

Necesidades de espectro radioeléctrico para comunicaciones ferroviarias



INDICE

- 1** **Presentación Metro de Madrid**
- 2** **Radiocomunicaciones sector del ferrocarril**
- 3** **Concepto de “Smart Rail”**
- 4** **Conclusiones**



1

PRESENTACIÓN METRO DE MADRID

301 Estaciones

294 Km de Red

12 Líneas de Metro Pesado
+ **1** Ramal + **1** Metro Ligero

2349 Coches → **443** Composiciones

626,4 Millones Viajeros/año

2ª Red Metropolitana UE en extensión

Red Telecomunicaciones compleja



1 TELECOMUNICACIONES METRO DE MADRID

Infraestructuras de comunicaciones

Cableado de pares y cuadretes

Cableado de Fibra Óptica

Cableado estructurado

Cableado radiante y antenas

Redes de Comunicaciones

Red de transporte IPMUS y DWDM

Red IP Multiservicio

Red telefonía automática / Selectiva

Redes de Radiocomunicaciones

RTT RTE TETRA CBTC TEBATREN



1

RADIOCOMUNICACIONES METRO DE MADRID

Radiocomunicaciones Tren-Tierra

RTT (Analógico): 168-173 MHz (VHF)

Radio Estaciones / Seguridad

RTE/S (Analógico): 451-461 MHz (UHF)

TERrestrial Trunked RAdio

TETRA (Digital): 380-392 MHz

Telecomunicaciones Banda Ancha TREN

TEBATREN (Digital): 1675-1695 MHz

Communications-Based Train Control

CBTC (Digital): 2,4 GHz

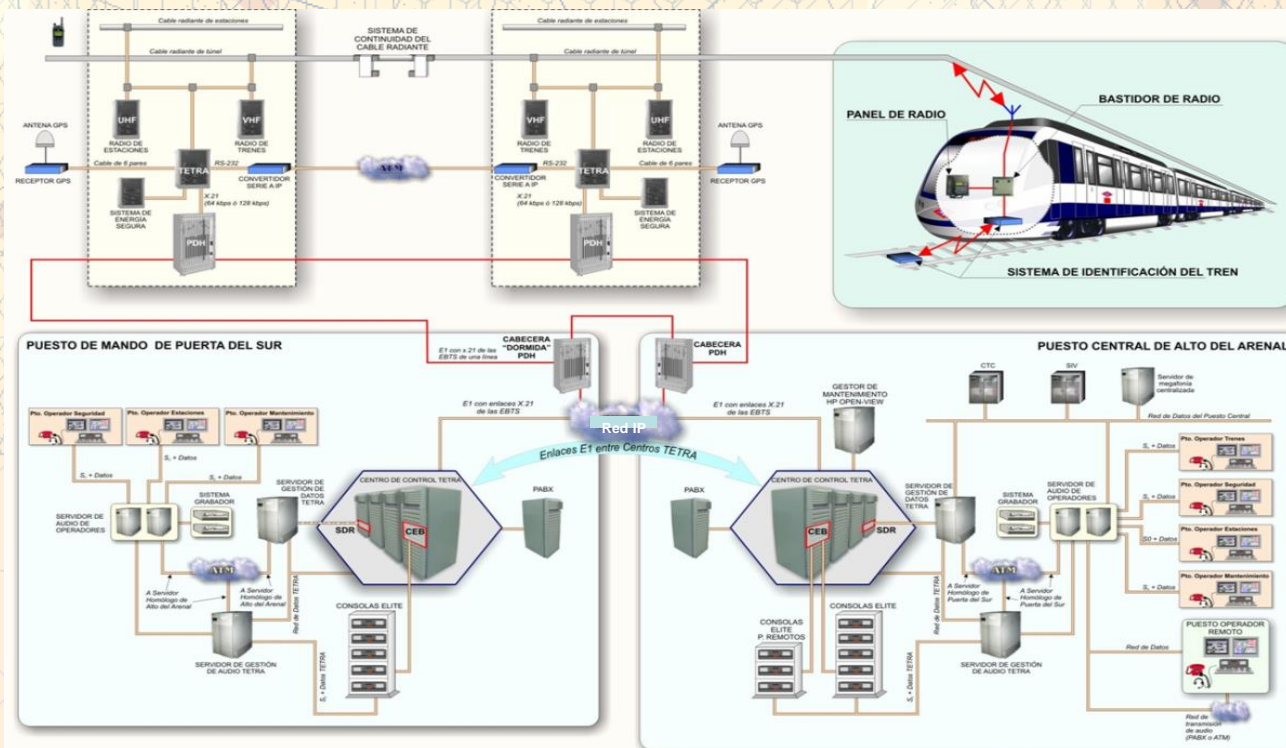
WiFi Mantenimiento / Operativa (2,4 GHz)



