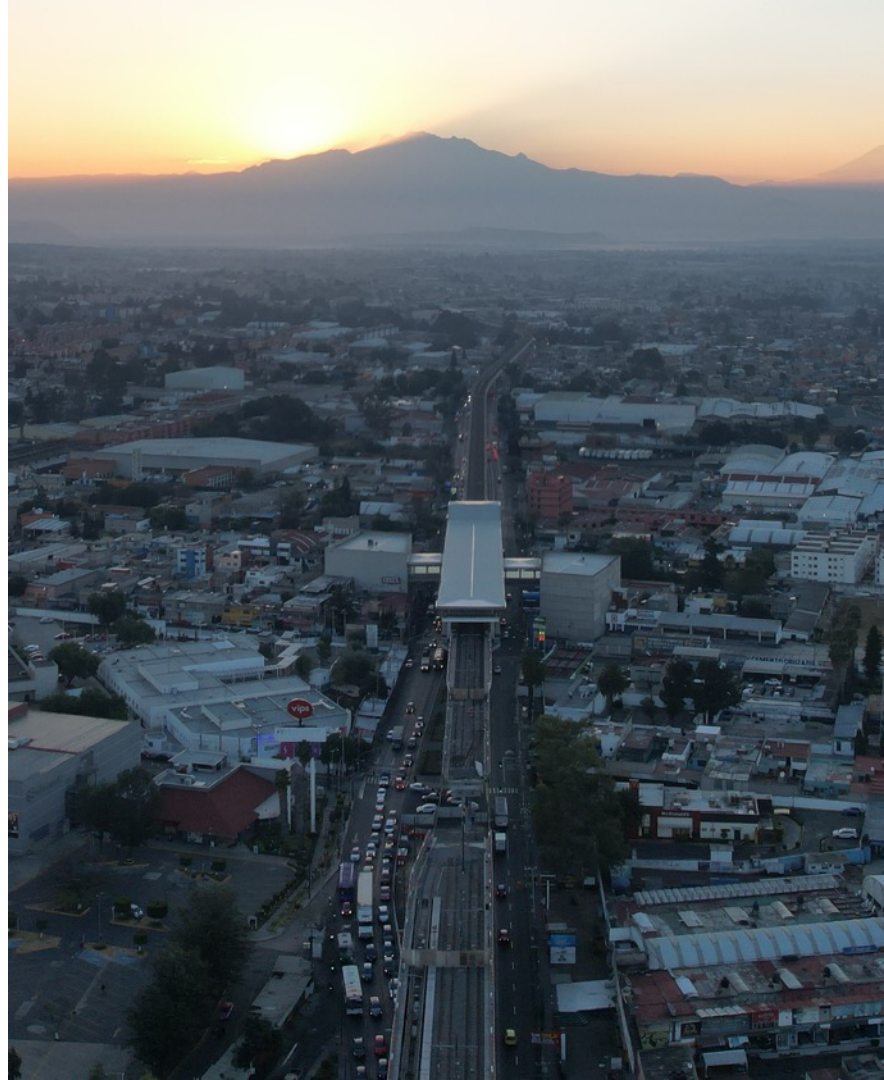


LÍNEA 12

**Rehabilitación, reforzamiento y
puesta en servicio**

7.marzo.2022

El Gobierno de la Ciudad de México ha venido trabajando con el **objetivo de lograr el restablecimiento del servicio de la Línea 12 y garantizar la seguridad en el traslado para los usuarios.**





Durante este tiempo, se han realizado intensos trabajos que permiten contar con el **Programa de rehabilitación, reforzamiento y puesta en servicio de la Línea 12:**

- Estudios
- Desarrollo de proyectos ejecutivos
- Coordinación de empresas de:
 - Ingeniería
 - Construcción
 - Supervisión
- Gestión de la adquisición de materiales y equipos necesarios

Programa de **Rehabilitación y puesta en servicio de la Línea 12**

- El objetivo primordial es **garantizar la seguridad** de la operación e infraestructura de la Línea 12.
- En la preparación y ejecución de estos trabajos han participado los **mejores especialistas nacionales e internacionales**.
- Todos los estudios y documentos que conforman y sustentan las acciones que serán realizadas se encuentran disponibles en la página oficial del Metro:

www.metro.cdmx.gob.mx

**La Línea 12 operará en condiciones
100% seguras.**

Programa de rehabilitación de Línea 12 se integra por dos tramos de acuerdo a características de su estructura.

