

**ANEJO N° 12.  
INSTALACIONES DE SEÑALIZACIÓN  
Y COMUNICACIONES**

## **ÍNDICE**

<b>1. OBJETO Y ALCANCE .....</b>	<b>1</b>
<b>2. COMUNICACIONES FIJAS.....</b>	<b>2</b>
2.1. SERVICIOS OFRECIDOS POR LA RED DE COMUNICACIONES.....	2
2.2. RED DE COMUNICACIONES FIJA.....	3
<b>3. COMUNICACIONES MÓVILES.....</b>	<b>7</b>
3.1. SISTEMA PMR.....	7
3.1.1. Elementos de la red.....	8
3.1.2. Estructura básica.....	8
3.2. SISTEMA TETRA .....	9
3.2.1. Elementos de la red.....	9
3.2.2. Servicios Tetra.....	10
3.3. SOLUCIÓN MIXTA.....	10
<b>4. SEÑALIZACIÓN .....</b>	<b>11</b>
4.1. SEÑALIZACIÓN TRANVIARIA.....	11
4.1.1. Enclavamientos.....	11
4.1.2. Elementos de detección de posición.....	11
4.1.3. Agujas.....	11
4.1.4. Balizas de petición de itinerario .....	12
4.1.5. Balizas de relocalización .....	12
4.2. SEÑALIZACIÓN SEMAFÓRICA .....	12
4.3. SISTEMA FAP .....	12
<b>5. SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN.....</b>	<b>13</b>
5.1. INTERFONÍA .....	13
5.2. TELEINDICADORES .....	13
5.3. SISTEMA DE BILLETAJE .....	13
5.4. SISTEMA DE CCTV .....	13
<b>6. CABLEADO .....</b>	<b>14</b>
<b>7. INTERFACES CON OBRA CIVIL .....</b>	<b>15</b>
7.1. MARQUESINAS .....	15
<b>8. MODIFICACIONES EN LEIOA .....</b>	<b>16</b>
<b>9. CENTRO DE CONTROL .....</b>	<b>17</b>

**1. OBJETO Y ALCANCE**

El objeto del presente anexo es plantear soluciones para los sistemas de comunicación y señalización del Tranvía de Barakaldo.

## 2. COMUNICACIONES FIJAS

En este apartado se propone una solución para la red de comunicaciones fija del tranvía de Barakaldo que sirve de soporte a los diferentes servicios relacionados con la explotación del tranvía y que precisan el intercambio de datos.

En consonancia con la arquitectura propuesta para tramos anteriores, la premisa de partida es una red de comunicaciones sobre fibra óptica basada en la red de transmisión digital síncrona SDH. La red SDH del Tranvía de Barakaldo se implementará como una ampliación de la red SDH de los tramos anteriores a los que estará conectada para disponer de comunicación con el Puesto de Mando ubicado en Leioa.

### 2.1. SERVICIOS OFRECIDOS POR LA RED DE COMUNICACIONES

La red de comunicaciones a implementar en el tranvía de Barakaldo permitirá disponer de los servicios que a continuación se listan:

UBICACIÓN	SERVICIO
Subestaciones	Telemundo subestaciones de tracción Telefonía IP
Paradas	Interfonía IP Sistema de Información del Tranvía Billetaje
Puesto de Mando	Control telemundo subestaciones Control Sistema Información del Tranvía Control Billeteaje Telefonía IP

*Tabla 1. Servicios ofrecidos por la red IP*

Para que estos servicios sean ofrecidos de una manera óptima es necesario que la red disponga de las siguientes funcionalidades:

- La red de comunicaciones deberá tener algún tipo de **segmentación**, que impida que paquetes de broadcast emitidos por un nodo se extiendan por toda la red.
- Desde el Puesto de Mando del Tranvía de Leioa se deberá tener **conectividad** con **todos** los equipos conectados a la red de comunicaciones en paradas, subestaciones y enclavamientos del Tranvía de Barakaldo.
- La red dispondrá de **caminos redundantes** para que en caso de que un equipo o enlace deje de funcionar el servicio siga estando operativo.
- Permitirá implementar anchos de banda reservados con retardos garantizados conocidos por “Calidad de servicio” (QoS), características necesarias para los servicios de interfonía IP y CCTV.

