación descolgará su terminal telefónico IP e iniciará la conversación. En el visor del terminal debe aparecer la identificación del interfono que origina la llamada.

Si el supervisor de estación está ausente, al cabo de aproximadamente 10 segundos de no atenderse, la llamada se reencaminará al operador de Comunicaciones del PMC, que será el destinatario de las llamadas de interfonía cuando el supervisor de estación no conteste.

En cualquier caso, cuando el supervisor de estación u operador del PMC den por finalizada la conversación y cuelguen su teléfono, la centralita liberará el enlace y el interfono, que detecta un tono de colgar que recibe de la central y efectúa la operación de cuelgue de manera automática.

La llamada a un interfono desde el teléfono IP del supervisor de estación se realizará marcando el número de extensión telefónica correspondiente al interfono, de acuerdo con el plan de numeración definido.

Por motivos de seguridad, sólo serán posibles las llamadas a un terminal de interfonía por el supervisor de estación correspondiente o por el operador del PMC.

4.1.8.11 Requisitos de operación del PMC

Los servicios de interfonía, telefonía automática y telefonía selectiva, estarán soportados por el mismo sistema. A nivel técnico no existen diferencias significativas entre ambos servicios, realizándose la separación únicamente a nivel funcional.

Puesto que la estructura telefónica digital usada permite la identificación en el PMC del equipo telefónico que está llamando, se puede efectuar un tratamiento diferenciado para cada llamada.

En el PMC, la información sobre las comunicaciones de voz es presentada al operador a través de un terminal informático de operador con funciones de consola de comunicaciones.

La consola incluye una pantalla gráfica, teclado y ratón que posibilita efectuar la operación de las distintas tareas de operación de la red de telefonía e interfonía. La consola de telefonía trabaja paralelamente al software de operación, pudiéndose indistintamente utilizar el software de operación o la consola del teléfono del operador.

Las consolas de los puestos de operador de Comunicaciones y de supervisor del PMC disponen de las funciones de operador de Telefonía e Interfonía.

Todas las consolas de operación de telefonía, podrán trabajar con cualquiera de las aplicaciones de telefonía, interfonía o radiotelefonía según requerimientos del puesto.

La aplicación de telefonía reside y se ejecuta en el sistema dual de ordenadores de Comunicaciones. El sistema gráfico correrá sobre la estación de trabajo del operador descargando de esta tarea al sistema dual de ordenadores.

La aplicación trabaja de forma paralela (con otras aplicaciones de Telemandos) sobre la misma consola que disponen los operadores del PMC y el supervisor, mediante la adecuada activación y desactivación de ventanas en las correspondientes pantallas gráficos por medio del ratón.

Para trabajar con la consola de operador debe de haberse dado previamente una clave de acceso, propia de cada operador. Estas claves quedan almacenadas internamente, y solo pueden ser modificadas por un administrador del sistema. Cuando un operador abandona el puesto de trabajo, debe darse de baja eliminando su clave de acceso y dejando de esta forma no operativa la consola hasta que venga otro operador e introduzca su clave.

Los elementos funcionales de la aplicación serán los siguientes:

- Funciones de presentación de llamadas.
- Funciones de control de la comunicación.

- Funciones de selección de dispositivo de escucha.
- Funciones de Base de Datos, funciones de directorio.
- Funciones de menú.

4.1.8.12 Funciones de presentación de llamadas

En la pantalla se activará una ventana de llamadas. Cada línea de la ventana de llamadas se corresponderá a una llamada. En dicha línea aparece toda la información disponible respecto a la llamada.

En la parte inferior de la pantalla habrá una línea de texto de ayuda con el texto correspondiente a las funciones. El texto irá cambiando a medida que se avance en la selección de una orden determinada.

Aparecerán, entre otras, las siguientes informaciones:

- Número del equipo telefónico con que se comunica (4 ó 5 cifras).
- Breve descripción del lugar de procedencia de la llamada
- Estado de la llamada (aparcada, pendiente, conectada,...)
- Prioridad de la llamada (urgencia, normal, ...)

Para moverse a lo largo de la pantalla y seleccionar y activar ventanas y opciones se utilizará el ratón.

Una vez posicionado el cursor sobre una de las llamadas que figura en la pantalla, se activa por medio del ratón, la función de control de comunicación de activar, con lo que el operador ya podrá hablar con el peticionario.

La consola dispondrá de aviso acústico y óptico que se activa cuando recibe una llamada.

4.1.8.13 Funciones de control de la comunicación

El procedimiento para efectuar una llamada a cualquier dispositivo conectado a la red de comunicaciones de voz (telefonía de operación, automática, radiotelefonía, interfonos) es el siguiente:

- Puede usarse el teclado decádico telefónico estándar para marcar el código de identificación, el cual aparece en la línea de órdenes de la pantalla. También es posible la marcación mediante el ratón sobre un teclado representado en pantalla.
- En caso de que haya una equivocación de marcaje se actúa con el ratón sobre la opción DEL para borrar la cifra errónea.
- En caso de que no se desee marcar el número, se puede usar un listín telefónico incorporado. Dicho listín aparece en pantalla previa actuación con el ratón sobre la opción correspondiente. La selección dentro del listín del destinatario deseado se realiza mediante el movimiento del puntero, que permite moverse por la lista.
- Una vez que en la línea de cursor aparece el número correcto, basta con pulsar el ratón sobre la opción de control de comunicación “marcar”. La consola efectuará el marcaje de forma automática, y el operador solo deberá esperar a que se efectúe la comunicación.

Este procedimiento de llamada se puede eliminar si se usan las macros de llamada acceso directo de las que dispone la aplicación, que cuales pueden ser programadas por el operador con cualquier número telefónico de uso muy frecuente.

En caso de recibir varias llamadas simultáneas, la pantalla refleja las mismas, y el operador puede seleccionar con el ratón cualquiera de ellas de forma inmediata, dejando de forma automática la llamada que se estaba atendiendo en estado de espera.

Finalmente, cuando el operador desea poner fin a una conversación, actúa sobre la opción de control de comunicaciones “colgar”.

4.1.8.14 Funciones de selección de dispositivo de escucha

Existen tres dispositivos a disposición del operador, que son:

- Micrófono y altavoz de ambiente, para la comunicación manos libres.
- Auriculares con micrófono incorporado.
- Microteléfono estándar de teléfono.

La selección entre uno y otro se efectúa a través de la activación con el ratón sobre la opción selección de dispositivo.

4.1.8.15 Funciones de menú

La aplicación dispone de una serie de funciones a las cuales se accede a través del ratón mediante la gestión de ventanas y activación de opciones siguiendo la filosofía Windows.

El significado de cada opción se muestra en la última línea de la pantalla. El texto de cada una de ellas va variando a medida que se van dando pasos para la definición final de la orden que desea efectuar el operador.

Existe la posibilidad de programar directamente alguna orden completa en macros de menú.