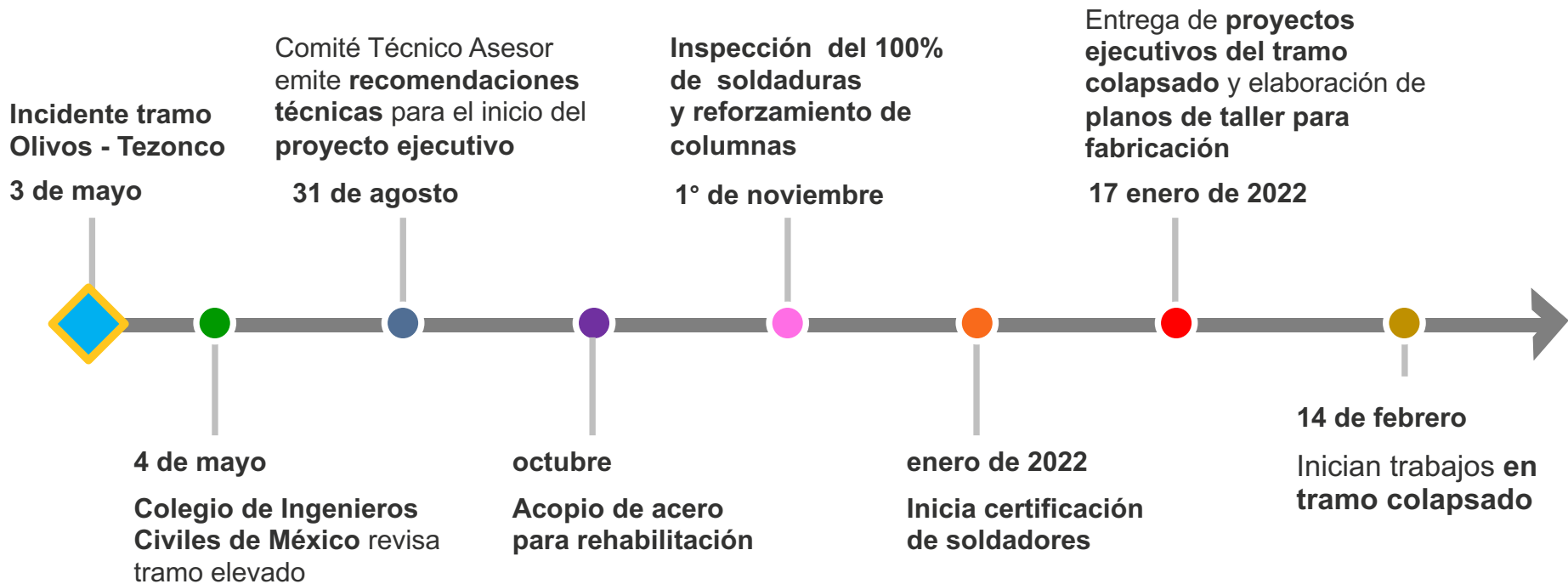


Tramo Elevado

Rehabilitación, reforzamiento y
puesta en servicio de la Línea 12

Acciones y avances

Línea del tiempo: Principales acciones del tramo elevado



Se realizaron los estudios necesarios para definir las acciones de rehabilitación y contar con las bases para el proyecto ejecutivo

Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM)

- Inspección física del estado del viaducto elevado.

Comité Técnico Asesor (CTA), conformado por los mejores ingenieros en estructuras, geotecnia y vías para diseñar la rehabilitación de la Línea 12.

- Revisión de memorias de cálculo y proyecto originales
- Revisión detallada de la estructura
- Estudios geotécnicos

Universidad Autónoma de Nuevo León

- Inspección del 100% de soldaduras mediante partículas magnéticas en líquidos penetrantes.



Características del tramo elevado metálico

Entre estaciones
Lomas Estrella y
Zapotitlán

- Estructura metálica: 6.7 km

CTA recomienda reforzar la estructura para cumplir con el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente.

Características de la estructura Metálica (6.7 km)



- **258 claros** (trabes soportadas por 2 columnas).
- **Tipos diferentes de claros por:**
 - Longitud, altura
 - Apoyo entre columnas
 - Interferencias y obstáculos del entorno

Programa de rehabilitación de la Línea 12

Acciones del tramo elevado

- **Elaboración de Proyecto ejecutivo basado en características geométricas específicas y espaciales de cada tramo.**
- **Reconstrucción integral del tramo que colapsado.**
- **Todo el reforzamiento de la estructura metálica del tramo elevado dará cumplimiento estricto al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, 2017 (vigente actualmente).**

