

Proyecto para el tren interurbano México -Toluca



Esquema de la presentación

- 1) Resumen de las principales características del proyecto
- 2) Descripción del trazado
- 3) Principales soluciones estructurales para viaductos en EDO y CDMX
- 4) Túnel entre el EDO y CDMX
- 5) Tipologías de estaciones
- 6) Talleres y cocheras
- 7) Sistemas ferroviarios



Resumen de las principales características del proyecto



LONGITUD TOTAL:	57 KM
TRAMO 1: ZINACANTEPEC - LERMA	36 KM
TRAMO 2: BI-TUNEL	4 KM
TRAMO 3: SANTA FE - OBSERVATORIO	17 KM
<p>NUMERO DE ESTACIONES: 6 Est. Terminales 2 - Est. Intermedias 4 Zinacantepec: Elevada 0+300 Pino Suarez (Terminal de autobuses): Elevada 6+173 Tecnológico (Metepec): Elevada 13+258 Lerma: Elevada 19+542 Santa Fe: Elevada 49+191 Observatorio: Elevada 57+634</p>	
<p>RESUMEN LONGITUDES: Túnel Doble Vía : 4 540 m Viaducto: 48 000 m Tramo en Superficie: 4 300 m</p>	



Resumen de las principales características del proyecto



PARÁMETROS OPERATIVOS

VELOCIDAD MÁXIMA: **160** KM/H

VELOCIDAD COMERCIAL: **90** KM/H

TIEMPO DE RECORRIDO:
TERMINAL A TERMINAL  **39** MIN

DEMANDA



230,000
PASAJEROS

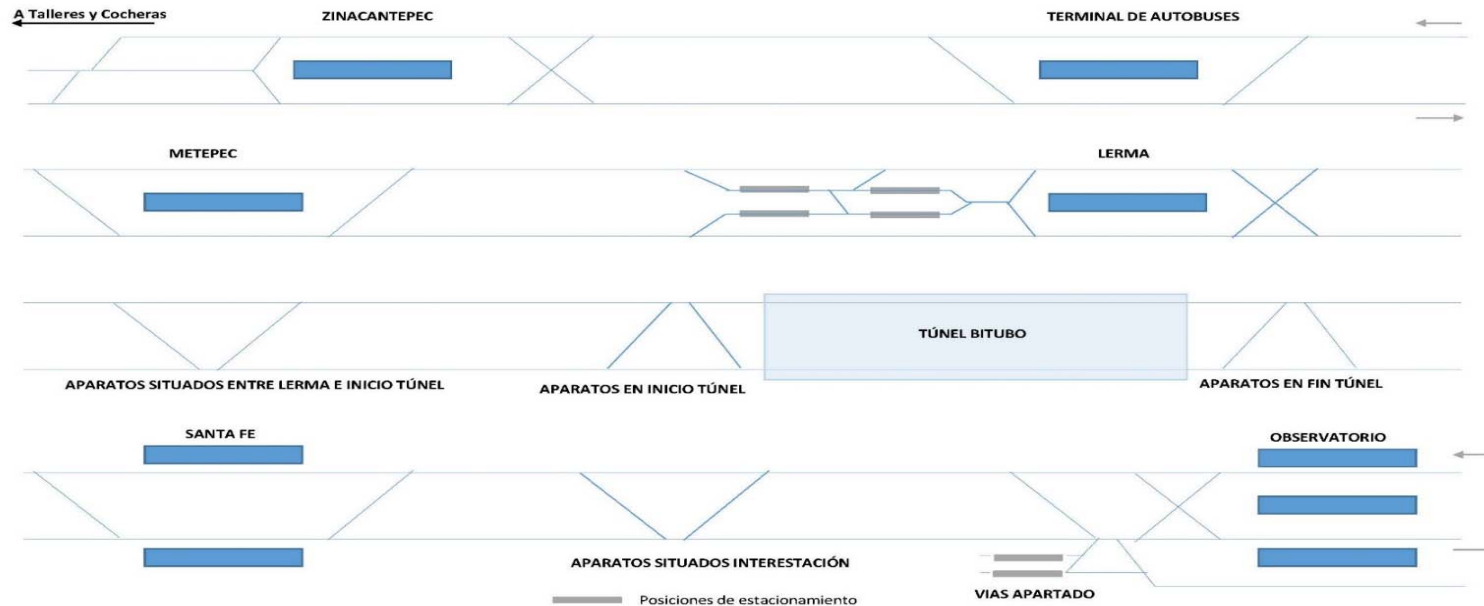


540,000
PASAJEROS EN 2048



Resumen de las principales características del proyecto

Frecuencia de servicio y esquema de vías



Frecuencias del servicio:

Entre Lerma y Observatorio: 3.5 min
Entre Zinacantepec y Lerma: 7.0 min

Frecuencias del servicio en situación degradada: 15 min



Descripción del trazado - Parámetros

Trazado en planta:

- Parámetros de diseño para 160 Km/h
- Limitación en diseño geométrico en la CDMX por dificultades orográficas y urbanas. Reducción de la velocidad de diseño a 120 Km/h-140 Km/h
- Trocha (escantillón) será de 1,435 mm
- Curvas de transición mediante enlaces tipo clotoides

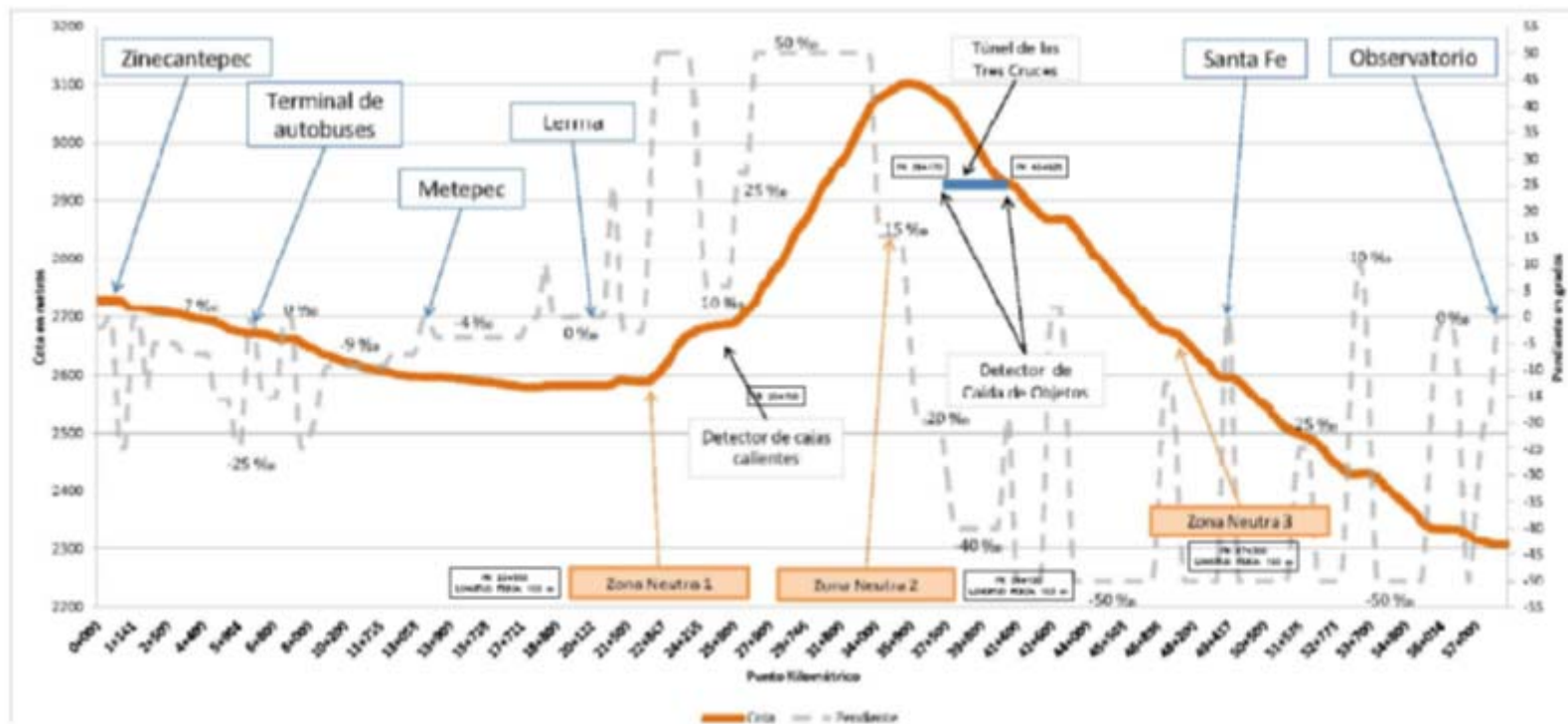
Aceleración sin compensar	$a_{q\text{máx}} \cdot (\text{m/s}^2)$	Normal	0.65 m/s ²
		Excepcional	0.98 m/s ²
Insuficiencia de peralte	$l_{\text{máx}} \cdot (\text{mm})$	Normal	100 mm
		Excepcional	150 mm
Variación del peralte con el tiempo	$[dD/dt]_{\text{máx}} \cdot (\text{mm/s})$	Normal	30 mm/s
		Excepcional	50 mm/s
Variación de la insuficiencia de peralte con el tiempo	$[dl/dt]_{\text{máx}} \cdot (\text{mm/s})$	Normal	30 mm/s
		Excepcional	55 mm/s
Rampa de peralte	$dD/l_{\text{máx}} \cdot (\text{mm/m})$	Normal	0.8 mm/m
		Excepcional	2.0 mm/m
Variación de la aceleración sin compensar	$[da_q/dt]_{\text{Máx}} \cdot (\text{m/s}^3)$	Normal	0.20 m/s ³
		Excepcional	0.36 m/s ³



