



**PROYECTO DE COMUNICACIONES  
DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA  
DE VITORIA-GASTEIZ A SALBURUA**

**ANEJO N°5  
ESTUDIO DE COBERTURA PMR**

Proyecto de comunicaciones de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua  
- Anejo nº5: Estudio de cobertura PMR-

---

## Indice de Capítulos

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED DE COMUNICACIONES PMR-DMR.....	1
2. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO.....	5
3. RESULTADOS.....	8

Proyecto de comunicaciones de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua  
- Anejo nº5: Estudio de cobertura PMR-

---

## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED DE COMUNICACIONES PMR-DMR

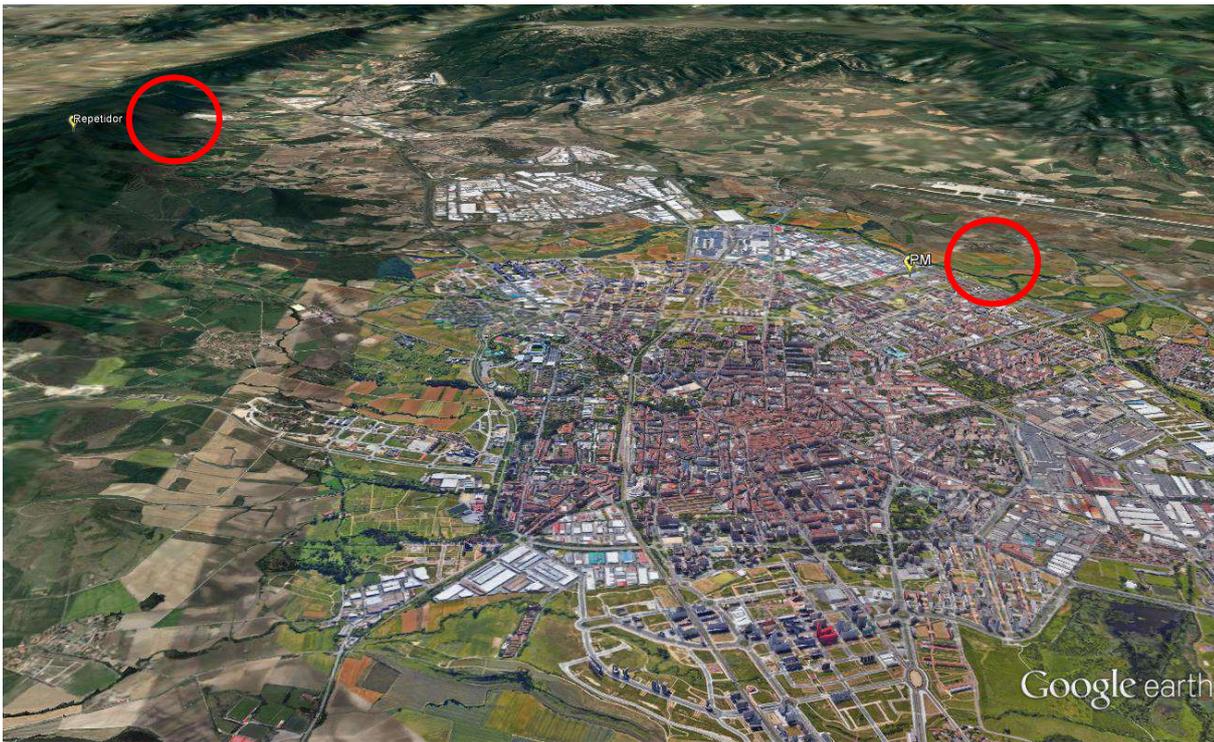
El Tranvía de Vitoria-Gasteiz cuenta con una red de comunicaciones móviles privada para la transmisión de voz (DMR) y datos (PMR) vía radio entre el Puesto de Mando y el material móvil a través de una estación repetidora, con dos objetivos:

- Establecer conversaciones de voz entre los operadores del Puesto de Mando ubicado en Landaverde y los conductores de los tranvías y viceversa.
- Intercambiar datos relacionados con la explotación (Sistema Gestión 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.