Proyecto ejecutivo a cargo del Comité Técnico Asesor

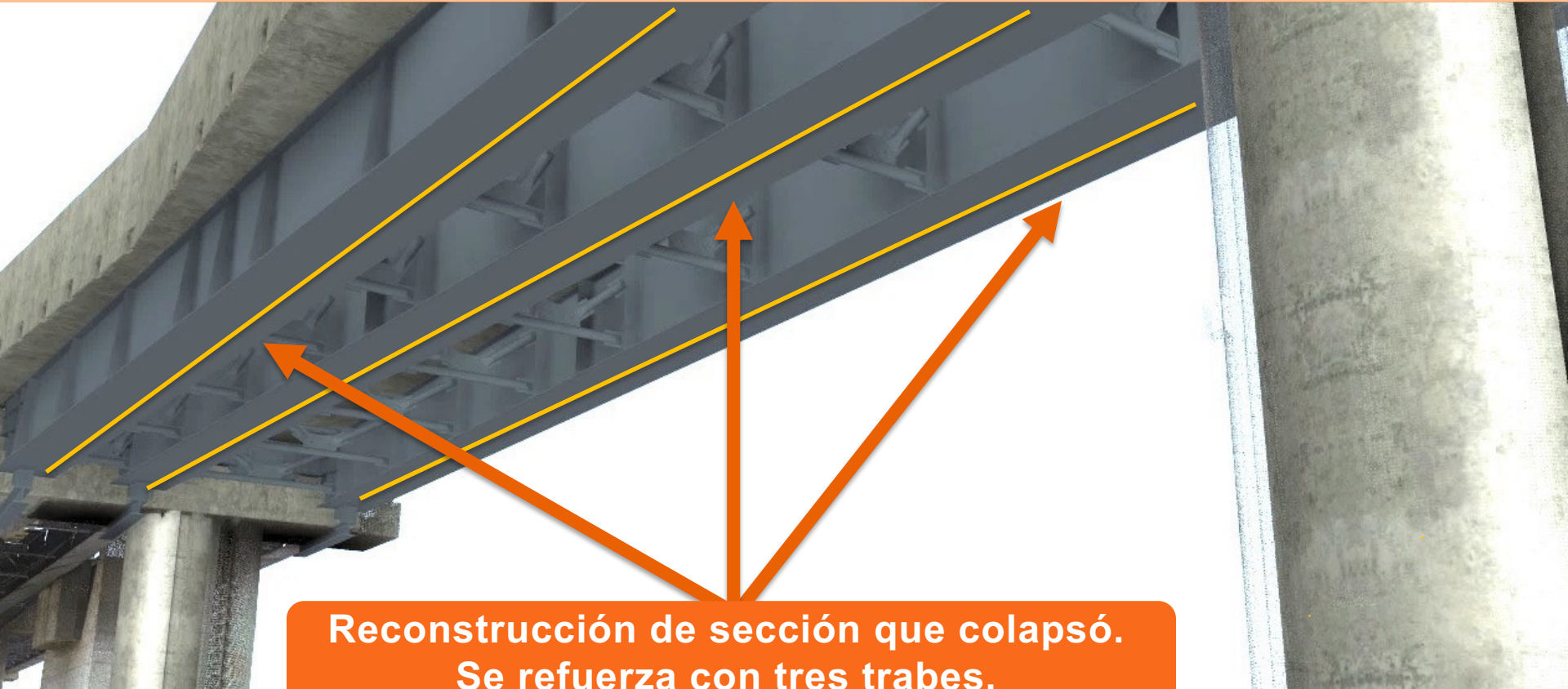
Componentes:

1. Proyecto de reconstrucción del tramo colapsado.
2. Proyecto de reforzamiento de la estructura metálica:
 - El proyecto de la estructura metálica consiste en soluciones específicas por tramo y claro.
3. Proyecto de reforzamiento de columnas.
4. Especificación de materiales y soldaduras.



Reconstrucción del tramo colapsado

Proyecto concluido y estructuras de reforzamiento en fabricación.



**Reconstrucción de sección que colapsó.
Se refuerza con tres traves.**

Reconstrucción del tramo colapsado

Actualmente trabajos preliminares en la zona y habilitado de material.

Reconstrucción entre febrero y junio de 2022



Reconstrucción del tramo colapsado



Desmontaje y reforzamiento de la sección simétrica

De acuerdo con el proyecto de reforzamiento elaborado por el Comité Técnico Asesor.



Desmontaje y reforzamiento de la sección simétrica

De acuerdo con el proyecto de reforzamiento elaborado por el Comité Técnico Asesor.



Desmontaje y reforzamiento de la sección simétrica

Se cuenta con el proyecto ejecutivo y será realizado por SOBSE
Reconstrucción con base en los mismos criterios del tramo que colapsó.



Desmontaje y reforzamiento.

Reforzamiento de la estructura metálica del tramo elevado

Garantizará el cumplimiento del Reglamento de Construcciones del Distrito federal 2017 (actualmente vigente)

Consiste en:

1. Reforzamiento de columnas para aumentar su capacidad de carga.
2. Reforzamiento de la estructura existente mediante una estructura adicional de soporte con base en puntales, diafragmas y tensores.

