



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS ACTUALIZADO DEL TREN INTERURBANO MÉXICO-
TOLUCA**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN VIAS TERRESTRES

PRESENTA:

ING. MIGUEL EMILIO MALDONADO GODOY

DIRECTOR DE TESINA: M. EN C. ALEJANDRO ÁLVAREZ REYES

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

MARZO, 2019

Índice de Contenido

Capítulo I.- Introducción	1
I.1. Objetivos del trabajo	3
I.2. Antecedentes históricos	4
I.3. Descripción del proyecto	8
I.4. Enfoque de anteproyecto y primeras planeaciones	14
I.5. Modificaciones y trazo actual del proyecto	16
I.6. Tejido urbano existente	18
I.7. Situación actual del proyecto	23
Capítulo II.- Diseño técnico del tren interurbano	27
II.1. Superficie del proyecto	27
II.1.1 Hidrología	27
II.1.2. Geología	28
II.2. Sistema de Vías	28
II.2.1. Viaductos ferroviarios	29
II.3. Túnel ferroviario	34
II.3.1. Túnel artificial en zona de autopista	35
Capítulo III.- Sistemas ferroviarios	38
III.1. Superestructura de vía	38
III.1.1 Electrificación	38
III.1.2. Señalización	40
III.1.3. Material móvil	41
III.2. Instalaciones en talleres y depósitos	42
III.2.1. Función de las instalaciones	44
III.2.2. Control de patios y talleres	44
III.2.3. Zonas de transferencia	47
III.3. Puesto de Control (PCC)	47
III.4. Talleres de mantenimiento de material rodante	49
III.5. Instalaciones especiales	50
III.5.1. Servicios necesarios	50
Capítulo IV. Afectación al medio ambiente	51
IV.1. Visión general	51
IV.2- Alteraciones al medio debidas a la Obra	55
IV.3. Medidas de mitigación	57
IV.4. Acciones de mitigación en operación	61
IV.5. Materiales seleccionados y su relación al medio ambiente	62
Capítulo V.- Análisis FODA	65
V.1. Debilidades	65
V.2. Amenazas	66
V.3. Fortalezas	67
V.4. Oportunidades	68

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones
Capítulo VII. Bibliografía

69
75

I. Introducción

En nuestro país el sistema de transporte por ferrocarril para pasajeros es prácticamente inexistente, en la mayoría de los casos el uso de este medio se aplica para la carga; son pocos los casos en los que el tren sirve de medio de comunicación para pasajeros.

El rasgo más sobresaliente de los ferrocarriles mexicanos en la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI ha sido su declive como modo de transporte, como empresa y como factor de crecimiento. Se ven como causas primarias de esto a factores externos e internos al sector ferroviario. Se considera que dos de los factores asociados con el fenómeno no guardan una relación causal con él: la competencia de las carreteras y una visión política de preferencia para el auto transporte. El transporte ferroviario tiene un enfoque más apuntado hacia el transporte de carga y se ve reflejado en el desarrollo económico del país.

En la actualidad se tienen importantes trenes de pasajeros pero en comparación con el transporte aéreo o terrestre por carretera se sigue viendo rebasado, en muchos de los casos el transporte ferroviario para pasajeros se usa como un medio de turismo más que de movilidad.

Uno de los proyectos de trenes de pasajeros en México en los últimos años es la recuperación de vías para la conectividad con el estado de México, dicho sistema, denominado “Sistema 1 de Tren Suburbano” tiene su origen en la antigua estación de trenes de Buenavista y llega a su similar ubicada en el centro de Cuautitlán Izcalli, municipio del Estado de México, ubicado al norte de la capital del país. Este sistema se mantiene operando con relativa importancia.

Otro proyecto de relevancia para el transporte de pasajeros mediante sistema ferroviario de pasajeros fue el tren de México-Querétaro, dicho proyecto fue cancelado por aspectos relacionados con la licitación en la que se demostraron conflictos de interés con constructoras chinas, por ello se retrasó y posteriormente suspendió la obra, con la suma de un pago de 23 millones de pesos por resarcimiento de contratos.

