

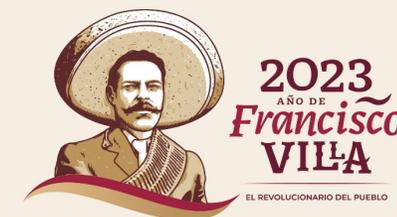


## 2.2

# La superestructura

---

La infraestructura para los servicios de viajeros





## 2.1 La superestructura

- Características y necesidades de la vía para pasajeros
- Vía sobre balasto o vía en placa
- Aparatos de vía, tipología y necesidades
- Electrificación
- Equipos de señalización y comunicaciones
- Construcción, mantenimiento y renovación



# Características y necesidades de la vía para pasajeros

Superestructura para sistemas ferroviarios de pasajeros



2023  
AÑO DE  
**Francisco  
VILLA**

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

# LA VÍA PARA LOS SERVICIOS DE PASAJEROS

Los sistemas ferroviarios de pasajeros necesitan un concepto de infraestructura de calidad, en el que se incluyan todos los elementos, criterios y tecnologías más avanzados, sobre:

- Trazado
- Sección transversal
- Subestructura
- Movimiento de tierras
- Vía
- Túneles
- Viaductos / Puentes
- Electrificación
- Señalización
- ...





# LA VÍA PARA LOS SERVICIOS DE PASAJEROS

## Características generales:

- Calidad geométrica
- Carga máxima por eje (en Europa) 22,5 t ( para < 250 km/h / 155mph)
- Carga máxima por eje 17 t ( para > 250 km/h / 155mph)
- Carril 60 kg/m / 120 lb/yd (¿necesario?, ¿ciclo de vida?, ¿fatiga?)
- Traviesa / durmiente más pesada
- Elasticidad de la vía y elementos constructivos
- Fenómeno del “balasto volante” (> 300 km/h / 185 mph)
- Vía sobre balasto / vía en placa (slab track):
- Túneles y viaductos: balasto / placa (túneles largos y viaductos)



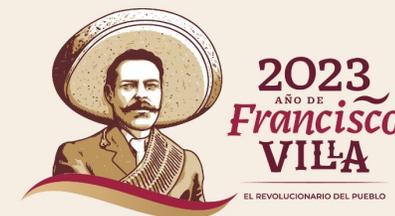
# LA VÍA PARA LOS SERVICIOS DE PASAJEROS





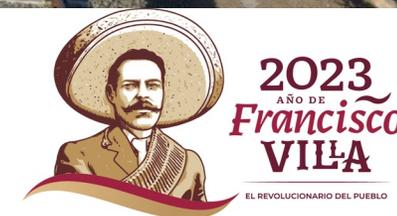
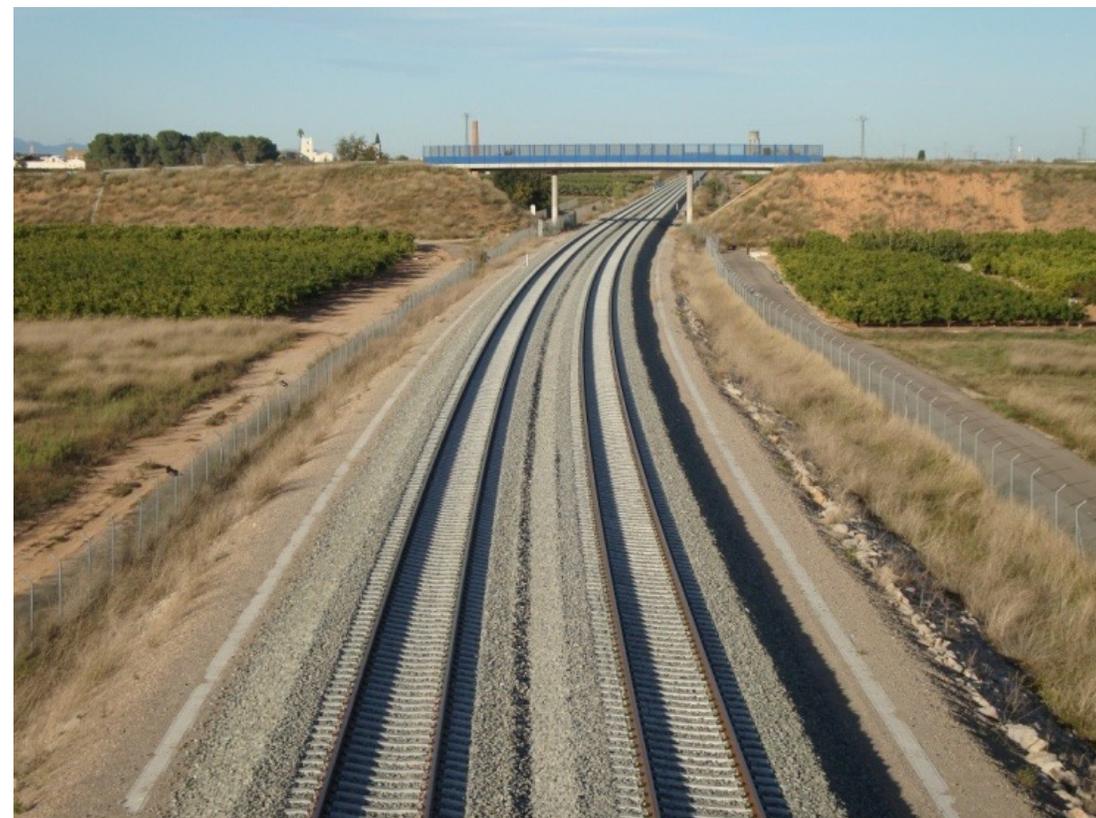
# Vía sobre balasto o vía en placa

Superestructura para sistemas  
ferroviarios de pasajeros





# EL ETERNO DILEMA: ¿BALASTO O PLACA?





# EL ETERNO DILEMA: ¿BALASTO O PLACA?

## Ventajas de la vía sin balasto:

- Bajo nivel de mantenimiento (geométrico)
- Mayor disponibilidad (teórica)
- Admite mayor peralte y mayores rampas
- Mejora las condiciones de limpieza (en estaciones)
- Facilita la evacuación en túneles

## Ventajas de la vía sobre balasto:

- Se adapta bien a las condiciones del terreno
- Menores costos de construcción
- Largo ciclo de vida
- Mantenimiento mecanizado
- Mejor drenaje y elasticidad de la vía
- Menor ruido procedente de la vía (interior al tren y exterior)