Las funciones disponibles son las siguientes:

- Rellamada: vuelve a llamar al último número solicitado.
- Espera: coloca la llamada que se está atendiendo en estado de espera.
- Activar: saca una llamada del estado de espera.
- Desvío: reencamina la llamada actualmente atendida hacia otro número telefónico. Para la selección de dicho número telefónico se pueden usar las mismas facilidades que para una llamada directa de operador.
- Inclusión: permite al operador incluirse en cualquier comunicación telefónica del sistema que se esté realizando en ese momento.
- Corte: una vez que el operador se ha incluido en una conversación dispone de la posibilidad de cortar la comunicación actual y quedarse en comunicación con el usuario solicitado.
- Agenda: activa la visualización de la lista almacenada de teléfonos dentro del sistema.
- Fin Agenda: desactiva la agenda.
- Ayuda: cuando se activa aparece una explicación simple de la tecla en la línea de estados.
- Conferencia: permite la interconexión con el operador de varios usuarios, con un mínimo de 8 conferenciantes.
- Llamada general: permite la conexión automática de un grupo de abonados predefinidos de forma inmediata. En la pantalla de la consola figurarán inicialmente todos los números llamados, y a medida que vayan contestando desaparecerán, permaneciendo finalmente sólo los que no establezcan comunicación. El operador puede hablar desde el primer momento con los oyentes que hayan descolgado.

4.1.8.16 Habilitación de terminales para la realización / recepción de llamadas

Tal y como se ha señalado en la descripción de los diferentes servicios soportados por el sistema, no todas las llamadas entre teléfonos están permitidas. Por ejemplo, un interfono no dirige llamadas más que al supervisor de estación o al operador de comunicaciones del PMC.

En el cuadro siguiente, se indica qué llamadas se permiten hacer o recibir.

		Consolas del PMC	Teléfono IP supervisor de estación	Teléfonos selectivos de andén	Interfonos
Terminal llamante.	Consola del PMC	X	X	X	X
	Teléfono supervisor de estación	X	X	X	X
	Teléfonos selectivos de andén	X			
	Interfonos	X	X		
	Teléfonos auxiliar para el Jefe de Estación	X	X	X	X

4.1.8.17 Modificaciones en el PMC

Asimismo, las actuales pantallas de la aplicación de telefonía, deberán ser modificadas para incluir las nuevas estaciones indicadas, de manera que todos los usuarios actuales de telefonía dispongan de la posibilidad de hacer / recibir llamadas a / desde estas estaciones.

- Suministro, instalación, programación y comprobación del correcto funcionamiento de los elementos adicionales a añadir / modificar en el PMC. Están incluidos los siguientes elementos:

- Terminales de nueva generación a instalar en el PMC, elementos de conexión (manguera, conectores, etc.) entre dichos terminales y el módulo correspondiente en la central de telefonía asociada en el PMC. Incluso paneles adicionales de teclas.
- Modificación de la configuración y programación del servidor de comunicaciones.
- Modificación de la aplicación de presentación de pantallas de operación.
- Modificación de la arquitectura de gestión, incluyendo la conexión a sistema de transmisión.

4.1.9. Sistema de megafonía

Actualmente Metro Bilbao dispone de dos sistemas de megafonía diferenciados:

- Servicio de Megafonía analógica para las estaciones exteriores de Línea 1
- Nuevo servicio de megafonía basado en transmisión de audio via IP, implementado en las siguientes estaciones:
 - Línea 2: Abatxolo, Portugalete, Peñota y Santurtzi. Previsto para Kabiezes
 - Tronco Común: En todas las estaciones soterradas del Tronco Común de la línea, por lo tanto exceptuando Bolueta

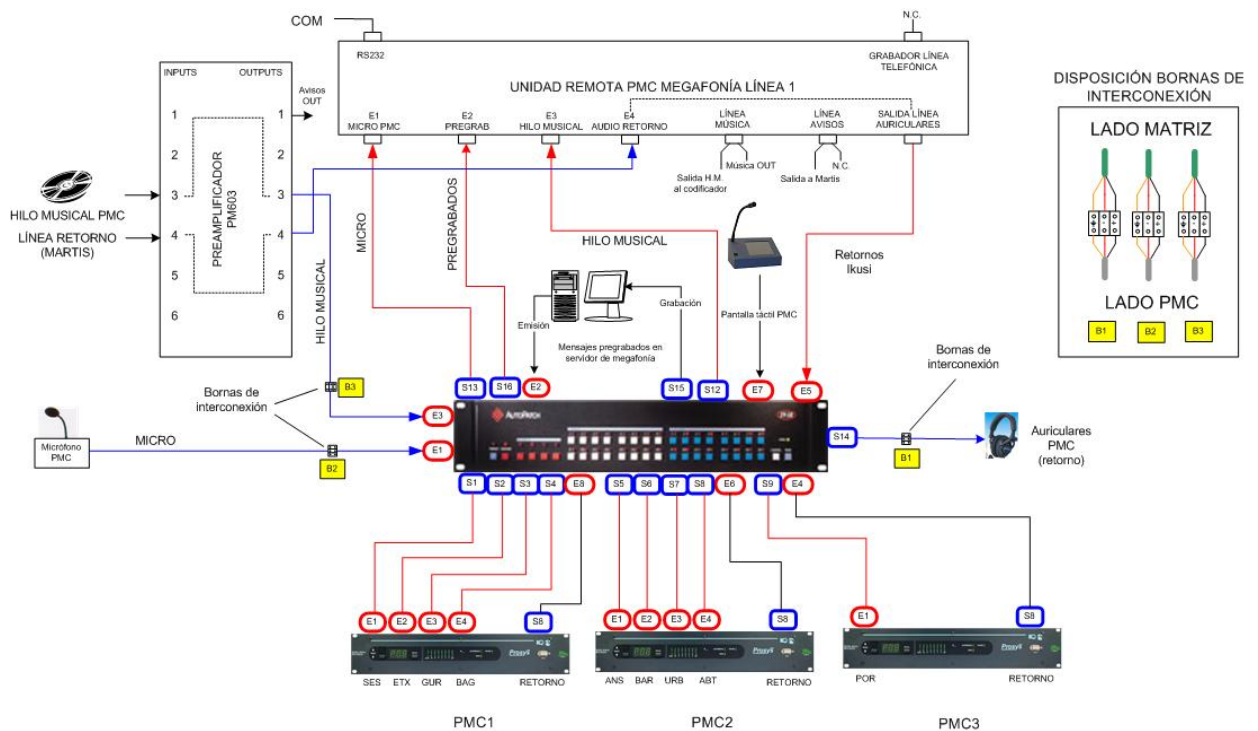
El sistema de megafonía de Metro Bilbao tiene por objeto la sonorización de los andenes y mezzaninas de las estaciones. El sistema se caracteriza principalmente por disponer de un control local y un control centralizado desde el PMC. A continuación se describen las características principales del sistema de megafonía basado en la transmisión de audio vía IP, por ser la tendencia para las nuevas instalaciones. Dicho sistema implementa las siguientes características principales:

- El control de toda la instalación de megafonía estará centralizado en un ordenador (servidor de megafonía) ubicado en la sala técnica del PMC.
- La operación del sistema se llevará a cabo a través de las WorkStations existentes en el PMC, mientras que en las estaciones se realizará a través de consolas microfónicas con pantalla táctil. En el PMC también estará disponible una de estas consolas como redundancia ante caídas del servidor de comunicaciones.
- Las consolas microfónicas permitirán, a discreción del usuario, direccionar las fuentes de audio disponibles a las diferentes zonas de sonorización (andenes, mezzaninas y cuarto del SPVE).