En este mismo sexenio se inició con el proyecto del tren interurbano México-Toluca.

El proyecto que compete a este trabajo se denomina por sus características “Construcción el Tren Interurbano Toluca-Valle de México”. Para abreviar se utilizará de manera indistinta “Tren Interurbano Toluca-Valle de México”, o las siglas “TITV”.

El análisis del proyecto se realizó de conformidad con la Novena Decisión contenida en el Discurso del Presidente de la República, Lic. Enrique Peña Nieto, emitido durante su toma de posesión, en este se ordenó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, impulsar el proyecto de construcción del tren México-Toluca.

Asimismo, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, establece dentro de su Meta Nacional “México Próspero”, el objetivo 4.2 “Democratizar el acceso al financiamiento de proyectos con potencial de crecimiento” mismo que de conformidad con la estrategia 4.2.5, se busca “Promover la participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura, articulando la participación de los gobiernos estatales y municipales para impulsar proyectos de alto beneficio social que contribuyan a incrementar la cobertura y calidad de la infraestructura necesaria para elevar la productividad de la economía”, asimismo, dentro de sus líneas de acción se prevé el apoyo para el desarrollo de infraestructura con una visión de largo plazo, basada en tres ejes rectores i) desarrollo regional equilibrado, ii) desarrollo urbano y iii) conectividad logística”.

Por su parte, el objetivo 4.9 “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” contempla como líneas de acción dentro de la estrategia 4.9.1 “Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia”, el fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumentar la competitividad derivada de una mayor interconectividad, así como evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas, entre otros.

Una vez presentados los antecedentes de puesta en marcha del tren México-Toluca y objetivos con los que se inició y dio a conocer la realización de dicha obra por parte del gobierno frente a la sociedad será competente detallar el objetivo de ejecución de la Obra en cuestión y las afectaciones al transporte de pasajeros en la Ciudad de México y Toluca.

El TITV, tiene como objetivo principal atender la problemática de transporte que se presenta en el corredor que abarca la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, el tramo interurbano que se conecta mediante la carretera federal 15 y 15 D y hacia la Ciudad de Toluca desde la Ciudad de México y la zona de Santa Fe que se encuentra en la entrada de la Ciudad.

El proyecto consiste en un servicio de transporte de alta capacidad de tipo ferroviario interurbano, que constituye una alternativa superior de transporte de pasajeros segura, rápida, cómoda, accesible en precio y ecológicamente sustentable.

Si bien en este trabajo se presentaran los fundamentos básicos para la creación y puesta en marcha de la construcción del tren, es importante hacer notar el impacto que tendrá y está teniendo el desarrollo y operación del tren en la sociedad mexicana y más específicamente en la sociedad del Valle de México y sus alrededores.

I.1. Objetivos del trabajo

El presente trabajo se realiza con la intención de realizar un estudio puntual acerca de los posibles escenarios que abarcará la implementación del tren y como afectará a la ciudadanía en el supuesto de puesta de arranque de pruebas para operar y como es que el desarrollo de un proyecto afecta a la visión que la ciudadanía y gobierno tienen de este.

Es considerablemente uno de los proyectos más ambiciosos de la presente y nueva administración, es por ello que considerando la puesta en marcha el análisis será capaz de dar un enfoque más personal y ciudadano del funcionamiento.

Se ampliará el estudio realizando comparaciones de diferentes escenarios en los que se podría desarrollar, es importante mencionar que de esta manera se podrá definir de una manera mejor la manera en la que se pondrá en marcha, partiendo del supuesto que están planteados los periodos de pruebas.

Es con base al desarrollo de este proyecto que como estudiante de la especialidad de vías terrestres podrá ser capaz de verme participe de un análisis que involucra al país y poder apoyar en aspectos normativos y de control de calidad para poder crear Sistemas

de gestión de calidad y evitar que errores como los presentados en la puesta en marcha del proyecto se presenten otra vez.