# EL ETERNO DILEMA: ¿BALASTO O PLACA?

Se encuentra vía sin balasto (alta velocidad):

Japón

Alemania

Países Bajos

China

Taiwán

Corea

España (túneles largos)

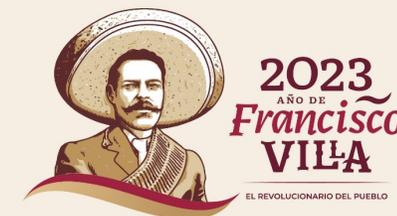


Balasto: necesidad de buenas canteras en proximidad



# Aparatos de vía, tipología y necesidades

Superestructura para sistemas  
ferroviarios de pasajeros



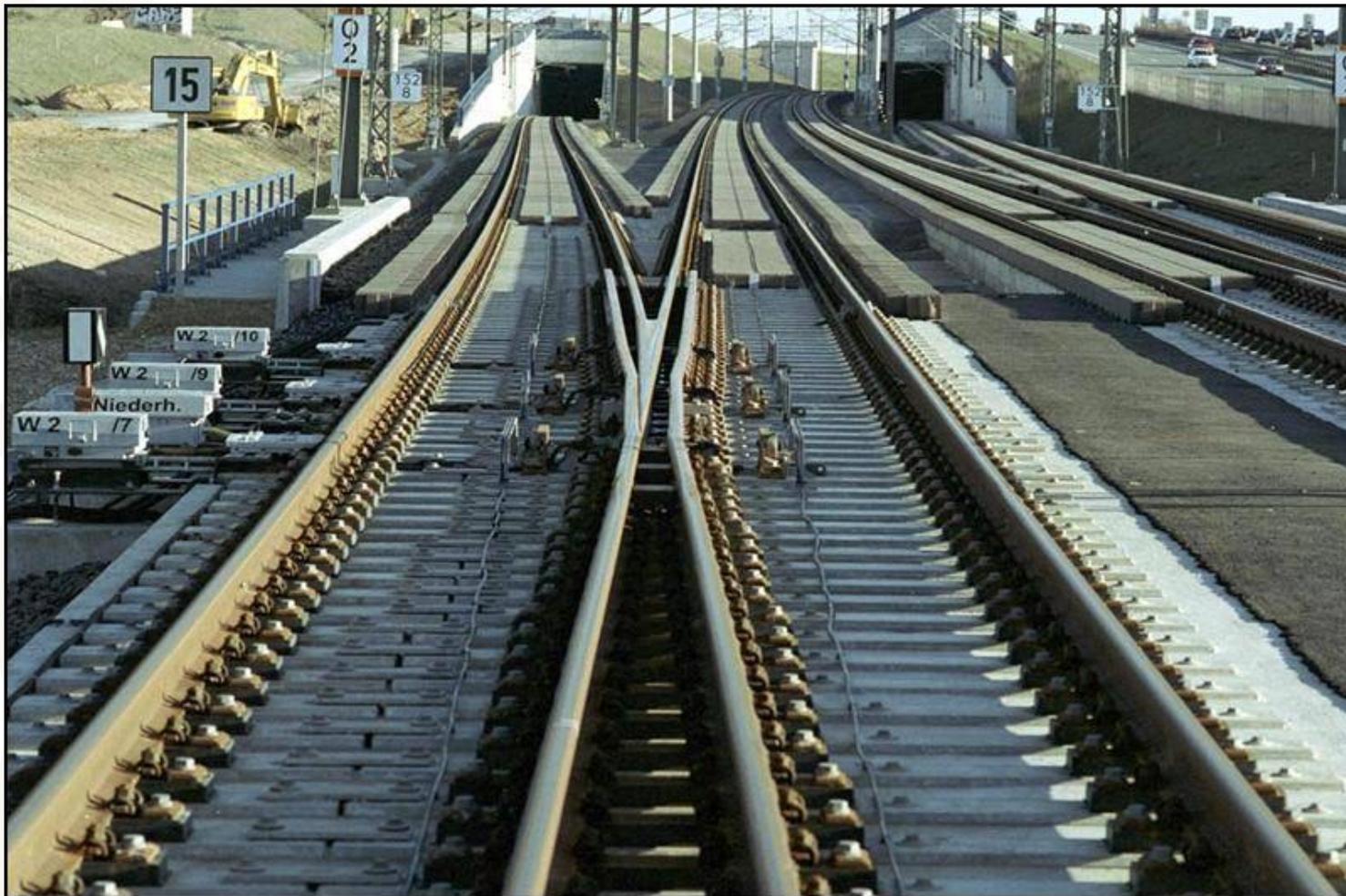


## NECESIDAD DE CAMBIOS DE VÍA

- En servicios de pasajeros, aceleraciones por vía desviada
- Velocidades de paso:
  - Por vía directa: la nominal de la línea en ese tramo(en principio, sin límite)
  - Por vía desviada: 60 – 80 – 100 ... 220 km/h (35 – 50 – 60 ... 137 mph)
- No se puede desviar un tren a más de 220 km/h (137 mph)
- El coste de los aparatos aumenta con la velocidad de desvío