Descripción del trazado - Parámetros

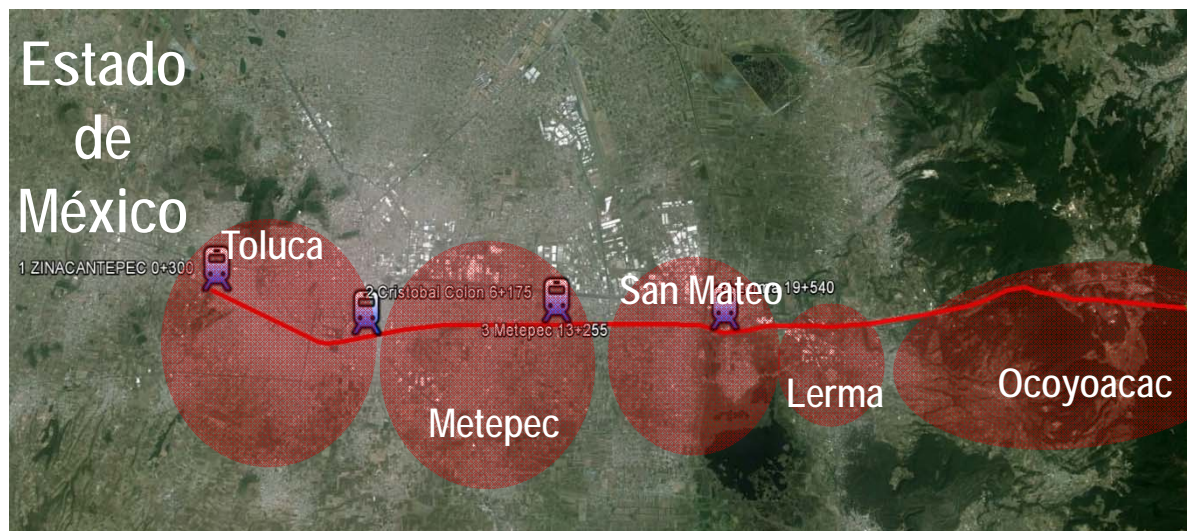
Trazado en alzado

- Fuertes dificultades orográficas que obligan al empleo de pendientes superiores a lo habitual para este sistema de transporte. Pendiente máxima del 5%
- Transiciones entre pendientes mediante acuerdos verticales parabólicos





Descripción del trazado - Ocupación en el EDO



Municipio Toluca

Inicio: P.K. 0+000

Final: P.K. 6+800

Longitud: 6.80 Km 11.79% de la longitud total

Municipio Metepec

Inicio: P.K. 6+800

Final: P.K. 14+200

Longitud: 7.40 Km 12.82% de la longitud total

Municipio San Mateo

Inicio: P.K. 14+200

Final: P.K. 19+100

Longitud: 4.90 Km 8.49% de la longitud total

Municipio Lerma

Inicio: P.K. 19+100

Final: P.K. 21+700

Longitud: 2.60 Km 4.51% de la longitud total

Municipio Ocoyoacac

Inicio: P.K. 21+700

Final: P.K. 36+200

Longitud: 14.50 Km 25.13% de la longitud total



Descripción del trazado - Ocupación en CDMX



Delegación Cuajimalpa

Inicio: P.K. 36+200 (Inicio del Túnel)
Final: P.K. 49+600 (Pasando Estación No. 5 Santa Fe)
Longitud: 13.40 Km 23.22% de la longitud total

Delegación Álvaro Obregón

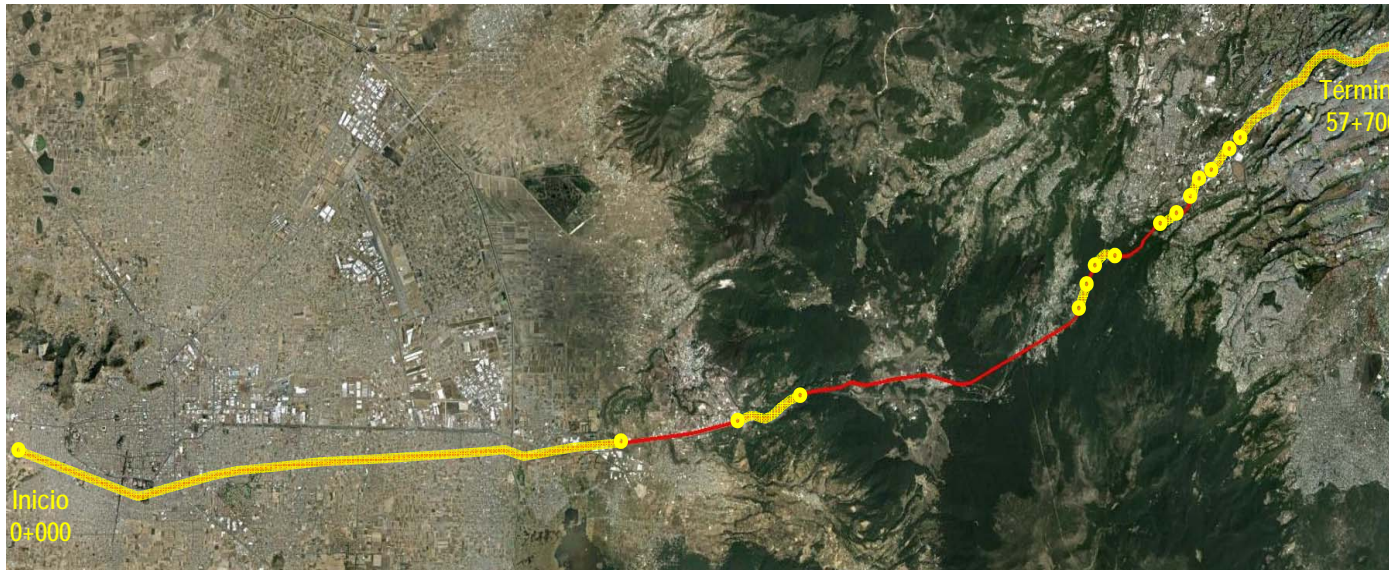
Inicio: P.K. 49+600 (Pasando Estación No. 5 Santa Fe)
Final: P.K. 57+700 (Final Estación No. 6 Observatorio)
Longitud: 8.10 Km 14.04% de la longitud total