1 RADIOCOMUNICACIONES METRO DE MADRID

TETRA: TERrestrial Trunked RAdio

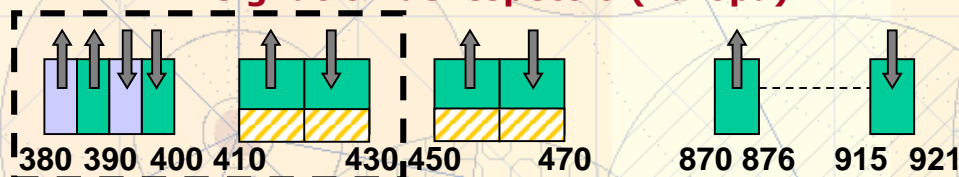
(Security)



Estándar del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI).

Define un sistema móvil digital de radio con el objetivo de **unificar** los **interfaces radio digitales** para las comunicaciones entre los sectores de **servicios críticos y de emergencias**

Asignación del espectro (Europa)

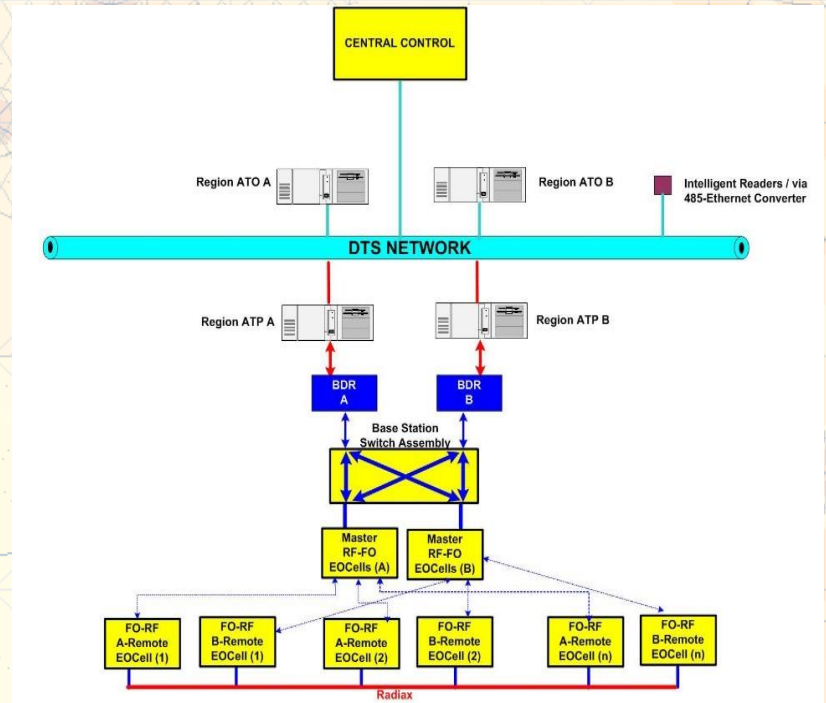
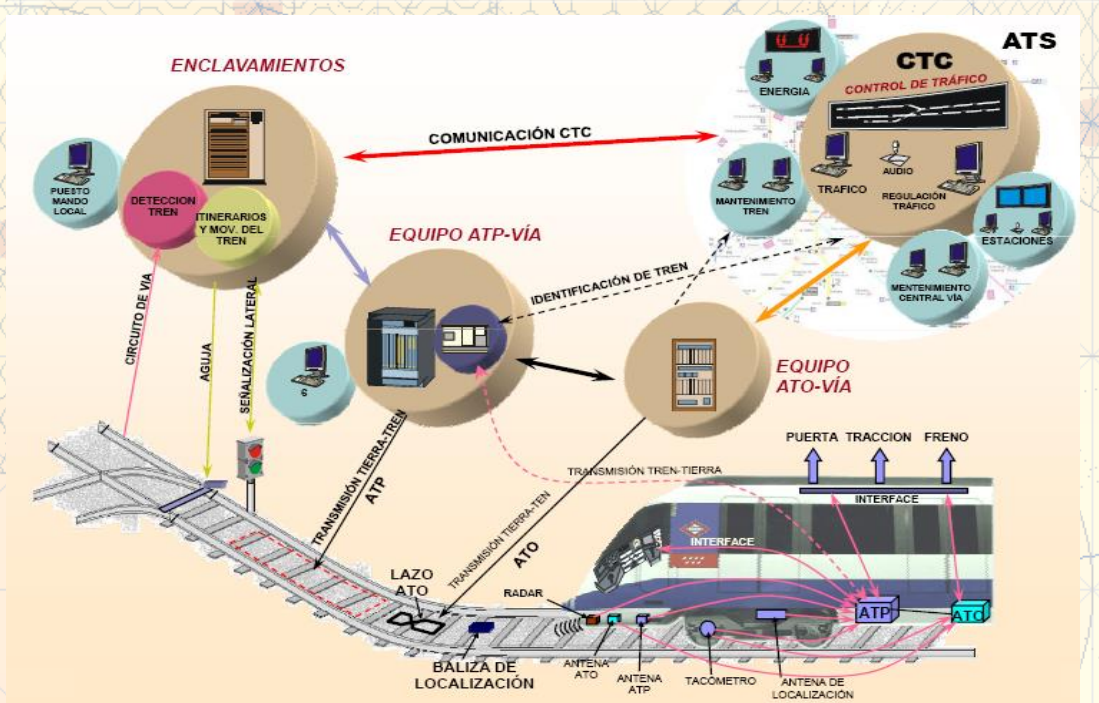


1

RADIOCOMUNICACIONES METRO DE MADRID

CBTC: Communications-Based Train Control

(Safety)



Sistema de señalización que usa una etapa de Radiofrecuencia (RF) para establecer comunicación con el **Control Automático del Tren** usando un sistema de radio de **espectro distribuido** en banda de **2,4 GHz (IEEE 802.11g)**



1

RADIOCOMUNICACIONES METRO DE MADRID

TEBATREN (Telecomunicaciones Banda Ancha TREN) (Operation)



IMÁGENES



DATOS

VOZ

- Velocidades medias de 6 a 12 Mbps
- Handover entre bases entre 1 y 2 s

Sistema diseñado en **2004 (I+D+i)** para **servicios de banda ancha** sobre redes IP, sin cortes ni interrupciones, entre los sistemas embarcados del material móvil y la red fija multiservicio (RIM)



Opera en banda de 1.7 GHz para tren-tierra y 2.4 GHz para tren-tren, trasladando en el primer caso los canales IEEE 802.11g a la banda de 1.7 GHz

2

RADIOCOMUNICACIONES SECTOR DEL FERROCARRIL

Características principales:

1. Dificultad de las comunicaciones vía radio:

- Factores de **propagación de ondas** en túnel y superficie.
- Elevada **variabilidad temporal del canal**.
- **Interferencias** con otros sistemas.
- **Apantallamiento** del propio material móvil.
- **Despliegue complejo** y necesidad de **importantes inversiones**.

2. Estrictos requisitos de calidad de servicio:

- **Normativas estrictas** del sector ferroviario.
- **Requisitos muy heterogéneos** según tipología del servicio.

