



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# Índice

**Bloque 1.  
Sección transversal ferroviaria.**

**Bloque 2.  
Geometría de la vía. Trazado**

**Bloque 3  
Comportamiento mecánico de la vía**

**Bloque 4.  
Calidad y mantenimiento**

**Bloque 5.  
Instalaciones**



# Índice

**1. Electrificación**

**2. Señalización**

**3. Explotación**



# 2

## Señalización

1. Introducción
2. Señales ferroviarias
3. Circuitos de vía
4. Bloqueos
5. Enclavamientos
6. Control de Tráfico Centralizado (CTC)
7. Sistemas de protección de trenes (ATP)
8. Sistemas de operación automática de trenes (ATO)
9. Conclusiones



# 1. Introducción

---

## Objetivos de la señalización

- Proporcionar seguridad en la circulación de trenes
- Alcanzar máxima eficiencia posible del tráfico ferroviario (movimientos rápidos y eficaces)

## Función básica de la señalización

- **Mover y localizar trenes con seguridad** (evitar alcances, colisiones, descarrilamientos, exceso de velocidad)

## Funciones complementarias de la señalización

- Mejora de la **seguridad integral**
- Aumento de la **capacidad el transporte**, reduciendo al máximo los intervalos manteniendo la seguridad de circulación



# 1. Introducción

---

Cantones

## Sistemas básicos de señalización

Bloqueos

Enclavamientos

- **Cantón:** tramo de vía reservado. En condiciones normales de circulación, se impide que otro tren pueda acceder a dicho cantón mientras que el primer tren no lo haya liberado.
- **Bloqueo:** Sistema de dispositivos técnicos, lógicos y/o de transmisión que materializan las relaciones de seguridad que se establecen entre dos estaciones y que permiten la salida del tren al trayecto. Evitan colisión frontal en vía única y alcance de trenes en vía doble.



# 1. Introducción

---

- **Enclavamientos:** Conjunto de elementos físicos y lógicos que efectúa automáticamente las órdenes, supervisión y comprobaciones de las maniobras, inmovilizaciones, liberaciones y demás acciones imprescindibles para el correcto funcionamiento de la totalidad de los elementos de la señalización ferroviaria, estableciendo **itinerarios seguros**.

Comprueban la relación de dependencia entre la posición de los aparatos (aparatos de vía, agujas, circuitos de vía, barreras de pasos a nivel, etc) y la indicación de las señales, evitando maniobras incompatibles durante el recorrido de una circulación autorizada.

*Fuente: Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria*



## 2. Señales ferroviarias

---

### Señal:

Todo aquel signo que tiene por objeto transmitir órdenes o informaciones desde la vía, las estaciones o desde los trenes.

### Tipos de señales según función:

- **Fijas:** De modo permanente o temporal están instaladas en puntos determinados de la vía o de las estaciones.
- **Portátiles:** Se pueden utilizar en cualquier momento o lugar e incluso hacerlas el personal.
- **Señales de los trenes:** las que éstos llevan en cabeza y cola.



## 2. Señales ferroviarias

### Señales **fijas** de vía

- **Fundamentales:** Regulan la circulación de trenes y maniobras.
  - **Señal preavanzada:** La situada delante de la señal avanzada en líneas con BLA en las que se circule a velocidades superiores a 160 km/h.
  - **Señal avanzada:** La situada delante de la señal de entrada o, en su defecto, de una estación
  - **Señal de entrada:** La situada a la entrada de una estación, bifurcación, puestos de bloqueo, cantonamiento o banalización, que protege agujas de entrada.
  - **Señal de salida:** La situada a la salida de una estación, que protege agujas de salida.
  - **Señal interior:** La situada en el interior de una estación para regular los movimientos de trenes o de maniobras.





## 2. Señales ferroviarias

### Señales **fijas** de vía

- **Fundamentales:** Regulan la circulación de trenes y maniobras.
  - **Señal de protección:** La situada delante de una aguja en plena vía para protegerla.
  - **Señal intermedia:** La situada, en líneas con bloqueo automático, entre la señal de salida de una estación y la avanzada de la siguiente estación.
  - **Señal de liberación:** En determinadas líneas, la situada a continuación de la señal de salida y relacionado con ella, para liberar la curva de control de velocidad en el equipo embarcado.
  - **Señal paso a nivel:** La situada delante de un PN o grupo de PN para indicar si tienen o no protección.



## 2. Señales ferroviarias

### Señales **fijas** de vía

- **Fundamentales**
- **Indicadoras:** Complementan las órdenes de las señales fundamentales
- **De velocidad máxima:** regulan la velocidad que el tren no debe exceder en ningún momento
- **De limitación temporal de velocidad máxima:** Imponen restricciones temporales en la velocidad máxima de los trenes por circunstancias particulares de la vía o de las instalaciones



## 2. Señales ferroviarias

### Posición de la señales

Velocidad km/h	Velocidad m/s	Distancia m
100	27,77	771,6
150	41,66	1735,6
200	55,55	3085,8
250	69,44	4821,9

### Distancias de frenado de los trenes

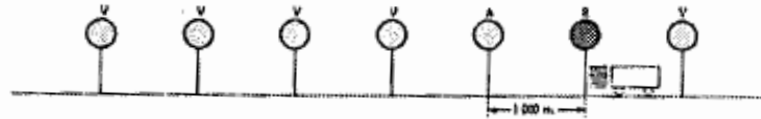
- ✓ Dos trenes no pueden estar en el mismo cantón al mismo tiempo
- ✓ Distancia entre trenes, como mínimo, la distancia de frenado del tren más que más tarda en frenar a la velocidad máxima permitida de la línea
- ✓ La velocidad del tren debe ser la que le permita frenar en la distancia libre de obstáculos



## 2. Señales ferroviarias POSICIÓN DE

**CASO 1.** Señalización para 140 km/h.: Señales a 1.000 m. de separación y frenado del tren en 1 cantón.

*Indicación de las señales*



*Diagrama de velocidad del tren que frena*

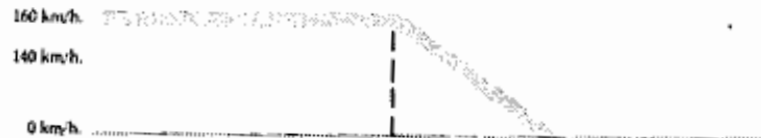


**CASO 2.** Señalización para 160 km/h.: Señales a 1.200 m. de separación y frenado del tren en 1 cantón.

*Indicación de las señales*



*Diagrama de velocidad del tren que frena*

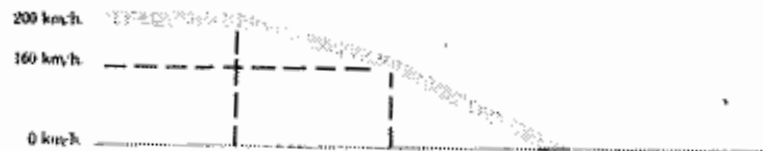


**CASO 3.** Señalización para 200 km/h.: Señales a 1.200 m. de separación y frenado del tren en 2 cantones (en el primero pasa de 200 a 160 km/h.)

*Indicación de las señales*



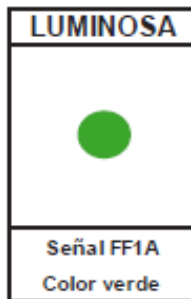
*Diagrama de velocidad del tren que frena*



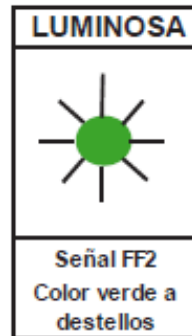


## 2. Señales ferroviarias

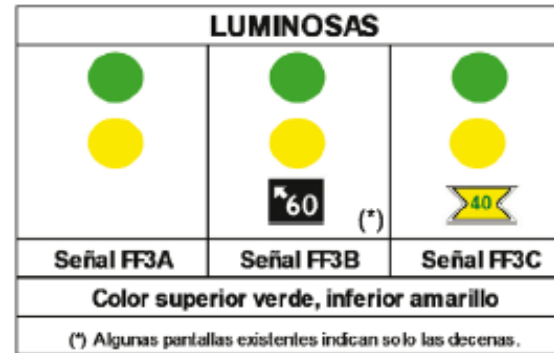
### Señales fijas fundamentales



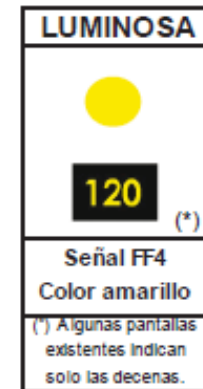
Verde fijo  
Vía libre.



Verde intermitente  
Vía libre condicional.  
No exceder la velocidad de 160 km/h al pasar por la señal siguiente.



Verde-amarillo  
Anuncio de precaución.  
Si no indica número, no exceder la velocidad de 30 km/h al paso por las agujas situadas a continuación de la señal siguiente.



Amarillo  
Preanuncio de parada





## 2. Señales ferroviarias

### Señales fijas fundamentales

LUMINOSA	PANTALLA
	
Señal FF5A	Señal FF5B
Color amarillo	Coronas y franja color negro sobre fondo amarillo

Amarillo

Anuncio de parada


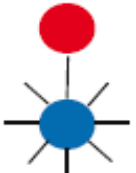
LUMINOSAS	
	
A	B
Señal FF7A	Señal FF7B
Color rojo	Color rojo

Rojo

Parada

P: Avance con marcha a la vista sin exceder 40 km/h.

Paso por agujas a 30 km/h

LUMINOSAS	
	
C	D
Señal FF7C	Señal FF7D
Color superior rojo, inferior azul	Color superior rojo, inferior azul a destellos

Rojo- azul

Parada selectiva

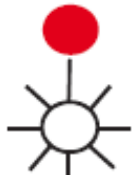


Trenes sin ERTMS parar sin rebasar la señal

Trenes con ERTMS continuar la marcha según Driver Machine Interface



## 2. Señales ferroviarias


### Señales fijas fundamentales

LUMINOSAS		
		
A	B	C
Señal FF8A	Señal FF8B	Señal FF8C
Color superior rojo, inferior blanco a destellos	Color superior rojo, inferior blanco	Color superior rojo, inferior blanco

Rojo - blanco

Rebase autorizado

Parar ante la señal y reanudar la marcha con marcha de maniobra


LUMINOSA

Señal FF9 Color blanco

Blanca

Movimiento autorizado

LUMINOSA	LUMINOSA
	
Señal FF10A Color blanco	Señal FF10B Color blanco a destellos

Paso a nivel protegido

LUMINOSA

Señal FF11A Color amarillo a destellos

Paso a nivel sin protección





## 2. Señales ferrov

### Señales fijas indi

LUMINOSA	LUMINOSA
○ ○	○ ○
Señal F1A Color blanco	Señal F1B Color blanco

Indicadoras de entrada  
Vía directa / Vía desviada

Indicadoras de dirección

DIRECCIÓN	LUMINOSAS
	 <b>A</b>
	 <b>B</b>
	 <b>C</b>
	 <b>D</b>
	<b>Señales F3</b> <b>Color blanco</b>

Indicadoras de posición de  
agujas



ELÉCTRICAS	
DIRECCIÓN	
	 <b>A</b>
	 <b>B</b> (*)
	 <b>c</b> (*)
	 <b>D</b> (*)
	<b>Señales F4.</b> <b>Color blanco</b>



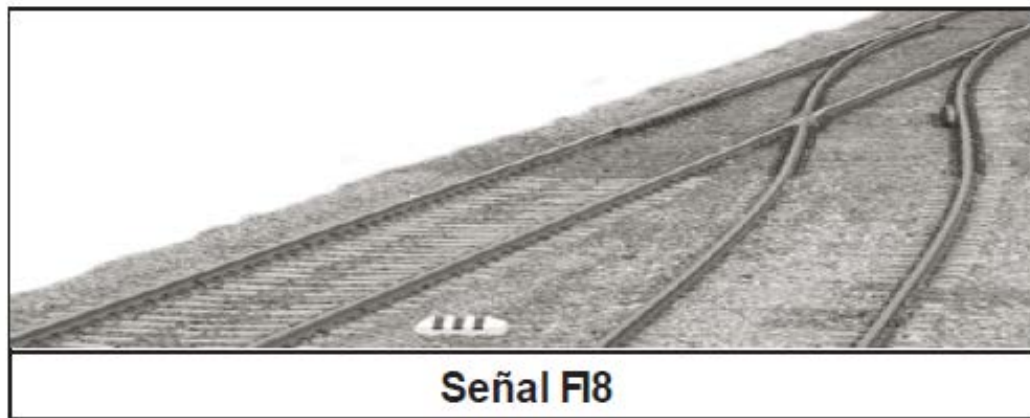


## 2. Señales ferroviarias

### Señales fijas **indicadoras**

	
Señal F17A Fondo color blanco, inscripción color negro	Señal F17B Fondo color blanco, inscripción color azul
LZB o ERTMS 2	ERTMS 2

Pantallas de LZB o ERTMS  
Nivel 2









Piquete de entrevías

Indica el punto hasta donde es compatible la circulación simultánea por ambas vías



## 2. Señales ferroviarias

### Señales fijas **indicadoras**

O		Indica: El punto donde empieza el Sistema de Protección Automática de Trenes.
P		Indica: El punto donde termina el Sistema de Protección Automática de Trenes.
Q		Indica: El punto donde empieza el Sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático.
R		Indica: El punto donde termina el Sistema de Anuncio de Señales y Frenado Automático.
AD		Indica: Cambio de ancho de vía. Marca el inicio de la transición del ancho 1668 al 1435 mm
AE		Indica: Cambio de ancho de vía. Marca el inicio de la transición del ancho 1435 al 1668 mm



## 2. Señales ferroviarias

### Señales fijas de velocidad máxima

	
Señal FVM1A	Señal FVM1B
Circular, fondo blanco, corona e inscripciones color negro	Circular, fondo color naranja, corona e inscripciones color negro

Anuncio de velocidad máxima

	
Señal FVM2A	Señal FVM2B
Cuadrada, fondo blanco, franja e inscripciones color negro	Cuadrada, fondo color naranja, franja e inscripciones color negro

Velocidad máxima



## 2. Señales ferroviarias

### Señales fijas de velocidad máxima

TIPOS DE TREN	ACELETACIÓN CENTRÍFUGA NO COMPENSADA  ( $m/seg^2$ )	INSUFICIENCIA DE PERALTE	
		Ancho 1,435  ( $mm$ )	Ancho 1,668  ( $mm$ )
(N)	$\leq 0,65$	$\leq 100$	$\leq 115$
A	$\leq 1$	$\leq 153$	$\leq 175$
B	$\leq 1,2$	$\leq 183$	$\leq 212$
C	$\leq 1,5$	$\leq 229$	$\leq 265$
D	$\leq 1,8$	$\leq 275$	$\leq 318$

Fuente: Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria



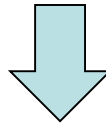
Fuente:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a2/Se%C3%B1ales\\_limitacion\\_velocidad\\_-\\_Mollet-Sta\\_Rosa\\_-\\_2013-10-31\\_-\\_JTCurses.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a2/Se%C3%B1ales_limitacion_velocidad_-_Mollet-Sta_Rosa_-_2013-10-31_-_JTCurses.jpg)



### 3. Circuitos de vía

## Sistemas de detección de trenes: los cantones

- Necesidad
  - Gran distancia de frenado
- Medidas tomadas
  - Longitud libre de obstáculos delante del tren
  - Control de velocidad del tren
  - Señalización (código entre el tren y las estaciones)



Los cantones

*Cantón:*

*tramo de vía protegido por señales que autorizan o no la entrada de trenes en ellos. En condiciones normales de circulación, no puede haber más de un tren de forma simultánea*



## 3. Circuitos de vía

---

### Sistemas de detección de trenes: los cantones

- Tipos

- ✓ **Comunicación entre estaciones**

- ✓ Contadores de ejes

- ✓ Circuitos de vía (s. convencional)

- ✓ Cantón móvil (s. en cabina)

Aspectos negativos: fallo humano





### 3. Circuitos de vía

## Sistemas de detección de trenes: los cantones

- Tipos

- ✓ Comunicación entre estaciones

- ✓ Contadores de ejes

- ✓ Circuitos de vía (s. convencional)

- ✓ Cantón móvil (s. en cabina)

- Cantón libre cuando el número de ejes igual a cero.
- Problemas de rearme tras una incidencia.