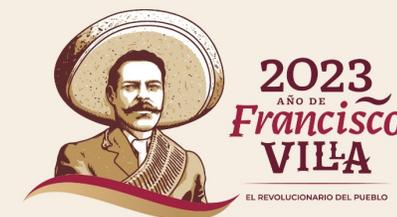
# APARATOS DE VÍA





# Electrificación

Superestructura para sistemas  
ferroviarios de pasajeros



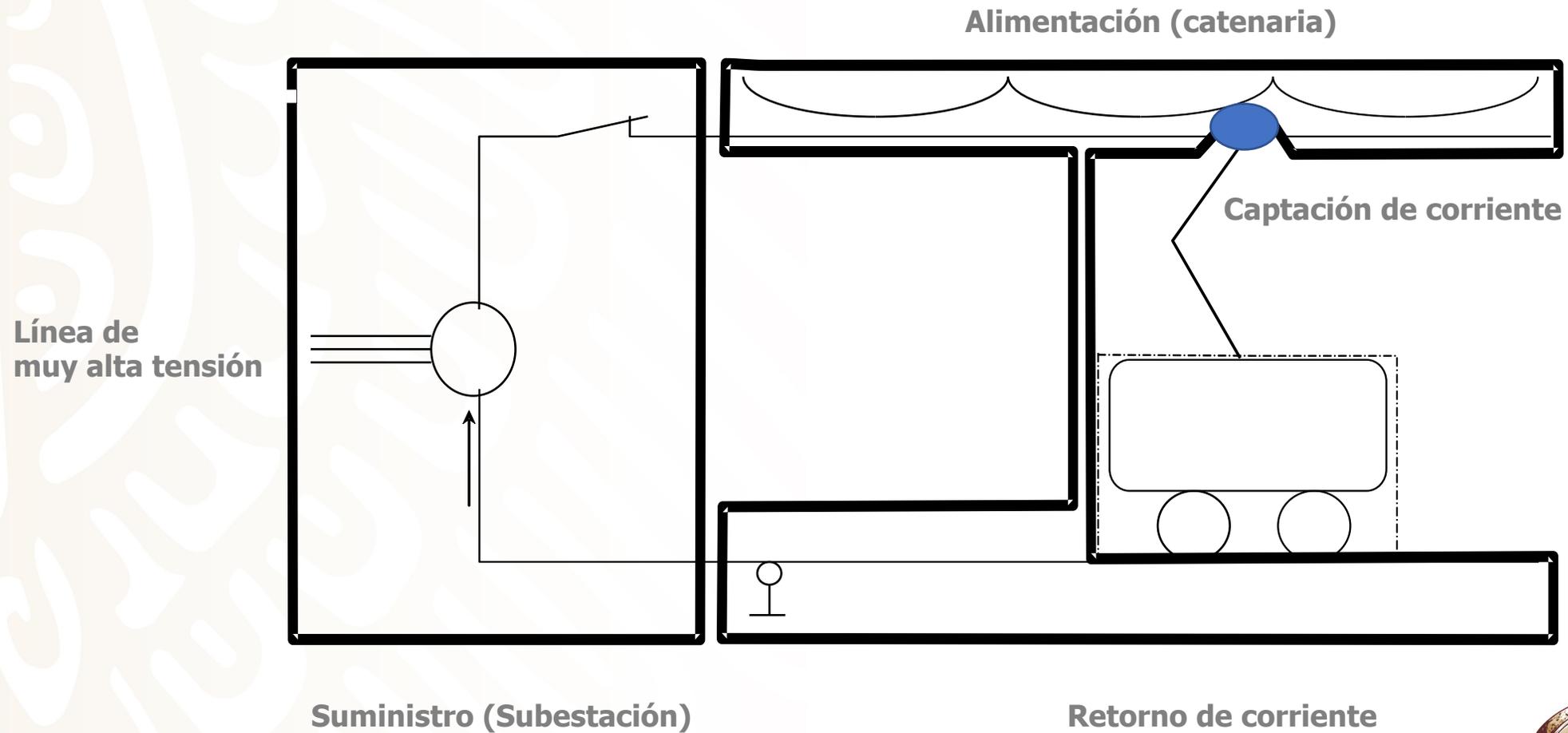


# ELECTRIFICACIÓN DE FERROCARRILES DE PASAJEROS

- La electrificación no es la panacea
- Se justifica con unos umbrales mínimos de tráfico
- Sistemas:
  - 900 – 1000 V, cc                      Para ferrocarriles urbanos y suburbanos
  - 1,5 – 3 kV, cc                            Intercity (sistemas antiguos)
  - 15 (Alemania) – 25 kV, ca            Intercity (sistemas modernos y AV)
  - 2 \* 25 kV, ca                            Sistemas más modernos
- Fuentes de alimentación: en ocasiones, se necesita construir una línea de muy alta tensión para alimentar a las subestaciones
- Se requiere potencia creciente con la densidad de tráfico y la velocidad



# EN QUÉ CONSISTE LA ELECTRIFICACIÓN



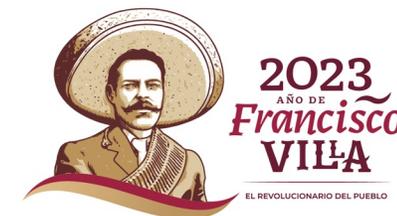
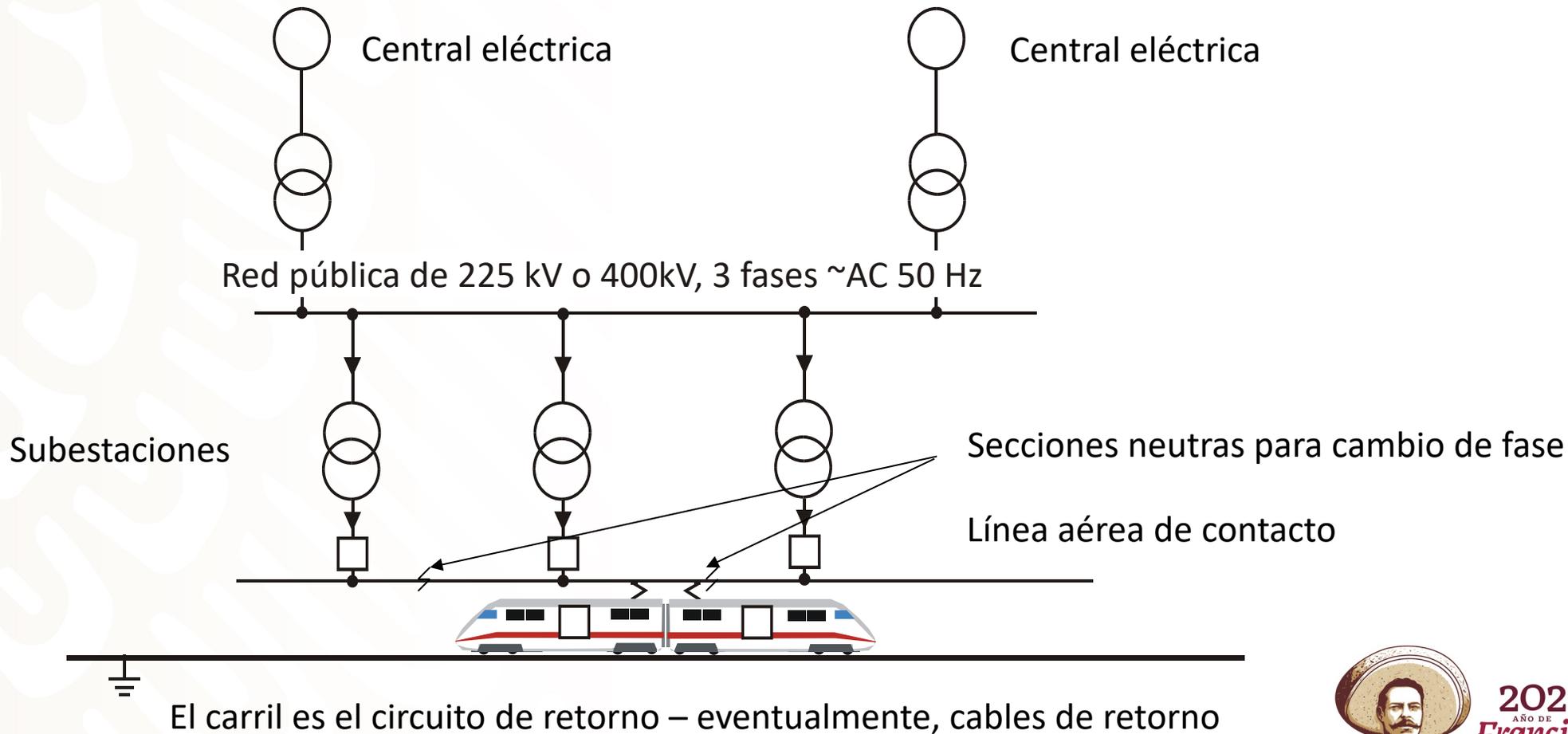