3. Falta de reserva de espectro radioeléctrico para el desarrollo de los servicios operacionales propios



2 RADIOCOMUNICACIONES SECTOR DEL FERROCARRIL

Clasificación de los servicios de radiocomunicación ferroviarios

Criticidad



Servicios de experiencia al cliente

(client)



Servicios operacionales no críticos

(Operation)



Servicios Críticos y Seguridad

(Safety / Security)



2 RADIOCOMUNICACIONES SECTOR DEL FERROCARRIL

Sº Experiencia al Cliente

(client)

Comunicaciones móviles y datos

Video entretenimiento y WiFi



Sº Operacionales no Críticos

(Operation)

Video embarcado Tren-Tierra

Sistemas de control embarcados

(TCM)

Telemetría y diagnosis tren

(Tren Digital)

Subsistemas embarcados y comunicaciones



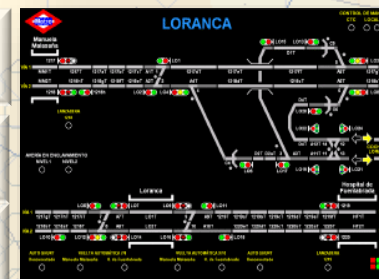
Sº Críticos y de Seguridad

(Safety/Security)

Señalización Ferroviaria

(SIL 4)

Comunicaciones de voz y datos críticas



2 RADIOCOMUNICACIONES SECTOR DEL FERROCARRIL

Futuros escenarios comunicaciones tren-tierra nueva generación

LTE: Long Term Evolution

Baja latencia, QoS, Cifrado, Ancho de Banda

5G : Estándar 3GPP v.15

Latencia ultra baja inferior a 1ms

Velocidades de datos pico de 10 Gbit/s

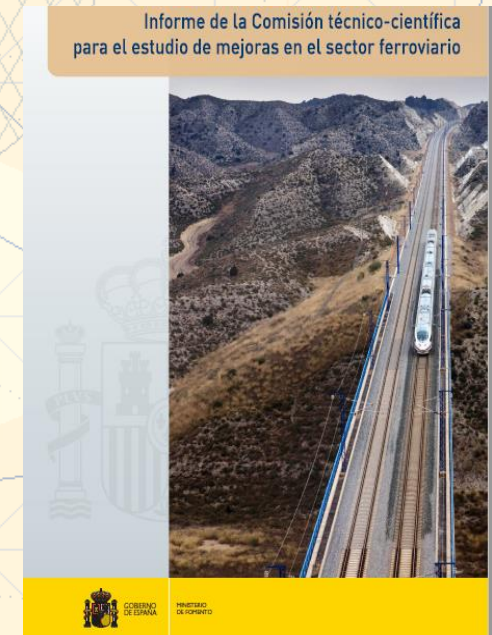


¿Evolución natural del GSM-R, TEBATREN?

¿Valido Sº Operacionales no Críticos?