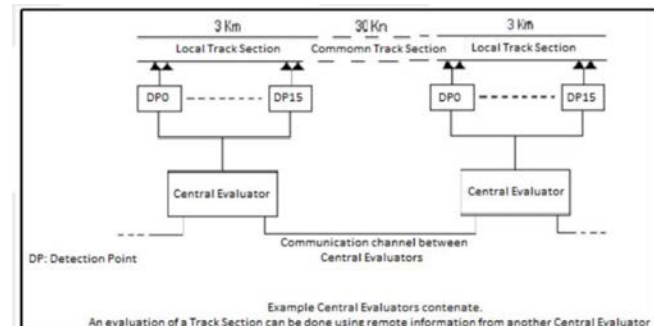
Fuente:

[http://www.electrans.es/sites/default/files/201409\\_electrans\\_e-ce95\\_extended\\_sp\\_-\\_jf\\_0.pdf](http://www.electrans.es/sites/default/files/201409_electrans_e-ce95_extended_sp_-_jf_0.pdf)



Fuente:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Bloqueo\\_\(ferrocarril\)#/media/File:Axlecounter.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Bloqueo_(ferrocarril)#/media/File:Axlecounter.jpg)



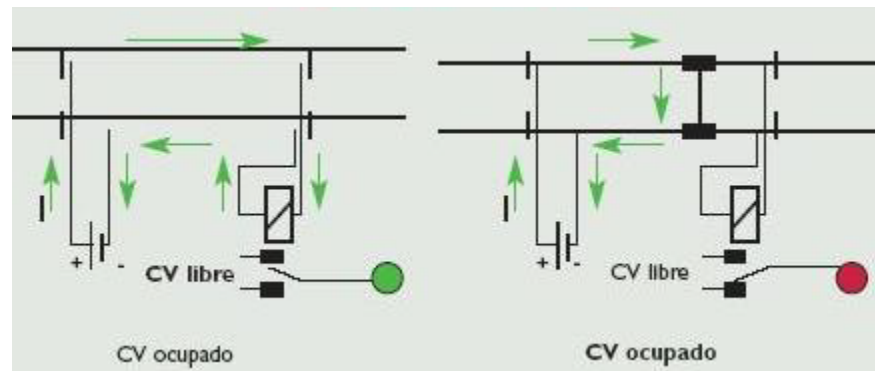
Fuente: [http://www.electrans.es/sites/default/files/201409\\_electrans\\_e-ce95\\_extended\\_sp\\_-\\_jf\\_0.pdf](http://www.electrans.es/sites/default/files/201409_electrans_e-ce95_extended_sp_-_jf_0.pdf)



### 3. Circuitos de vía

## Sistemas de detección de trenes: los cantones

- Tipos
  - ✓ Comunicación entre estaciones
  - ✓ Contadores de ejes
  - ✓ Circuitos de vía (s. convencional)
  - ✓ Cantón móvil (s. en cabina)







### 3. Circuitos de vía

## Sistemas de detección de trenes: los cantones

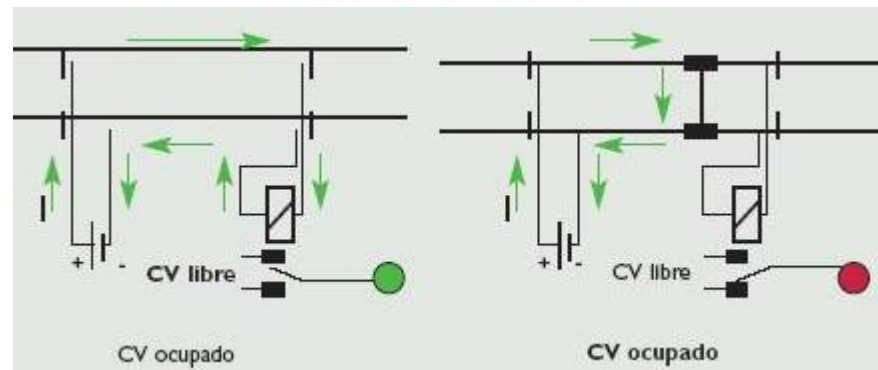
- Tipos

- ✓ Circuitos de vía (s. convencional)

Se realiza un circuito eléctrico a través de los carriles que se cortocircuita cuando un tren une eléctricamente a través de sus ruedas ambos carriles. El cantón esta ocupado cuando hay cortocircuito y libre cuando la electricidad fluye libremente.

**Ventajas:** Ruptura del circuito cuando se rompe el carril. Protege la vía en caso de incidencia **FAIL-SAFE** (seguro en caso de fallo)

**Desventajas:** Dificultad de establecer cantones demasiado largos debido a la resistencia eléctrica





### 3. Circuitos de vía

## Sistemas de detección de trenes: los cantones

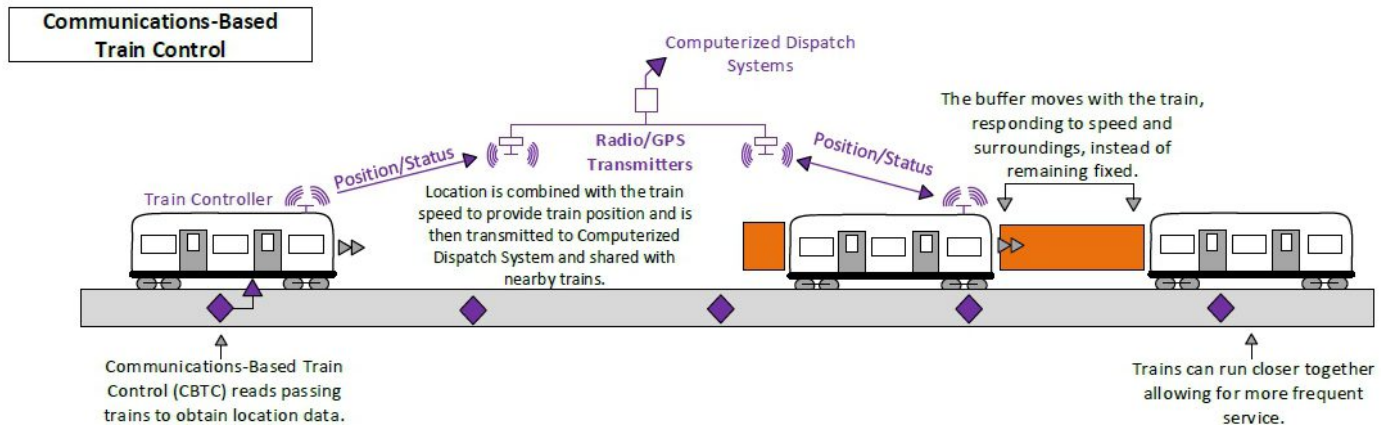
- Tipos

- ✓ Comunicación entre estaciones

- ✓ Contadores de ejes

- ✓ Circuitos de vía (s. convencional)

- ✓ Cantón móvil / CBTC (Communication Based Train Control)





## 3. Circuitos de vía

---

### Sistemas de detección de trenes: los cantones

- Tipos

- ✓ Cantón móvil / CBTC

Sistema de control automático de trenes basado en la localización continua del tren independientemente de los circuitos de vía, y equipado con un sistema de transmisión bidireccional continuo entre tren y tierra, así como procesadores tanto embarcados como en vía capaces de implementar funciones vitales (Norma IEEE 1474.1).

#### Metodologías CBTC:

**Cantón móvil**, cada tren perfila su huella y el tren que circula detrás va definiendo su parábola de freno en cada instante.

**Cantón virtual**, vía software cada cantón físico existente se divide en varios cantones virtuales.



### 3. Circuitos de vía

---

## Sistemas de detección de trenes: los cantones

- Tipos

- ✓ Cantón móvil / CBTC

**Ventaja:** Reducir el intervalo entre trenes, incrementando la capacidad de transporte de la línea (se mejora la frecuencia de trenes, el tiempo de recorrido y las funcionalidades del sistema)

**Desventaja:** Sistema en pruebas, desarrollados por distintos fabricantes que no son compatibles. Por ejemplo, tecnologías basadas en bucles inductivos o en radiofrecuencias.

Sólo puede ser utilizado por trenes especialmente preparados.



## 4. Bloqueos

---

### BLOQUEOS

- **Concepto**

Vinculo entre las señales y la ocupación de la vía en línea

- **Objetivos**

- ✓ Controlar y asegurar el movimiento de los trenes en línea
- ✓ Asegurar el espaciamiento entre trenes para
  - ✓ Evitar alcances
  - ✓ Evitar choques

- **Criterios**

- ✓ Dos trenes no pueden estar en el mismo cantón al mismo tiempo
- ✓ Distancia entre trenes, como mínimo, la distancia de frenado
- ✓ La velocidad del tren debe ser la que le permita frenar en la distancia libre de obstáculos



## 4. Bloqueos

---

- **Tipos de bloqueos**

- **✓ Bloqueo Telefónico (BT)**

- Comunicación telefónica entre estaciones colaterales
  - Estación A: Petición de vía
  - Estación B: Concesión de vía si el cantón está libre y el itinerario compatible
  - Estación A: Orden de marcha (Expedición)
  - Estación B: verificación de tren completo (Recepción)

**Nominal** en líneas carentes de sistemas automáticos de bloqueo

**Supletorio** en líneas equipadas con sistemas automáticos de bloqueo

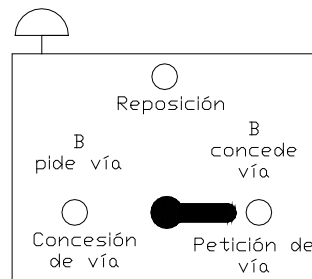


## 4. Bloqueos

### • Tipos de bloqueos

#### ✓ Bloqueo Eléctrico Manual (BEM)

- Funcionamiento similar al BT pero mediante un accionamiento eléctrico
  - Estación A: Petición de vía eléctricamente
  - Estación B: Concesión de vía eléctricamente si el cantón está libre y el itinerario compatible
  - Estación A: Orden de marcha eléctricamente (Expedición)
  - Estación B: Verificación de tren completo, liberación del bloque eléctricamente (Recepción)





## 4. Bloqueos

---

- **Tipos de bloqueos**

- **✓ Bloqueo Eléctrico Manual (BEM)**

- Funcionamiento similar al BT pero mediante un accionamiento eléctrico
  - Estación A: Petición de vía
  - Estación B: Concesión de vía si el cantón está libre y el itinerario compatible
  - Estación A: Orden de marcha (Expedición)
  - Estación B: Verificación de tren completo (Recepción)

- **✓ Versión automática: BAU, BAD y BAB**



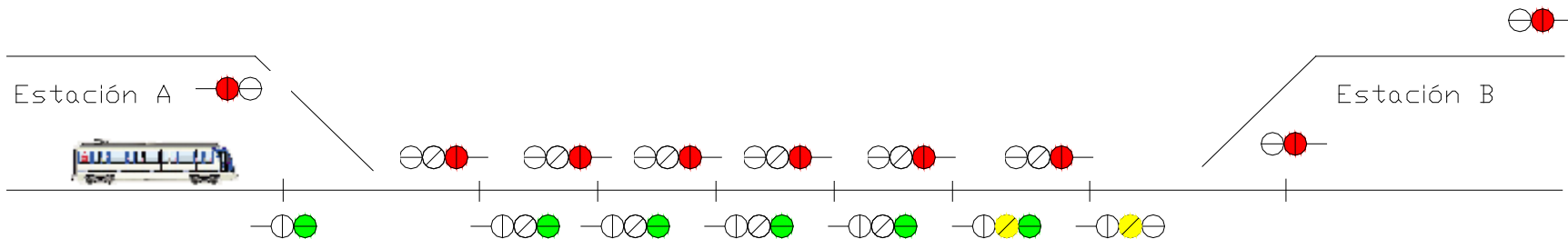


## 4. Bloqueos

- **Tipos de bloqueos**

- **✓ Bloqueo Automático en vía Única (BAU)**

- Totalmente automático
- Detección del tren en todo el trayecto (cantones más pequeños)
- Permite circulaciones sucesivas en el mismo sentido
- Proceso:
  - Bloqueo de la sección en un sentido
  - Orden de marcha
  - Trenes sucesivos dependiendo de la señalización



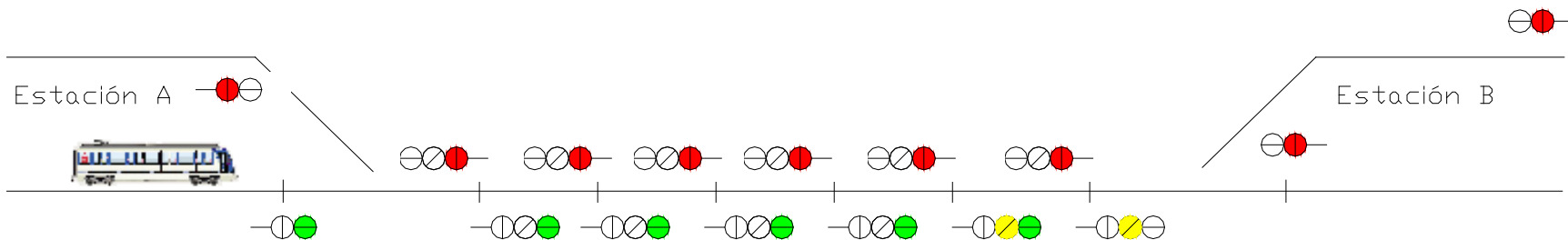


## 4. Bloqueos

- **Tipos de bloqueos**

- **✓ Bloqueo Automático en vía Única (BAU)**

- Totalmente automático
- Detección del tren en todo el trayecto (cantones más pequeños)
- Permite circulaciones sucesivas en el mismo sentido
  