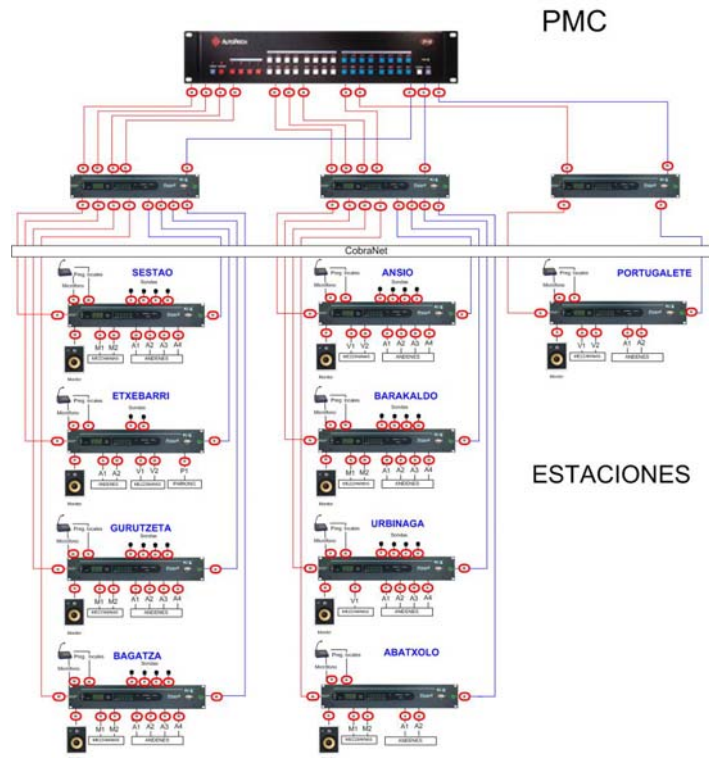
Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación, Distribuido y Multi-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

- La transmisión de audio desde PMC a las estaciones se realizará utilizando el protocolo CobraNet™, que emplea interfaces Ethernet.
- El sistema recibirá como entradas independientes de control las señales procedentes de:
 - Mensajes de voz desde la consola local y desde el PMC.
 - Mensajes pregrabados desde la consola local y desde el PMC.
 - Fuentes musicales: hilo musical desde el PMC y audio proveniente de un reproductor de CD's en local.

A continuación se muestra un esquema de la arquitectura del Sistema de Megafonía en el PMC.



En la siguiente figura se representa un esquema lógico de conexión entre el equipamiento instalado en el PMC y el equipamiento de estación



4.1.10. Sistema de videovigilancia

El sistema de vídeo de vigilancia permite las siguientes funciones en el puesto de mando:

- Selección de las imágenes captadas por una cámara determinada para ser visualizadas sobre un monitor determinado.
- Selección de las imágenes captadas por un grupo de cámaras determinado para ser visualizadas sobre un grupo de monitores determinado.
- Secuenciamiento de las imágenes captadas sobre un grupo determinado de monitores.
- Grabación de las imágenes captadas por una cámara determinada.

Para ello, el sistema de videovigilancia está compuesto por los siguientes módulos:

- Sistema de captación: basado en cámaras analógicas instaladas en los puntos sensibles de las instalaciones
- Sistema de grabación: Grabación en local de las imágenes captadas

Estudio de Alternativas, Diseño y Redacción del Proyecto de un Puesto de Mando de Nueva Generación,
Distribuido y Muti-Ubicación para el Ferrocarril Metropolitano de Bilbao

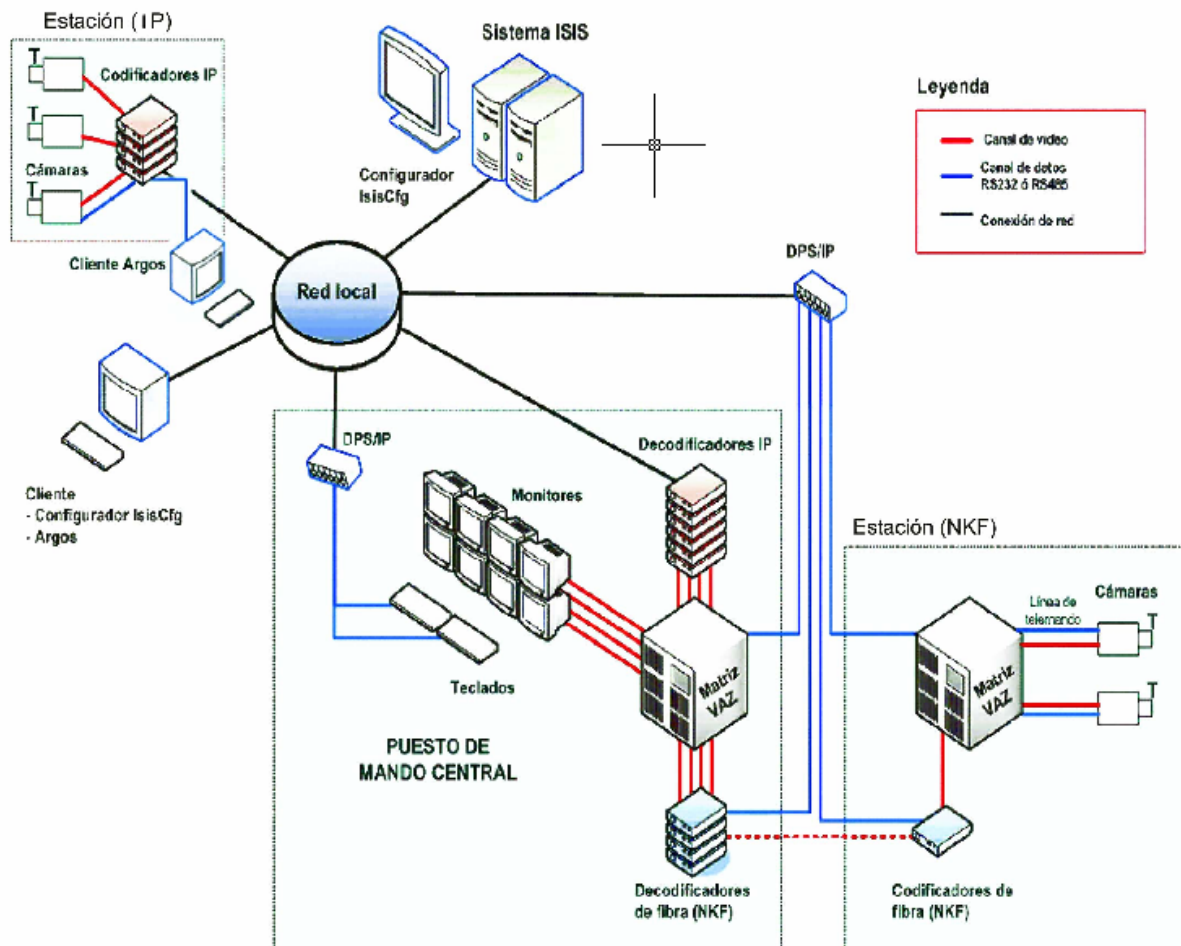
- Sistema de transmisión: Implementado de dos formas diferentes:
 - Sistema de transmisión analógico sobre fibra óptica (NKF). La mayoría de estaciones de Línea 1 y Línea 2
 - Sistema de transmisión IP, filosofía que actualmente se está adoptando para la implementación en nuevas instalaciones.
- Sistema de visualización: PC Clientes de Visualización y Videográfico del puesto de mando

Debido a la existencia de dos tipos de sistemas de transmisión de imágenes, el PMC dispone de un sistema mixto, recibándose las señales de vídeo tanto de la red de F.O. destinada al sistema de videovigilancia como de la propia Gigabit Ethernet de Metro Bilbao.