# EN QUÉ CONSISTE LA ELECTRIFICACIÓN





# EN QUÉ CONSISTE LA ELECTRIFICACIÓN





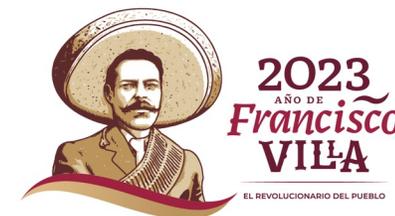
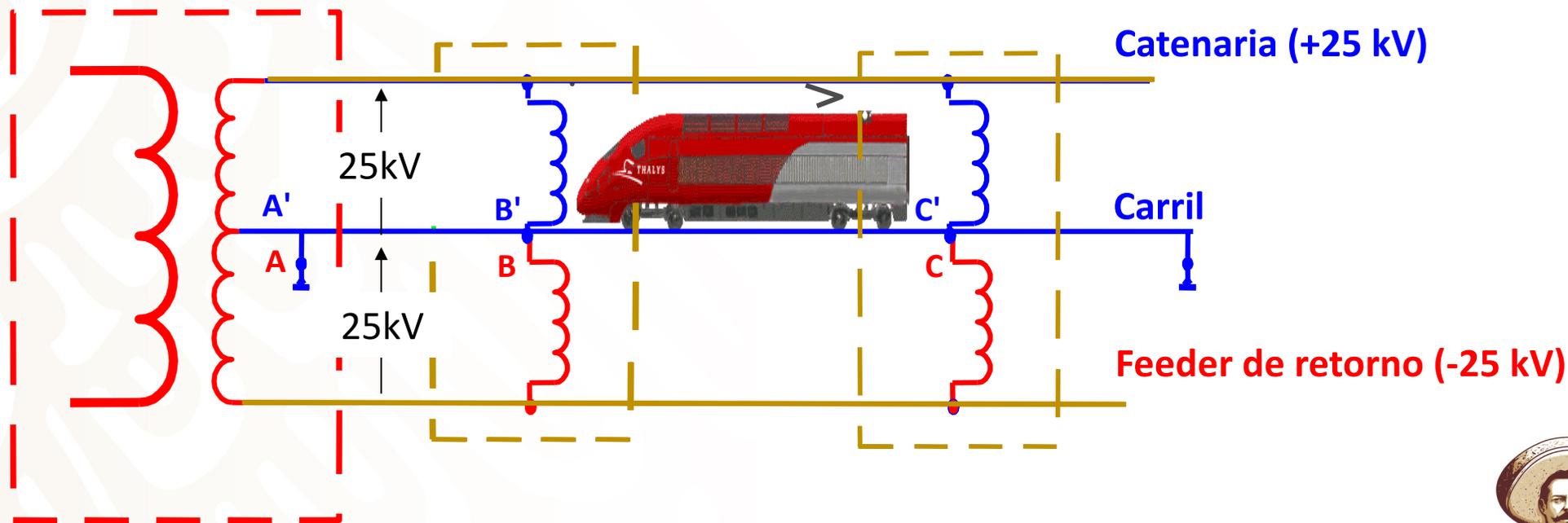
# ELEMENTOS DE LA ELECTRIFICACIÓN

- Subestaciones: cada 20 – 50 kilómetros
- Auto-transformadores

Subestación 2x25 kV

Estación AT1

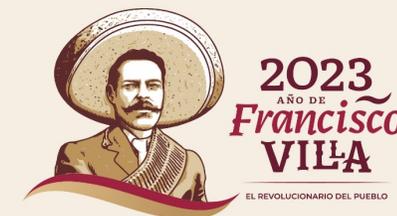
Estación AT2





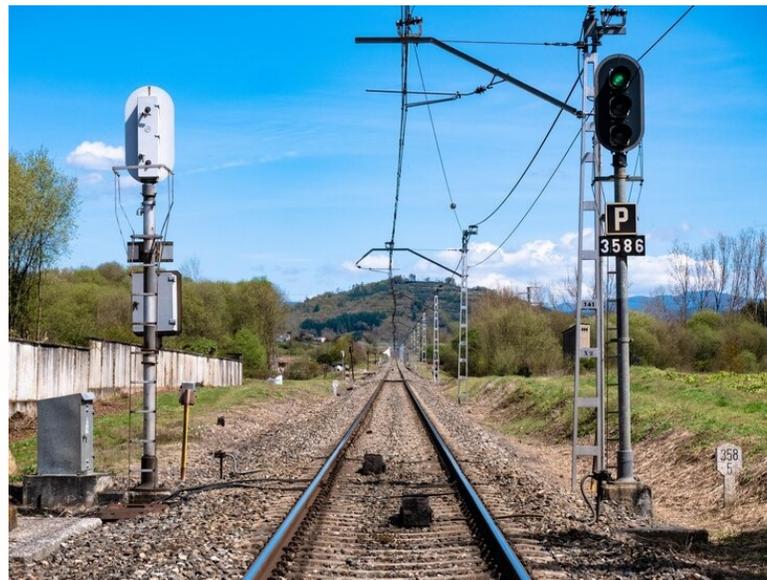
# Equipos de señalización y comunicaciones