La arquitectura de red PMR-DMR es la siguiente:

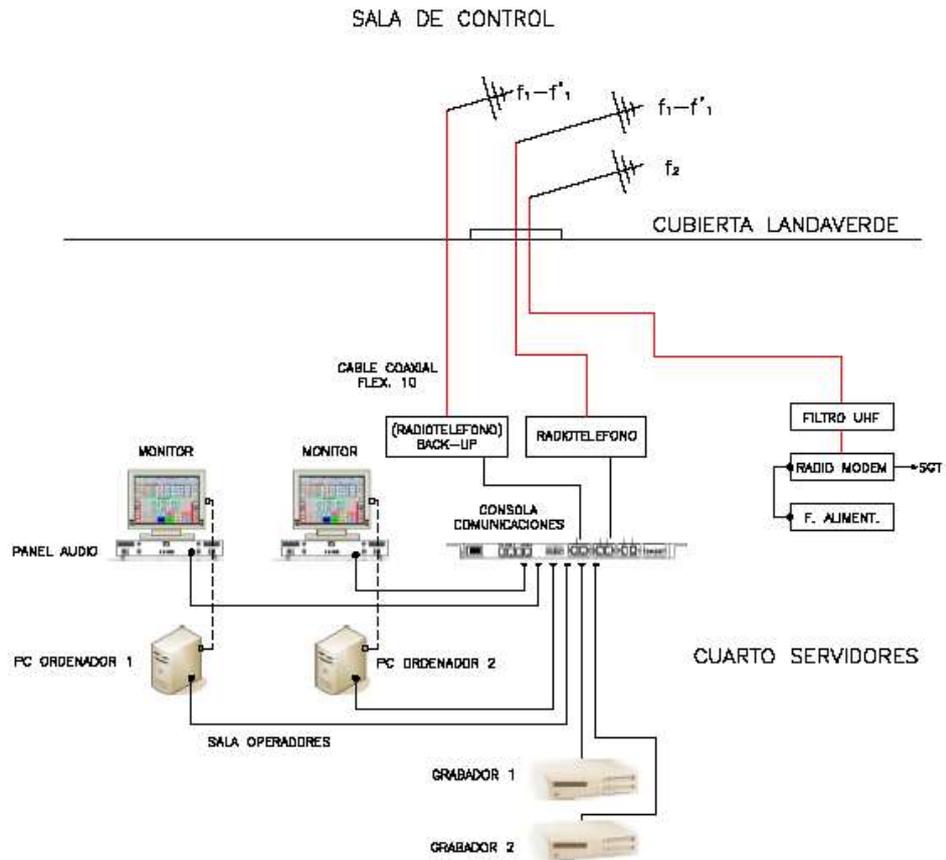
- Estación base: estación radioeléctrica fija explotada y operada directamente desde la unidad de control (Puesto de Mando del tranvía) para dar servicio de comunicaciones de voz, datos, mensajes, ...
- Estación repetidora: estación fija que retransmite las señales recibidas permitiendo una mayor cobertura de servicio para el área proyectada. Está ubicada en lugar estratégico (Monte Castillo) a fin de que su capacidad de transmisión / recepción sea óptima, facilitando la movilidad de los usuarios y garantizando la calidad y disponibilidad del enlace.
- Terminales: 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.

Proyecto de comunicaciones de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua  
- Anejo nº5: Estudio de cobertura PMR-

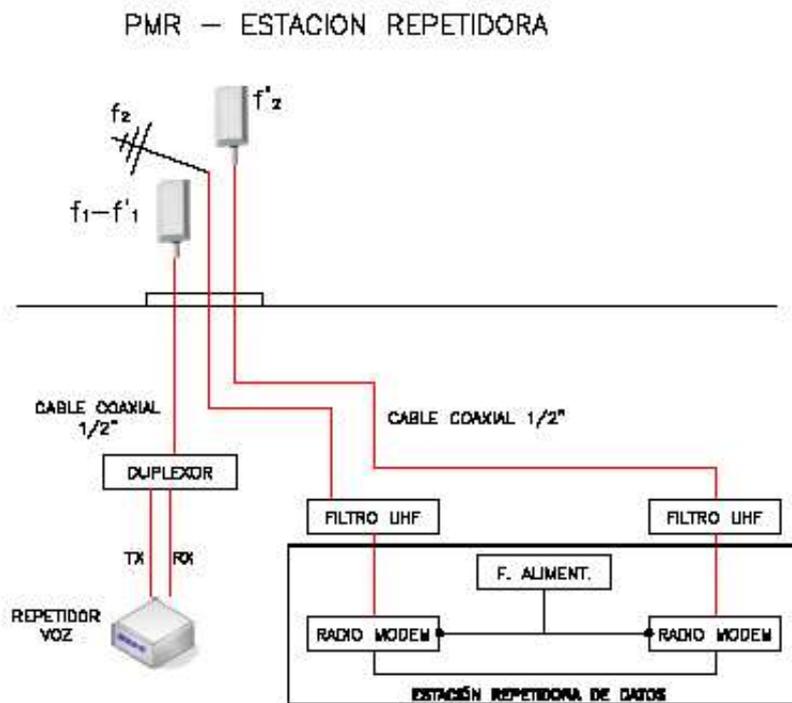


**Imagen 1: Ubicación del Puesto de Mando y Estación Repetidora**

Proyecto de comunicaciones de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua  
**- Anejo nº5: Estudio de cobertura PMR-**