Los elementos clave de esta topología son los siguientes:

- Matriz de vídeo del PMC.
- Árbitro del sistema.
- Videograbador del PMC.

A continuación se presenta un esquema de la arquitectura del sistema de videovigilancia existente en la actualidad en el PMC



4.1.10.1 Sistema de videovigilancia basado en NKF

El sistema de transmisión basado en NKF existe actualmente, tanto en estaciones de la línea 1 como en línea 2, de manera mayoritaria. Las señales de vídeo de dichas cámaras existentes en cada estación se llevan a la matriz local correspondiente a dicha estación.

Las matrices de estación se comunican con la matriz de vídeo del PMC a través de la infraestructura de Fibra Óptica que une las estaciones

Así, las imágenes provenientes de las cámaras de estación se pueden visionar tanto desde el centro de control de la propia estación, en los monitores locales, como desde el PMC.

Asimismo, desde esta matriz del PMC se generan los comandos de control y selección que se transmiten a cada una de las matrices locales de cada una de las estaciones.

Adicionalmente a este equipamiento, existe un sistema de grabación de imágenes, tanto en cada una de las estaciones, como en el PMC.

4.1.10.2 Sistemas IP

Las estaciones de Basauri (51), Ariz (50), Etxebarri (02), Sestao (37), Abatxolo (38), Portugalete (39), Peñota (40) y Santurtzi (41) dispone de un sistema de vídeovigilancia soportado por comunicaciones IP empleando codecs MPG-4.

La estación de Kabiezes (42) será equipada con un sistema de vídeovigilancia soportado por comunicaciones IP empleando codificación H.264.

4.1.11. Sistemas de información a los viajeros

Los sistemas de teleindicadores tienen por objeto facilitar a los viajeros información relativa al estado del servicio. Para ello, los sistemas son capaces de:

- Mostrar a los viajeros de cada una de las estaciones el destino de los dos próximos trenes y los minutos que faltan hasta la llegada de estos trenes.
- Informar a los viajeros acerca de cualquier incidencia relativa al servicio, así como emitir mensajes de seguridad, publicidad, etc. permitiendo la discriminación a nivel de panel en cada una de las estaciones.
- Actualizar la información en tiempo real, cambiando las informaciones en toda la infraestructura de la red de Metro en un tiempo máximo de un segundo.
- Mostrar a los viajeros la hora local en el reloj analógico (en el sistema más antiguo). En caso de fallo de la red eléctrica o de la comunicación con el PMC, el reloj analógico efectúa una puesta a las doce horas de las agujas.

En el caso del sistema más moderno, la información horaria se integra en los paneles ultrapanorámicos.

Los viajeros reciben toda esta información a través de dos conjuntos:

- Los teleindicadores de vestíbulo. Éstos están situados en las proximidades de las barreras tarifarias de la estación, de una sola cara orientada para presentar la información a los viajeros situados próximos a las barreras tarifarias que se dispongan a comprar o validar sus billetes.
- Por otra parte, los teleindicadores de andén junto a los que también se instalan relojes horarios, es decir, un conjunto formado por un (1) panel alfanumérico y un (1) reloj

analógico, ambos de doble cara, que permitan una visualización correcta a ambos lados de los mismos.

Actualmente existen dos sistemas en servicio, como se identifica en la siguiente figura.

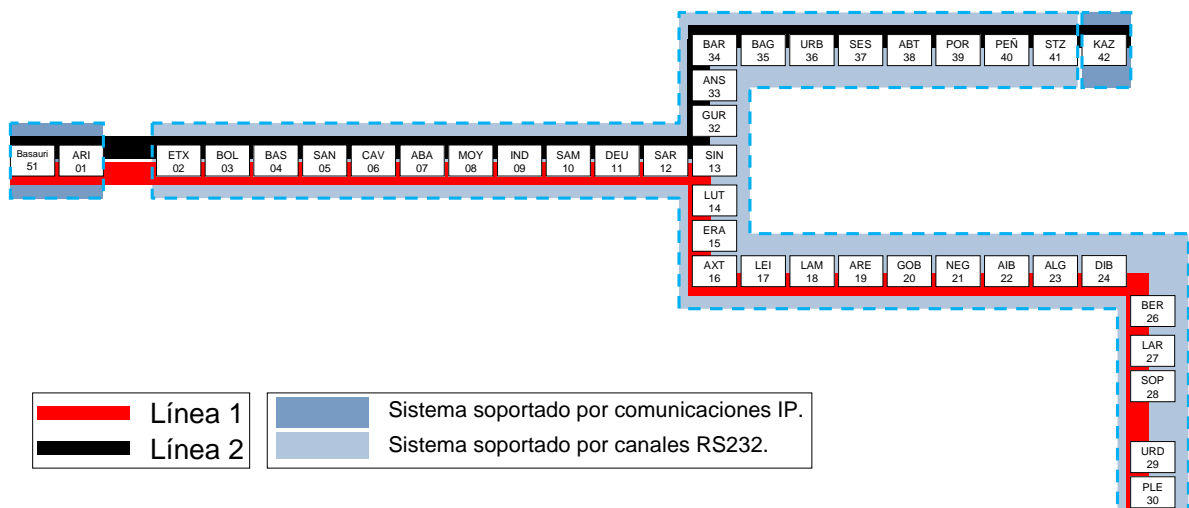


Figura 3. Sistemas de información al viajero: sistema soportado por comunicaciones Ip y sistema soportado por cables.

Por una parte, existe un sistema antiguo, basado en canales RS232, implantado en la mayor parte de la red de Metro Bilbao excepto para las estaciones de Ariz (01), Basauri (51) y Kabiezes (42). En este caso, el servidor del sistema de información al viajero se comunica con los servidores de datos de tráfico para la obtención de información en tiempo real del estado de las unidades. La comunicación desde el puesto de mando hasta los paneles de las estaciones se realiza a través de unos canales, como se desarrolla más tarde.

Por otra parte, existe un sistema más moderno, soportado por comunicaciones IP implantado en las estaciones de Ariz (01), Basauri (51) y Kabiezes (42). En este caso, el servidor del sistema de información al viajero también se comunica con los servidores de datos de tráfico para la obtención de información en tiempo real del estado de las unidades. El servidor del sistema de información al viajero envía la información, empleando un protocolo de comunicaciones que se continúa desarrollando y que permitirá funciones adicionales respecto del sistema más antiguo, empleando comunicaciones IP¹, hacia el servidor local de estación desde donde se procesa la información, se generan las imágenes a visualizar, que son distintas en función de la tipología y

¹ Aunque existe una red GigabitEthernet, dicha red multiservicio está orientada al transporte de vídeo, ticketing y ofimática. El soporte IP para los sistemas relacionados con la explotación ferroviaria está soportado por interfaces Ethernet del equipamiento SDH. Así, actualmente, las comunicaciones IP para el sistema de información al viajero de las estaciones de Basauri (51) y Ariz (01) están soportadas por los equipos SDH, empleando tarjetas de interfaces Ethernet. Por otra parte, para el caso de Kabiezes, que aún no está en servicio, se espera que ya sea soportado por el nuevo sistema de transmisión IP/MPLS.

ubicación de los terminales, y que se distribuye en vídeo compuesto a través de conector VGA a cada uno de los correspondientes monitores de andén y de vestíbulo.