Reforzamiento de la estructura metálica del tramo elevado



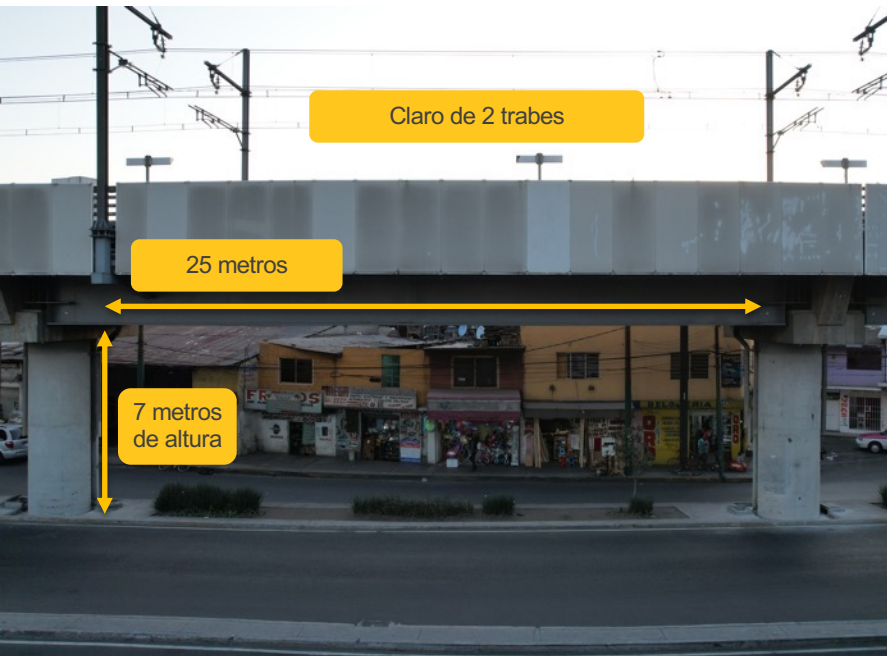
Tramos y claros presentan características particulares (alturas, longitudes y obstáculos, entre otros)



Altura de columnas			Longitud de traves		
Estación Olivos	OLV-5	7.80	Estación Olivos	OLV-5	19.00
	OLV-6	7.80		OLV-6	19.00
	OLV-7	8.00		OLV-7	19.00
	OLV-8	8.00		OLV-8	18.70
Tramo Olivos - Tezonco	OLV-9	8.00	Tramo Olivos - Tezonco	OLV-9	27.35
	OLV-10	8.00		OLV-10	22.40
	OLV-11	8.00		OLV-11	27.30
	OLV-12	8.00		OLV-12	Zona cero
	OLV-13	8.00		OLV-13	22.20
	OLV-14	8.40		OLV-14	22.00
	OLV-15	8.40		OLV-15	27.00
	OLV-16	8.30		OLV-16	27.00
	OLV-17	8.40		OLV-17	27.00
	OLV-18	8.10		OLV-18	27.00
	OLV-19	7.80		OLV-19	27.00
	OLV-20	7.00		OLV-20	27.00
	OLV-21	6.80		OLV-21	27.20
	OLV-22	6.20		OLV-22	27.25
	OLV-23	5.60		OLV-23	27.30
	OLV-24	5.30		OLV-24	27.10
Estación Tezonco	TEN-01	5.45	Estación Tezonco	TEN-01	19.00
	TEN-02	5.55		TEN-02	19.00
	TEN-03	5.76		TEN-03	19.00
				TEN-04	19.00