## 2.2. RED DE COMUNICACIONES FIJA

Como se ha indicado anteriormente se tratará de una red de comunicaciones multiservicio, con un núcleo de red basado en tecnología SDH, con capacidad suficiente para la prestación de los servicios:

- Telefonía / Interfonía IP.
- Telemando de subestaciones de tracción.
- Telemando de elementos en parada.
- Sistema de información del tranvía.
- Sistema de billetaje.

A su vez se utilizará esta red de transmisión SDH para el tráfico correspondiente a:

- Telecontrol de la Señalización Tranviaria.
- Arrastres entre las Subestaciones de Tracción.

Se propone una arquitectura de red principal basada en un anillo doble de fibra óptica, al cual se conectarán los nodos de transmisión SDH. Estos nodos irán conectados a los switches de paradas y a las subestaciones. Cada anillo de fibra óptica estará compuesto por una manguera de 64 fibras monomodo. La estructura de doble anillo proporcionará redundancia a la red para permitir que la comunicación no se interrumpa aunque uno de los anillos falle, continuando toda la comunicación por el otro anillo.

Se reservarán algunos pares de fibras en exclusiva para proporcionar los servicios de telecontrol de la señalización tranviaria y arrastres entre las subestaciones de tracción.

Los nodos SDH que forman parte de la red de doble anillo estarán conectados a los switches del Puesto de Mando de Leioa a través de la red SDH.

A continuación se muestra un esquema de la propuesta para la arquitectura principal de la red:

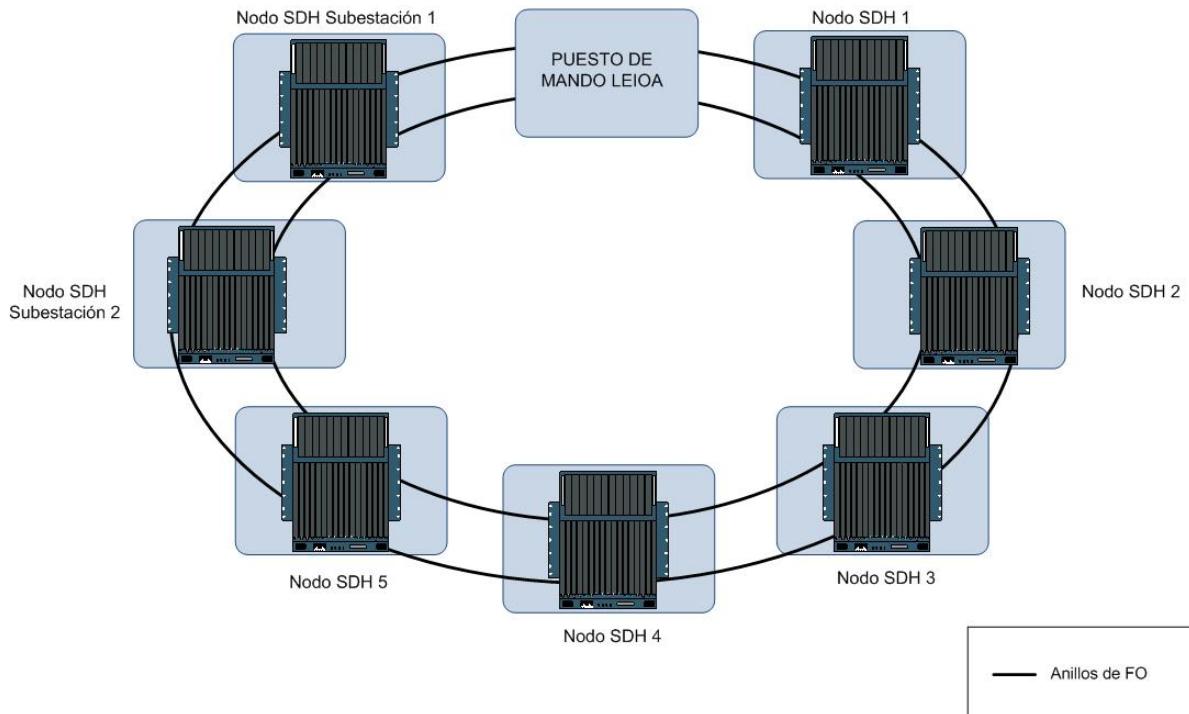


Fig 1. Propuesta para la arquitectura de la red principal

La tecnología SDH proporciona velocidades elevadas y un alto nivel de fiabilidad gracias a los mecanismos de protección de la información y la rápida recuperación frente a errores, pero su elevado coste hace que no sea positivo extender esta tecnología a la red completa. Se propone utilizar una red híbrida con tecnología SDH en el núcleo de la red que proporcione robustez a la arquitectura principal, y tecnología Gigabit Ethernet para el resto de la red. En la red principal se instalarán los nodos SDH, y a ellos se conectarán switches ethernet convencionales a través de tarjetas de interfaz SDH-Gigabit Ethernet. Para la coexistencia de estas dos tecnologías de red, los paquetes provenientes del tráfico de la red Ethernet serán encapsulados en tramas de SDH para ser transportados sobre el medio físico en el núcleo de la red.

Continuando con la arquitectura y descendiendo un nivel en la jerarquía de red, los nodos SDH conectados a los anillos principales irán ubicados en paradas concretas. Un mismo nodo SDH proporcionará conexión con la red principal a varias paradas. Cada nodo SDH tendrá una tarjeta ethernet conectada directamente para proporcionar los servicios correspondientes a la parada en la que está instalado. Para el resto de paradas cercanas que dependen de ese nodo

SDH, la conexión con el switch de cada parada se realizará a través de tarjetas de interfaz SDH-Gigabit Ethernet. En principio se propone instalar en cada parada dos switches para proporcionar redundancia a las comunicaciones.

Como se ha indicado anteriormente, en cada nodo SDH se instalará una tarjeta ethernet a la que se conectarán los equipos encargados de proveer los servicios de la parada en la que se encuentra ubicado el nodo SDH. Para el resto de paradas que dependen de un nodo SDH, éste se conecta con los switches de las paradas mediante enlaces de fibra óptica y una topología en estrella como se muestra en el siguiente esquema de conexión:

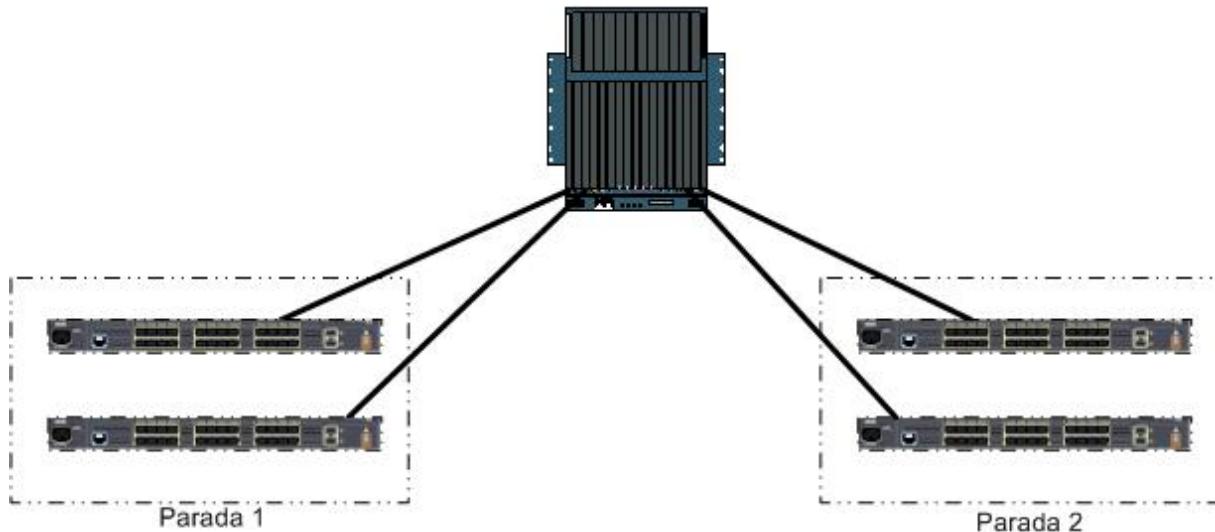


Fig2. Conexionado de los nodos SDH con los switches de parada

En la siguiente figura se representa la arquitectura de red dentro de las paradas para prestar los servicios de interfonía, billetaje y CCTV:

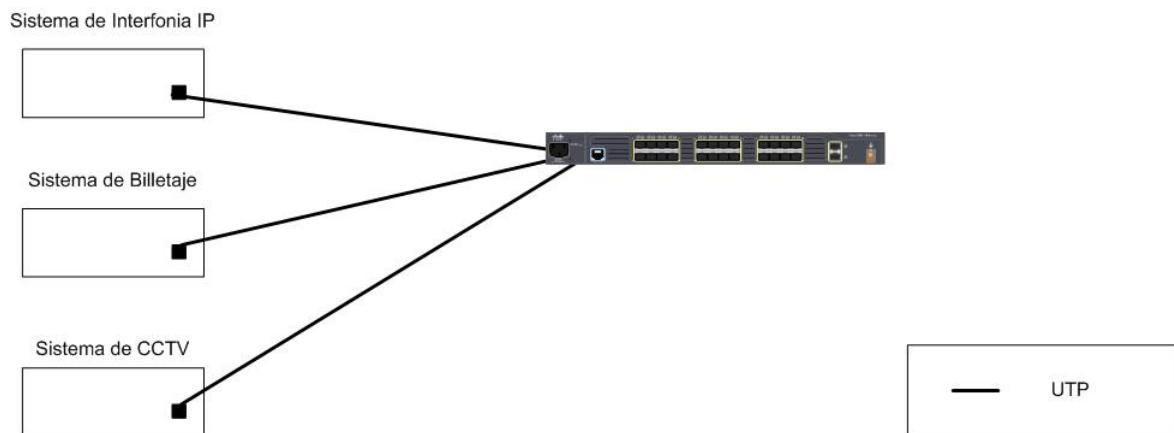


Fig3. Conexionado de los servicios de parada con uno de los switches de parada

Las subestaciones de Barakaldo estarán conectadas entre sí a través de la red SDH sobre los anillos de fibra óptica.

En las subestaciones se instalarán equipos SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) que proporcionen alimentación en caso de producirse fallos en la red eléctrica.

La arquitectura y dimensionamiento de la red propuesta son escalables, permitiendo la futura integración de nuevos servicios y/o equipos. Esta escalabilidad permitiría la adición de nuevas paradas o subestaciones sin suponer problema alguno.

Las características básicas de la solución propuesta en este Estudio son las siguientes:

- Enlaces entre subestaciones, enclavamientos y Puesto de Mando de Leioa mediante tecnología SDH sobre fibra óptica monomodo.
- Configuración de **VLANs** (Redes de Área Local Virtuales) por servicio. Al menos, deberán crearse las siguientes:
  - Sistema de billeteaje
  - Telemando de subestaciones de tracción y de elementos en parada.
  - Interfonía IP.
  - Sistema de información del tranvía.
- Configuración de protocolos de gestión de duplicidad de rutas RSTP (**Rapid Spanning Tree Protocol**) para la parte de red basada en tecnología Ethernet que aseguren una rápida recuperación del sistema en caso de caída de algún enlace.
- Configuración de protocolos de calidad de servicio (**QoS**) mediante mecanismos de diferenciación y priorización de tráfico.
- Switches con puertos con capacidad de alimentación PoE (**Power over Ethernet**).
- Configuración de mecanismos de seguridad para evitar accesos no autorizados a la red.