Los mensajes que se transmiten a los paneles son introducidos desde el puesto de operador de teleindicadores del PMC y pueden ser seleccionados entre diferentes mensajes tipo definidos con anterioridad. Estos mensajes son actualizados automáticamente, pudiéndose discriminar a nivel de panel. Cuando un operador del PMC envía una orden hacia los teleindicadores en las estaciones, se generan unas señales de control desde el puesto de operador hacia los servidores de teleindicadores, a través de la red Ethernet del PMC.

4.1.11.1 Servidores de teleindicadores del sistema antiguo

Estos servidores procesan las órdenes recibidas desde los operadores del PMC, consultando si es preciso al sistema dual de tráfico, también ubicado en el PMC y generan, a su vez, las señales que deben ir hacia los teleindicadores en las estaciones.

Por otra parte, los servidores de teleindicadores están comunicados con los ordenadores duales de la aplicación de tráfico a través de la red del PMC. De este modo, el PMC actualiza automáticamente, en tiempo real, las informaciones que se envían a cada uno de los paneles teleindicadores de las estaciones.

Los servidores de teleindicadores son dos, uno para los teleindicadores de andén y otro para los de vestíbulo.

El servidor de teleindicadores de andén recibe los datos del servidor de datos de tráfico y, tras procesarlos, envía la información pertinente a cada uno de los paneles teleindicadores de andén, de ambas Líneas 1 y 2, a través de siete (7) canales RS232, V.24, de 9,6 kbps que proporciona el sistema de transmisión de datos.

Las características del servidor de andenes instalado son las siguientes:

- Dos (2) tarjetas de red para su conexión en el doble anillo del PMC.
- Tarjeta multicanal.
- Sistema Operativo SCO Open Server Enterprise.
- Software de aplicación Metro de Bilbao instalado para la gestión de teleindicadores.

Asimismo, el servidor de teleindicadores de vestíbulo recibe los datos del mismo servidor de datos de tráfico, y tras procesarlos, envía la información pertinente a cada uno de los paneles teleindicadores de vestíbulo, de ambas Líneas 1 y 2, a través de cinco (5) canales de 9,6 kbps que proporciona el sistema de transmisión de datos. En general, los grupos de estaciones corresponden con anillos del sistema de transmisión digital con objeto de simplificar la

configuración de los canales punto a multipunto. La distribución de canales para la comunicación con los teleindicadores desde su respectivo servidor está equilibrado en cuanto al número de estaciones para reducir los tiempos de *polling* y *selecting*, así como para mejorar el funcionamiento en tiempo real del sistema. Así se han realizado las siguientes conexiones y reservas que se detallan los esquemas que se presentan como anexos 1 y 2.

El servidor de teleindicadores de vestíbulo está actualmente formado por un ordenador PC con procesador Pentium II 200 con 64 MB de RAM, sistema operativo SCO Open Server Enterprise y monitor color de 15", conectado a la red Ethernet del PMC.

El software del servidor de teleindicadores de vestíbulo de la Línea 1 da servicio conjuntamente a los teleindicadores de vestíbulo tanto de la Línea 1 como de la Línea 2.

4.1.11.2 Servidor de teleindicadores del sistema más moderno

El sistema gestor reside en el servidor de información al viajero ubicados en el PMC, y es el encargado de facilitar las tareas de operación, supervisión y configuración del sistema de información al viajero.

Las funcionalidades son las siguientes

- El sistema gestor permite que se programen previamente los contenidos de los textos que se enviarán a los monitores. También memoriza, y en caso necesario, demanda cíclicamente los contenidos de éstos textos, bien sea de forma individual o conjunta, para proceder a su inscripción o representación.
- En los monitores pueden presentarse a voluntad del operador cualquier información de tipo general (mensaje de llamada a personas, avisos de interés general, publicidad, etc...) tanto de manera fija como intermitente.
- Un operador autorizado puede realizar las siguientes actuaciones desde el PMC:
 - El operador visualiza la información fijada en un monitor.
 - El operador puede confeccionar y enviar un texto a uno o varios monitores seleccionados
 - El operador puede suprimir un texto enviado a un conjunto de monitores para restaurar la información estándar.
 - El operador puede definir mensajes estándar.

- Aplicación para Información a pasajeros:
 - Visualización de todas las estaciones existentes en la línea.
 - Visualización de todos los monitores existentes para la estación seleccionada, con indicación de la vía donde están situados (vía 1 = V1; vía 2 = V2; vestíbulo = Vb).
 - Visualización de la información contenida en el monitor del andén seleccionado.
 - Visualización del estado de los monitores (verde: buen funcionamiento; rojo: mal funcionamiento de la línea; azul: mal funcionamiento del teleindicador).
- Aplicación para Información a pasajeros – enviar mensaje
 - Visualización de todas las estaciones existentes en las líneas.
 - Visualización de todos los monitores existentes para la estación seleccionada, con indicación de la vía donde están situados (vía 1 = V1; vía 2 = V2; vestíbulo = Vb).
 - Visualización del estado de los monitores (verde: buen funcionamiento; rojo: mal funcionamiento de la línea; azul: mal funcionamiento del monitor).
 - Visualización del texto del mensaje a enviar.
 - Visualización de todos los monitores a los cuales se les va a enviar un mensaje.
 - Visualización de todos los mensajes existentes.
- Aplicación para Información a pasajeros – anular mensaje
 - Visualización de todas las estaciones existentes en las líneas.
 - Visualización de todos los monitores existentes para la estación seleccionada, con indicación de la vía donde están situados (vía 1 = V1; vía 2 = V2; vestíbulo = Vb). Los que no contengan actualmente un mensaje enviado por el operador se muestran inhibidos y los que contengan en ese momento mensajes enviados por el operador aparecen desinhibidos.
 - Visualización de todos los monitores a los cuales se les va a enviar un mensaje.
 - Visualización de todos los mensajes existentes.
 - Visualización del texto del mensaje a enviar.
 - Visualización del estado de los monitores (verde: buen funcionamiento; rojo: mal funcionamiento de la línea; azul: mal funcionamiento del teleindicador).

- Aplicación para Información a pasajeros – definir mensaje
 - Visualización de todos los mensajes existentes.
 - Visualización del texto del mensaje a modificar.

4.1.11.3 Sincronización horaria

Los relojes analógicos de andén de las estaciones están sincronizados desde el PMC con la hora local transmitida desde un reloj patrón. La sincronización horaria se realiza a través de canales de difusión unidireccional, punto a multipunto, del sistema de transmisión digital, en los que se envía una señal RS232C. Cada estación recibe un puerto RS232C, V.24. Actualmente existen dos canales de sincronización horaria soportados por el sistema de transmisión digital: Uno para la sincronización horaria de las estaciones de la Línea 1 y otro para la sincronización horaria de las estaciones de la Línea 2.

4.1.11.4 Paneles teleindicadores del sistema antiguo

Los paneles teleindicadores, tanto de andén como de vestíbulo, están constituidos por una serie de módulos de cristal líquido que permiten visualizar los caracteres.

Los paneles teleindicadores de andén tienen en cada cara dos (2) líneas que permiten presentar la información con diecinueve (19) caracteres alfanuméricos por línea. Así, se utilizan dieciséis (16) caracteres para indicar el destino del próximo tren, dos (2) para los minutos que faltan hasta la llegada de ese tren y uno (1) de separación, aplicándose esta distribución a las dos líneas. Por otra parte, la segunda línea se puede utilizar de forma independiente para poder presentar, si fuera necesario, mensajes especiales. Estos paneles se sitúan en los puntos centrales de los andenes a una altura en su nivel inferior de 2,65 m.