Total

Longitud: 21.50 Km 37.26% de la longitud total



Principales soluciones estructurales para viaductos



RESUMEN

Total de Longitud

48,3 Kilometros

84 %

Indica sección de viaducto

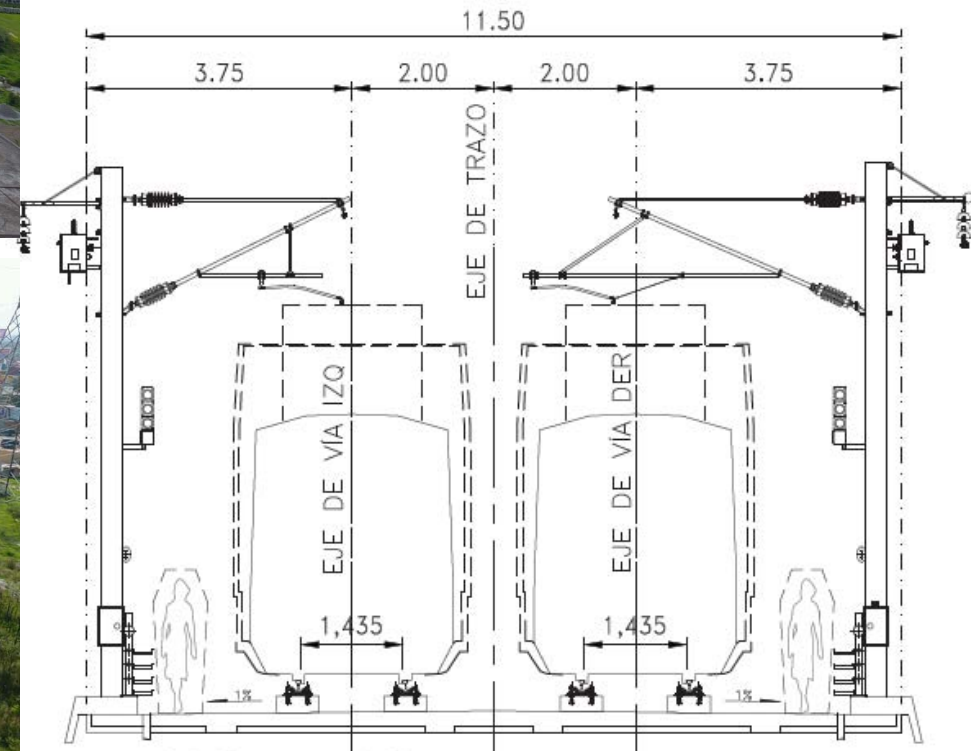




Principales soluciones estructurales para viaductos



Características geométricas de la sección de viaducto





Principales soluciones estructurales para viaductos

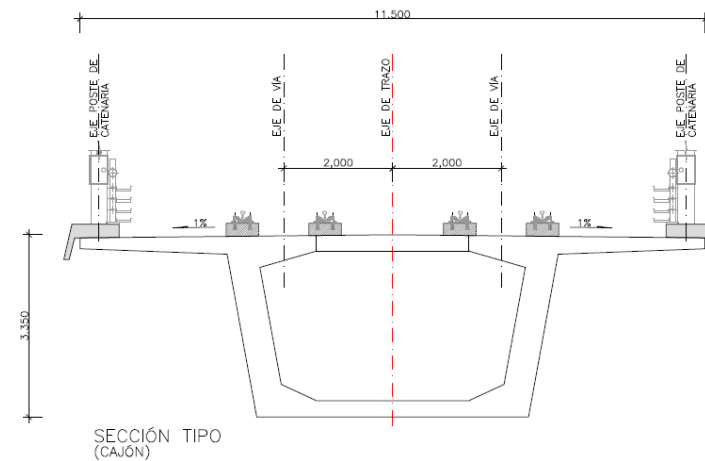
Tipología de viaducto ejecutado con autocimbra



LONGITUD A EJECUTAR CON AUTOCIMBRA: 3.54 Km
 ANCHURA DE TABLERO 11.50 m
 GALIBO INFERIOR MIN. 5.50 m
 LONGITUDES DE CLAROS ISOSTÁTICOS 35 / 40 y 45m

Sistema constructivo:

- Tableros Isostáticos de canto constante 3.35m
- Luces hasta 45 m
- Maquinaria automotriz
- Construcción desde la estructura ya ejecutada
- Sección Cajón ejecutada en 2 fases
- 1 único frente por autocimbra





Principales soluciones estructurales para viaductos

Tipología de viaducto de voladizos sucesivos



3 VIADUCTOS DE CONCRETO CONSTRUIDOS POR VOLADIZOS SUCESIVOS (950m de viaductos de doble voladizo)

-Hondonada del Agrónomo: 60+100+60 m

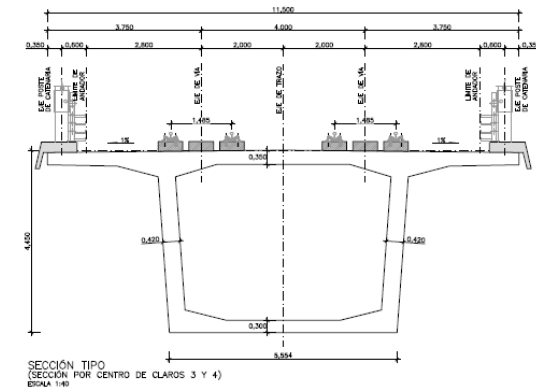
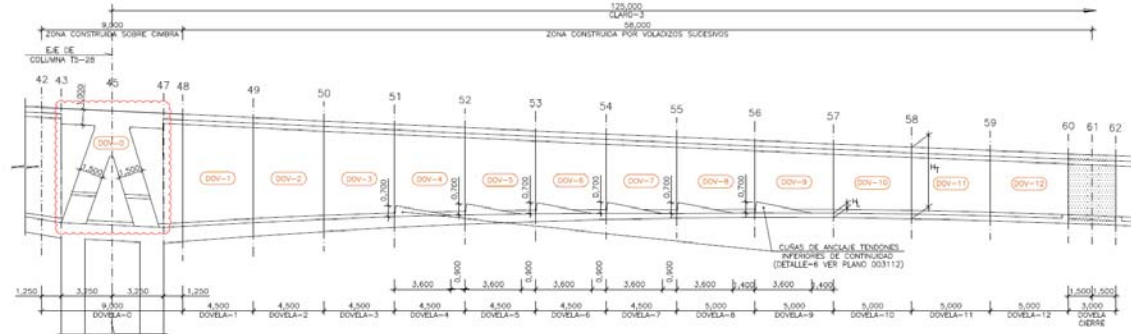
-Viaducto del Manantial de Conagua: 45+80+125+125+80+45m

-Viaducto sobre la presa Tacubaya: 61.3+100+61.3 m

ANCHURA DE TABLERO 11.50 m

Sistema constructivo:

- Tablero continuo de canto variable
- Luces hasta 125 m
- Esbelteces de hasta 1/28 en centro de vano
- Sección Cajón





Principales soluciones estructurales para viaductos

Tipología de viaducto mixto

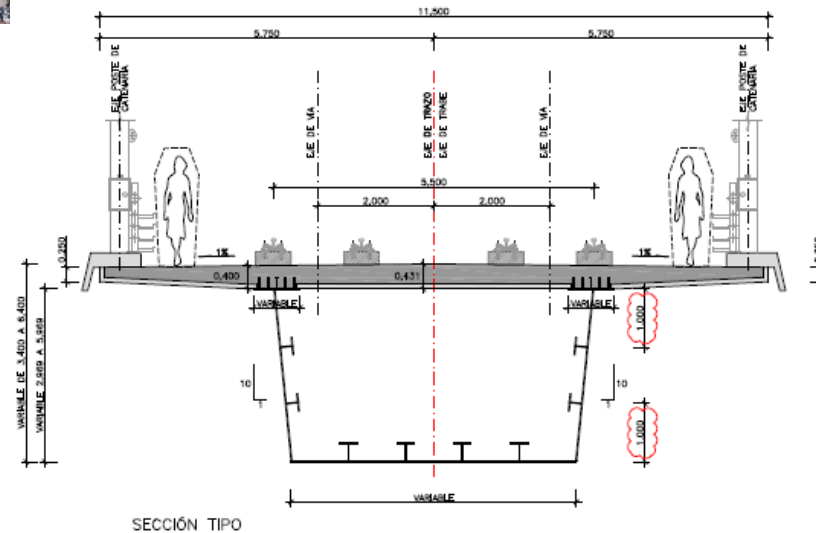
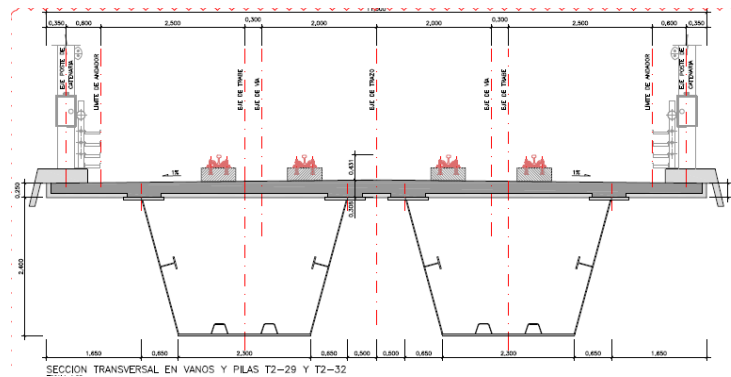


4 VIADUCTOS MIXTOS (1129m de tableros mixtos)

- Mixto 01 y 02: 40+48+40 m
- Mixto 03: 45+47.5+95+57.5m
- Viaducto Mixto Santa Fe: 50.8+64+74+89+66+66+66+89+63 m
- ANCHURA DE TABLERO 11.50 m

Sistema constructivo:

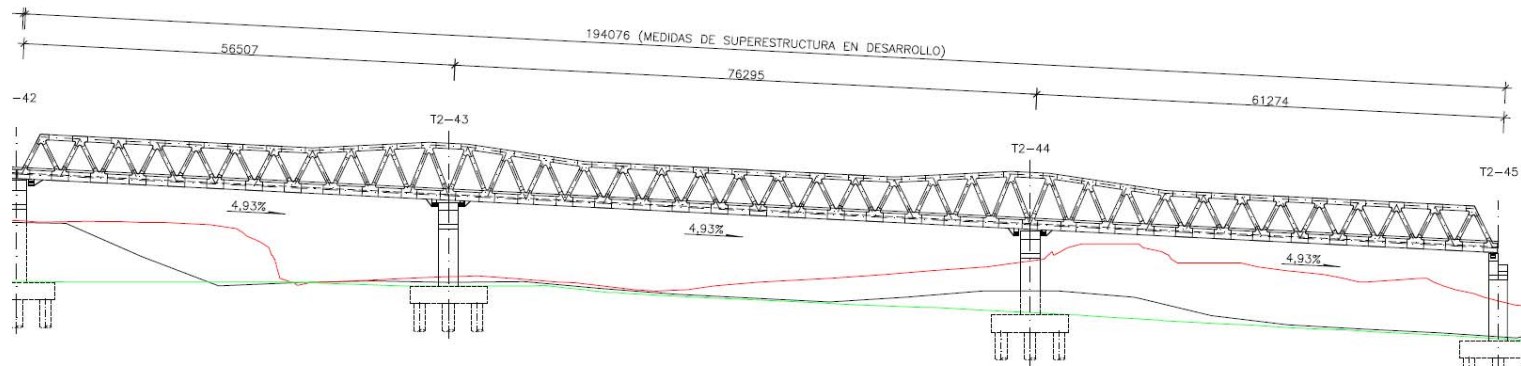
- Tablero continuo de canto variable
- Luces hasta 95 m
- Esbelteces de hasta 1/27 en centro de vano
- Sección Cajón Metálica + Losa de compresión y doble acción mixta





Principales soluciones estructurales para viaductos

Tipología de viaducto de celosías metálicas

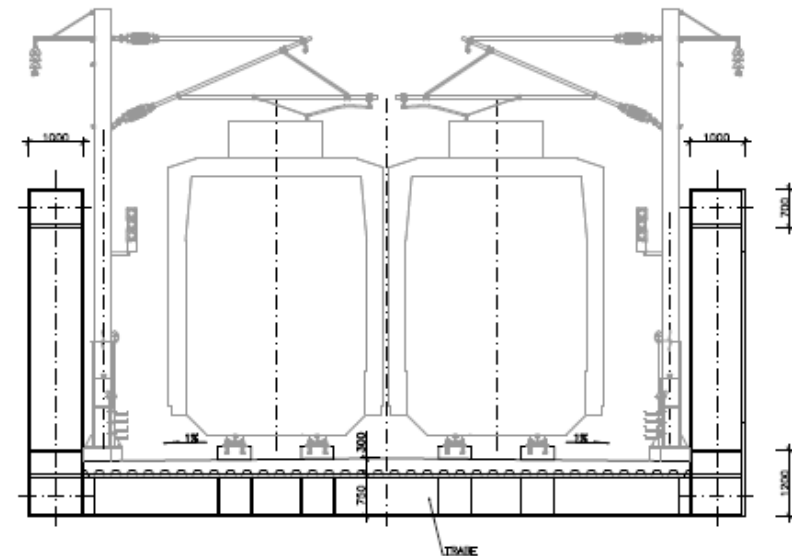


3 CELOSÍAS METÁLICAS (440m de Celosías Metálicas)

-CELOSÍA METÁLICA 01:	55.5+75+60.6 m
-CELOSÍA METÁLICA 02:	46+55.5+75+60.6m
-VIADUCTO DE LA HÍPICA:	60.6+75+55.5 m
ANCHURA DE TABLERO	13.00 m

Sistema constructivo:

- Zonas de gálibo reducido (canto estructura bajo carril 1.50m)
- Tablero continuo construido por fases
- Luces hasta 75 m
- Cordones conformados mediante secciones armadas huecas
- Diagonales y Travesaños perfiles armados abiertos