### 3. **COMUNICACIONES MÓVILES**

La red de comunicaciones móviles del Tranvía de Barakaldo permitirá el establecimiento de transmisiones de voz y datos vía radio entre el material móvil y el Puesto de Mando del Tranvía de Leioa a través de las estaciones repetidoras, con dos objetivos:

- **Establecer conversaciones de voz** entre los operadores del Puesto de Mando del Tranvía de Leioa y los conductores de los tranvías y viceversa.
- **Intercambiar datos** relacionados con la explotación (Sistema de Gestión de Tráfico) entre el equipamiento de los tranvías y el Puesto de Mando. Entre estos datos se contemplan la comunicación de la posición de cada uno de los tranvías en la línea y su progresión en la misma, los avisos de incidencias, órdenes, mensajes, etc.

Para satisfacer estos objetivos se necesita alcanzar la siguiente cobertura:

- TRAZADO:
  - 100% de la línea para terminales móviles
- DEPENDENCIAS:
  - 100% de la estación para terminales portátiles
  - 100% de los cuartos técnicos con puerta cerrada (quedan excluidos del objeto de diseño aquellos cuartos secundarios como Vestuarios, Servicios, Limpieza,...)

Se plantean tres alternativas para la red de comunicaciones móviles del Tranvía de Barakaldo, siendo la solución definitiva la adoptada en el Tranvía de Leioa-Universidad:

- Red PMR propietaria.
- Red TETRA, propietaria o con el uso de los servicios de Itelazpi.
- Solución mixta.

#### 3.1. **SISTEMA PMR**

La primera alternativa es el uso de un sistema PMR propietario. El estándar PMR (Private Mobile Radiotelephony o Radiotelefonía Móvil Privada) engloba a todas las redes de comunicaciones móviles no conectadas a la Red Telefónica Conmutada (RTC). Algunas de las prestaciones de este estándar son:

- Servicio básico telefónico de transmisión de voz.
- Servicio de transmisión de datos de baja velocidad, aunque creciente según las generaciones van en aumento.

- Servicios de telemando y telemedida (datos) con características de alta fiabilidad.
- Servicios de comunicación entre usuarios sin apoyo de la red.
- Establecimiento rápido de llamadas a los terminales.
- Priorización de llamadas en sistemas tradicionalmente de colas.
- Posibilidad de llamadas de individuales, de grupos y generales.

### 3.1.1. *Elementos de la red*

Los elementos principales que componen este sistema de red son los siguientes:

- Estación base: Base Station (BS). Estación radioeléctrica fija con equipos de transmisión y recepción. Explotada y operada directamente desde la unidad de control en el Puesto de Mando para dar servicio de comunicaciones de voz, datos, mensajes, etc.
- Estación repetidora: estación fija que retransmite las señales recibidas mejorando la cobertura de servicio para el área proyectada.
- Terminales: Mobile Station (MS). Estaciones móviles (embarcadas en las unidades móviles) o portátiles (de mano) que reciben las señales enviadas desde la estación repetidora y se comunican con la estación base a través de ésta.

### 3.1.2. *Estructura básica*

La estructura básica de un sistema PMR es la siguiente:

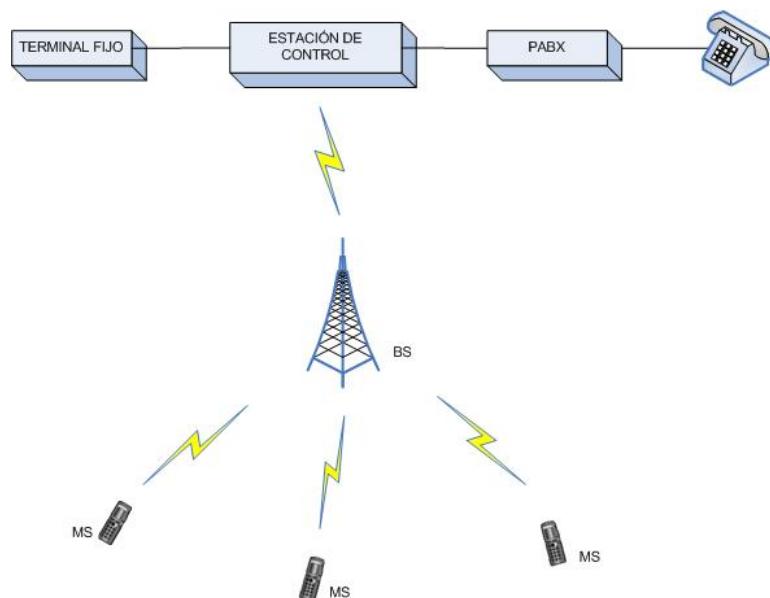


Fig4. Estructura básica de los sistemas PMR

En estos sistemas de carácter privado, si se efectúan conexiones telefónicas se suelen utilizar PABX del entorno privado.

### 3.2. SISTEMA TETRA

Otra alternativa para las comunicaciones móviles del Tranvía de Barakaldo es la utilización de una red TETRA. El estándar TETRA (TransEuropean Trunking RAdio) es un estándar de segunda generación de los sistemas PMR y se define teniendo en cuenta los servicios que se pretenden proporcionar. Algunas de las prestaciones de este sistema son:

- Prestaciones clásicas de los sistemas PMR.
- Diseño específico para permitir comunicaciones dúplex de voz y datos, o semidúplex de voz y datos por el mismo equipo.
- Alta velocidad de transmisión de datos.
- Diseño específico para la transmisión PDO (Packet Data Optimized), también conocida como DAWS su versión mejorada.
- Gran calidad de las señales de voz y datos debido a su diseño digital.
- Prestaciones propias de la red digital de servicios integrados.
- Seguridad de las comunicaciones.
- Posibilidad de aplicaciones como la transmisión de video de baja resolución.
- Flexibilidad en los despliegues (diversidad de configuraciones, posibilidad de coberturas entre redes públicas y privadas).

#### 3.2.1. *Elementos de la red*

Las redes TETRA surgieron como evolución de las redes PMR iniciales con el objetivo de suplir limitaciones y añadir mejoras respecto a los estándares existentes para la transmisión de voz y datos vía radio. Permiten comunicaciones más rápidas y eficientes añadiendo otros rasgos importantes como mayor seguridad en las comunicaciones. Todas estas características añadidas aumentan la complejidad y coste de la red.

Los principales elementos que componen el sistema TETRA son los siguientes:

- Estación Base: Base Transceiver Station (BTS).
- Estación Móvil: Mobile Station (MS). Contiene la Unidad Terminal Móvil (MTU, Mobile Termination Unit) y el Equipo Terminal asociado (TE, Terminal Equipment). Hay distintos tipos de MS en función de características como la potencia y el modo de operación.
- Unidad de Gestión de Red: Network Management Unit (NMU). Proporciona la funcionalidad de gestión de red local o remota.
- Estación de Línea: Line Station (LS). Contiene la Unidad de Terminación de Línea (LTU, Line Termination Unit) y el equipo Terminal asociado (TE).

### 3.2.2. *Servicios Tetra*

Para el caso de la red TETRA se plantean dos alternativas. La primera de ellas es contratar los servicios de Itelazpi S.A., una sociedad pública del Gobierno Vasco que tiene desplegada y en funcionamiento una red TETRA al servicio de las administraciones públicas vascas para la prestación de servicios de comunicaciones. De esta forma no sería necesario desplegar una red TETRA propia, sino que las comunicaciones móviles requeridas por el Tranvía de Barakaldo se proporcionarían sobre la red de Itelazpi.

En caso de que se despliegue una red TETRA propia para el Tranvía Leioa-Universidad, se plantea utilizar esta misma red para dar servicio a las comunicaciones móviles del Tranvía de

Barakaldo. Para ello bastaría con hacer un replanteo radioeléctrico para la medida de la cobertura del sistema de comunicación TETRA en los nuevos tramos de forma que se asegure que la cobertura en todos ellos.