- No necesita Jefe de Estación
  - Puesto de mando (PM)
  - Centro de Tráfico Centralizado (CTC)



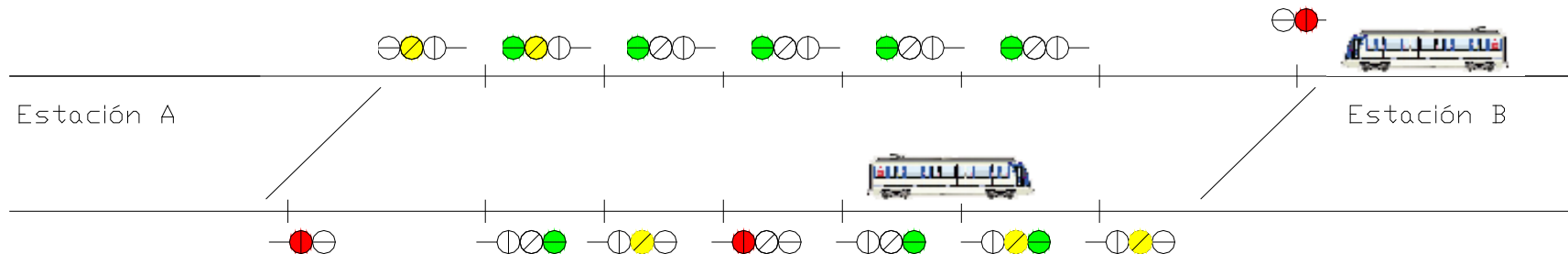


## 4. Bloqueos

- Tipos de bloqueos

- **✓ Bloqueo Automático en vía Doble (BAD)**

- Sentido de circulación preestablecido (par ó impar)
- Circulación a contravía: BT supletorio
- Secuencia de señales



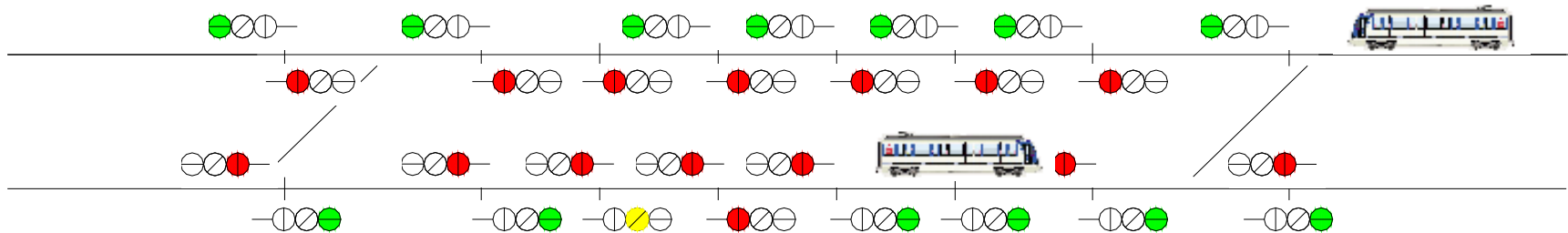


## 4. Bloqueos

- Tipos de bloqueos

- **✓ Bloqueo Automático Banalizado (BAB)**

- Permite circulaciones en ambos sentidos: adelantamientos
- Elevada disponibilidad: utilizado en alta densidad de tráfico
- Secuencia de señales





## 4. Bloqueos

---

- **Tipos de bloqueos**

- ✓ **Bloqueo de Liberación Automática  
(BLAU, BLAD, BLAB)**

En general cuenta con un solo cantón entre estaciones, el cual está protegido de manera automática por señales y dispositivos contadores de ejes. No existirán señales intermedias.



## 4. Bloqueos

---

### Relacionados con la ALTA VELOCIDAD

#### ✓ **Bloqueo de Señalización Lateral (BSL)**

Similar al Bloqueo Automático pero específico para Alta Velocidad. La distancia de seguridad entre trenes se garantiza mediante las indicaciones de las señales y las señales que protegen los cantones.

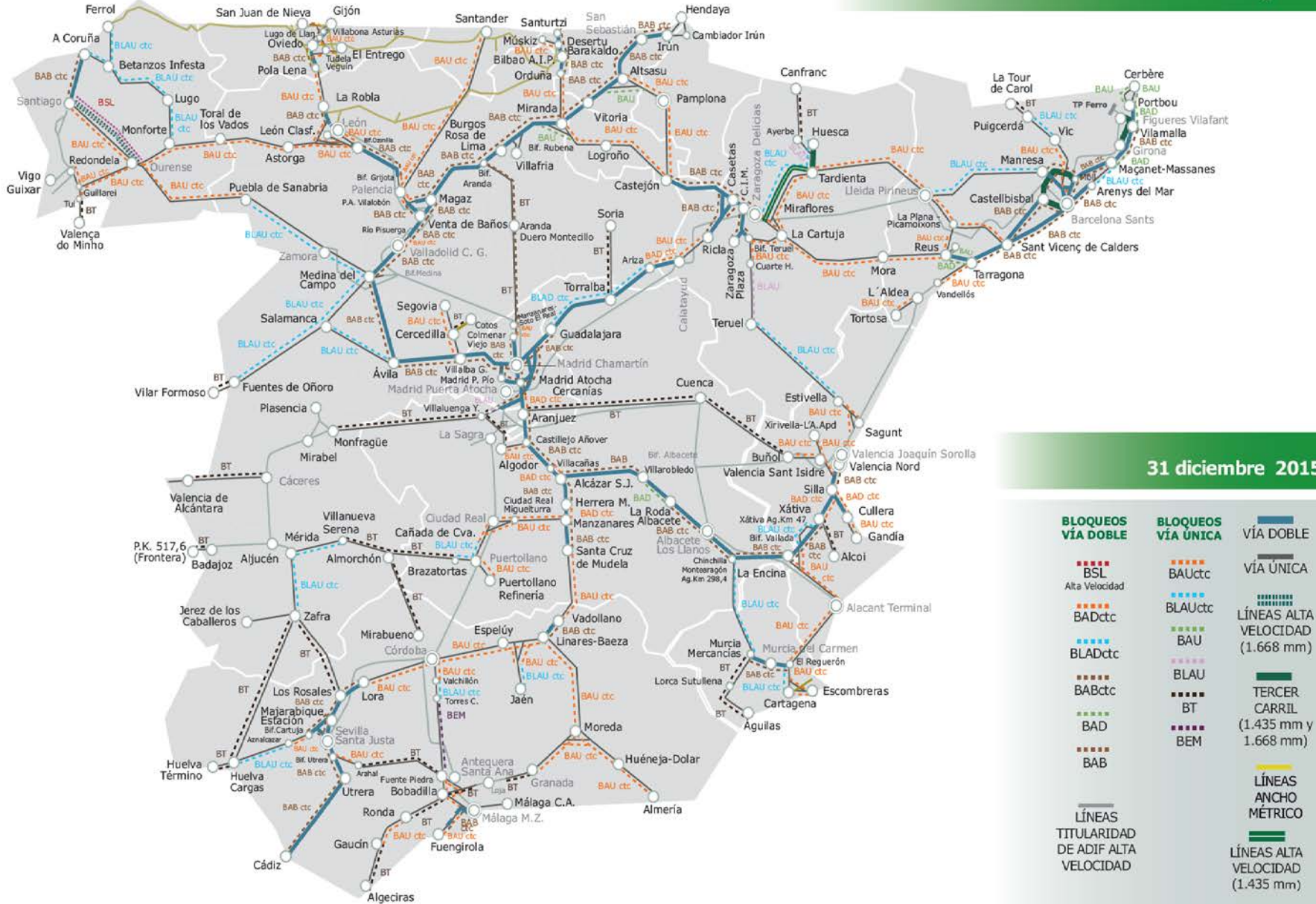
#### ✓ **Bloqueo de Control Automático (BCA)**

La distancia de seguridad se mantiene regulando la velocidad del tren, de modo que en ningún momento se supere una velocidad límite, que el maquinista recibe de forma continua mediante señalización en cabina.

BCA vinculado a LZB y ERTMS/ETCS nivel 1y 2



# MAPA 12 BLOQUEOS



31 diciembre 2015

BLOQUEOS VÍA DOBLE	BLOQUEOS VÍA ÚNICA	VÍA DOBLE
BSL	BAUctc	VÍA ÚNICA
Alta Velocidad	BLAUctc	LÍNEAS ALTA VELOCIDAD (1.668 mm)
BADctc	BAU	TERCER CARRIL (1.435 mm y 1.668 mm)
BLAUctc	BLAU	LÍNEAS ANCHO MÉTRICO
BABctc	BT	LÍNEAS ALTA VELOCIDAD (1.435 mm)
BAD	BEM	
BAB		
LÍNEAS TITULARIDAD DE ADIF ALTA VELOCIDAD		

Los bloqueos en las líneas de ancho métrico se indican en el mapa 12.1



## 5. Enclavamientos

### ENCLAVAMIENTOS

- **Concepto**

Vinculo entre las señales y las condiciones de vía que impiden realizar maniobras peligrosas en estaciones

Relaciones de compatibilidad o incompatibilidad que se establecen entre dos o más **palancas** que accionan señales, agujas u otros aparatos de vía, para evitar maniobras peligrosas.

- **Función básica**

Controlar el accionamiento de los aparatos de vía asegurando que cumplan las relaciones de dependencia.





## 5. Enclavamientos

---

- **Función básica**

Controlar el accionamiento de los aparatos de vía asegurando que cumplan las relaciones de dependencia.

- **Principios básicos de funcionamiento**

- ✓ No autorizar movimientos de trenes si los aparatos de vía no están correctamente colocados y el itinerario está libre
- ✓ No permitir el cambio de aparatos de vía mientras las señales de acceso permanezcan abiertas
- ✓ Impedir la autorización simultánea de dos circulaciones que puedan ser peligrosas entre sí

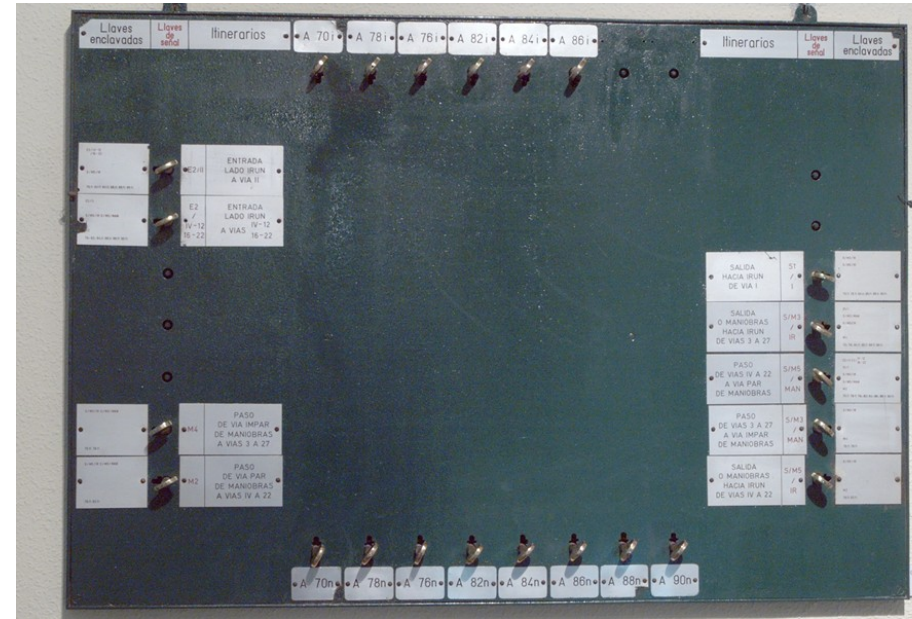


# 5. Enclavamientos

## ENCLAVAMIENTO MECÁNICO (Bouré)



Fuente: <http://www.vialibreffe.com/multimedia/galerias/coscurita/Coscurita05.JPG>



Fuente: [http://www.museodelferrocarril.org/img/colecciones/infraestructura/images1/04-in\\_cerradura\\_central\\_de\\_enclavamiento\\_boure\\_ig-2879\\_r.jpg](http://www.museodelferrocarril.org/img/colecciones/infraestructura/images1/04-in_cerradura_central_de_enclavamiento_boure_ig-2879_r.jpg)



Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/-jfNEOJVH\\_6o/UcywYT\\_1KYI/AAAAAAAAAH1U/GYB0riQnviE/s1024/19++Enclavamiento+de+Algodor.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-jfNEOJVH_6o/UcywYT_1KYI/AAAAAAAAAH1U/GYB0riQnviE/s1024/19++Enclavamiento+de+Algodor.jpg)



## 5. Enclavamientos

---

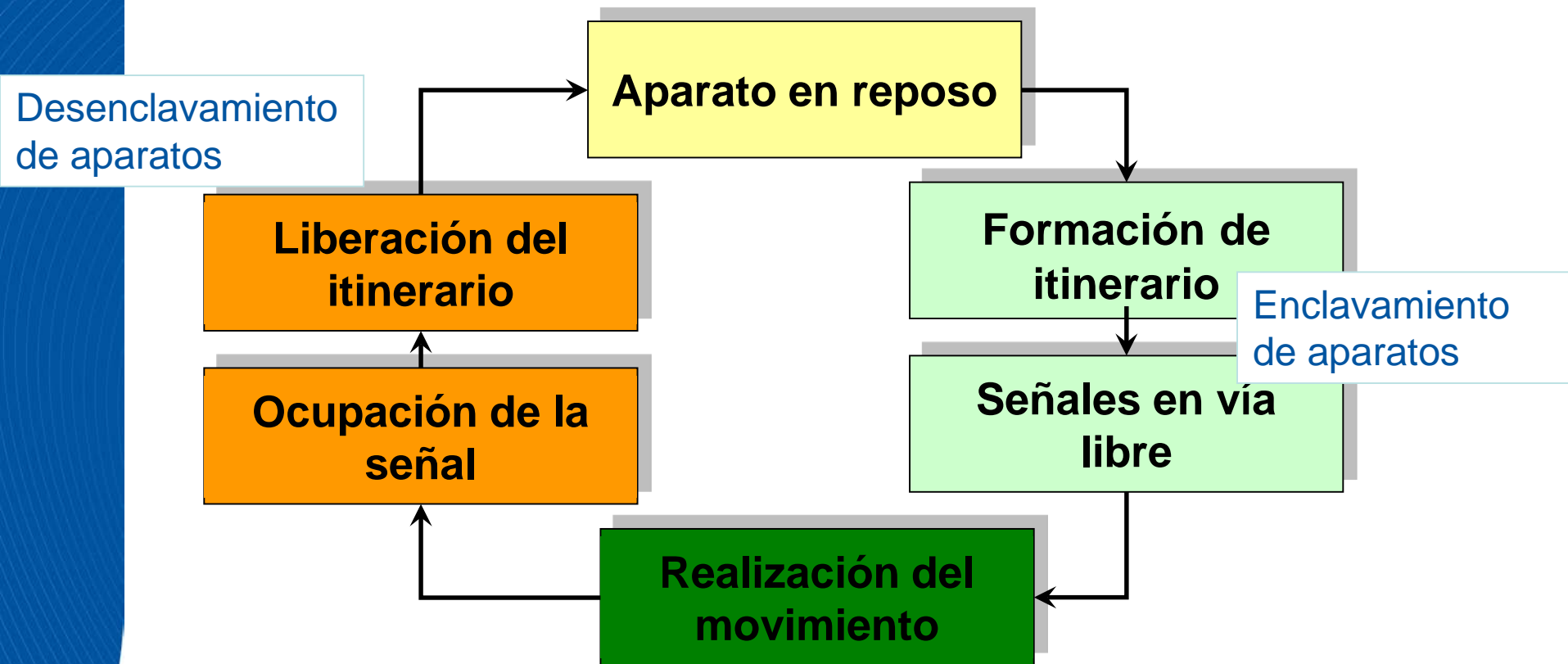
- ✓ **Mecánicos:** Utilizan accionamiento mediante palancas y transmisiones mecánicas rígidas o mediante alambres o maromas (relación llaves y levas).
- ✓ **Electromecánicos:** Utilizan un accionamiento mixto (parte mecánica mediante transmisión con palancas y parte eléctrica mediante cableado y relés).
- ✓ **Eléctricos:** Utilizan una lógica compuesta por relés y cableado, la transmisión es eléctrica mediante el cableado mencionado.
- ✓ **Electrónicos:** Utilizan microprocesadores y una lógica programada mediante un software. Siempre tiene asociado subconjuntos de enclavamientos eléctricos (a relés) y/o mecánicos por seguridad.