Superestructura para sistemas  
ferroviarios de pasajeros



# SEÑALIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y DE LA DENSIDAD DE TRÁFICO

- Hasta 100 km/h (65 mph) Señalización mecánica o luminosa – 2 agentes
- Hasta 140-160 km/h (85–100 mph) Señalización luminosa con ATP – 1 agente
- Hasta 200 km/h (125 mph) Señalización luminosa con ATP (no recomendable)
- A partir de 200 km/h (125 mph) Señalización embarcada, sin señales exteriores





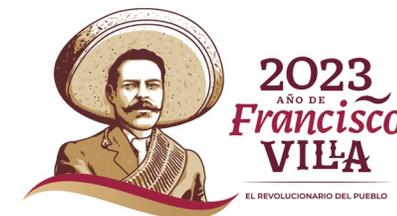
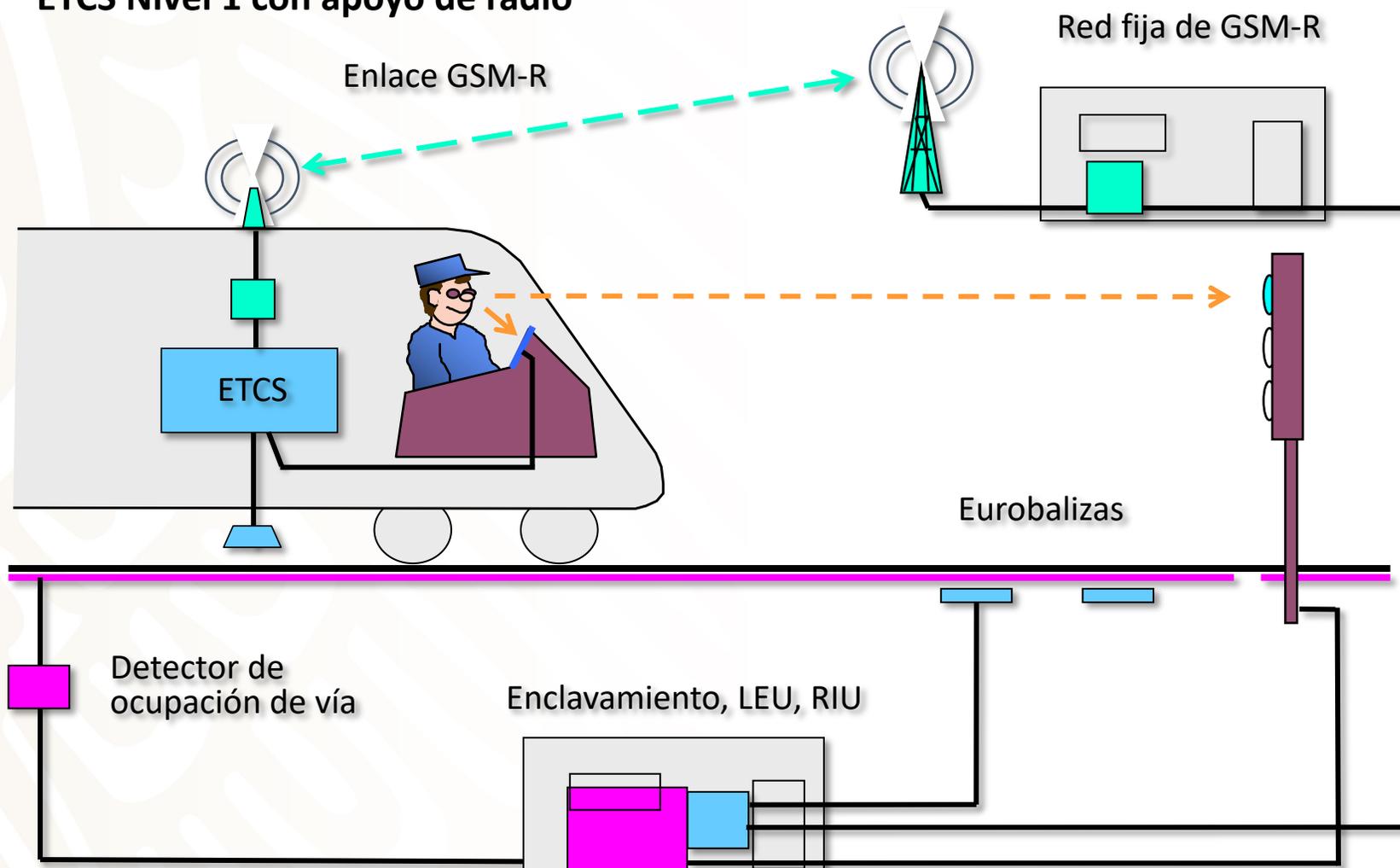
# SEÑALIZACIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y DE LA DENSIDAD DE TRÁFICO

- ATP – ATC – ATC Digital – ATO...
- Sistemas de transmisión de datos:
  - Europa: ETCS (ERTMS) – transmisión por GSM-R (en el futuro, 5G) – Niveles 1 y 2
  - Japón-Alemania (LZB): Cable radiante entre las vías