Principales soluciones estructurales para viaductos

Tipología de viaducto con dovelas prefabricadas

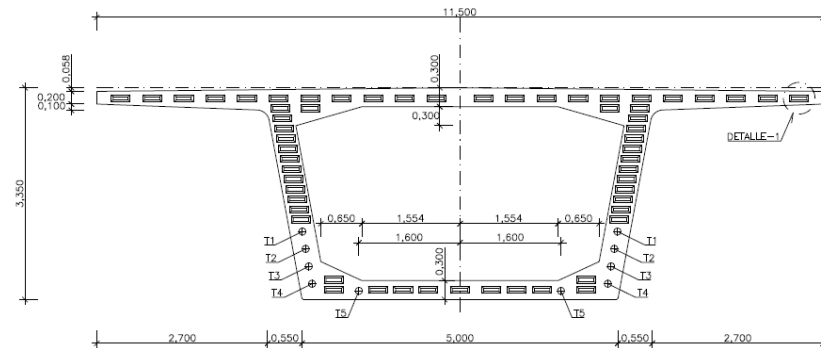


SOLUCIÓN ALTERNATIVA A LA EJECUCIÓN MEDIANTE AUTOCIMBRA

LONGITUD A PREFABRICAR: 3.54 Km
 ANCHURA DE TABLERO 11.50 m
 GALIBO INFERIOR MIN. 5.50 m
 LONGITUDES DE CLAROS ISOSTÁTICOS 35 / 40 y 45m

Sistema constructivo:
 Tableros Isostáticos de canto constante 3.35m
 Luces hasta 45 m
 Maquinaria automotriz
 Construcción desde la estructura ya ejecutada
 Sección Cajón
 Peso máximo: 83 T/dovela

Ventajas	Inconvenientes
Rapidez de ejecución. Ritmo de 3-4 días por claro. Se llegará a alcanzar el ritmo de 2 claros por semana (por equipo).	Sistema constructivo muy tecnológico que requiere de una experiencia y conocimiento profundo de la técnica.
Proceso industrializado que proporciona un acabado de buena calidad	Fuerte inversión inicial en moldes, medios de transporte,
Buena adaptación a la geometría del trazo (curvatura y pendientes)	Requiere una adaptación del proyecto del tablero, pero no de las columnas y cimentaciones.
Requiere el transporte de elementos de moderada dimensión (3,5x11x3.2) y peso 60-80 Tn	Tiempo de inicio de la ejecución de unos 8 meses desde que se contrata hasta que se inicia el montaje de dovelas en la obra
	Sistema constructivo con un frente de avance por medio auxiliar (viga lanzadora)

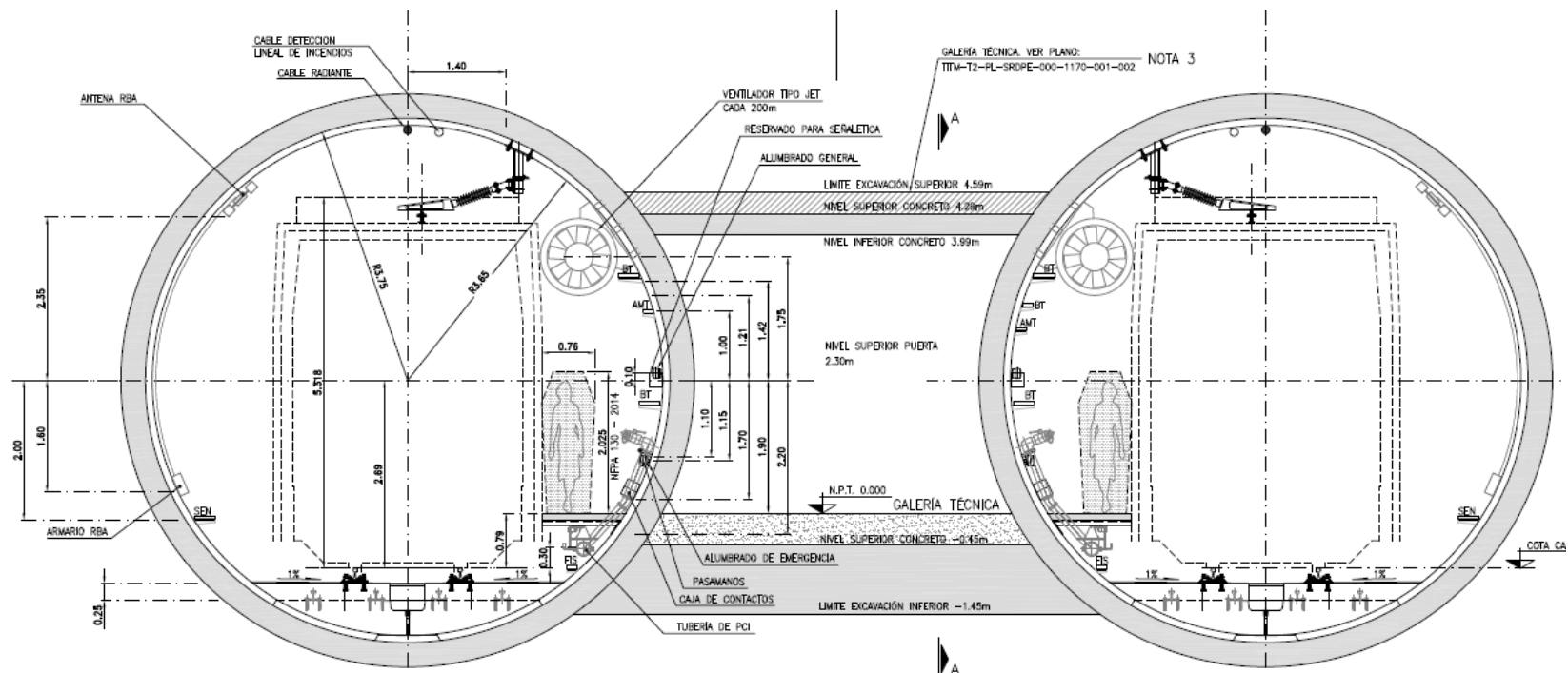




Túnel entre el EDO y CDMX

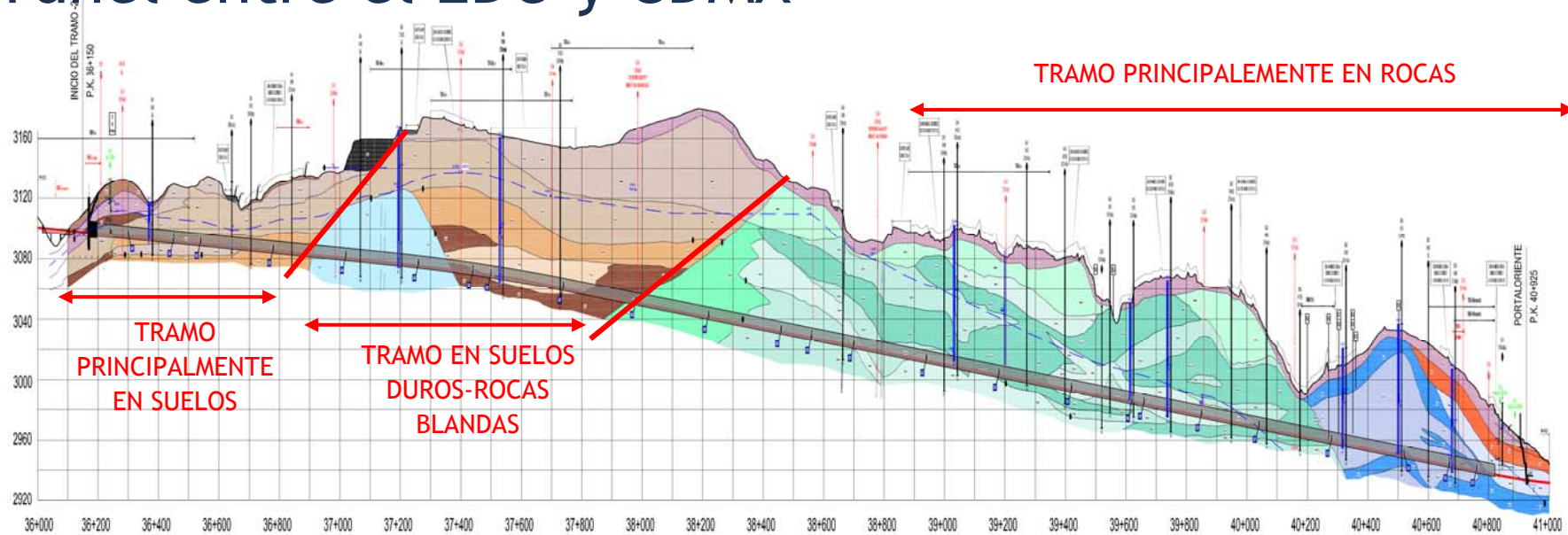
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Longitud del Tramo 2: desde el cad. 36+150 al 41+217,286
- Como características relevantes del tramo las siguientes:
 - 4,8 km de túnel bitubo ejecutado con TBMs
 - Diámetro interior 7.50 metros.
 - Separación entre túneles de 24.0 metros
 - Galerías de conexión cada 250 m