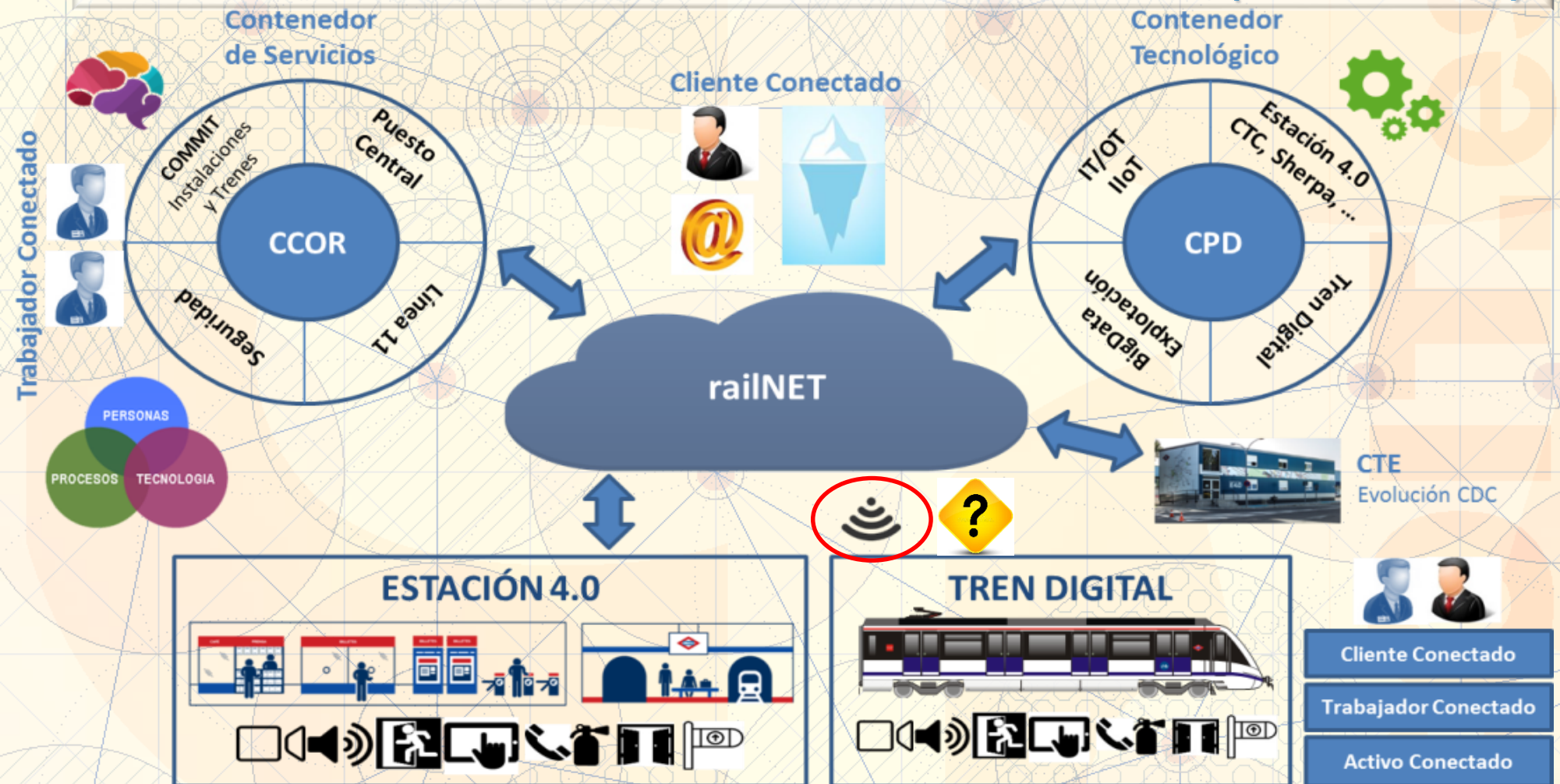
¿Valido para Infraestructuras críticas?

¿Espectro garantizado al sector Ferrocarril?