# SEÑALIZACIÓN PARA TRENES DE PASAJEROS

## ETCS Nivel 1 con apoyo de radio

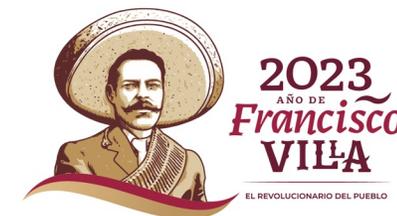
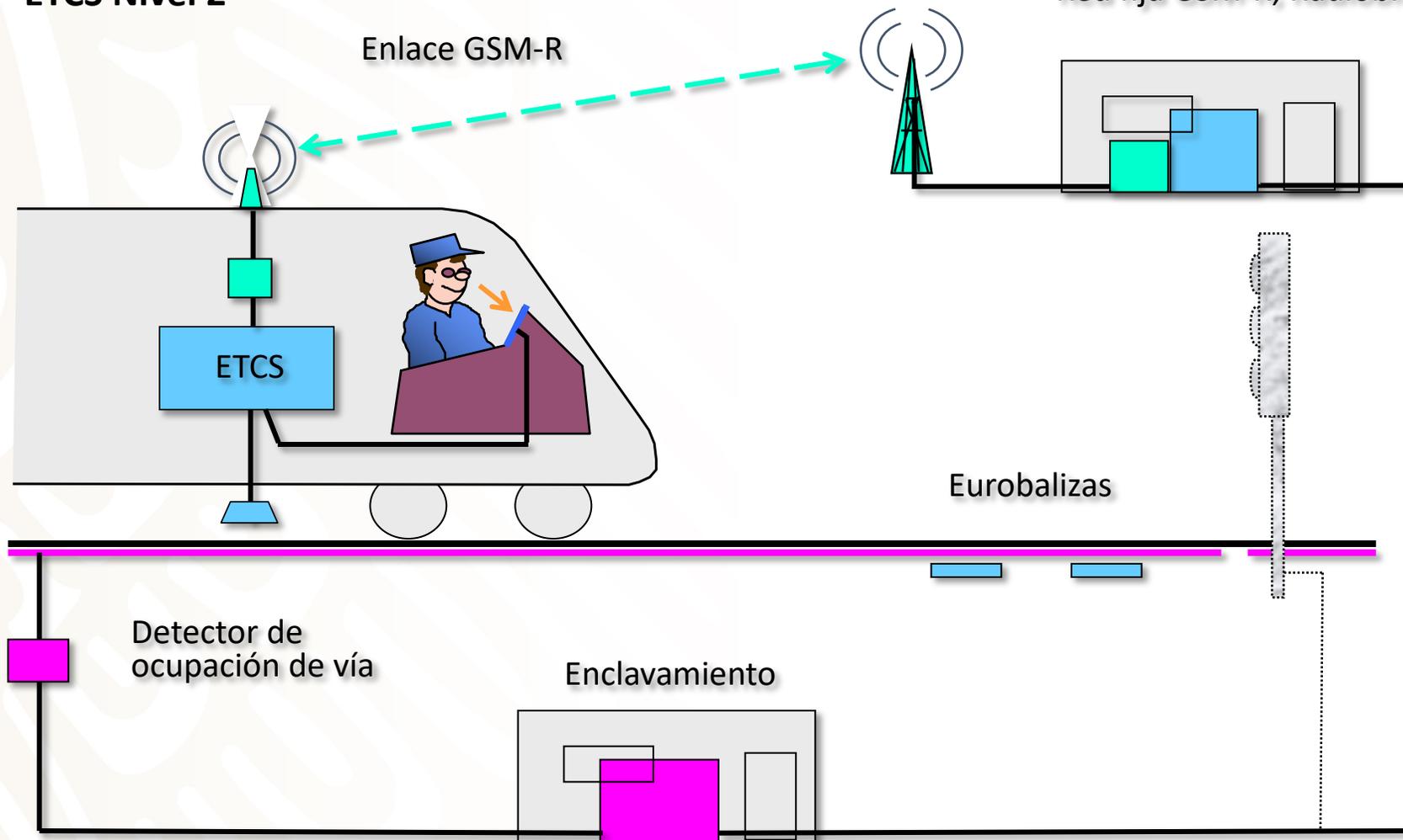