Los paneles teleindicadores de vestíbulo tienen en cada cara tres (3) líneas que permiten presentar la información con treinta y cinco (35) caracteres alfanuméricos por línea, todos ellos destinados a ofrecer información de carácter general a los viajeros. Estos paneles se sitúan genéricamente en la vertical de las barreras tarifarias a una altura en su nivel inferior de 2,65 m.

Los paneles instalados actualmente muestran los siguientes aspectos:

- Los paneles teleindicadores han sido fabricados con grado de protección IP65, bien sean de interior o exterior.
- Todos los paneles teleindicadores están equipados con policarbonato antirreflejos como material protector de los cristales líquidos.
- Presentan diversas mejoras para facilitar el acceso a los fluorescentes y demás elementos.

Los equipos de control muestran los siguientes aspectos:

- Las conexiones RS232 con el sistema de transmisión de datos se realizan mediante conectores DB25.
- El equipo de control dispone de interruptor luminoso así como de fusible general.
- El equipo de control dispone de dos (2) leds de estado, que junto a la presencia de los conectores DB en el exterior disminuyen la necesidad de abrir el equipo para labores de mantenimiento.
- El equipo de control dispone de interfaces RS485 en el lado campo y RS232 en el lado transmisión de datos, lo que elimina la necesidad de conversores externos.

4.1.11.5 Paneles ultrapanorámicos del sistema más moderno

- Monitores de Andén

Los monitores de andén son paneles de tecnología de matriz activa TFT ultrapanorámicos, de 50'. Las plantillas de presentación de contenidos están definidas para que se puedan emitir contenidos tales como tiempo restante a la llegada de los próximos trenes, avisos, mensajes e información horaria.

- Monitores de vestíbulo

Los monitores de vestíbulo son paneles de tecnología de matriz activa TFT de 46'. Las plantillas de presentación de contenidos están definidas para que se puedan emitir contenidos tales como tiempo restante a la llegada de los próximos trenes, avisos, mensajes e información horaria.

4.1.11.6 Relojes horarios del sistema antiguo

Se tratan de relojes analógicos del fabricante BODET, conforme a un diseño estético realizado para Metro de Bilbao:

- Dispone de un servosistema de control de la posición de las agujas y un oscilador de cuarzo de precisión mínima de 0,1 s/día.
- Asimismo, tiene una autonomía de una (1) hora en caso de fallo eléctrico o fallo de la comunicación horaria. Una vez pasada esa hora, si persiste el fallo, efectúa una puesta a las doce horas de las agujas.
- Tiene un sistema de iluminación perimetral y un grado de protección IP65 mediante MAKROLON.

- El Reloj funciona correctamente en un intervalo de temperaturas de funcionamiento entre los -10° y los $+60^{\circ}$, con un margen de humedad relativa entre el 0% y el 90%.

4.1.11.7 Interfaces en las estaciones con el sistema antiguo

En las estaciones existen dos equipos interfaces que reciben los tres (3) canales RS232 que llegan a cada estación:

- El canal RS232 que transporta las señales para los teleindicadores de andén.
- El canal RS232 que transporta las señales para los teleindicadores de vestíbulo.
- El canal RS232C que transporta la señal de sincronización horaria para los relojes analógicos de andén.

Los equipos interface en las estaciones son dos:

- Uno para los teleindicadores de andén y el reloj horario.
- Otro para los teleindicadores de vestíbulo.

Estos equipos incluyen los conversores de protocolo necesarios para la comunicación con los elementos del subsistema; conversor RS232 a 485 y conversor RS232C a AFNOR 87500 (IRIG-B) en cada estación.

Los equipos auxiliares de estación disponen de interfaces RS485 en el lado campo e interfaces RS232 en el lado del equipo de transmisión de datos, no requiriendo conversores externos. Asimismo, el equipo de control dispone de un interruptor luminoso así como de un fusible general. Por otra parte, dispone de dos (2) leds de estado de modo y conectores DB en el exterior para disminuir la necesidad de abrir el equipo para labores de mantenimiento.

Los interfaces envían la señal de sincronización horaria a los relojes, empelando comunicaciones basadas en la norma AFNOR 87500 (IRIG-B).

La siguiente figura presenta la arquitectura descrita.

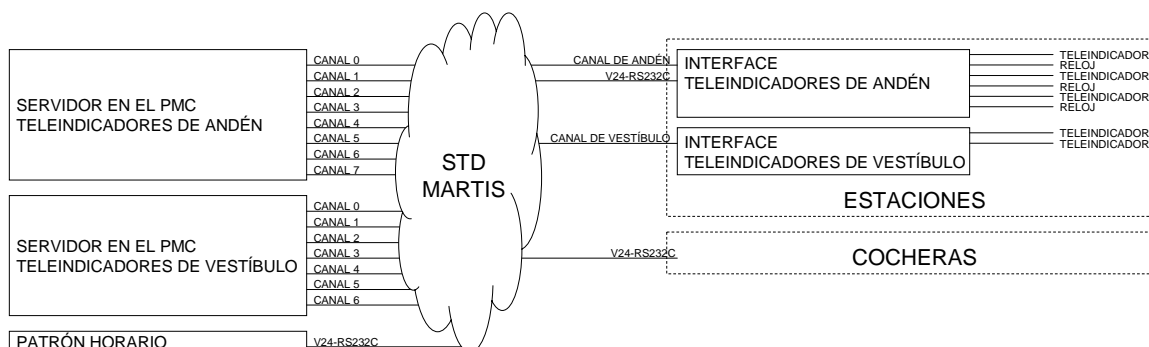


Figura 4. Arquitectura de red del sistema de información al viajero. Sistema antiguo.

4.2. ELECTRIFICACIÓN

La electrificación de la Línea 1 del F.M.B. está constituida por catenaria clásica compensada, formada por sustentador de cobre de 153 mm² de sección y por dos hilos de contacto ranurado de 107 mm² de sección cada uno. La instalación se completa con feeders de acompañamiento de cobre de 225 mm² de sección.

La electrificación de la Línea 2 del F.M.B. está compuesta por catenaria rígida formada por carril conductor de aluminio de 2.220 mm² de sección e hilo de contacto de cobre de 150 mm² de sección.

La tensión nominal de alimentación a los trenes es de 1.500 V en corriente continua.

En general, en las estaciones que disponen de bretelle existe un Cuarto Técnico de seccionamiento de la catenaria a la entrada y salida de la estación. Dicho seccionamiento está telemandado desde el PMC a través de un PLC instalado en dicho cuarto.

4.3. SUBESTACIONES

Actualmente existen 8 subestaciones para alimentación eléctrica de tracción en la Línea 1 del F.M.B.:

- Ariz (situada en las cocheras)
- Bolueta
- Ripa
- Lutxana
- Leioa
- Aiboa
- Larrabasterra
- Cocheras de Sopelana

En la Línea 2 existen tres (3) subestaciones en servicio:

- Ansio
- Urbinaga.
- ...y una tercera de apoyo en Santurtzi. Esta subestación recibe su alimentación en 13,2 kV en simple circuito.
- ...y una provisional en Kabiezes, que está en construcción.

En general, las subestaciones reciben alimentación eléctrica en 30 kV, la transforman y la rectifican a corriente continua en 1.650 V para la alimentación a los trenes. Por otro lado, la transforman a 13,2 kV para la alimentación de estaciones y la convierten a 0,4 kV para alimentar los servicios auxiliares propios de la subcentral.