## 5. Enclavamientos

Fases del movimiento en estaciones.

Solicitud de un nuevo itinerario







## 6. Control de tráfico centralizado

---

### ¿Cómo se controla la circulación de los trenes?

- ✓ Localizar los trenes con seguridad: Cantones
- ✓ Evitar colisiones: Bloqueos
- ✓ Formar itinerarios seguros: Enclavamientos
- ✓ Sistemas de comunicaciones móviles



## 6. Control de tráfico centralizado

### ¿Cómo se controla la circulación de los trenes?

- ✓ Localizar los trenes con seguridad: Cantones
- ✓ Evitar colisiones: Bloqueos
- ✓ Formar itinerarios seguros: Enclavamientos
- ✓ Sistemas de comunicaciones móviles

#### •Tren - Tierra

Sistema de radiotelefonía analógico que permite una comunicación individual entre los trenes y el Puesto de Mando o Centro de Regulación y Control.

Tendencia de migración paulatina hacia el sistema GSM-R en la totalidad de la red ferroviaria española de interés general (REFIG)

#### •GSM-R (Voz y datos)

Específico para comunicación y aplicaciones ferroviarias con bandas de frecuencia exclusivas para evitar cualquier tipo de interferencia. Es un subsistema del ERTMS, permite la interoperabilidad ferroviaria europea.

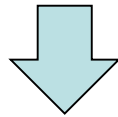


## 6. Control de tráfico centralizado

---

### ¿Cómo se controla la circulación de los trenes?

- ✓ Localizar los trenes con seguridad: Cantones
- ✓ Evitar colisiones: Bloqueos
- ✓ Formar itinerarios seguros: Enclavamientos
- ✓ Sistemas de comunicaciones móviles



**Sistemas de Control de Tráfico**

**CONTROL DE TRÁFICO CENTRALIZADO (CTC)**



## 6. Control de tráfico centralizado

### Control de Tráfico Centralizado (CTC)

Sistema que permite gobernar, desde un puesto único de mando central, el tráfico de una determinada zona o líneas ferroviarias mediante el intercambio continuo de información entre los aparatos de vía, los trenes y el mando central.

El sistema permite accionar por control remoto los cambios, señales y otros dispositivos para regular el movimiento de los trenes (enclavamientos y bloqueos)



Fuente: [http://www.adif.es/es\\_ES/img/fichas/ADIF0008050-001.jpg](http://www.adif.es/es_ES/img/fichas/ADIF0008050-001.jpg)



Fuente: <http://www.digitalsecuritymagazine.com/wp-content/uploads/2014/10/CRC-Antequera.jpg>





## 6. Control de tráfico centralizado

---

### ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UN CTC

- ✓ *Enclavamientos eléctricos o electrónicos* en las estaciones
- ✓ *Bloqueos automáticos* entre las estaciones
- ✓ *Sistemas de comunicaciones* eficientes para mantener en comunicación permanente del puesto de mando del CTC con cada una de las estaciones y dependencias a gobernar y con cada uno de los trenes que se hallan en circulación en las líneas o maniobrando dentro de las estaciones



## 6. Control de tráfico centralizado

---

### ✓ **Da Vinci**

Plataforma de Gestión y Control que integra y centraliza subsistemas de señalización, electrificación, comunicaciones, etc. que permite su comunicación y monitorización remotas.

### ✓ **Puesto Central de ERTMS (PCE)**

Sistema que centraliza en un puesto central de mando las instalaciones de control de tráfico con ERTMS.

### ✓ **Puesto Regional de Operaciones (PRO)**

Sistema que en ERTMS permite el control de los enclavamientos en modo remoto y descentralizado.

### ✓ **Puesto Local de Operación (PLO)**

Sistema que en ERTMS permite el control de los enclavamientos en modo local. Cada enclavamiento dispone de un PLO.

### ✓ **Centro de Regulación y Control**

Centro para la gestión del tráfico ferroviario y los sistemas de seguridad y protección civil.



## 6. Control de tráfico centralizado

---

### Funciones básicas a **tiempo real**

- ✓ Supervisión y mando de los enclavamientos
- ✓ Seguimiento, numeración de trenes, encierres y salidas de depósitos y talleres
- ✓ Supervisión y mando de funciones específicas de los cantones móviles
- ✓ Regulación automática de trenes por intervalo de circulación y horario
- ✓ Enrutamiento automático: maniobras de retorno, reposiciones...
- ✓ Control de energía
- ✓ Seguridad integral y protección civil
- ✓ Información a viajeros



## 6. Control de tráfico centralizado

---

### Funciones básicas a **tiempo real**

- ✓ Control de túneles y estaciones
- ✓ Funciones de ayudas al operador: gestión de incidencias y accidentes

### Alta velocidad

- ✓ Detectores de caída de objetos / desprendimientos
- ✓ Detectores de gálibo
- ✓ Detectores de viento y meteorológicos
- ✓ Detectores de impacto en la vía
- ✓ Detectores de caldeo cajas de grasa



## 6. Control de tráfico centralizado

---

### Funciones básicas **off-line**

- ✓ Planificación del tráfico: generación de horarios y planificación de maniobras de retorno, encierre, reposición y apertura del servicio.
- ✓ Simuladores, banco de pruebas para escenarios de explotación, validación de funciones de regulación, formación de operadores.
- ✓ Reproducción de situaciones pasadas (moviolas).
- ✓ Generación de marchas automáticas óptimas en consumo para los tiempos de recorrido objetivo en cada intersección.
- ✓ Estudios de consumos, peaje y niveles de servicio para energía, instalaciones y seguridad.



## 7. Sistema de control de trenes

---

### Fundamento

- Problemas de identificar las señales
  - Condiciones climáticas
  - Velocidades elevadas
- Disminuir los errores humanos
- Necesidad de aumentar de la capacidad

### Filosofía

- Supervisión de la correcta actuación de los conductores

### Principios básicos

- Señalización acústica
- Métodos de visualización en cabina
- Accionamiento automático del freno de emergencia



## 7. Sistema de control de trenes

### Requerimientos de un ATC

- **Equipo técnico en vía** para transmitir información al tren (balizas, lazos, etc.)
- **Equipo técnico en el tren** para procesar la información
- Sistema de **comunicación** Tren-Vía (sistema Tren-Tierra en España)

### Tipos

- Automatic Train Protection (ATP)
- Automatic Train Operation (ATO)



CABINA del 104 RENFE

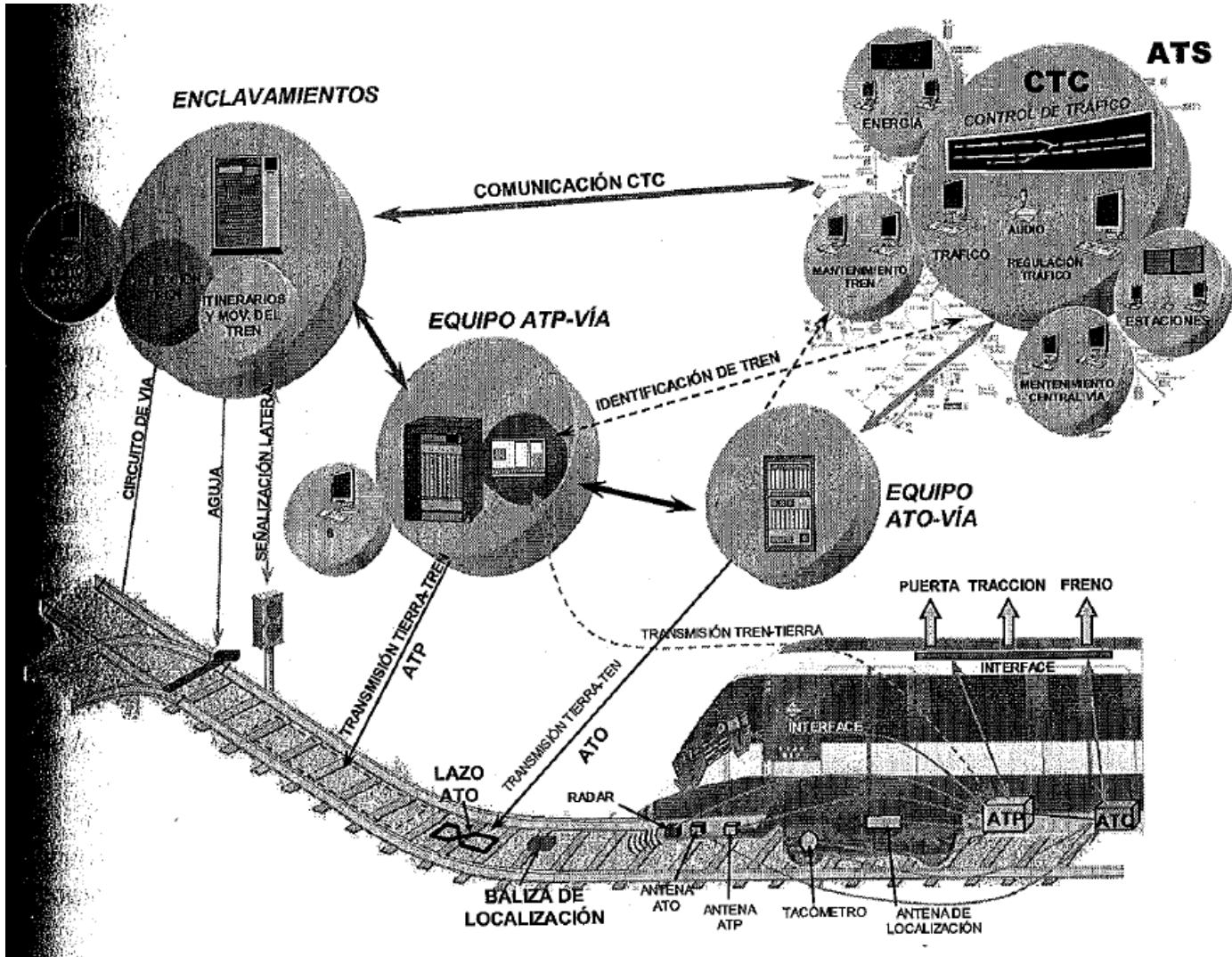
Fuente: <http://www.vialibre-ffe.com/images/image/p26f05-499.jpg>





# 7. Sistema de control de trenes

## Configuración esquemática sistema ATP-ATO



Fuente: González Fernández, Fco. Javier (2016) Señalización y seguridad ferroviaria. Grupo editorial: Garceta. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### SISTEMAS DE PROTECCIÓN AUTOMÁTICA (ATP)

Evita que los conductores no respeten las señales ferroviarias y permiten el control de la **velocidad máxima** de circulación de los trenes, protegiéndolos de forma segura y automática ante posibles fallos técnicos o humanos.

#### Componentes básicos de los sistemas ATP:

- ✓ **Equipos fijos** instalados en **vía** que comunican el estado de las instalaciones a los trenes.
- ✓ **Equipos embarcados** en **tren** que realizan las funciones de seguridad en la circulación.

Sistemas comunicación



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### Sistemas ATP según supervisión a bordo del tren:

- **Sistemas puntuales.** Reciben la información de balizas situadas en puntos concretos.
- **Sistemas continuos.** Permanecen en comunicación constante entre el campo o instalación y el tren.

### Sistemas ATP según criterios funcionales:

- **Velocidad máxima.** Compara en cada tramo o cantón la velocidad del tren con la máxima permitida en dicha zona.
- **Distancia objetivo.** Conocida la topología de la línea, la situación y tamaño de los cantones, con la información y restricciones en cada uno de ellos. El equipo de a bordo calcula la parábola de freno en función del cantón ocupado por el tren precedente.
- **Cantón móvil o cantón virtual (CBTC).** Conocen vía radio la situación del tren precedente y calculan su parábola de freno, en función de la posición del tren anterior y las características de la zona.



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### • Ferrocarril media-larga distancia

- Sistemas puntuales
  - AWS (Inglaterra)
  - INDUSI (Alemania)
  - Crocodile (Francia)
  - ASFA (España)
- Sistemas puntuales de supervisión continua
  - EBICAB (Corredor mediterráneo)
- Sistemas continuos de supervisión continua
  - TVM (Francia)
  - LZB (España)
  - ERTMS\ETCS

### • Ferrocarriles metropolitanos

- Códigos por velocidad
- Códigos por distancia objetivo
- Cantón móvil





## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistemas **puntuales**

- **ASFA** (Anuncio de Señales y Frenado Automático)

Tipo de bloqueo: Compatible con los de la señalización convencional (BT, BEM, BAU, etc.)

**Velocidad máxima permitida: 200 km/h**

Ferrocarriles de  
media-larga  
distancia



EQUIPO DE MÁQUINA ASFA Locomotora 250

Fuente: <http://www.ferropedia.es/mediawiki/index.php/Archivo:ASFA.JPG>



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistemas **puntuales**

- **ASFA** (Anuncio de Señales y Frenado Automático)

Tipo de bloqueo: Compatible con los de la señalización convencional (BT, BEM, BAU, etc.)