# SEÑALIZACIÓN PARA TRENES DE PASAJEROS

ETCS Nivel 2

Red fija GSM-R, Radioblock





# Construcción, mantenimiento y renovación

Superestructura para sistemas  
ferroviarios de pasajeros



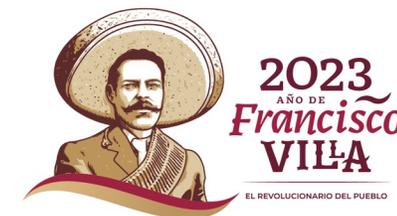
2023  
AÑO DE  
**Francisco  
VILLA**

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



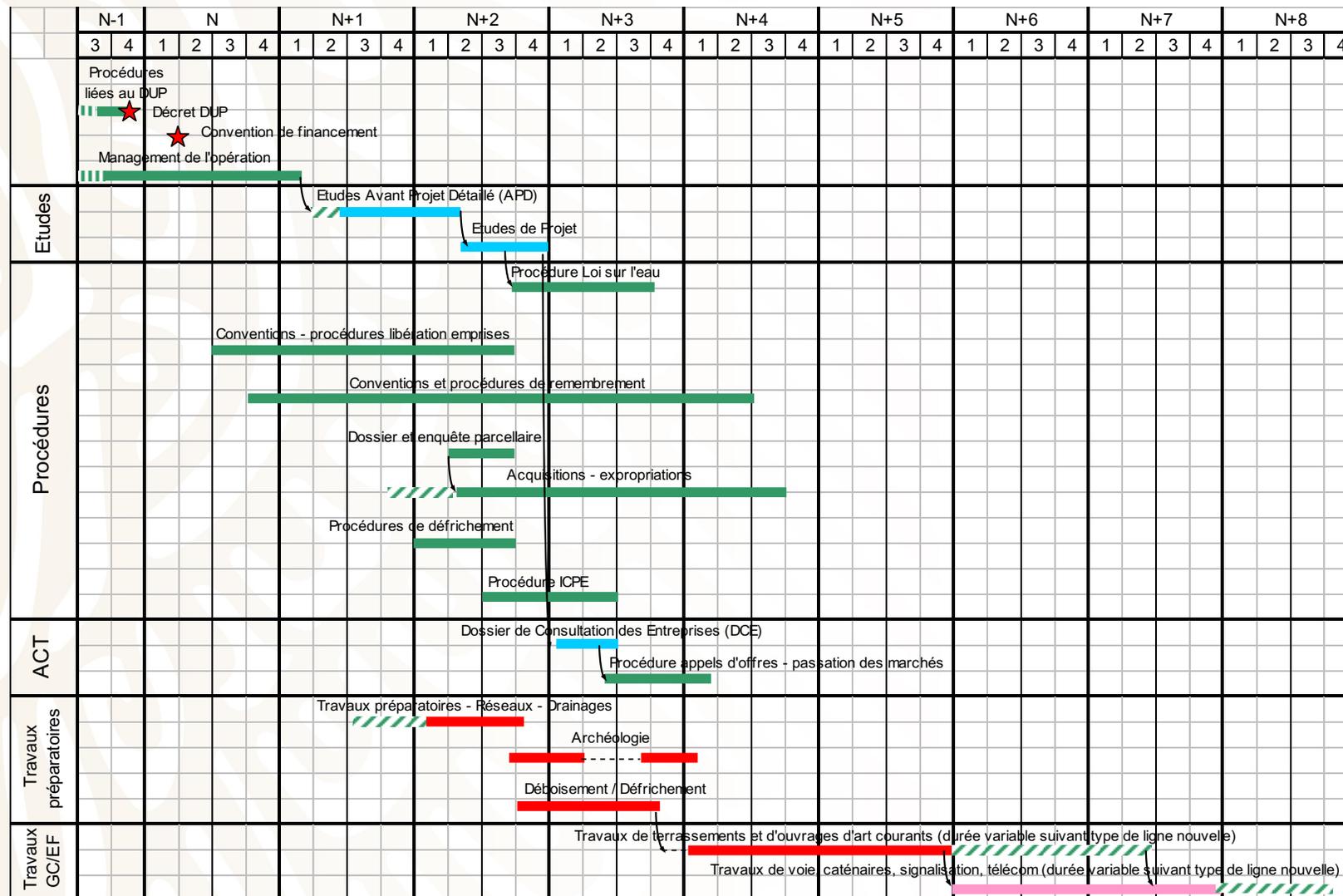
# CONSTRUCCIÓN

- Se construye un gran volumen de obra en una sola vez (en China...)
- Programación de trabajos: ¡se empieza por el final!
- Objetivo final de fases: prever pruebas, homologación, récords...
- No circular sobre la subestructura como carretera
  - Calidad del acabado
- Utilización de la vía como transporte de obra
  - Normas de circulación

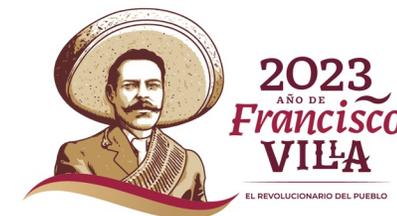




# CONSTRUCCIÓN

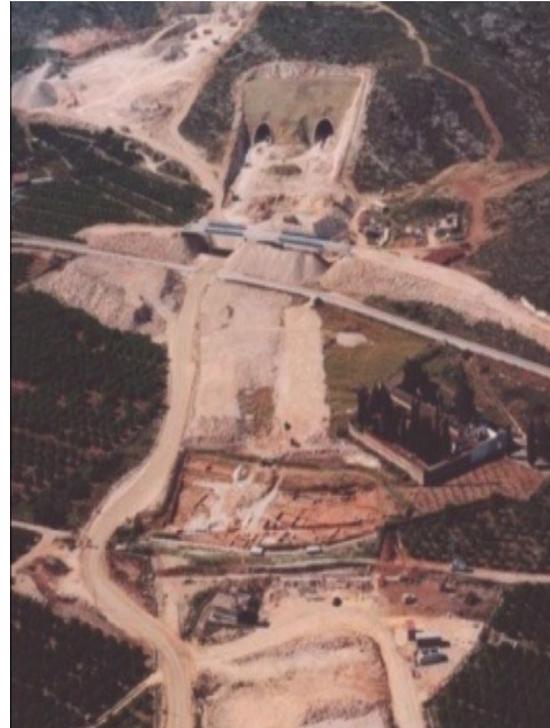


Programación de trabajos:  
ise empieza por el final!





# CONSTRUCCIÓN





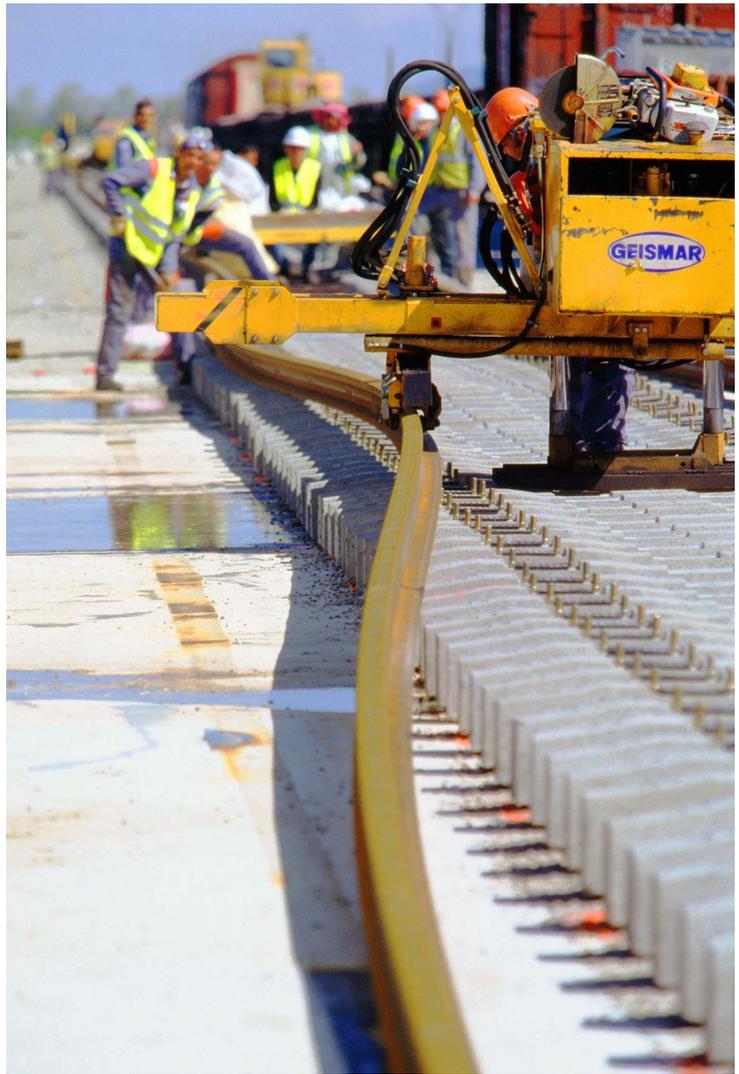
# CONSTRUCCIÓN

- Bases de construcción
  - Gran cantidad de materiales acopiar
- En una línea de 100 km – 63 millas (vía doble):
  - 25 000 – 30 000 toneladas de carriles (60 kg por metro \* 4 \* 1,,2)
  - 400 000 traviesas / durmientes (1666 por vía y por km \* 2 \* 1,2)
  - 110 000 toneladas de hormigón / concreto (300 kg por traviesa)
  - 240 000 m3 de balasto (1 m3 por vía y por metro \* 2 \* 1,2)
- Bases de mantenimiento (más pequeñas)





# BASE DE CONSTRUCCIÓN





# BASE DE CONSTRUCCIÓN





# MANTENIMIENTO

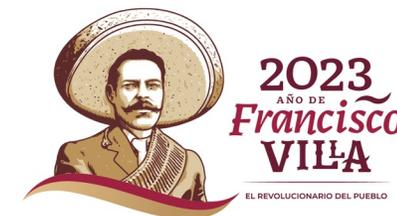
- Necesidad: funcionalidad, seguridad, economía
- Impacto en la disponibilidad (vía y catenaria)
- Consideración del mantenimiento desde la fase de diseño
- Calidad