**Imagen 2: Equipamiento de radio en el Puesto de Mandos**



**Imagen 3: Equipamiento actual en la estación repetidora**

El equipamiento instalado en cada punto se recoge en la siguiente tabla:

**Tabla 1: Resumen de equipamiento de radio**

	<b>Sistema Voz</b>	<b>Sistema Datos</b>
<b>Puesto de Mando</b>	2 antenas directivas UHF tipo Yagi 2 emisoras de voz (redundante) 1 consola de comunicaciones 2 sistemas grabadores de audio 2 paneles audio y elementos auxiliares (micrófono, altavoz)	1 antena directiva UHF tipo Yagi 1 radio Módem
<b>Estación repetidora</b>	1 antena direccional tipo Panel 1 Duplexor RF 1 estación repetidora (equipo)	1 antena directiva UHF tipo Yagi 1 antena direccional tipo Panel 2 Radiomódem
<b>Estación móvil</b>	2 antenas omnidireccionales tipo aleta de tiburón (en cada extremo de la unidad móvil) 2 emisoras de voz	2 antenas omnidireccionales tipo aleta de tiburón (en cada extremo de la unidad móvil) 1 radio Módem 1 conversor de protocolo

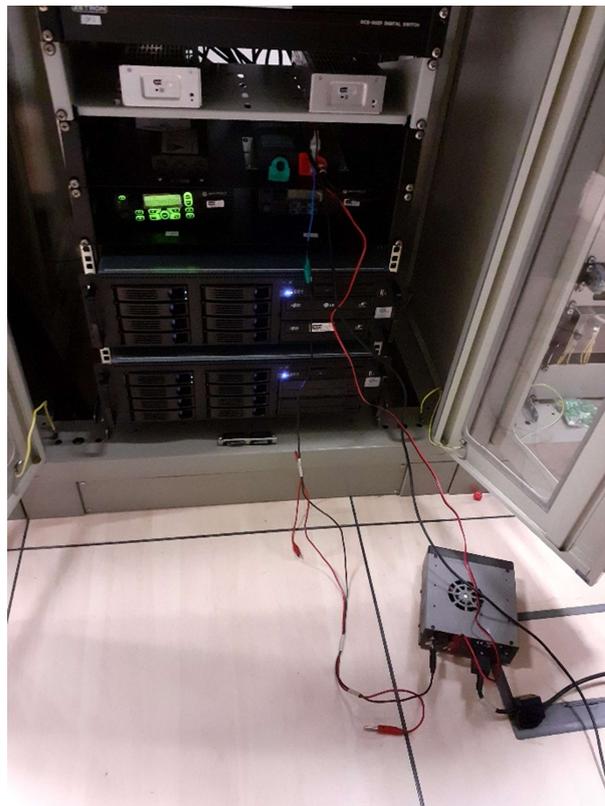
## 2. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

El día 10 de marzo de 2020, dos técnicos de la empresa KEYTRON y un técnico de IDOM realizaron unas pruebas para determinar la existencia de cobertura sobre la futura traza de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua.

La prueba consistió en enviar desde un vehículo que recorría dicha traza una serie de tramas alternadas (PI e IET) con un periodo de 1s. Cada trama recibida de vuelta en el vehículo se considera recepción satisfactoria.

Para la realización de la prueba, se realizó la instalación descrita a continuación:

- En el puesto de mando se desconectó el SGT del radiomódem y se instaló un equipo que actúa como repetidor (reenvío de las tramas recibidas). Este equipo se configuró mediante la terminal de la aplicación SATELLINE.

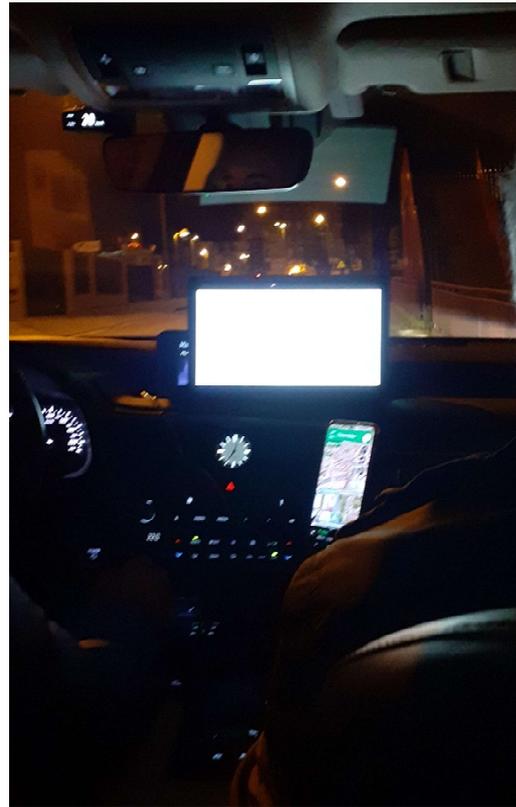


**Imagen 4: Reconfiguración del equipo de radio en Puesto de Mando**

- El vehículo en el que se realizó el recorrido se instaló un sistema compuesto por antena externa + receptor + PC con software para el envío y análisis de tramas.