**Velocidad máxima permitida: 200 km/h**



*EQUIPO DE VÍA. Baliza ASFA.*

*Fuente: <http://www.ferropedia.es/wiki/ASFA>*



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### Sistemas puntuales

- **ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático)**

**Equipo de vía:** formado por unas **balizas** que se fijan en la caja de la vía, próximas al eje de la misma y al lado derecho en el sentido de la marcha y que transmiten la información sobre el aspecto de las señales. Esta información se transmite por inducción y es recibida por el vehículo motor mediante su captador cuando pasa por el entorno de la baliza.

**Equipo embarcado:** formado por aparatos instalados en la máquina, que reciben y tratan la información procedente de las balizas (panel de información y control, transductores de velocidad, avisador acústico...)

Este equipo recibe la información y registra la respuesta del conductor, y en caso de que ésta no responda, da la orden del accionamiento del freno de emergencia.





## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### Sistemas puntuales ASFA

#### • Principios de funcionamiento

- Uso de 9 frecuencias
- Supervisión del conductor
- Respuesta del conductor a una señal restrictiva en 3 segundos
- Supervisión continua de la velocidad (160 km/h o 180 km/h) tras pasar por la señal restrictiva
- Control de velocidad (60 – 35 km/h) tras pasar por una baliza 300 metros antes de la señal en rojo.
- Frenado del tren por una señal con indicación de peligro
- Control de velocidad máxima de línea
- Aplicación del freno de emergencia si se infringe algún punto de supervisión. El freno de emergencia puede liberarse una vez el tren ha parado.



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistemas puntuales **ASFA DIGITAL**

*Se refiere al **procesado de datos**, la transmisión de datos sigue siendo solo un dato por baliza.*

*Elementos: equipos de vía, embarcados y **registradores de datos***

#### **ASFA DIGITAL modo básico (2007)**

- ✓ Cambio de parte de los equipos embarcados con la incorporación de hardware de tecnología digital. Permite la supervisión de la velocidad del tren tras reconocer una señal y ofrece una nueva iconografía en pantalla que recuerda al maquinista en todo momento la señal que ha reconocido. No exige modificaciones de los equipos de tierra.
- ✓ **Segunda fase** implica cambios en los equipos de tierra para utilizar las 9 frecuencias disponibles.

#### **Modos principales de conducción**

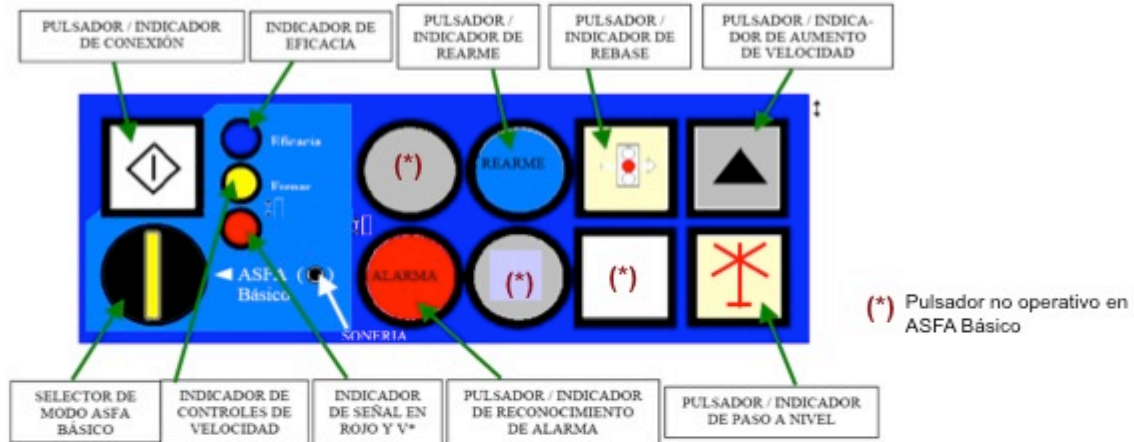
Modo **ASFA CONV** (balizas criterio Red Convencional)

Modo **ASFA AV** (balizas criterio Red de Alta Velocidad)

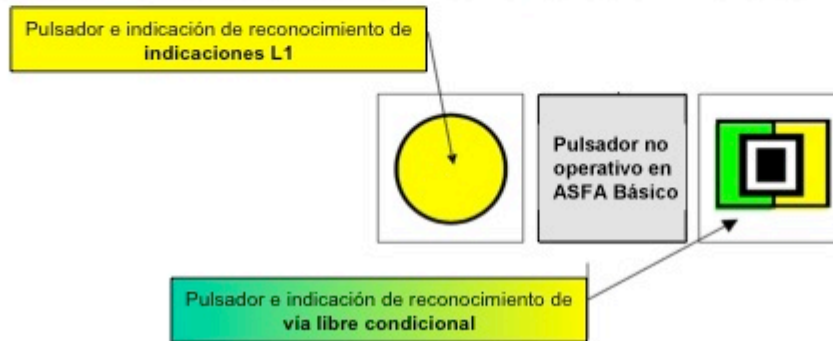


# 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

## Panel ASFA Digital



## Pulsadores adicionales de reconocimiento



**L1:** Anuncio de parada, anuncio de parada inmediata, preanuncio de parada, anuncio de precaución, paso a nivel desprotegido, anuncio de limitación temporal de velocidad.



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistemas **puntuales** de supervisión continua

- **Ebicab** (Corredor Mediterráneo)

Tipo de bloqueo: BAB, BAD

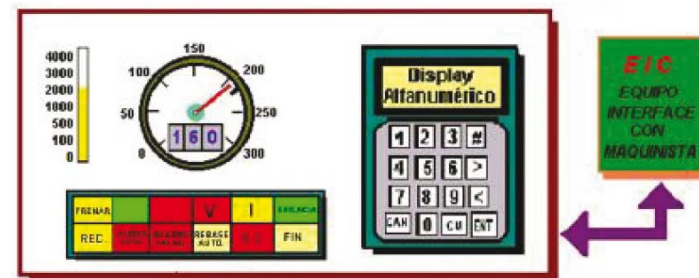
**Velocidad máxima permitida: 220 km/h**

**Ferrocarriles de  
media-larga  
distancia**



Fuente:  
<https://kilometro160.files.wordpress.com/2016/02/baliza-ebicab.jpg>

Fuente:  
[http://farm5.static.flickr.com/4022/4355947025\\_c66763c2de\\_m.jpg](http://farm5.static.flickr.com/4022/4355947025_c66763c2de_m.jpg)



Fuente: Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### Sistemas puntuales de supervisión continua

- **Ebicab (Corredor Mediterráneo)**

Sistema de señalización con supervisión **semi-continua** de la velocidad, por medio de la transmisión vía-tren de **información puntual** desde las balizas instaladas en vía.

La transmisión de datos se realiza entre las balizas pasivas en tierra (entre 2 y 4 por señal) y la antena instalada en los bajos del tren, que también suministra energía a la baliza al pasar. El acoplamiento entre la baliza y el equipo de a bordo es inductivo.

Compatible con el sistema ASFA (se usa en situaciones degradadas)

#### **Ventajas sistema EBICAB respecto al sistema ASFA:**

la cantidad de información transmitida es mucho mayor (ASFA solo transmite un dato por frecuencia)





## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistemas continuos de supervisión continua

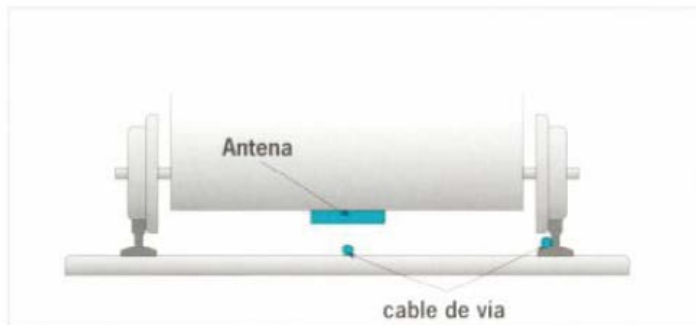
- **LZB (línea AV Madrid-Sevilla)**

Tipo de bloqueo: Bloqueo de Control Automático (BCA)

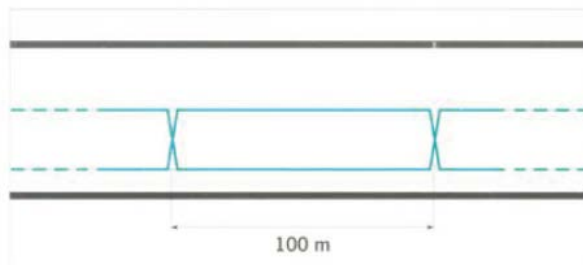
**Velocidad máxima permitida: 300 km/h**

**Ferrocarriles de  
media-larga  
distancia**

**Alta Velocidad**



Transmisión de Datos por cable de Vía



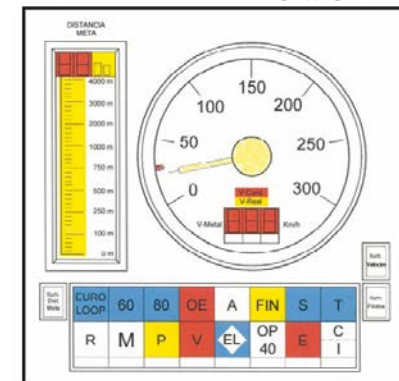
Fuente: Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria

Este sistema utiliza dos cables emisor-receptor sobre los raíles que transmiten datos continuamente a las antenas que lleva adosadas el tren en su base.



Fuente:

[http://www.ferropedia.es/mediawiki/images/thumb/b/bf/Feste\\_Fahrbahn\\_FFB%C3%B6gl.jpg/400px-Feste\\_Fahrbahn\\_FFB%C3%B6gl.jpg](http://www.ferropedia.es/mediawiki/images/thumb/b/bf/Feste_Fahrbahn_FFB%C3%B6gl.jpg/400px-Feste_Fahrbahn_FFB%C3%B6gl.jpg)



Fuente: Real Decreto 664/2015, de 17 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Ferroviaria



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistemas continuos de supervisión continua

#### LZB

Sistema de control, señalización y conducción asistida que **supervisa continuamente la velocidad del tren** y gobierna su marcha por medio de la señalización en cabina.

Un **puesto central** recibe la información del estado de la línea en cada momento y del tren en particular que circula. Con estos datos genera instrucciones para los trenes que transitan por la línea (velocidad máxima instantánea, reducción de velocidad, punto en el que debe iniciar el frenado...) y que se transmiten al maquinista.

Línea Madrid – Sevilla tiene 8 centrales que controla cada uno aproximadamente 60 km de línea.

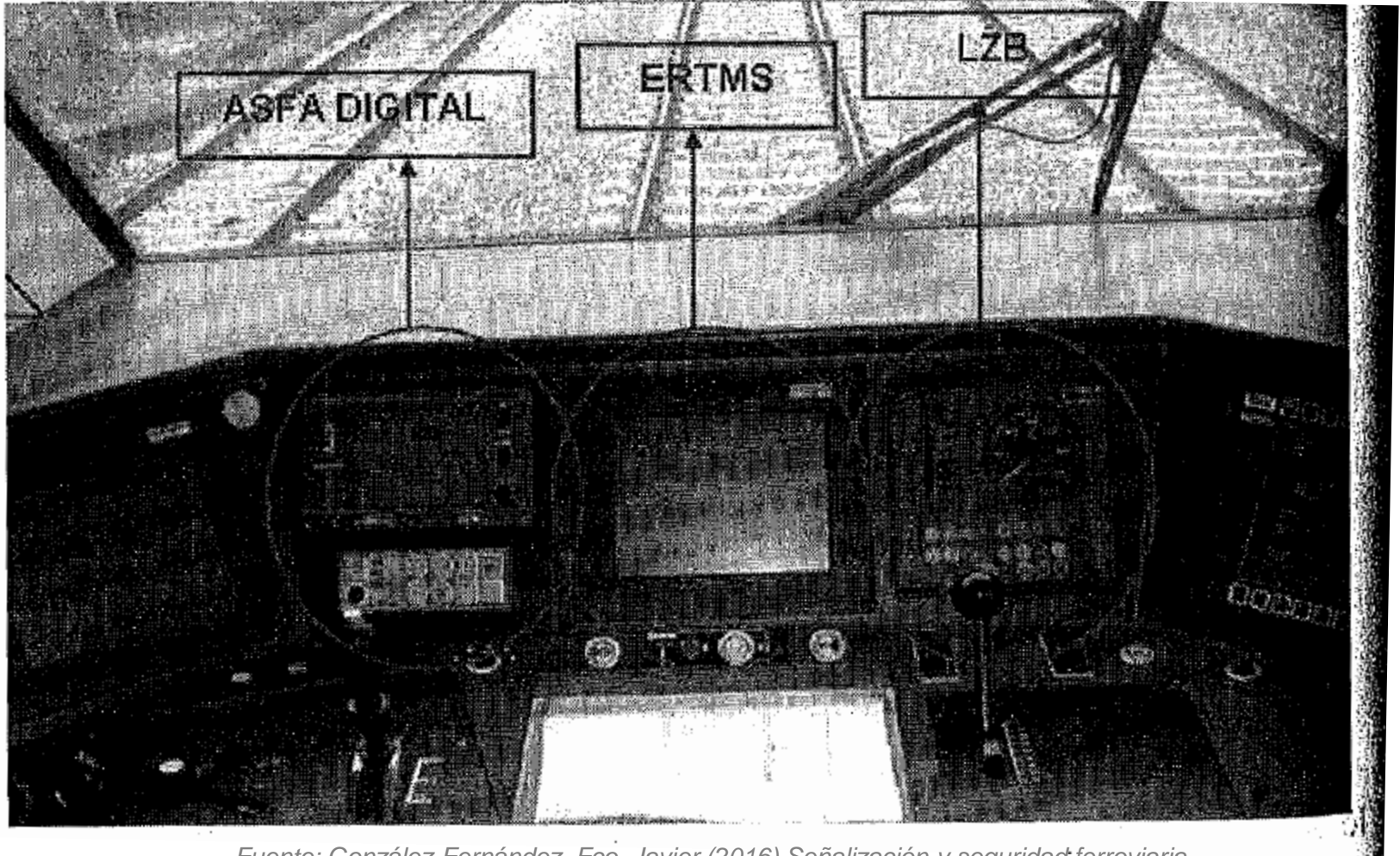
*Nota: La transmisión es continua pero la señalización no, y por tanto sigue estando basada en señales fijas y cantones.*





## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

Trenes equipados con los distintos tipos de sistemas ATP según la línea por la que circulan



Fuente: González Fernández, Fco. Javier (2016) Señalización y seguridad ferroviaria.  
Grupo editorial: Garceta. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



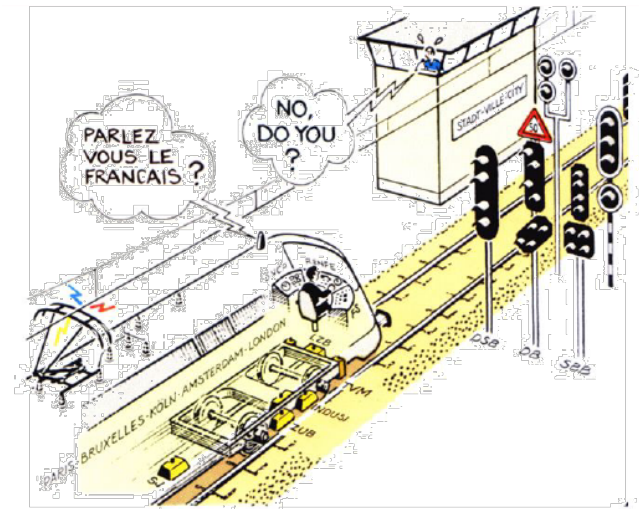
## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### • Ferrocarril media-larga distancia

- Sistemas puntuales
  - AWS (Inglaterra)
  - INDUSI (Alemania)
  - Crocodile (Francia)
  - ASFA (España)
- Sistemas puntuales de supervisión continua
  - EBICAB (Corredor mediterráneo)
- Sistemas continuos de supervisión continua
  - TVM (Francia)
  - LZB (España)
  - ERTMS\ETCS

### • Ferrocarriles metropolitanos

- Códigos por velocidad
- Códigos por distancia objetivo
- Cantón móvil





## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistema de gestión europeo de tráfico ferroviario (ERTMS)

- Objetivo: **interoperabilidad**
- Solución: Sistema europeo de control de trenes
  - ✓ Equipo en **vía**: Eurobalizas, Eurolazos y Euroradio
  - ✓ Equipo en **tren**: sistema interoperable a bordo (**ETCS**)
  - ✓ Sistema de comunicaciones: **GSM-R** (plataforma digital única para todas las aplicaciones)
  - ✓ Niveles de **gestión de tráfico (ETML)** Asegura un servicio coordinado, ajustes de horarios, optimización capacidad línea, ahorro de energía.