Cada subestación dispone de un número variable de grupos transformador – rectificador y permite el telemando de energía desde el PMC. La alimentación desde la subestación hasta catenaria se realiza mediante feederes de alimentación cuya configuración es de 4 cables siendo de 240 mm² con aislamiento 1,8/3 kV en tendido en canalización o bandeja y de 4 cables de desnudos de 225 mm² de sección en tendido aéreo siendo el conductor de cobre en todos los casos.

4.4. SISTEMA DE VENTA Y CANCELACIÓN DE BILLETES

La definición del Sistema de Venta y Cancelación de Billetes (SVCB) se realizó con miras a una futura integración tarifaria del transporte urbano en Bilbao y su área de influencia.

Los formatos de los títulos de transporte actuales son de banda magnética, con una dimensión según las normas ISO 7810 y 7811 con disposición de banda ISO/2, y tarjeta sin contacto Mifare Desfire según la norma ISO 14443.

En general, en todas las estaciones, se han instalado los siguientes equipos:

- Equipos de Control de Acceso a la Estación (CAEs).

Son los equipos utilizados para permitir el acceso y la salida de la estación. El paso libre es de 0,5 m y 0,8 m en la línea de validación y de 0,9 m en las canceladoras especiales para personas de movilidad reducida (únicamente en andén).

Las máquinas canceladoras interpretan y controlan la información grabada en los títulos para, en caso de que sea correcta, abrir el paso de entrada a la estación.

Los equipos de control de acceso son reversibles y disponen de señalización para el usuario. La reversibilidad o inutilización de los equipos se comanda desde el Puesto Local en estación o el Puesto Central en el PMC.

- Máquinas Exendedoras Automáticas de Títulos (MEATs).

Estas máquinas expenden la gama de títulos de banda magnética operativos para el transporte en Metro Bilbao y recargan los títulos de la tarjeta BARIK, aceptando y verificando pago en efectivo y pago electrónico con tarjetas bancarias.

El interface se realiza con un monitor en color dotado de pantalla táctil, y toda la selección y navegación se realiza desde la pantalla táctil.

Las máquinas disponen de cuatro rollos de papel alimentador, con su mecanismo de corte y con la impresora matriz de agujas para la venta de títulos de banda magnética.

Algunas MEATS están situadas en estaciones que disponen de parking disuasorio. En estos casos, las MEATS disponen del módulo de pago de parking activo.

- Máquinas mini-MEAT, que únicamente vende y recarga tarjetas BARIK, limitada a pago con billete y pago electrónico con tarjetas bancarias.
- Máquinas Exendedoras de Taquilla (METs), aunque en algún caso puntual se trasladen equipos.

Los cuartos de Jefe de Estación y las OACs disponen de una expendedora que permite al Jefe de Estación y al personal de la OAC por una parte imprimir, codificar o decodificar magnéticamente los títulos, así como de repararlos o canjearlos y, por otra parte, otras funciones relacionadas con la operativa de las tarjetas BARIK.

- Concentradores de estación. Mando Local y Remoto.

Las máquinas expendedoras y los equipos de control de acceso están conectados, a través de una Red Local de protocolo abierto con un concentrador ubicado en el Puesto de Jefe de Estación. Desde este Concentrador se pueden llevar a cabo las tareas de mantenimiento, supervisión y actualización de los equipos. Además en todo momento se conoce la situación de cada una de las máquinas del SVCB recibándose los estatus y datos estadísticos, asimismo se envían datos de actualización de parámetros.

El paso del control del PMC al concentrador de estación se hace bien por autorización del Puesto Central, bien por toma del Concentrador en caso de emergencia o bien de manera automática en caso de detección de avería en las comunicaciones o en los equipos del Puesto Central.

- PMC

Desde el PMC se puede telemandar sobre todos los equipos de la línea, pudiendo modificar su estado. Además el PMC ofrece estadísticas de los viajeros, recaudaciones, tanto por estaciones o en tramos, por el periodo de tiempo que se desee, etc.

Los concentradores de estación se conectan al PMC a través de la red de fibra óptica. Se recibe la información de los Concentradores de las Estaciones, pudiéndose actuar en los equipos como se actúa desde un concentrador. Además se realizan funciones de estadística y de gestión de la información del SVCB.

El hardware relacionado con el sistema BARIK está instalado en la sala técnica del PMC. Este hardware contempla el software necesario para que Metro Bilbao pueda integrarlo en su entorno virtual de servidores que comparten el espacio de almacenamiento residente en la cabina de discos externa. Este software esencial para el funcionamiento del PMC lo forman el sistema operativo y el gestor del entorno virtual.

Las principales características del sistema son las siguientes:

- Sistema cerrado

El control de accesos se realiza tanto en la entrada como en la salida de las estaciones, de forma que se dispone de información completa de los viajeros: entrada, salida y recorrido realizado por los mismos, obligando a la conservación del título de transporte en todo el recorrido.

- Sistema automático

La venta de títulos se realiza de forma automática en las propias máquinas expendedoras MEAT según el tipo de títulos y tarifas definidos por la Política Tarifaria de METRO Bilbao vigente en ese momento.

- Sistema Centralizado

La información se recoge, gestiona y actúa a dos niveles: Estación y PMC. En la estación se centraliza toda la información de la misma y en PMC se centraliza la información de todas las estaciones de Línea 1 y de Línea 2.

5. CRITERIOS DE EXPLOTACIÓN DEL F.M.B.

El Reglamento de Circulación y Señales de Metro Bilbao S.A. es el documento que tiene por objeto conseguir una explotación ferroviaria eficiente y segura. El mencionado Reglamento otorga al PMC la autoridad de supervisión de la explotación del Metro en condiciones de operación normal.

5.1. GENERAL

Todas las estaciones de la red Metro están numeradas comenzando la Línea 1 por Basauri (estación 51), pasando por San Inazio (estación 13), y terminando en Plentzia (estación 30). Las Cocheras de Sopelana son la estación 31 y las de Ariz la 50.

La Línea 2 tras San Inazio continúa en Gurutzeta (estación 32) y finaliza en Kabiezes (estación 42).

El ancho de vía es métrico. El sentido normal de marcha en circulación por las vías generales es por la izquierda en vía doble y en ambos sentidos en vía única.

La circulación a contravía es la marcha de un tren en sentido contrario al normal, así como el retroceso autorizado de un tren que circulaba sobre su vía normal.

Las vías generales se designan como vía 1 si circulando por la izquierda las estaciones se recorren en sentido de numeración creciente, y como vía 2 si circulando por la izquierda las estaciones se recorren en sentido de numeración decreciente.

La velocidad máxima marcada por el reglamento de circulación presenta los siguientes límites:

- Maniobras en cocheras y talleres: 10 km/h, salvo en las vías con restricciones más limitativas
- Itinerarios de maniobra: 25 km/h
- Curvas y trazado de vía general: Según las señales de limitación de velocidad
- Paso por estaciones sin detenerse: 50 km/h
- Velocidad máxima de trenes regulares: 80 km/h
- Velocidad máxima de trenes de trabajos y trenes fusionados: 50 km/h

- Paso por la vía desviada de las bretelles o escape en itinerarios generales de entrada o salida:
 - 35 km/h para radio 190 m
 - 45 km/h para radio 320 m
 - 50 km/h para radio 500 m

La red Metro posee actualmente una configuración en Y. El tronco común a ambas líneas 1 y 2 está formado por el sector Etxebarri – San Inazio. Los intervalos de circulación son actualmente de 2,5 minutos en el tronco común (Etxebarri – San Inazio) y de 5,0 minutos en los ramales exteriores de Línea 1 y Línea 2.