Túnel entre el EDO y CDMX



UNIDADES GEOTÉCNICAS DE SUELOS:

- UG-1: Rellenos antrópicos y vertidos
- UG-2: Suelos arenosos y limosos flojos a moderadamente densos
- UG-3: Toba areno-limosa y limo-arcillosa completamente alterada
- UG-4: Aglomerados andesíticos, tobas y andesitas escasamente soldadas y completamente alteradas.

UNIDADES GEOTÉCNICAS DE ROCAS:

- UG-5: Toba andesítica escasamente soldada con boleos y bloques, con intercalaciones de aglomerados. Extremadamente blanda a muy blanda
- UG-6: Toba andesítica bien soldada, colada andesítica y aglomerados, masivas, meteorización variable. Roca muy blanda a moderadamente dura
- UG-7: Aglomerado andesítico parcialmente a bien soldado, moderadamente alterado. Muy blanda a moderadamente dura
- UG-8: Colada andesítica gris, sana, moderadamente dura a muy dura. Aglomerados y brechas muy soldadas sanas a moderadamente alteradas, moderadamente dura a dura.



Túnel entre el EDO y CDMX

Características de las tuneladoras S 948 y S 949

Tipo de tuneladora: EPB Convertible - Earth Pressure Balanced Multimode TBM
Fabricante : Herrenknecht AG

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

- Diámetro nominal de excavación: 8,56 m
- Diámetro de escudo delantero: 8,48 m
- Longitud del escudo: 12 m
- Longitud del back-up: 115 m



OTRAS CARACTERÍSTICAS

- Par nominal: 20.121 kNm
- Fuerza de empuje: 73.187 kN
- Velocidad de avance: 80 mm/min
- Presión EPB máxima (en el eje del túnel): 7 bar
- Capacidad de desescombro con sinfín en EPB : 565 m³ /h
- Capacidad de desescombro con cinta en Abierto : 1300 t/h
- Potencia instalada: 5.629 kW
- Peso : 1500 ton

CABEZA DE CORTE: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- N° de discos y tipo: 43 simples de 18" y 4 dobles centrales de 17".
- Herramientas: 64 picas y 16 rastreles
- Sobrecorte en gálibo: 25 mm
- Líneas de inyección de espuma : 10 Uds.
- Líneas de inyección de bentonita : 2 Uds.

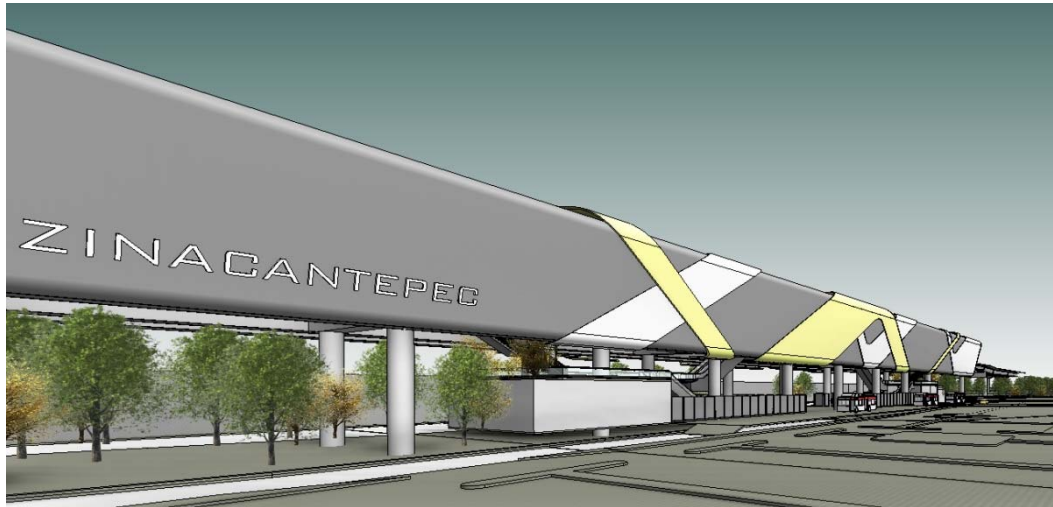


Túnel entre el EDO y CDMX





Tipología de estaciones



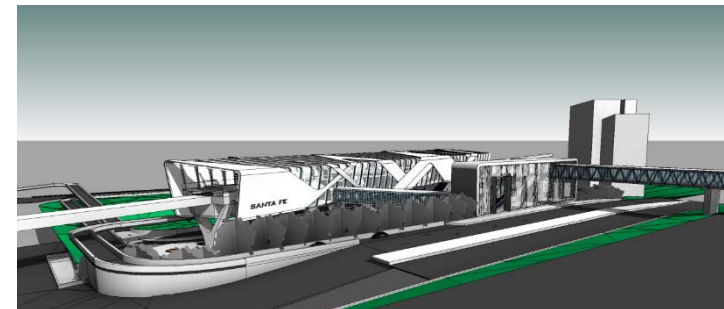
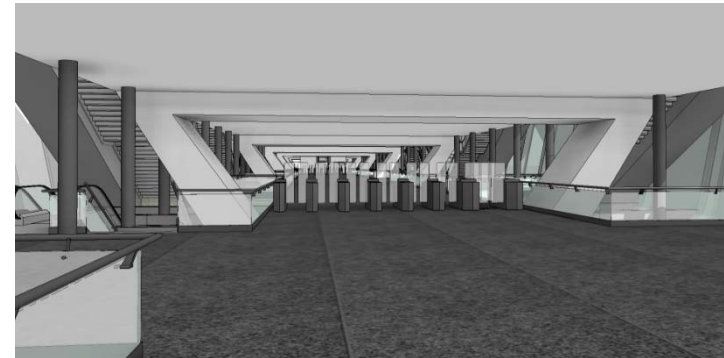
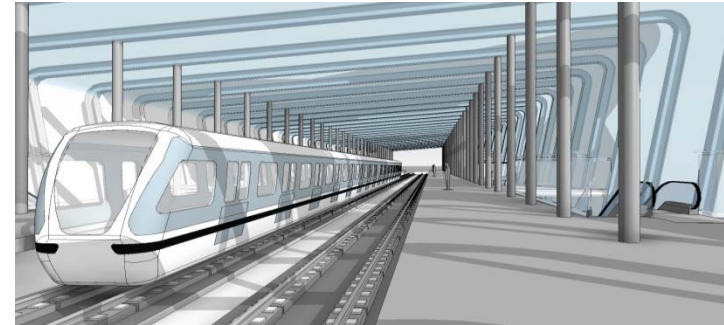
NUMERO DE ESTACIONES ELEVADAS:	6
ESTACIONES TERMINALES:	2
ESTACIONES INTERMEDIAS:	4
LONGITUD DE ESTACIÓN	200 m