### 3.3. **SOLUCIÓN MIXTA**

Puesto que se necesitan tanto enlaces de voz como de datos, es posible plantear una solución mixta que combine las dos tecnologías anteriores.

## 4. SEÑALIZACIÓN

El sistema de señalización del Tranvía de Barakaldo está compuesto por los siguientes elementos:

- Señalización tranviaria
- Señalización semafórica
- Sistema FAP

### 4.1. SEÑALIZACIÓN TRANVIARIA

La circulación tranviaria estará basada en enclavamientos y circulación marcha a la vista. El enclavamiento se complementa con los siguientes elementos de señalización:

- Elementos de detección de posición
- Agujas
- Balizas

#### 4.1.1. *Enclavamientos*

El sistema de señalización tranviaria contará con enclavamientos de tipo tranviario con un nivel de integridad de seguridad de al menos SIL-2.

El enclavamiento recibirá el estado de la vía a través de elementos de campo como las balizas, los circuitos de vía y la posición de las agujas, y lo enviará al puesto de mando. De forma normal el mando de los enclavamientos en línea se realizará desde el tranvía hacia los enclavamientos. El puesto de mando podrá enviar órdenes al enclavamiento en función de la información recibida por el tranvía y por los elementos de vía.

#### 4.1.2. *Elementos de detección de posición*

La detección del tranvía se realiza a través de los circuitos de vía tranviarios, que dividen la vía en zonas de detección y controlan el paso del tranvía por un determinado tramo de la vía. Debido a que la circulación se realiza marcha a la vista, se instalarán circuitos de vía únicamente en las zonas de agujas para poder realizar los cambios de vía de forma segura.

#### 4.1.3. *Agujas*

Las agujas son los elementos de la vía a través de los cuáles se realizan los desvíos y cambios de vía. Para su accionamiento automático se instalarán motores de agujas tranviarios de tipo normalizado. La baliza de mando de aguja indicará si la aguja está o no bloqueada, de forma que mientras se encuentre bloqueada no se podrá realizar ninguna acción sobre la misma.

#### *4.1.4. Balizas de petición de itinerario*

Las balizas de petición de itinerario permitirán que el tranvía pueda emitir una orden para pedir que la posición de las siguientes agujas sea a directa o a desviada. Estas balizas serán detectadas por un aparato receptor situado en la vía y conectado al enclavamiento que recibirá la información emitida por la antena emisora situada en el material móvil.

#### *4.1.5. Balizas de relocalización*

Las balizas de relocalización se utilizan para mejorar la precisión del sistema de odometría y se colocan en la vía como complemento para la localización del tranvía y la actualización de su posición.

Se instalarán las balizas de relocalización en los cruces de vías. En caso de no haber cruces viarios, se instalarán cada 500 metros en las cercanías de las estaciones.

### **4.2. SEÑALIZACIÓN SEMAFÓRICA**

Al tener que coexistir al mismo nivel el tranvía con otros sistemas de transporte urbano, la regulación semafórica tranviaria es fundamental que se coordine con el resto de semáforos de las zonas colindantes. Por esta razón, en las zonas de cruce con el tráfico rodado existirá un sistema de regulación semafórica que gestione la intersección entre el tráfico rodado y el tranviario. Para el correcto funcionamiento de este sistema, la llegada y partida del tranvía deberá ser detectada por el semáforo a través de las balizas.

Las señales serán del tipo habitual en entornos tranviarios. Se instalarán señales de tipo LED de dos y tres focos. Las señales tranviarias se ubicarán en las zonas cercanas a agujas, cruces de vías o con el tráfico rodado, paradas...

### **4.3. SISTEMA FAP**

Se propone un sistema FAP (Frenado Automático Puntual) que es un sistema de seguridad que controla la velocidad a la que debe circular el material móvil. A diferencia de los sistemas ATP (Automatic Train Protection) que realizan un control continuo de la velocidad, el sistema FAP solamente controlará la velocidad en determinados puntos.