**Ferrocarriles de  
media-larga  
distancia  
Alta Velocidad**



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### Sistema continuos de supervisión continua

- ERTMS/ETCS (Nivel1)

#### **Velocidad máxima permitida: 300 km/h**

- ✓ Sistema puntual de velocidad máxima, que se complementa con la señalización lateral
- ✓ Funcionamiento con cantones fijos
- ✓ Basado en señales y circuitos de vía (integridad del tren)
- ✓ Eurobalizas conmutables con señal y enclavamiento

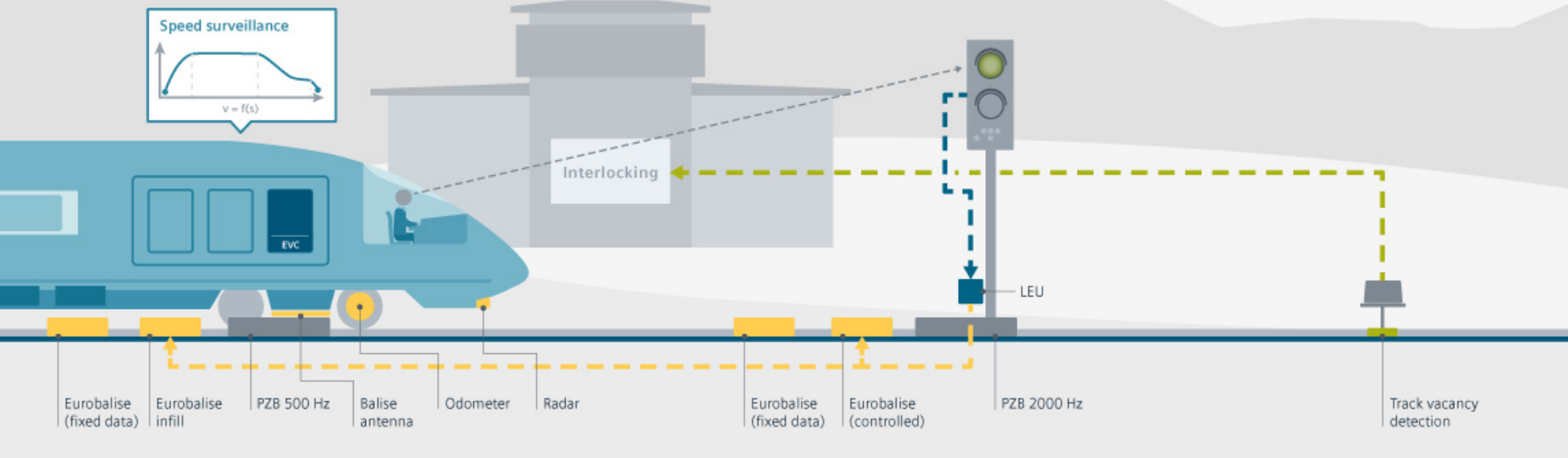
Este sistema no sustituye al sistema de señalización de la línea, tan sólo transmite su estado y vigila su cumplimiento, no siendo necesario modificar los sistemas de señalización ya existentes en la línea para su instalación.





# Trainguard solution for ETCS Level 1 LS\*

SIEMENS



EVC = European vital computer    LS = Limited Supervision  
LEU = lineside electronic unit    PZB = intermittent train control

\* example for migration PZB-ETCS



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

### Sistema continuos de supervisión continua

- ERTMS/ETCS (Nivel 2)

#### **Velocidad máxima permitida: 350 km/h**

- Equivale a sistemas continuos de distancia objetivo
- Se apoya en un sistema GSM-R (comunicación continua).
- Autoridad de movimiento concedida por el Centro de Radio Bloqueo
- Cantones fijos
- Necesarias eurobalizas sólo para reposicionamiento
- Señalización lateral opcional

#### **Diferencias** respecto al Nivel 1:

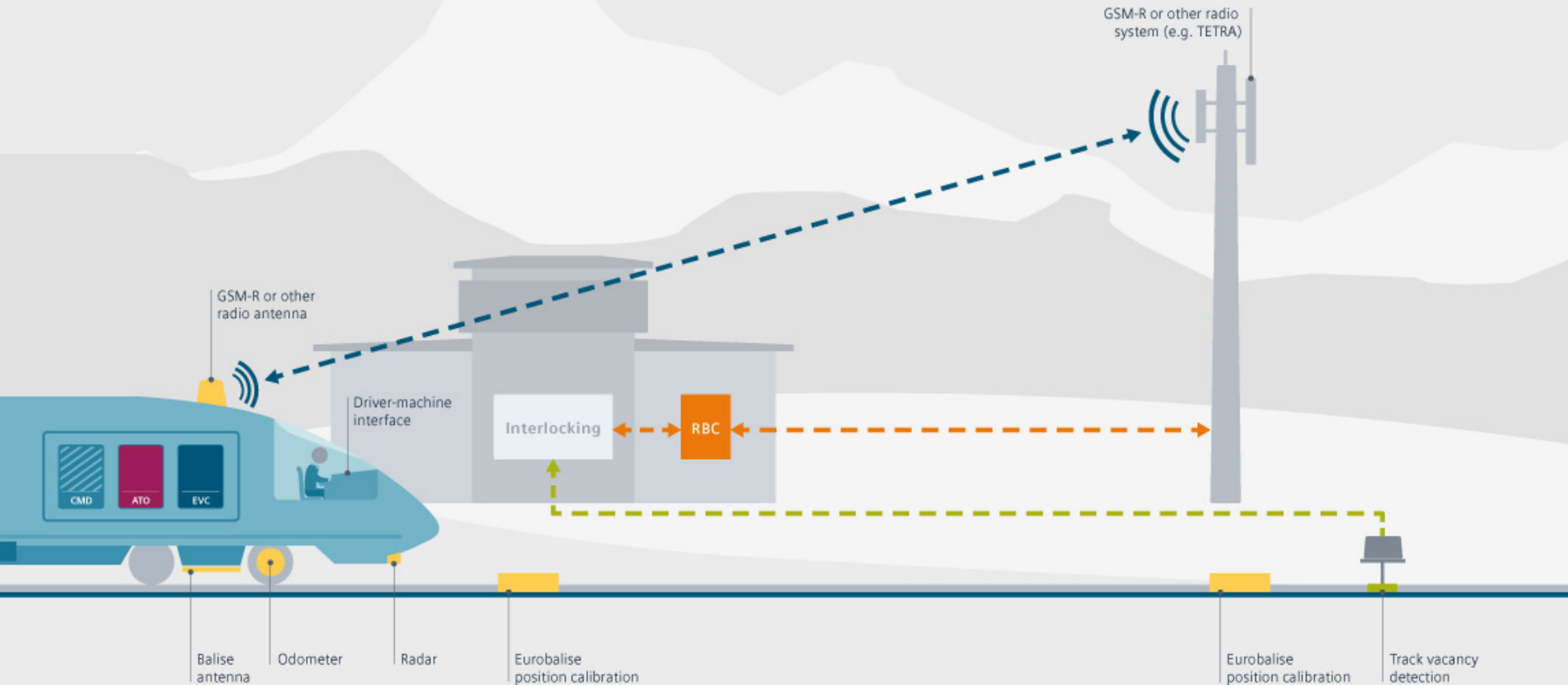
Admite la representación de la señalización mediante una pantalla en cabina, **permitiendo eliminar por completo la señalización lateral.**

Las órdenes dadas a los trenes incluyen una identificación sobre hacia qué tren está dirigida.



## Trainguard solutions for ETCS Level 2

SIEMENS



EVC = European vital computer  
RBC = radio block center  
CMD = Cold movement detection  
ATO = Automatic Train Operation





## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

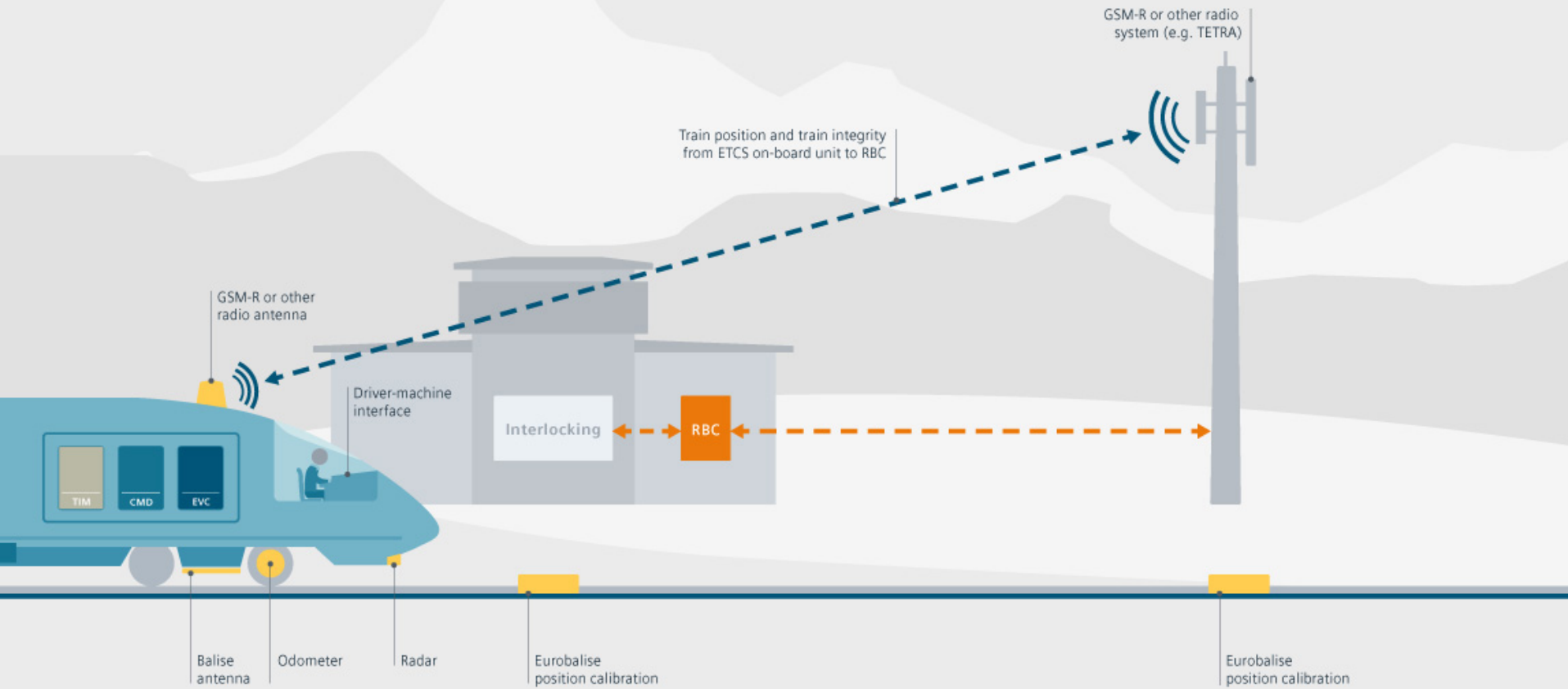
### Sistema continuos de supervisión continua

- ERTMS/ETCS (Nivel 3)
  - Mismas características que el nivel 2
  - Funcionamiento basado 100% en las comunicaciones de radio
  - CBTC (control based train communication)
  - Sin señalización lateral
  - Incluye un sistema de bloqueo en sí mismo  
(no tiene circuitos de vía)
  - FASE TEÓRICO / EXPERIMENTAL



# Trainguard solutions for ETCS Level 3

SIEMENS



EVC = European vital computer  
RBC = radio block center  
CMD = Cold movement detection  
TIM = Train integrity module



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistema continuos de supervisión continua ERTMS