En el caso de que la oferta de transporte con estos intervalos resulte insuficiente en algún momento futuro, para atender a la demanda se pasaría a circulaciones con trenes de cinco coches (remolque intermedio).

Para dar respuesta a estos criterios de explotación, el intervalo de diseño de la señalización es de 1,5 minutos (90 segundos) en el tronco común (Basauri – San Inazio), y de 2,0 minutos (120 segundos) en los ramales exteriores de Línea 1 y Línea 2.

Todos los circuitos de vía deben estar diseñados para permitir circulaciones de trenes con cinco coches (longitud total 90 metros).

5.2. SEÑALES

La finalidad de las señales es transmitir órdenes o avisos que interesen a la seguridad y regularidad de la circulación. Sus indicaciones deben ser siempre coherentes con las órdenes que establezca el sistema ATP, mientras éste permanezca operativo.

Las señales principales que se usan para la circulación de los trenes del F.M.B. pueden ser:

- Señales fijas fundamentales: Protegen y regulan los itinerarios que realizan los trenes. Pueden ser de entrada a estación, de salida, de maniobra, e intermedias.
- Señales fijas indicadoras: Complementan las órdenes de las señales fijas fundamentales. Pueden ser de límite de circulación, indicadores de dirección o de vía de destino, indicadores de paso a nivel, etc.
- Señales fijas de regulación: Regulan las circulaciones, manteniendo entre las mismas un intervalo predeterminado. Son conocidas como SBO (Salida Bajo Orden).

- Señales fijas de limitación de velocidad: Restringen la velocidad de los trenes por circunstancias particulares de la vía o de las instalaciones.

La situación normal de las señales fijas es:

- En vía doble, a la izquierda o en un plano superior, en el sentido de la marcha. Una misma señal puede dar indicaciones a más de una vía. Excepcionalmente pueden colocarse a la derecha cuando sea preciso por mala ubicación o visibilidad nula.
- En vía única, a la derecha o en un plano superior, en el sentido de la marcha. Excepcionalmente pueden colocarse a la izquierda cuando sea preciso por mala ubicación o visibilidad nula.

Las señales de circulación general, cuando no estén indicando un itinerario concreto, están cerradas (aspecto rojo). Cuando las señales autorizan movimientos, se abren (aspecto verde), cerrándose en cuanto las rebasa el primer eje del tren, y volviéndose a abrir (rutas permanentes) cuando el último eje de la circulación abandona el cantón de bloqueo al que protegen.

5.3. ITINERARIOS DE LOS TRENES

Los itinerarios son los movimientos o desplazamientos que realizan los trenes sobre la vía. En situaciones normales de circulación todos los itinerarios de los trenes son autorizados por las señales fijas fundamentales. En situaciones degradadas de circulación (avería en las señales, señales apagadas, etc.) la autorización para realización de itinerarios corresponderá al PMC o al Jefe de Estación (en dicho orden).

Los itinerarios que realizan los trenes pueden ser:

- Itinerarios generales: Son los que realizan los trenes para desplazarse de una estación a otra. Pueden ser de entrada o de salida, en función de que sean autorizados por señales de entrada o de salida, respectivamente.
- Itinerarios de maniobras: Son los que realizan los trenes dentro del ámbito de la estación sin rebasar en ningún caso los límites de la misma, para cambiar un tren de vía, para apartar y sacar trenes de vías de apartadero y, excepcionalmente, para dar entradas de circulaciones a contravía. Estos itinerarios pueden ser autorizados por las señales fijas fundamentales de entrada o de salida o por las propias señales de maniobras.
- Itinerarios de Vía Única Temporal (VUT): Son los que realizan los trenes cuando establecida una VUT recorren la misma circulando a contravía. Estos itinerarios son ordenados por las señales fijas fundamentales de entrada o salida.

5.4. SISTEMAS DE SEGURIDAD

Los sistemas de seguridad tienen por objeto garantizar la seguridad en la circulación de trenes, manteniendo entre ellos la distancia necesaria para que no se produzcan alcances ni choques durante la marcha.

La seguridad de la circulación se basa en los enclavamientos, que son un sistema de seguridad intrínseca que permite y regula el movimiento de los trenes en la vía. Supervisan de modo continuo el estado de los circuitos de vía, señales, agujas, bloqueos y pasos a nivel.

La red de Metro Bilbao está conformada por diferentes enclavamientos que gestionan tramos de la línea interrelacionados entre sí. Cada uno de los enclavamientos que forman la red, pueden ser controlados desde los cuadros de mando correspondientes (Mando Local) o desde el PMC (Mando Centralizado).

Las vías están divididas en cantones, protegidos por señales. Los enclavamientos impiden que un tren pueda invadir un cantón ocupado por otro tren. Normalmente se emplea un bloqueo automático, en el que los enclavamientos abren o cierran las señales que protegen los cantones. El bloqueo automático se asegura por medio de la vigilancia que realiza permanentemente el enclavamiento sobre los circuitos de vía.

Por otro lado, la seguridad en la circulación de los trenes en Metro Bilbao está garantizada por un sistema de seguridad integral, denominado Sistema de Protección Automática de Trenes (ATP).

El sistema ATP garantiza que los trenes circulen en todo momento con las condiciones de seguridad establecidas en los enclavamientos. El sistema ATP supervisa la conducción de los trenes, tanto en conducción manual como en conducción automática.

El sistema ATP también supervisa constantemente la velocidad de circulación de los trenes, advierte cuándo llega el momento preciso para aplicar los frenos y, si finalmente es necesario, aplica los frenos para mantener al tren dentro del perfil de velocidad seguro.

La transmisión continua de datos desde los módulos de control del sistema ATP, a través de los circuitos de vía sin juntas, hasta la unidad lógica del equipo ATP a bordo de los trenes, permite reacciones rápidas en los equipos ATP de las unidades, permitiendo de esta forma un intervalo corto de circulación de trenes.

Por último, el sistema ATO (Operación Automática de Trenes) permite la conducción automática de trenes entre estaciones, parándolos en la posición deseada del andén. La conducción automática entre dos estaciones se puede realizar en marcha normal, rápida o lenta.

5.5. MODOS DE CONDUCCIÓN

Existen cuatro modos posibles de conducción de trenes:

- ATO: Sistema de conducción automática en la que el sistema ATO conduce el tren bajo la supervisión del sistema ATP. Es el modo de conducción habitual.
- ATP: Conducción manual pero con supervisión completa por el sistema ATP. Este sistema supervisa la velocidad máxima permitida y las curvas de frenado para adaptar la marcha del tren a cualquier restricción de velocidad.
- Manual: El conductor controlará la marcha del tren, aunque no podrá superar la velocidad máxima programada en el sistema, y que será continuamente supervisada por el ATP del tren.
- Especial: Se realiza cuando el sistema ATP está desconectado por funcionamiento anómalo. No existe supervisión en absoluto.

5.6. MODOS DE OPERACIÓN

En situación normal de explotación se operará en modo centralizado, en el que el mando sobre los enclavamientos estará en poder del PMC.

En situaciones degradadas de circulación o por cualquier otra circunstancia el PMC puede ceder el mando sobre el enclavamiento para que el Supervisor de Estación, operando en Modo Local, se encargue de regular la circulación de trenes.