Tipología de estaciones

Estación de Santa Fe





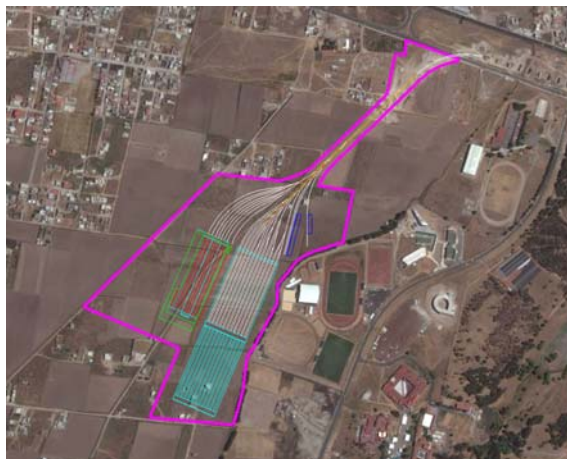
Tipología de estaciones

Estación Terminal Observatorio





Talleres y cocheras



TALLERES: 21.200 m², 10 Vías

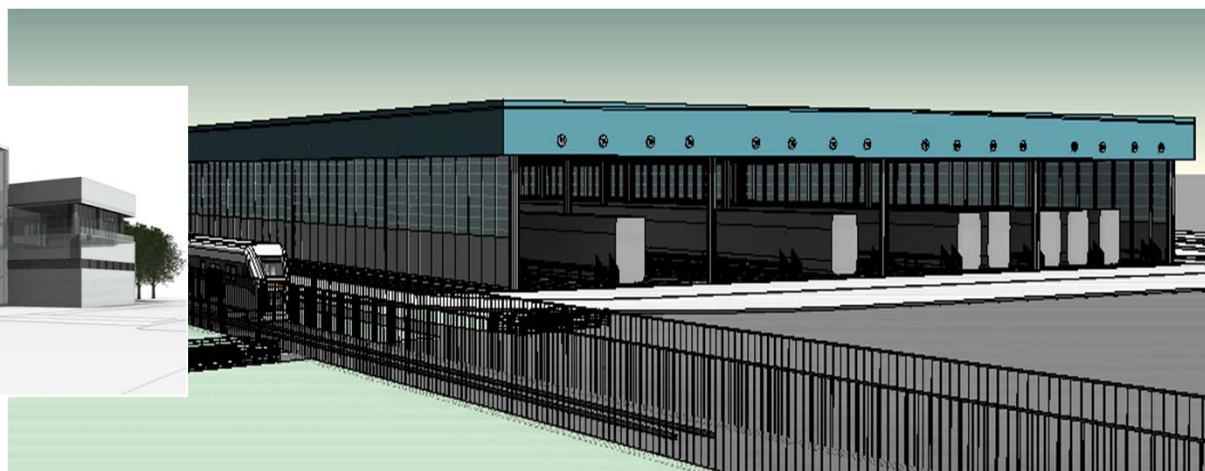
COCHERA: 19.500 m²,
16 Vías de 420 m

EDIFICIO ADM.: 1227 m²

EDIF. SERVICIO GENERAL 2280 m²

Ubicación. P.K. 0-400

Al inicio de la línea junto a
Estación ZINACANTEPEC





Sistemas ferroviarios

Superestructura de vía

- Vía constituida por rieles UIC60 con una inclinación de 1/20 y separación (trocha) de 1.435 m
- Ejecutada sobre plintos
- Construcción de una encarriladora continua a lo largo de todo el viaducto
- En la sección en túnel y para facilitar acceso de los servicios de emergencia caso de necesidad se ha optado por un sistema con fijación directa

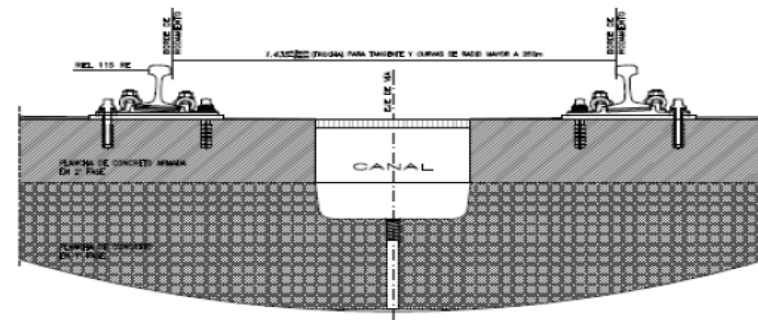
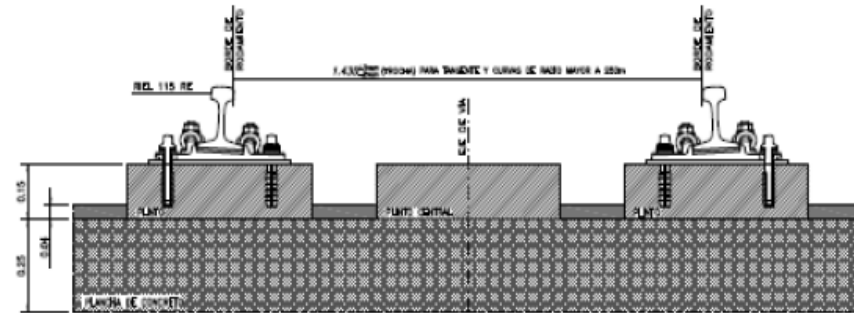


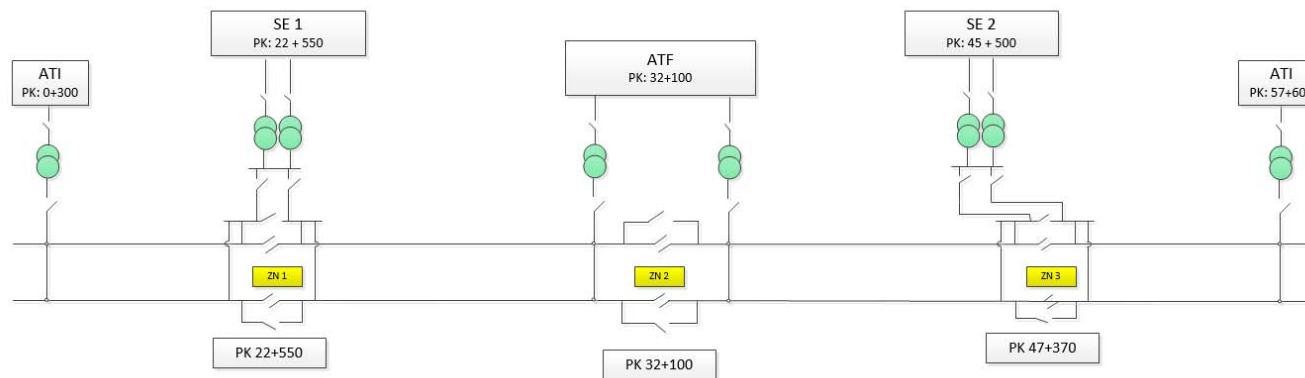
Figura 3-2 Sección tipo en túnel



Sistemas ferroviarios

Electrificación

- Sistema de electrificación 2x25 kV y 60 Hz.
- Dos Subestaciones de Tracción (SET) con doble acometida en 230 kV y dos trafos de 40 MVA
- Dos Centros de Transformación Intermedios (ATI) y un centro de Transformación Final (ATF)
- Catenaria simple formada por un portador, un hilo de contacto, un feeder negativo y cable alimentador de acompañamiento (feeder positivo).
- Catenaria rígida amortiguada en túneles