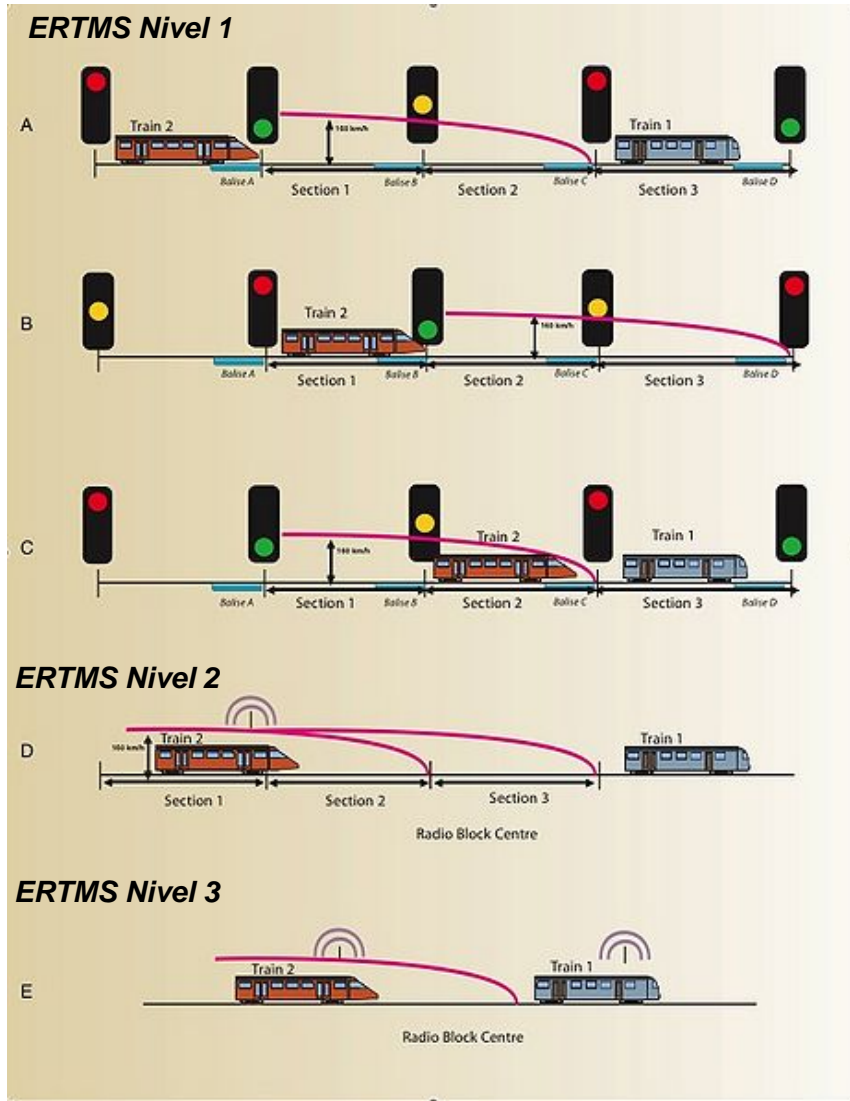
#### Resumen Niveles del sistema ERTMS

Nivel ERTMS	Modo de transmisión de la información del suelo al tren	Modo de detección de la posición de los trenes
1	Puntual por eurobalizas	Detección por el suelo
2	Continuo por GSM-R	Detección por el suelo
3	Continuo por GSM-R	Autolocalización por los trenes

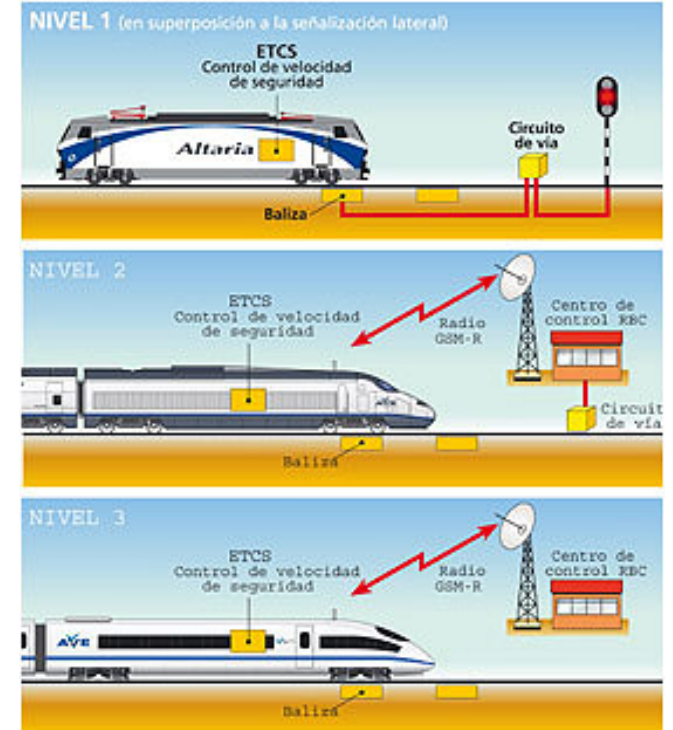


# 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

## Sistema continuos de supervisión continua ERTMS



### Los tres niveles de ERTMS



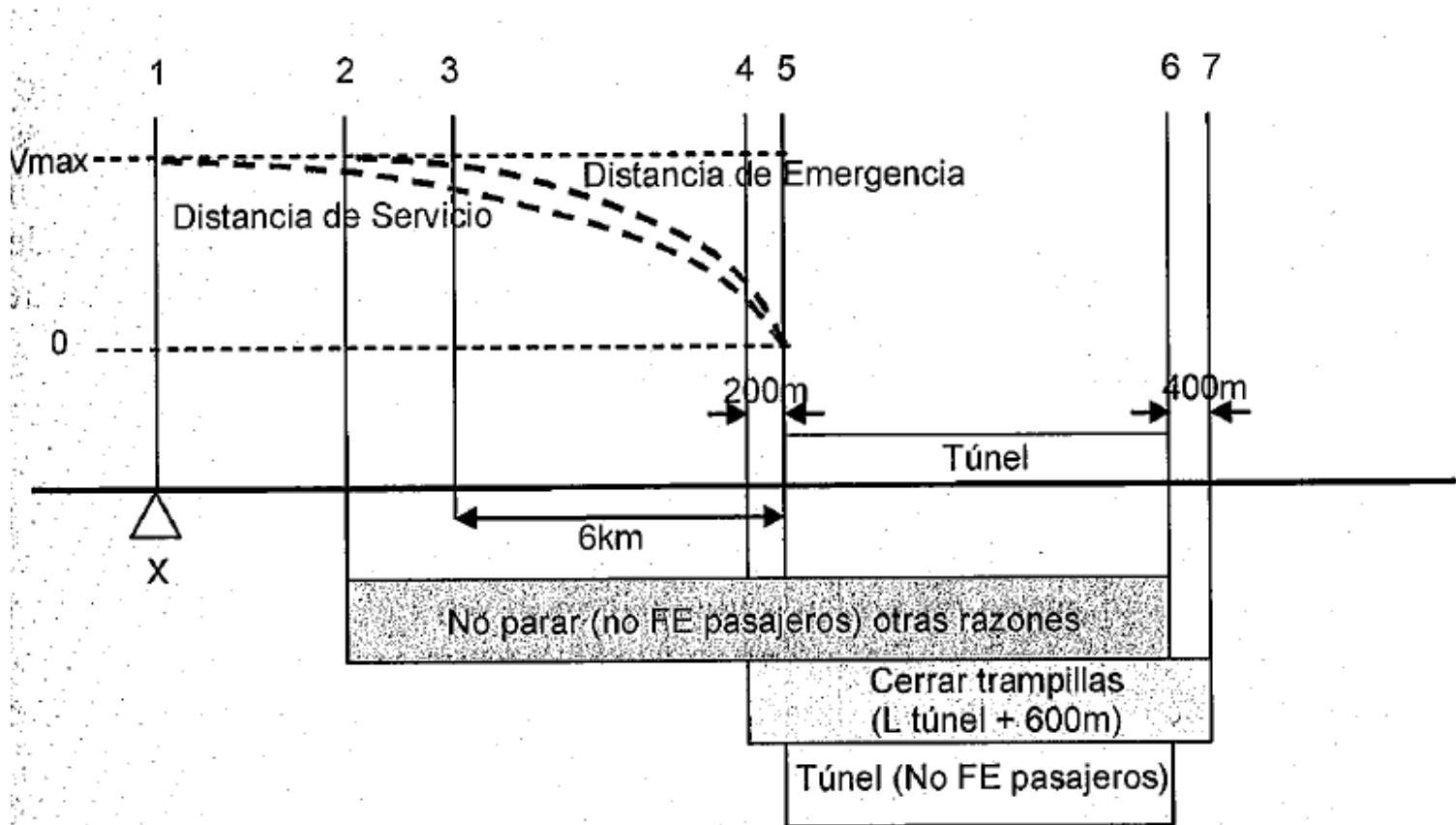
Fuente: <http://www.formacion-ffe.es/img/Fotoscursos/ertms.jpg>



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistema continuos de supervisión continua ERTMS

Ejemplos otras funcionalidades ERTMS: **Túneles**

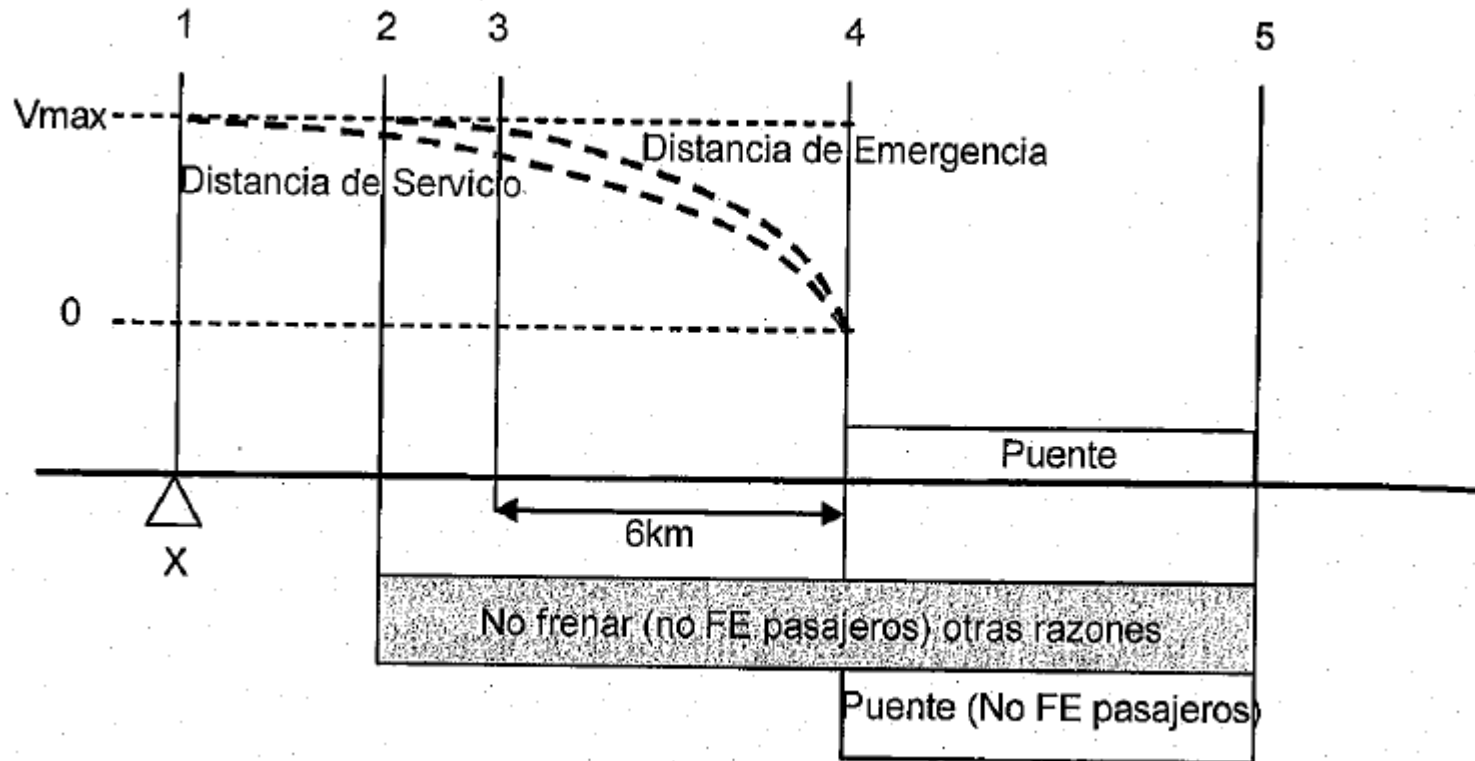




## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistema continuos de supervisión continua ERTMS

Ejemplos otras funcionalidades ERTMS: Puentes





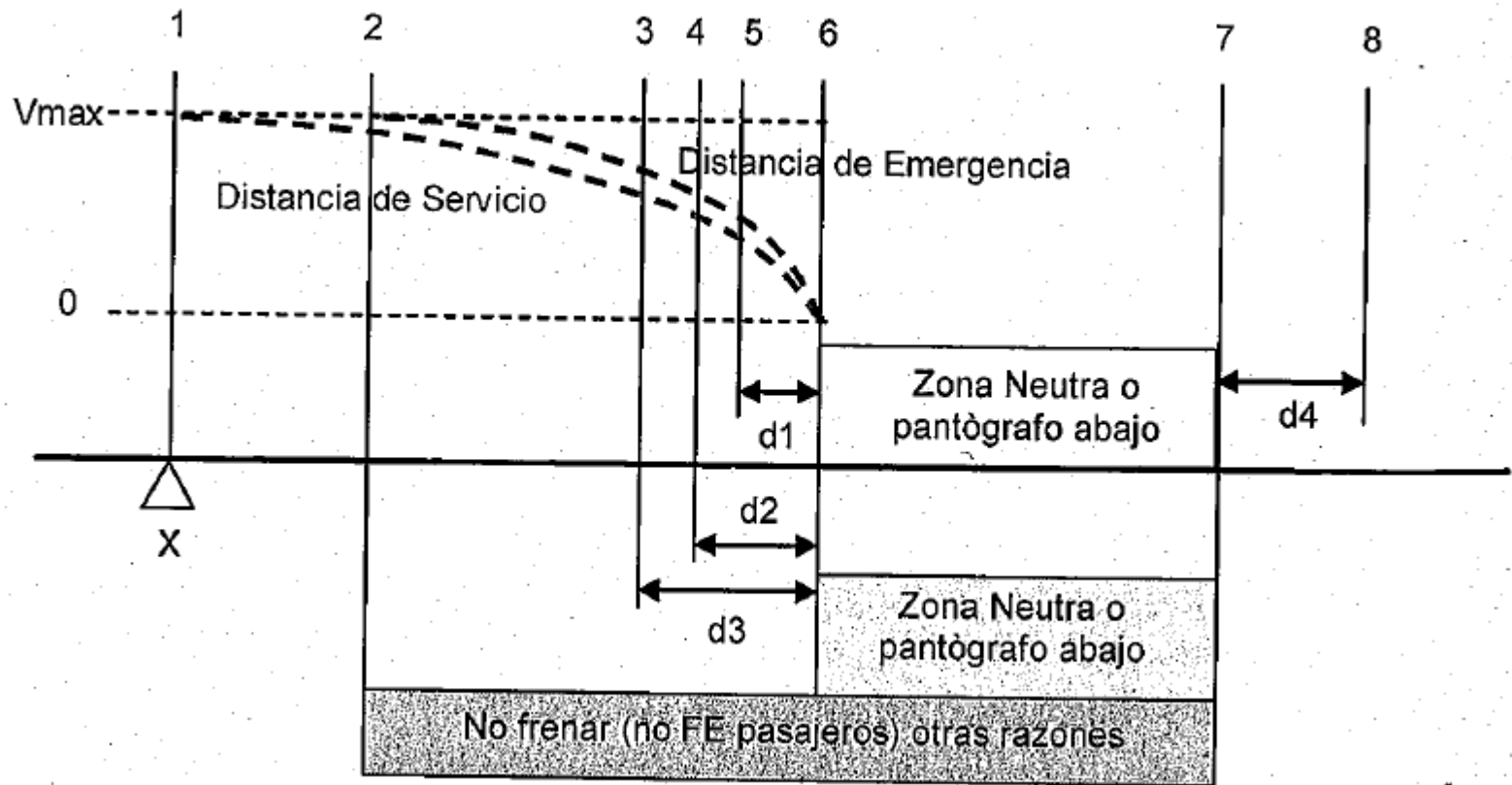


## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

### Sistema continuos de supervisión continua ERTMS















Ejemplos otras funcionalidades ERTMS:

#### Zonas neutras de alimentación de catenaria



31 diciembre 2015



-  VÍA DOBLE
-  VÍA ÚNICA
-  ERTMS
-  LZB
-  ASFA
-  ATP-EBICAB
-  TREN TIERRA
-  TREN TIERRA Y ASFA
-  GSMR
-  LÍNEAS ALTA VELOCIDAD (1.668 mm)
-  TERCER CARRIL (1.435 mm y 1.668 mm)
-  LÍNEAS ANCHO MÉTRICO
-  LÍNEAS ALTA VELOCIDAD (1.435 mm)
-  LÍNEAS TITULARIDAD DE ADIF ALTA VELOCIDAD



## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

- **Ferrocarril media-larga distancia**
  - Sistemas puntuales
    - AWS (Inglaterra)
    - INDUSI (Alemania)
    - Crocodile (Francia)
    - ASFA (España)
  - Sistemas puntuales de supervisión continua
    - EBICAB (Corredor mediterráneo)
  - Sistemas continuos de supervisión continua
    - TVM (Francia)
    - LZB (España)
    - ERTMS\ETCS

*Quando los sistemas de protección del tren instalados en la infraestructura y en la cabina de conducción no sean compatibles entre sí, o alguno de ellos no esté operativo, la velocidad máxima de circulación será: **120 km/h.***



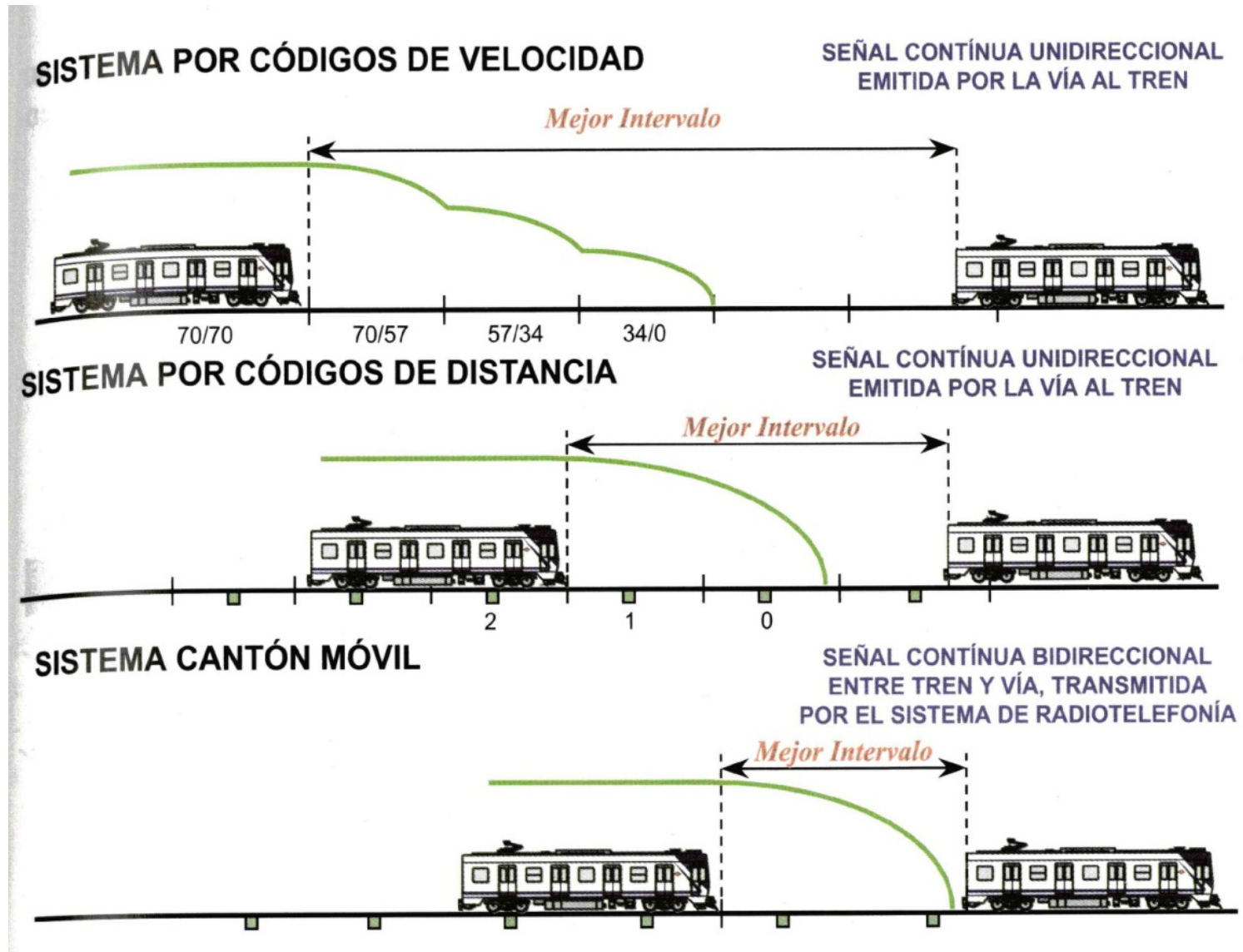
## 7. Sistema de protección de trenes (ATP)

---

- **Ferrocarril media-larga distancia**
  - Sistemas puntuales
    - AWS (Inglaterra)
    - INDUSI (Alemania)
    - Crocodile (Francia)
    - ASFA (España)
  - Sistemas puntuales de supervisión continua
    - EBICAB (Corredor mediterráneo)
  - Sistemas continuos de supervisión continua
    - TVM (Francia)
    - LZB (España)
    - ERTMS\ETCS
- **Ferrocarriles metropolitanos**
  - Códigos por velocidad
  - Códigos por distancia objetivo
  - Cantón móvil



# 7. Sistema de protección de trenes (ATP)



Fuente: Melis Maynar, M. y González Fernández, F.J., 2008. Ferrocarriles Metropolitanos.





## 8. Sistema de operación automática de trenes (ATO)

### Requerimientos de un ATC

- **Equipo técnico en vía** para transmitir información al tren (balizas, lazos, etc.)
- **Equipo técnico en el tren** para procesar la información
- Sistema de **comunicación** Tren-Vía (sistema Tren-Tierra en España)

### Tipos

- Automatic Train Protection (ATP)
- **Automatic Train Operation (ATO)**



CABINA del 104 RENFE

Fuente: <http://www.vialibre-ffe.com/images/image/p26f05-499.jpg>





## 8. Sistema de operación automática de trenes (ATO)

- Sistemas ATO diseñados para controlar la **tracción y frenado** de los trenes
- Permite **gestionar la marcha** de los trenes en condiciones **óptimas**, siempre dentro de los límites de tolerancia de velocidad máxima y la distancia mínima de frenado o autorización de movimientos
- Permite la posibilidad de frenado automático y la posibilidad de aceleración cuando la velocidad es inferior a la deseada
- No necesita conductor (pero se mantiene)
- Sistemas ATO **no son sistemas de seguridad** y deben ser supervisados por el ATP

Ferrocarriles  
metropolitanos



## 8. Sistema de operación automática de trenes (ATO)

- **Obligatorio** que la línea posea un sistema ATP de supervisión continua
- Sistemas ATO supervisado **SIEMPRE** por subsistema ATP
  - ✓ Códigos de velocidad
  - ✓ Códigos de distancia
  - ✓ Cantón móvil
- Aplicación exclusiva en metros
- Aprovechamiento al máximo de las características de los vehículos



## 8. Sistema de operación automática de trenes (ATO)

### Ventajas principales sobre la conducción manual

- ✓ **Reduce el tiempo de estación a estación.** Apura al máximo la velocidad límite de la vía, aprovechando al máximo las características tracción / freno de los trenes
- ✓ **Marchas confortables,** mínimas transiciones marcha- freno, es decir, se consigue un frenado uniforme. El ATO regula la velocidad y la va adecuando a la distancia que le queda para llegar al punto de parada
- ✓ **Marchas regulares** en el conjunto de la línea. Evita frenadas de emergencia inesperadas debido a la regulación de la velocidad



## 8. Sistema de operación automática de trenes (ATO)





---

### Más Ventajas

- ✓ Posibilita la realización de diferentes marchas en la zona interestaciones como regulación del intervalo o ahorro de energía para mejorar la circulación
- ✓ Permiso de apertura en el lado correcto de puertas
- ✓ Apertura y cierre automático de puertas
- ✓ Cambio de punto de parada en estaciones
- ✓ Paso sin parada por estación



# 8.1 Grados de automatización - FC metropolitano

Grado de Automatización	Tipo de operación del tren	Poner el tren en movimiento	Parar el tren	Cierre de puertas	Operación en caso de perturbación
GoA 1 	ATP con conductor	Conductor	Conductor	Conductor	Conductor
GoA 2 	ATP y ATO con conductor	Automático	Automático	Conductor	Conductor
GoA 3 	Sin conductor	Automático	Automático	Agente de tren	Agente de tren
GoA 4 	UTO	Automático	Automático	Automático	Automático

ATP = Protección Automática del Tren      ATO = Operación Automática del Tren

Fuente: González Fernández, Fco. Javier (2016) Señalización y seguridad ferroviaria. Grupo editorial: Garceta. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



## 8.1 Operación automática sin personal a bordo (UTO)

### Integración de sistemas:

- 1.- Sistema integral de supervisión y control (CTC/ATS)
- 2.- Equipos de campo o de vía
- 3.- Sistema de comunicaciones tren-tierra (radio)
- 4.- Equipo embarcado en trenes

**REDUNDANCIA** equipos instalados





## 8.1 Operación automática sin personal a bordo

---

### Beneficios del sistemas UTO:

#### Cientes:

- Mayor velocidad comercial, tiempo de viaje más corto.
- Seguridad mejorada.
- Mejor capacidad en la atención de los cambios de demanda.
- Personal más orientado al cliente.
- Aumento del atractivo global del sistema y mejora de la imagen de la compañía de servicio.

#### Operadores:

- Gestión más flexible de la operación.
- Fiabilidad, menores tiempos fuera de servicio.
- Seguridad.
- Oportunidades de organización.
- Cambio de perfil de los puestos de trabajo.

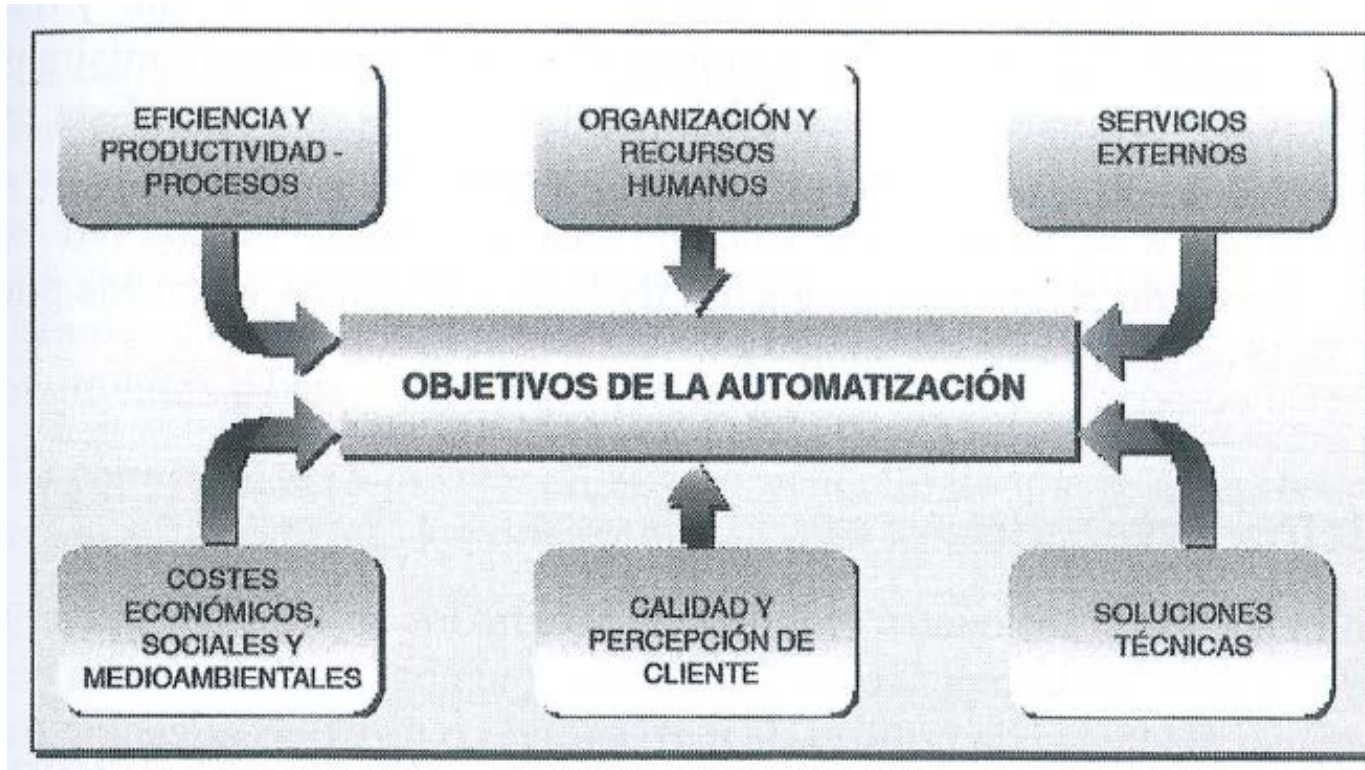
#### Autoridades financiadoras:

- Menor tiempo de amortización de la inversión.
- Menores costes de operación.



## 8.1 Operación automática sin personal a bordo

### Planteamiento del proyecto de automatización



*Fuente: González Fernández, Fco. Javier (2016) Señalización y seguridad ferroviaria.  
Grupo editorial: Garceta. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*



## 9. Conclusiones

### Necesidad de los sistemas de señalización: **SEGURIDAD FERROVIARIA**

- Evitar accidentes de trenes
- Informar al maquinista
  - Indicarle los aspectos de las señales
  - Garantizar el cumplimiento y la velocidad de la línea

### **MEJORAR LAS PRESTACIONES DE LA LÍNEA**

- Mayor velocidad
- Mayor capacidad

	Velocidad máxima	Intervalo entre trenes
ERTMS nivel 2	350 km/h	2' 30"
ERTMS nivel 1	300 km/h	5' 30"
ASFA	200 km/h	8'

- Conducción Manual → **Conducción Automática**