## TIPOS DE MANTENIMIENTO

- Fases:
  - Pre-mantenimiento
  - Inspección – Diagnóstico
  - Mantenimiento preventivo
  - Mantenimiento correctivo
- Según estrategias de mantenimiento preventivo:
  - Mantenimiento no programado
  - Mantenimiento programado
- Según recursos utilizados:
  - Recursos propios
  - Recursos externos





# MANTENIMIENTO



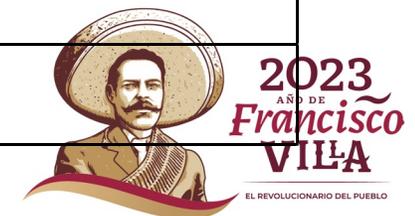
# Inspección





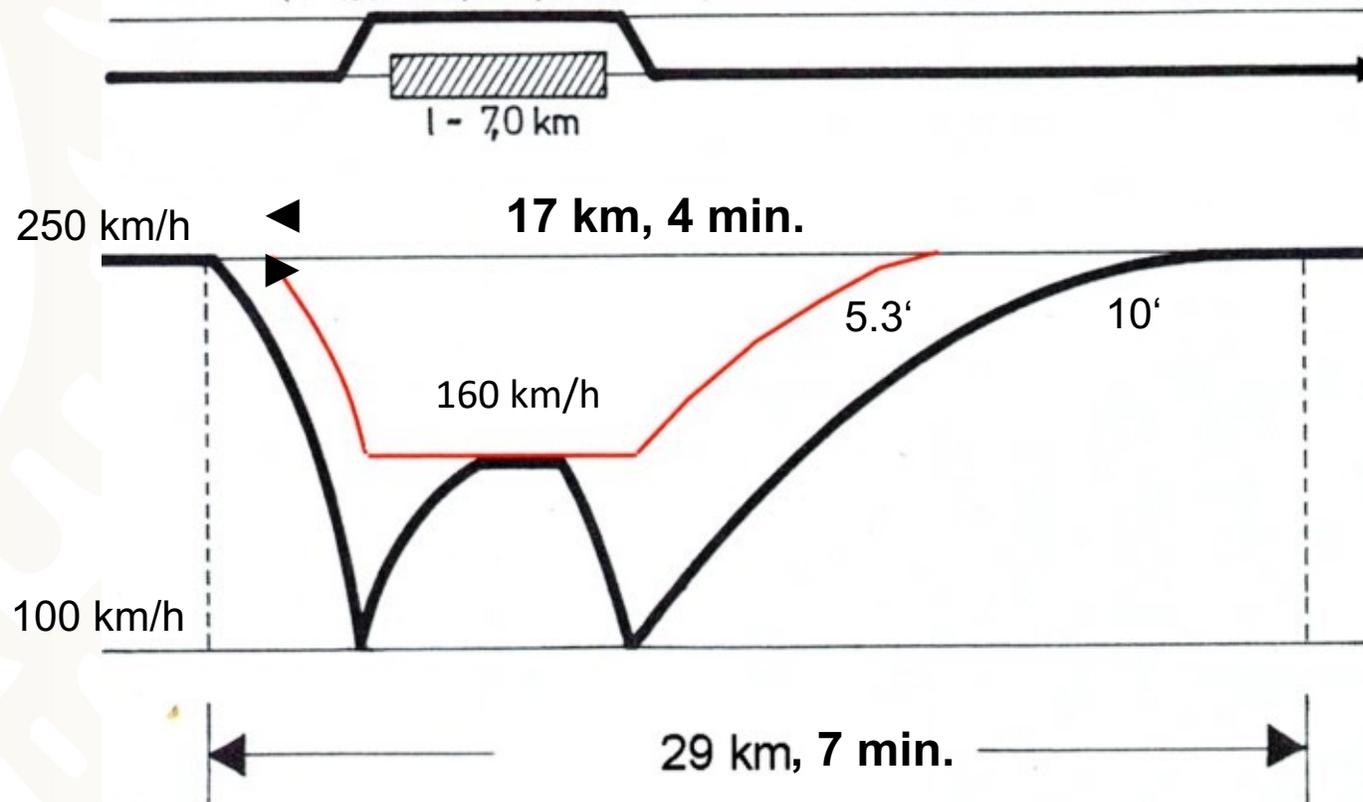
# MANTENIMIENTO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD

Inspección	Períodos de inspección (meses)	
	$160 < v \leq 230$ km/h	$v > 230$ km/h (145 mph)
Geometría de la vía	3	2
Comportamiento dinámico	6	4 a 6
Inspección a pie	3	2
Inspección en coche	3	3
Inspección de desvíos	3	3
Ultrasonidos	4	4
Perfil de cabeza de carril	18	12





# TIEMPOS PERDIDOS POR MANTENIMIENTO





# MANTENIMIENTO DE LA VÍA





# INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CATENARIA





# EL COSTE DE LA CONSTRUCCIÓN (AV)

Valores orientativos:

- Infraestructura: 60 %
- Vía: 15 %
- Electrificación: 10 %
- Señalización y comunicaciones: 10 %
- Otros elementos: 5 %

COSTE TOTAL: 100 %





## EL COSTE DEL MANTENIMIENTO (AV)

Valores orientativos para la infraestructura de una **línea nueva** con parámetros de alta velocidad y vía sobre balasto:

- 70 000 a 100 000 € / km y año (menos que una **línea antigua**)

El coste de la vía puede representar 60 %

Coste del tren de inspección y otra maquinaria: economía de escala

Coste del ciclo de vida (LCC) = Diseño y construcción

+

Mantenimiento

+

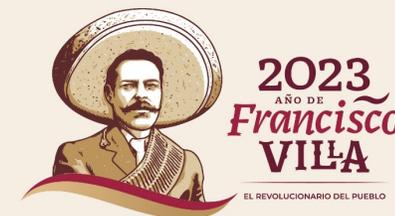
Renovación



# Comentarios generales

---

La infraestructura para los  
servicios de viajeros





# La infraestructura para los servicios de viajeros

*Comentarios generales sobre:*

- *Estaciones – Trazado hasta la estación y espacio ocupado*
- *Aspectos económicos de la infraestructura*
- *La construcción y el mantenimiento sostenibles*





2023  
AÑO DE  
*Francisco*  
VILLA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

GRACIAS



**COMUNICACIONES**

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Ignacio BARRON

InnovativeBusiness