Claros

Tezonco- Periférico Oriente



Tezonco- Olivos

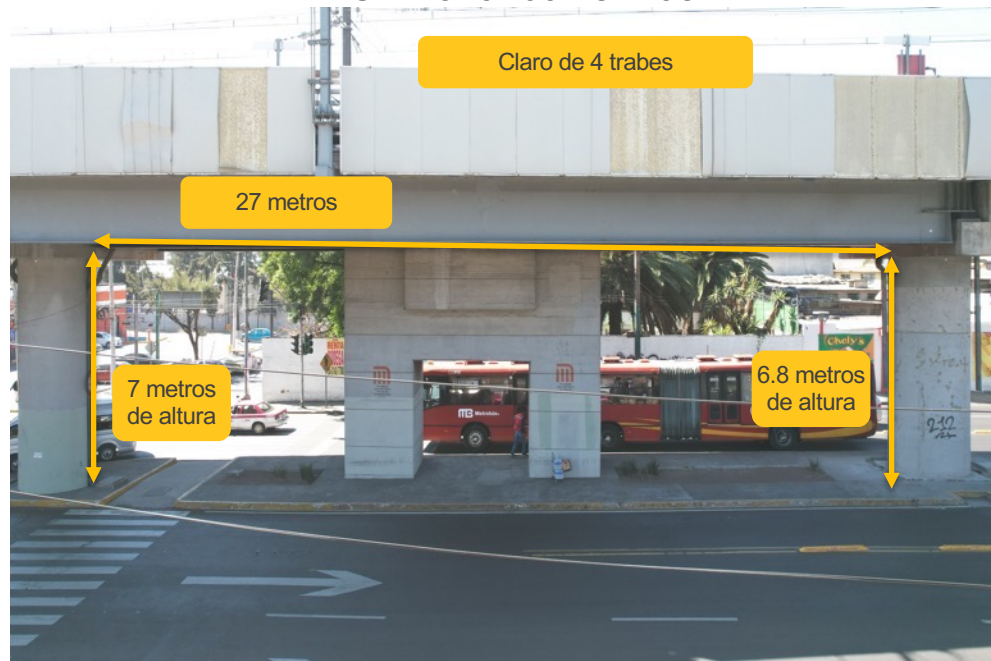


Claros

SR Zapotitlán-Nopalera



SR Tezonco- Olivos



Claros

Curva 12, Zapotitlán Nopalera



Periférico Oriente



Claros en vialidad

Periférico Oriente - Calle Once

Claro de 4 traves

29 metros

14 metros
de altura



Claros en estaciones

Estación Periférico Oriente

Estación con 8 columnas metálicas

19 metros

19 metros

7 metros
de altura

7 metros
de altura



Claros en estaciones

Estación Tezonco

Estación con 8 columnas circulares

19 metros

5.5 metros
de altura





Reforzamiento de columnas

Encamisado de fibra de carbono permite aumentar la capacidad de carga

Periodo de ejecución:
noviembre de 2021-
julio de 2022

Se han reforzado 96 de
152 columnas

Avance: 46%



Material de refuerzo de estructura

- Acopio de **13,000** toneladas de acero (diciembre 2021)
- Compra y suministro de **9 mil toneladas de acero**
- Se realiza preparación de material para reforzamiento

Estructura será reforzada
con más de
20,000 toneladas
de acero

Certificación de soldadores

Enero a mayo de 2022

320 soldadores certificados

Trabajarán en la rehabilitación y el reforzamiento del tramo elevado.



Director Responsable de Obra (DRO) y Corresponsable de Seguridad Estructural (CSE) supervisan y validan el cumplimiento normativo de los trabajos

En cumplimiento del Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México estos auxiliares de la administración pública realizan **revisión, validación y autorización de todos los procesos de la obra:**

- Proyecto ejecutivo
- Planos de taller
- Características, materiales y procedimientos
- Ejecución y calidad de los trabajos

Para garantizar la independencia de la supervisión GCDMX contrata DRO y CSE con recursos aportados por CAF.

Programa de rehabilitación de la Línea 12

Participación en el tramo elevado

 Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C.	Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM)	Inspecciones y recomendaciones.
Comité Técnico Asesor (CTA)		Proyecto ejecutivo.
 UANL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN	Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)	Inspección de soldaduras y supervisión de los trabajos de rehabilitación y refuerzo.
CICSA		Reconstrucción de tramo colapsado. Refuerzo de estructura metálica y columnas para cumplimiento de Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente
 GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	Gobierno de la Ciudad de México	Contrata con recursos aportados por CAF: - Proyecto Ejecutivo tramo elevado. - Supervisión (UANL), DRO y CSE. - TÜV Rheinland empresa de certificación.