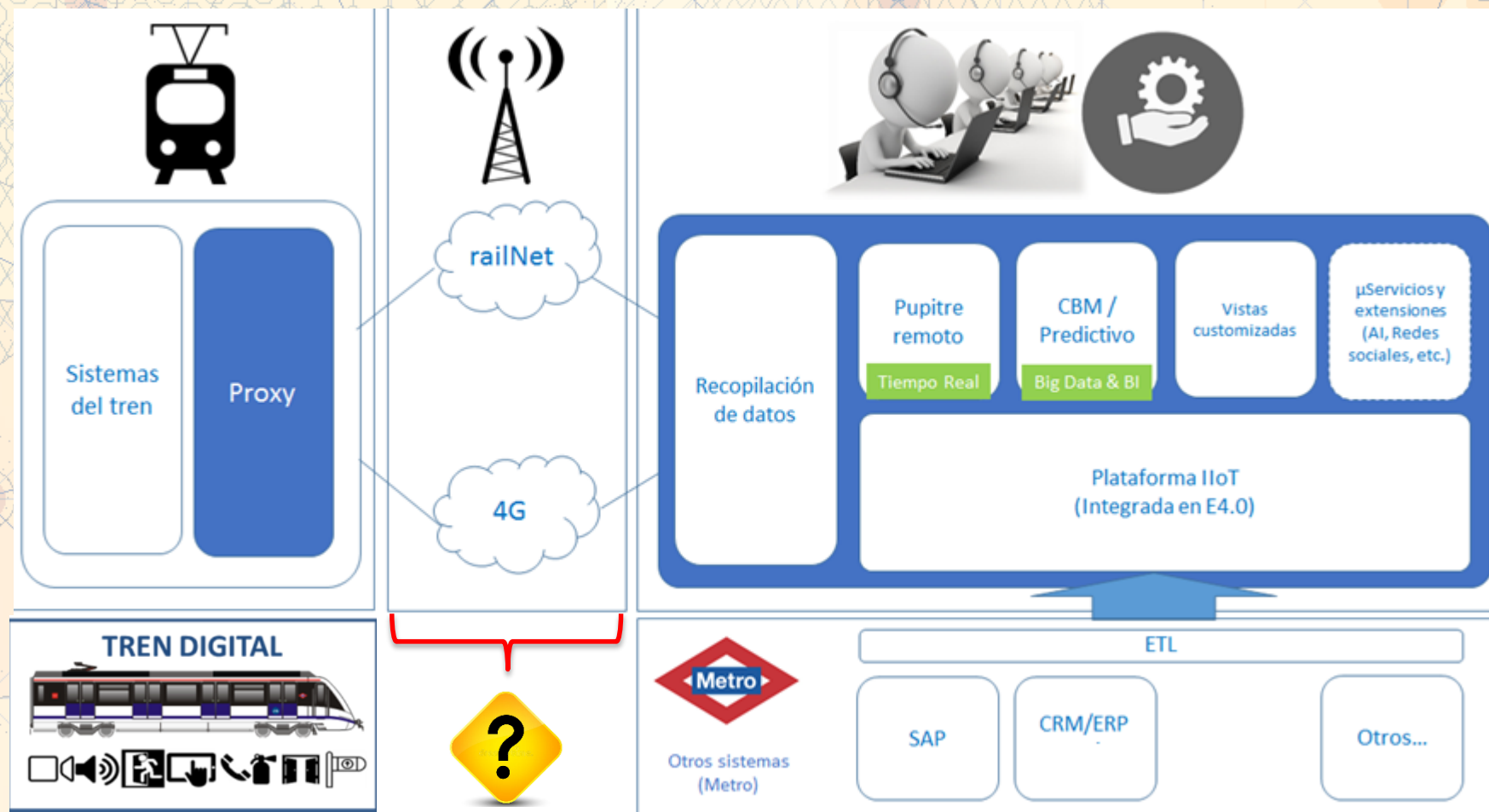
3 SMART RAIL.

Modelo de futuro del Smart Rail de Metro de Madrid (industria 4.0)



3 SMART RAIL.

Modelo de futuro del Smart Rail (Tren Digital 4.0)



3 SMART RAIL.

Modelo de futuro del Smart Rail: Impacto transformación Metro

Servicio esencial transporte a 2,5 Millones viajeros/día en la CAM

Operador crítico por el CNPIC, incremento **ciberseguridad**

Futura puesta en marcha de una **línea automática** (UTO)

Necesidades de nuevos servicios para **mejorar la explotación** (OPEX)

Necesidades de nuevos servicios para **mejorar calidad de Servicio**

Nuevos modelos de mantenimiento para mejorar la eficiencia

TEBATREN: Sistema TTBA obsoleto (15 años) y no evolucionable



Los retos del paradigma Smart Rail hacen necesaria una nueva visión de las radiocomunicaciones en el servicio publico ferroviario para que sea sostenible y eficiente

3 SMART RAIL.

Alternativas de acceso al espectro radioeléctrico para TTBA

1. Red privada en banda libre (Wifi 5GHz)
2. Red Pública de operador telecomunicaciones (4G)
3. Mercado secundario de espectro (LTE? 802.11?)
4. Solución propietaria con espectro radioeléctrico (??)
5. Cambio de paradigma: Bandas milimétricas (5G Railway)



¿Habrà espectro de banda ancha asignado en el CNAF para el sector ferroviario?