**Imagen 5: Antena monopolo sobre vehículo**



**Imagen 6: PC en vehículo**

A continuación se describe el recorrido realizado durante la prueba:

- Ida Florida -> Salburua (rojo, finaliza en circulo): Se analizaron 480 tramas, sin embargo, las tramas 400-450 no se han considerado para el test ya que se tomaron fuera del ámbito del trazado del tranvía. La prueba cobertura en Paseo del Aeródromo (zona peatonal actualmente) se realizó únicamente durante el tramo de ida.
- Vuelta Salburua -> Florida (azul, finaliza en circulo): Se analizaron 300 tramas, sin embargo, las tramas 20-50 no se han considerado para el test ya que se tomaron fuera del ámbito del trazado del tranvía.

Para unos resultados más realistas, no se han considerado (se han eliminado de la tabla) las tramas 400-450 en el tramo de ida y las tramas 20-50 en la vuelta, correspondientes a los alrededores de la intersección entre Bulevar de Salburua y Avda. Juan Carlos I, donde no transcurre el trazado del tranvía y el número de tramas fallidas era elevado.



### 3. RESULTADOS

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos:

**Tabla 2: Resultados de la prueba**

	<b>Tramas PI fallidas</b>	<b>Tramas IET fallidas</b>
<b>Ida</b>	156, 180, 203, 204, 205, 206, 233, 240, 277, 292, 293, 374	91, 96, 112, 161, 168, 179, 189, 190, 202, 219, 236, 239, 245, 257, 270, 288, 330, 362
<b>Vuelta</b>	98, 113, 116, 246, 278, 291	66, 74, 75, 92, 110, 149, 152, 194, 201, 231
<b>Total tramas exitosas</b>	<b>682/700</b>	<b>672/700</b>
<b>% éxito</b>	<b>97,4%</b>	<b>96%</b>

Se puede afirmar que tanto las tramas PI como las IET se han enviado y recibido correctamente en más del 97% y 96% de los casos, respectivamente.

Los puntos donde se han identificado tramas fallidas son en puntos cercanos al Centro Cívico de Salburua, C/ La Valletta con Bulevar de Salburua, Portal de Elorriaga con Bulevar de Salburua y C/ Los Astrónomos con C/ Florida; sin embargo, al ser tramas aisladas (no se han identificado zonas donde la cobertura se pierde durante más de 2 segundos) no comprometen la comunicación vía radio del tranvía durante el trazado.

Adicionalmente, se realizaron llamadas a puesto de mando (vía portátiles de mano) durante el trazado, siendo todas ellas exitosas. Estas llamadas también han disminuido el porcentaje de éxito de las tramas PI e IET, ya que al realizar las llamadas desde dentro del vehículo, debido a la baja distancia entre las antenas de audio y datos estos interfieren entre sí cuando trabajan simultáneamente (ver tramas PI 203-206 en el tramo de ida). Con el fin de evitar que estos dos equipos interfieran entre sí, se recomienda que la distancia entre las antenas de audio y datos sea de, al menos, 6 metros.

Asimismo, los resultados de esta prueba muestran resultados en el caso más desfavorable, ya que el sistema de radio PMR-DMR del tranvía funciona con dos antenas a una altura aproximada de 4m (las pruebas se han realizado con una única antena a 1.5m de altura) funcionando en modo *Diversity*, el cual mitiga el efecto *multipath*, y por lo tanto, aumenta significativamente la probabilidad de comunicación exitosa.

Por otro lado, a la hora de realizar esta prueba, el camino recorrido por las tramas enviadas desde el vehículo es el doble al camino que recorrerán en realidad durante el funcionamiento del tranvía. Al configurar el PM en modo repetidor (con el objetivo de analizar en el vehículo si la comunicación es exitosa o fallida), las tramas realizan el camino Vehículo-Repetidor-PM-Repetidor-Vehículo, cuando en el funcionamiento habitual del sistema la comunicación es únicamente Vehículo-Repetidor-PM. Al duplicar el camino/distancia a recorrer por las tramas, las posibilidades de fallo también se duplican (puede fallar tanto a la ida como a la vuelta).

Teniendo en cuenta estos factores, se puede considerar que el porcentaje de cobertura a lo largo del trazado es ligeramente superior al que se ha medido durante esta prueba.

Por lo tanto, se concluye que tras la prueba de cobertura de radio de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua, no se debe realizar ningún cambio en la arquitectura (o ubicación de elementos) actual ya que permite una conectividad vía radio exitosa a lo largo de todo el trazado.