Tramo Subterráneo

Rehabilitación y puesta en
servicio de la Línea 12

Acciones y avances

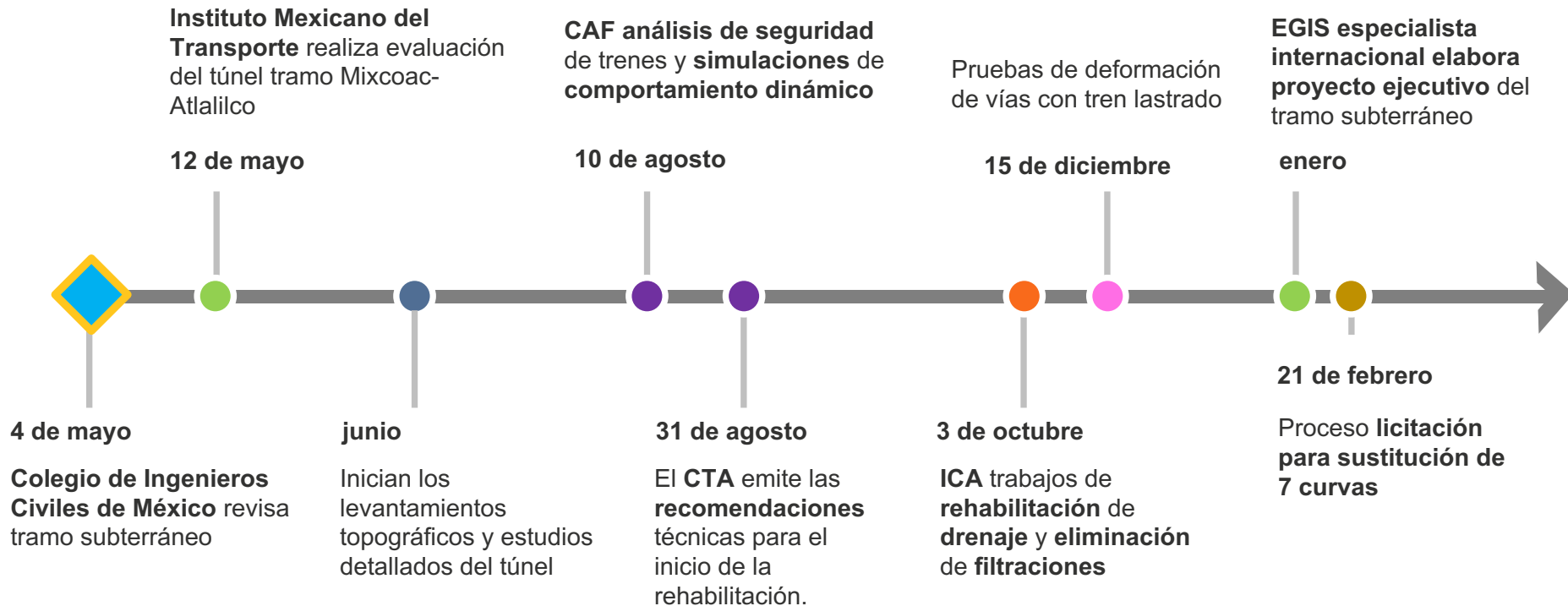
Tramo subterráneo

El servicio no puede restablecerse debido a la interrupción del paso de los trenes hacia talleres en Tláhuac.

Se utiliza el tiempo para **estudiar a profundidad el tramo subterráneo y mejorar sus condiciones.**



Línea del tiempo: Principales acciones del tramo subterráneo



Estudio detallado de las condiciones actuales del túnel

Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM)

- Estudio geotécnico estructural del túnel

Instituto Mexicano del Transporte (IMT)

- Levantamientos con ultrasonido, escáner vectorial, y pruebas de laboratorio a materiales.

Especialistas geotécnicos independientes:

- Dictamen geotécnicos- estructurales del túnel
- Pruebas dinámicas a vías mediante tren lastrado

ICA

- Levantamiento de filtraciones, aforos de cárcamos
- Estudios al sistema de drenaje
- Excavación en vías y sondeos de materiales
- Muestreos y pruebas laboratorio en materiales en balasto y relleno del túnel
- Prueba de placa
- Topografía de vía

Comité técnico Asesor (CTA)

- Dictámenes geotécnicos- estructurales del túnel
- Análisis de la información recolectada

Características del tramo subterráneo

Entre estaciones:
Atlalilco y Mixcoac

= 9 estaciones =



Se revisó detalladamente el tramo subterráneo:
La estructura del túnel es segura ante sismos o
movimientos del suelo



Condiciones del tramo subterráneo

- Humedad y filtraciones en 30% del tramo
- Tres tramos con 7 curvas cerradas (radios menores a 500 metros) que deberán mejorarse y sustituirse por material de mayor dureza

Programa de rehabilitación de la Línea 12

Acciones del tramo subterráneo

- **Rehabilitación integral del sistema de drenaje, bombeo y captación de aguas.**
- **Mejoramiento y sustitución con materiales de mayor dureza en 7 curvas de radios menores a 500 metros.**

Rehabilitación integral del sistema de drenaje, bombeo y captación de aguas

Se realiza conforme al proyecto ejecutivo y especificaciones desarrolladas por el Comité Técnico Asesor

Ejecutor:



Rehabilitación integral del sistema de drenaje, bombeo y captación de aguas

Periodo de ejecución: Octubre de 2021 – abril de 2022



Trabajos que se llevan a cabo:

- Sellado de 165 zonas con filtraciones de agua
- Reforzamiento de equipo de bombeo en 10 puntos
- Eliminación de ingreso de agua por salidas de emergencia y rejillas de ventilación en vialidad
- Desazolve y mejoramiento de la red de drenaje en 11 km del túnel
- Construcción de 5 nuevos cárcamos