Al realizarse la circulación marcha a la vista se instalará únicamente en zonas de agujas, de forma que se monitorice la velocidad del tren desde el lazo de petición de itinerario hasta su paso por las agujas, para asegurar que ningún tranvía pueda circular sobre una aguja o rebasar la señal que la protege a una velocidad excesiva.

## 5. **SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN**

A continuación se indican los sistemas de explotación del Tranvía de Barakaldo.

### 5.1. **INTERFONÍA**

La interfonía será de tipo full-duplex y se implementará sobre el sistema de telefonía IP, con la instalación de dos interfonos IP por parada.

### 5.2. **TELEINDICADORES**

Se instalará un teleindicador en cada marquesina de las paradas. Los teleindicadores se conectarán a la red de comunicaciones de la parada para proporcionar las indicaciones procedentes del Puesto de Mando de Leioa.

### 5.3. **SISTEMA DE BILLETAJE**

Se instalará una máquina de billetaje por marquesina y se conectarán a la red de comunicaciones a través del switch de parada.

### 5.4. **SISTEMA DE CCTV**

Se instalará una cámara por andén. Si debido a las características de la parada las cámaras instaladas en los andenes no pudiesen dar cobertura a la zona en la que se encuentran las máquinas de billetaje, se instalarán cámaras adicionales para cubrir esta zona. En cada parada se colocará un equipo codificador encargado de codificar las imágenes para su transmisión al Puesto de Mando a través de la red de comunicaciones fija. Se deberán implementar los mecanismos de QoS necesarios para proporcionar la calidad requerida para el sistema de CCTV.

**6. CABLEADO**

Para la infraestructura óptica principal se tenderán dos mangueras de 64 fibras ópticas monomodo agrupadas en 8 tubos de 8 fibras cada uno, por una canalización realizada en paralelo a la traza del tranvía.

Para la comunicación de los switches de parada con los nodos SDH se tenderán mangueras de 8 fibras ópticas monomodo.

Los elementos de vía se conectarán con los enclavamientos mediante el cableado correspondiente de acuerdo a las características de los elementos a conectar y adecuado para el uso ferroviario.

En cada parada se tenderá cableado para la conexión de todos los elementos de parada con la red de comunicaciones fija. Se utilizará cable coaxial de tipo UTP de categoría suficiente para soportar la velocidad de transmisión de la red Gigabit Ethernet.

## 7. **INTERFACES CON OBRA CIVIL**

Se tenderán canalizaciones en la fase de obra civil del mismo tipo y capacidad que las del resto de la línea.

En la obra civil se dejarán los huecos para los equipos que se instalan en la vía. Estos cajeados tendrán instalado drenaje, conectado a la red de drenaje principal. También se dejarán las arquetas necesarias y del tamaño adecuado para el tendido y empalme de los cables. Esto implica una arqueta grande (1,5 x 1,5 x 2m) en cada punto donde se haga un empalme de fibra óptica.

### 7.1. **MARQUESINAS**

Los bastidores y armarios para los equipos serán de uso común en sistemas ferroviarios.

Los armarios con los bastidores de los equipos se integrarán dentro de las marquesinas de las paradas o se colocarán en la vía. Los armarios estarán climatizados si contienen equipos de comunicaciones o de señalización, y tendrán protección antivandálica.

**8. MODIFICACIONES EN LEIOA**

El funcionamiento de las instalaciones de la actual estación de Leioa no se verá apenas afectado por la modificación.

Se tendrá que dar continuidad a las canalizaciones y se ampliará el cableado, pero no cambiará el funcionamiento de ninguno de sus sistemas actuales.

**9. CENTRO DE CONTROL**

Se ampliarán los siguientes sistemas del puesto central:

- Servidores de tráfico.
- Servidores de comunicaciones para absorber la ampliación de la línea y los equipos conectados, tanto los ligados a la señalización como los sistemas de explotación.
- Servidores de sistemas de explotación, desde los servidores del sistema de SAE e información al viajero, hasta el servidor de facturación del sistema de billetaje, y el telemiendo de equipos.
- Videográficos de la línea.