3 SMART RAIL.

Alternativas de acceso al espectro radioeléctrico para TTBA

1. Despliegue de una **red privada** en **banda libre** (típicamente, **5 GHz**) → Prueba de concepto railNET(2016/17): altas prestaciones, **buena economía de escala**.
2. Uso de una **red móvil de 4G** de uno o varios **operadores telecomunicaciones** (Movistar, Vodafone, etc.) → dependencia QoS de los operadores, bajo control, no posible en emergencias, buena **alternativa modo degradado**.
3. **Mercado secundario de espectro**: uso privado previo pago de licencias al adjudicatario de la banda y tecnología LTE → explorado en railNET (2016-2017) y **descartado** por **altos costes operativos** (Capex y Opex).
4. **Autorización de uso secundario o principal del espectro CNAF** (SESIAD). Potencialmente prometedor, encaje difícil en la práctica.
5. **Cambio total de paradigma**: **Tecnología 5G RailWay** bandas de milimétricas (20-300 GHz). No de forma inmediata y **sector ferroviario no maduro**.

Son posibles las combinaciones de varias de las anteriores.



3 SMART RAIL.

Visión de futuro: Necesidades de los operadores ferroviarios

- **Misión un Operador Ferroviario** debe prestar un **servicio público esencial de transporte** de forma **eficiente** y **sostenible** económicamente, para mejorar la **calidad del servicio** prestado a los ciudadanos.



- Los **sistemas de radiocomunicaciones son una tecnología fundamental** para lograr esta misión y garantizar la prestación de servicios (a todos los niveles) actuales y futuros.
 - Necesidad de **garantizar la amortización** de todas las **inversiones** → horizonte 15-20 años.
- **El sector del Ferrocarril necesita disponer de una banda de frecuencias**, que permita el desarrollo del ferrocarril y su alineamiento con otras industrias y sectores.
 - **¿Banda de uso privativo ferroviario? → caso de éxito en China & Australia**
 - Por costes y cautividad tecnológica → necesidad de que sea una banda estandarizada por la industria.
 - **¿Banda de milimétricas? → Test en Corea, Francia, China.**
- Banda de frecuencias de uso común versus uso dedicado

4

CONCLUSIONES

- Se presenta la visión de Metro de Madrid, pero es fácilmente extrapolable a otras explotaciones (alta velocidad, media distancia, cercanías, tranvías, etc.)
- Una **reflexión final**: ¿Cómo sería el sector del ferrocarril sin sistemas de radio comunicaciones?
 - **Más lento** → peores intervalos entre trenes.
 - **Menos seguro** → radio telefonía revoluciona la seguridad de la operación
 - **Más caro** → menor capacidad a (casi) mismo coste, implica billete más caro
 - **Menos orientado al cliente** → peor servicio en todos los aspectos
 - **Menos sostenible** → actualmente, ferrocarril es el medio más sostenible
 - ...
- El ferrocarril está en la encrucijada de abrazar **paradigmas del siglo XXI** (**tren digital conectado, Industria 4.0, Internet de las Cosas, Big Data, mantenimiento predictivo**, etc.) o permanecer como una reliquia del siglo XX.



Asignar espectro radioeléctrico, en el CNAF, para el sector del ferrocarril es necesario para la prestación eficiente de servicios operacionales no críticos de banda ancha.

Muchas gracias



Dionisio.izquierdo@metromadrid.es



colegio oficial
ingenieros de telecomunicación

Dionisio Izquierdo Bravo
Responsable de Área de Ingeniería