Rehabilitación cárcamos, bombeo, registros y drenaje



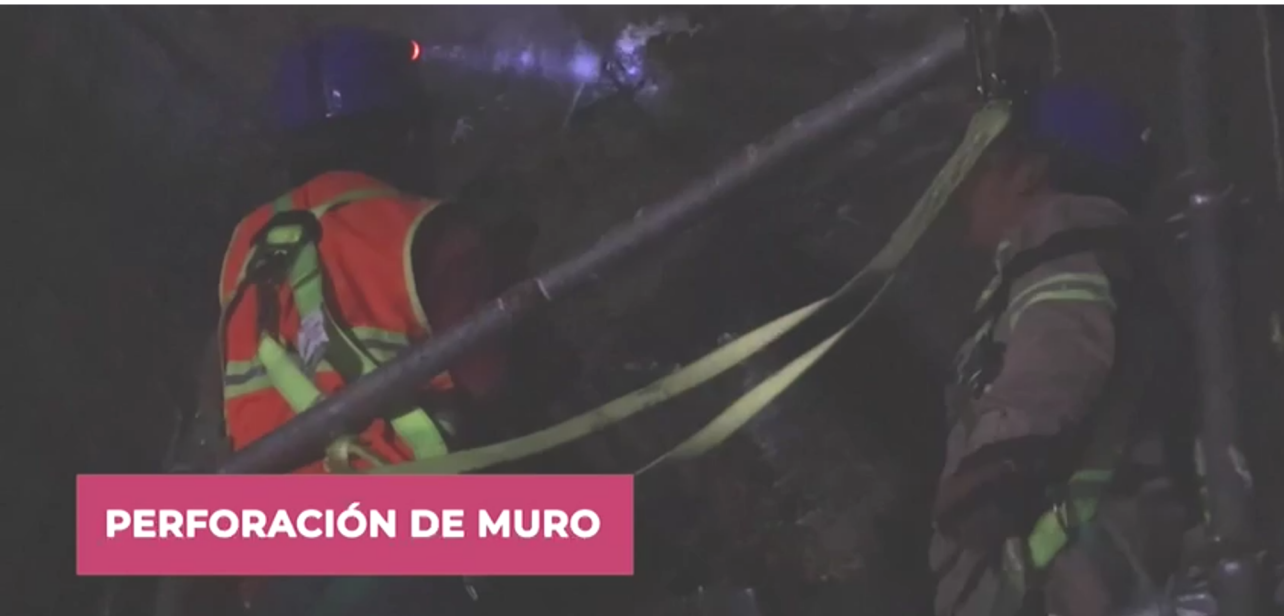
Desazolve de 11 km de drenaje y 100% de los registros

Concluido: Febrero de 2022

Construcción de 6 cárcamos adicionales
Incremento de la capacidad y cantidad de equipos de bombeo

Periodo de ejecución: Enero - abril 2022

Rehabilitación de filtraciones



PERFORACIÓN DE MURO

Sellado de:
165 zonas con
filtraciones de agua

Conclusión:
marzo de 2022

TRAMO SUBTERRÁNEO 11.9 km

Zapata - Parque de los Venados

Parque de los Venados – Eje Central

Mexicaltzingo - Atlalilco

ANILLO PERIFÉRICO

12

AV. REVOLUCIÓN



Mixcoac



Insurgentes
Sur



Hospital 20
de Noviembre



Zapata



Parque de los
Venados



Eje Central



Ermita



Mexicaltzingo



Atlalilco

Mejoramiento de 7 curvas en 3 tramos del túnel

Mejoramiento y sustitución de 7 curvas de radios menores a 500 metros con materiales de mayor dureza

- Recomendado por el CTA y especialistas de vías.
- Se contrató a Grupo EGIS realiza:
 - Diagnóstico y evaluación integral de toda la Línea
 - **Proyecto ejecutivo** del sistema de vía del **tramo subterráneo**
 - **Verificación, evaluación y puesta en marcha** de la totalidad de la línea

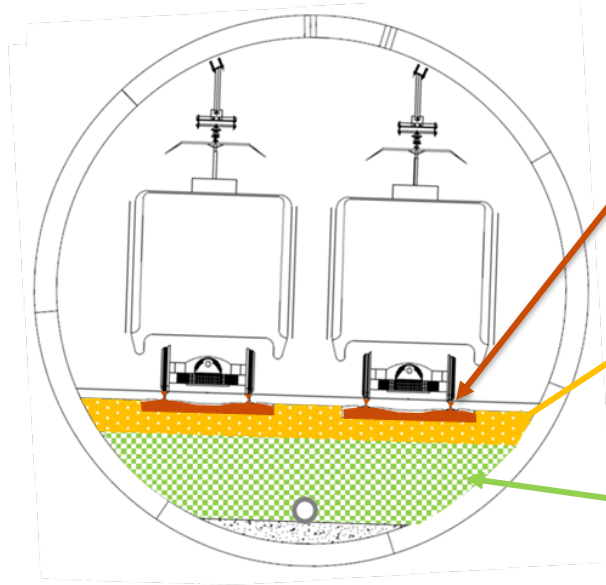


Experto internacional en ingeniería de sistemas ferroviarios y Metros.

Intervención que permitirá la reducción de los altos costos de mantenimiento.

Reemplazo de vías en tramos de 7 curvas con radios menores a 500 metros.