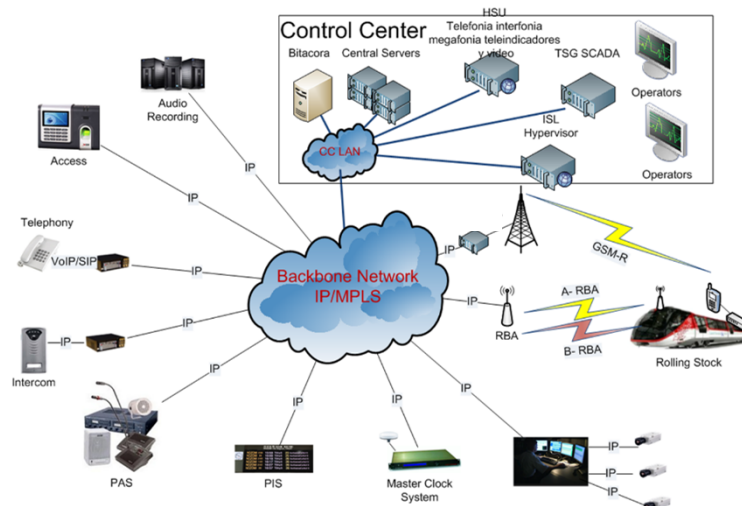




Sistemas ferroviarios

Comunicaciones

- **Sistemas de Comunicaciones:**
 - ✓ Video vigilancia, telefonía, interfonía, sonorización y voceo, teleindicadores, peaje, control de accesos y grabación de audio.
- **Sistemas de Radio Comunicaciones:**
 - ✓ Red GSM-R para comunicación audio con conductor y para sistema señalización ERTMS-2
 - ✓ Red de Banda ancha para: transmisión vídeo embarcado, interfonía embarcada, sonorización y voceo embarcada, servicio información embarcada y supervisión parámetros de tren.
- Red de Comunicaciones IP/MPLS para todos los sistemas de la línea

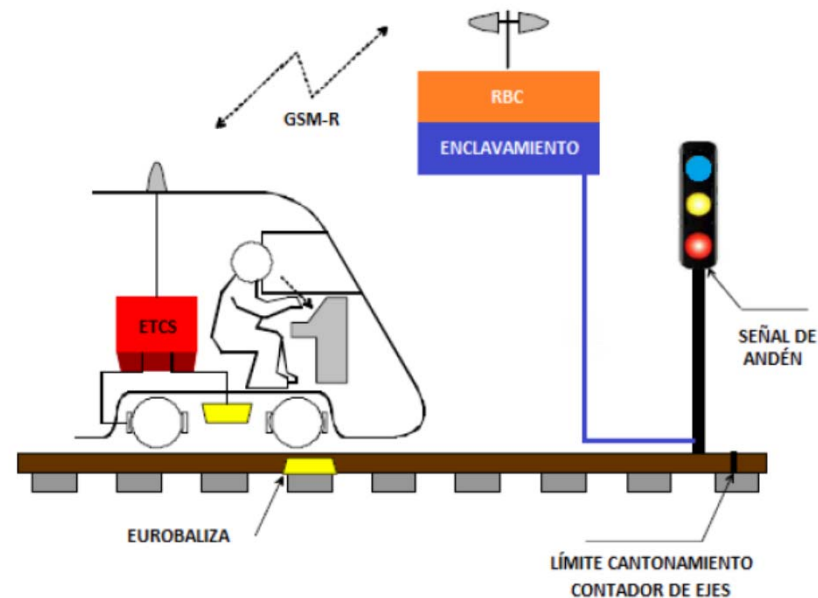




Sistemas ferroviarios

Señalización

- ✓ Sistema ERTMS-2.
- ✓ Diseñado para alcanzar velocidades de hasta 350 km/h y 2'30 de intervalo
- ✓ El equipo de tren monitorea continuamente la posición y la velocidad del tren.
- ✓ El equipo de tierra conoce la posición de los trenes a través de la radio y de los equipos de detección instalados en vía.

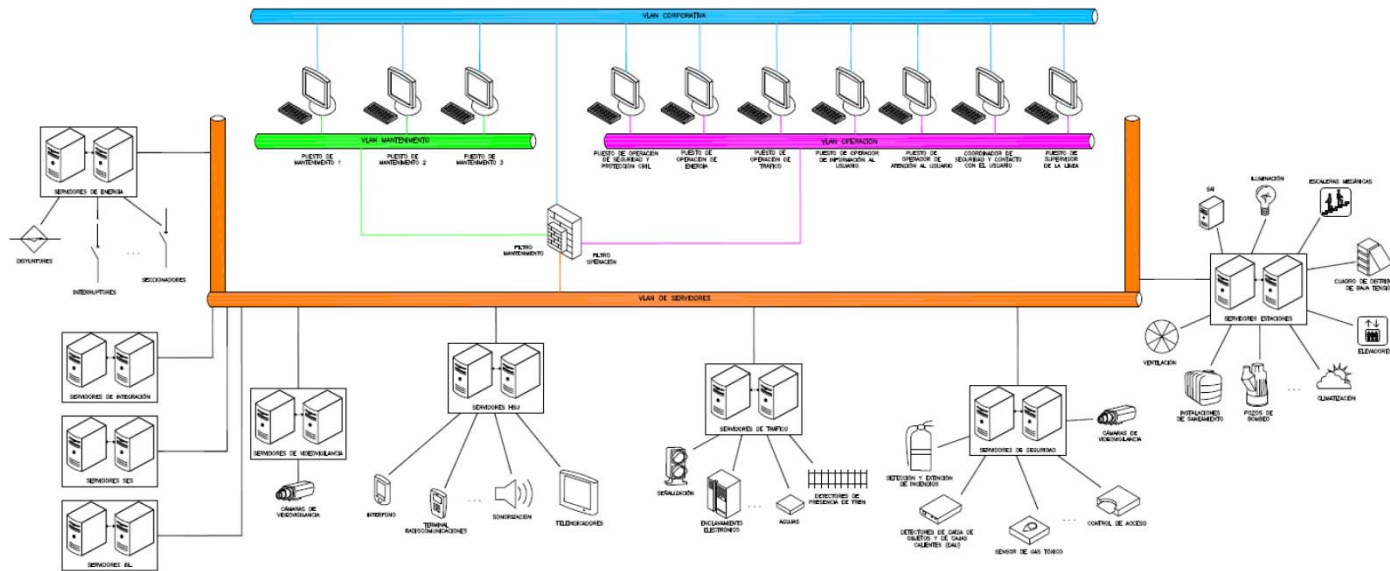




Sistemas ferroviarios

Centro de control

- Telemando Estaciones
- Telemando Energía
- Telemando Tráfico
- Telemando de Seguridad
- Telemando Integrador y de Herramientas Servicio Usuario (Comunicaciones)





Sistemas ferroviarios

Material móvil

- 30 unidades de 5 coches
- Composición: Mc-M-M-M-Mc
- Longitud: 98.978 m
- Número plazas: 711
- Velocidad Máxima: 160 Km/h
- Equipamiento:
 - ✓ Climatización pasajeros
 - ✓ Equipo de Video vigilancia (CCTV) (cámaras frontales y retrovisoras)
 - ✓ Sistema de Información al Viajero, displays interiores e indicador de destino frontal
 - ✓ Espacio disponible para dos sillas de ruedas
 - ✓ Comunicación con tierra mediante red inalámbrica de banda ancha
 - ✓ Radio GSM-R
 - ✓ ERTMS Nivel 2
 - ✓ Sistema de detección de incendios