- Zapata – Parque de los venados
- Parque de los venados – Eje Central
- Mexicaltzingo – Atlalilco



Sustitución de durmientes, fijaciones y riel de **mayor dureza** y **ajuste de sobrelevación y peralte**

Cambio balasto de mayor dureza y granulometría para evitar deformaciones

Mejoramiento de subbase para una mayor resistencia a la humedad y evitar deformaciones

Programa de rehabilitación de la línea 12

Participación en el tramo subterráneo

Comité Técnico Asesor (CTA)	Proyecto ejecutivo de drenaje, cárcamos, captación de agua y equipos de bombeo
 Ingenieros Civiles Asociados (ICA)	Rehabilitación integral del sistema de drenaje, bombeo y captación de aguas
 Grupo EGIS	- Diagnóstico y evaluación complementario - Proyecto ejecutivo del sistema de vía del tramo subterráneo - Verificación y acompañamiento para puesta en marcha
Experto ferroviario <i>(por definir en licitación)</i>	Reemplazo de vías en los tramos curvos de radios menores a 500 metros
  GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	Contrata con recursos aportados por CAF: - Proyecto ejecutivo de vías (EGIS) y ejecución de trabajos. - Supervisión, DRO y CSE. - TÜV Rheinland empresa de certificación.

Verificación de la seguridad de los trenes

Julio - septiembre de 2022

Se realizaron los análisis de seguridad de circulación de trenes:

- Simulación de marcha de trenes
- Pruebas dinámicas con trenes equipados con cámaras

y se emitió:

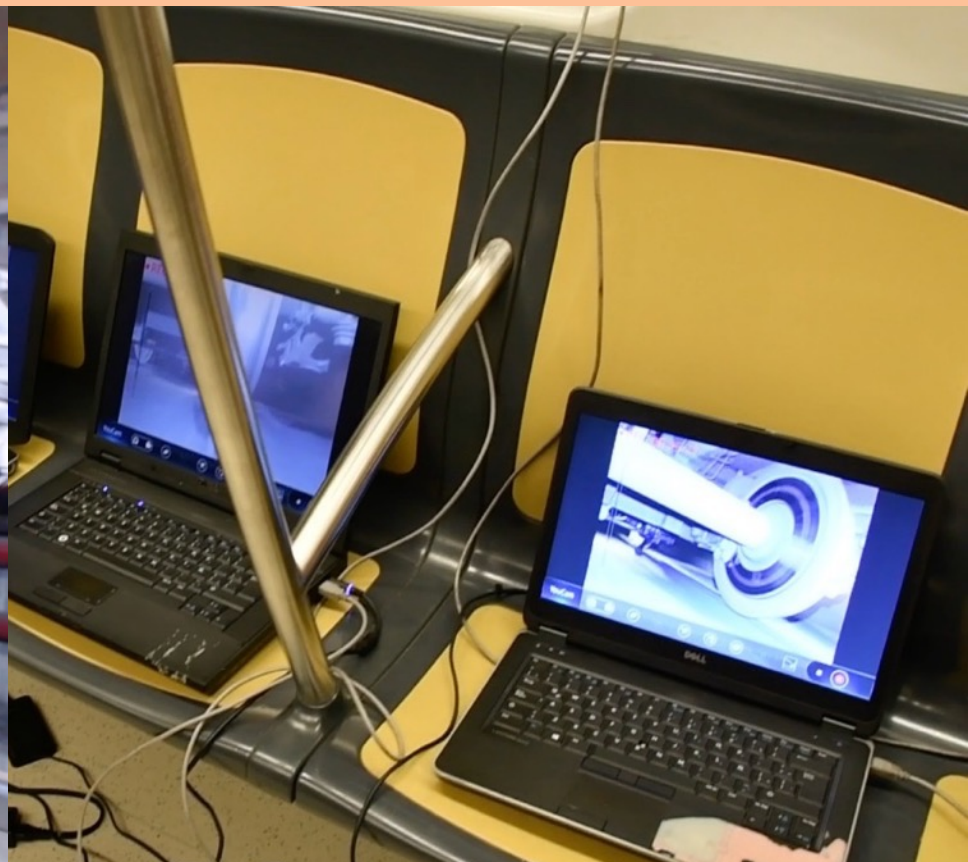
- **Certificación de circulación de trenes**
- **Garantía de cumplimiento en el mantenimiento de los trenes**



Empresa fabricantes de trenes

Pruebas dinámicas con trenes

Garantizan la seguridad en la operación al contar con certificación de seguridad de marcha y mantenimiento de los trenes y sus componentes



Integridad del sistema de señalización y pilotaje automático



La empresa proveedora del sistema de señalización y pilotaje automático se encargará de:

- Reposición equipos y garantizar la funcionalidad operativa en el tramo colapsado.
- Calibración y puesta en marcha de los sistemas de señalización, pilotaje automático y funcionalidad operativa de toda la Línea, previo al inicio de operación

Evaluación integral de seguridad

TÜV Rheinland se encargará de la:

Evaluación funcional de seguridad

de **toda la Línea** durante las diferentes **fases** de **proyecto, construcción y puesta en marcha** a través de la **verificación de seguridad** de seis subsistemas:

- Obra civil
- Vía
- Sistema eléctricos y electrónicos
- Trenes
- Señalización y comunicaciones
- Centro de Control Operacional



Empresa internacional de
certificación.

Programa general de trabajo



LÍNEA 12

**Rehabilitación, reforzamiento y
puesta en servicio**