I.2. Antecedentes históricos

En sus inicios, en la última parte del Siglo XIX y principios del XX, los ferrocarriles fueron factor fundamental en la configuración territorial y distribución urbana de la población, el fortalecimiento del mercado interno, la incorporación del país al mercado internacional, la integración social de sus habitantes y la consolidación política de la nación.

El primer contrato para construir un ferrocarril en México se firmó en la década de 1830 y entre 1837 y 1870 se otorgaron 41 concesiones para construir líneas de ferrocarril, siendo sólo un porcentaje mínimo lo que se construyó.

Entre 1940 y 1980 tiene lugar una prolongada e importante etapa. Los ferrocarriles mexicanos se modernizan y crecen aceleradamente, en apoyo al modelo de industrialización con estabilidad de precios. Sin embargo, en ese lapso se sientan las bases de su deterioro progresivo debido al empleo de tarifas subsidiadas en los servicios de carga y pasajeros, al aumento de personal, a la baja productividad y a la deficiente gestión administrativa de la empresa por parte del gobierno.

En la década de 1980 inicia la crisis de los Ferrocarriles Nacionales de México (FNM), se acumula un enorme endeudamiento, el déficit financiero aumenta y los subsidios son permanentes; en promedio, los FNM recibieron un subsidio de 400 millones de dólares al año durante los 20 años previos a la privatización (Andalón y López-Calva, 2003).

El transporte de carga por ferrocarril bajo la gestión de los FNM tuvo su punto culminante en el año 1984, en el que movilizó 64.119 millones de toneladas, lo que significó un aumento medio anual del 3.1% a lo largo de 34 años en el período 1950-1984; no obstante, en los siete años siguientes tuvo una caída de 38.2% por lo que en 1991 solamente transportó 46.405 toneladas de carga.

En este contexto, el gobierno estableció entre 1990 y 1994 el programa de cambio estructural de los FNM con el objetivo de racionalizar el uso de los recursos y externalizar

al sector privado, dentro del marco legal vigente, algunas actividades conexas y complementarias a la operación ferroviaria. Estas medidas permitieron reducir sustancialmente el personal activo de los FNM, modificar el contrato colectivo de los trabajadores, realizar el mantenimiento de las vías por contrato, externalizar el servicio de talleres, suprimir los servicios más improductivos y modernizar las operaciones ferroviarias.

Con la implementación del programa de cambio estructural se mejoró nuevamente el movimiento de carga con lo que el sector privado recibió durante el proceso de concesión en 1996 una empresa parcialmente saneada, ya que en ese año se transportaron 58.831 toneladas.

A partir de la concesión de los ferrocarriles al sector privado se detonó el movimiento de mercancías por este medio de transporte; en casi veinte años de administración privada se han duplicado las toneladas de carga transportadas al igual que las toneladas-kilómetro movilizadas por este medio. En el período 1996-2015 el transporte de carga en el ferrocarril concesionado creció a un tasa media anual del 3.8% y las toneladas-kilómetro al 3.7%.

Por otra parte, el transporte interurbano de pasajeros presentó su nivel máximo en 1970, cuando se trasladaron más de 37 millones de pasajeros; sin embargo, a partir de ese año el movimiento de pasajeros por ferrocarril comenzó a disminuir significativamente a una tasa media anual del 6.8% en el período 1970-1996. Con la concesión, el transporte de pasajeros entre ciudades prácticamente se acabó, tan sólo en el período 1996-2000 el número de pasajeros movilizadas por ferrocarril se redujo en veinte veces al pasar de 6.717 millones de pasajeros transportados en 1996 a solamente 0.334 millones de pasajeros en el año 2000.

De este modo, en lo que va del actual siglo XXI se ha mantenido ésta tendencia con un promedio anual de 0.239 millones de pasajeros (SCT, 2016).

Otra característica de la gestión de los FNM fue el exceso de personal, tanto obrero como administrativo, tan solo en la década de 1980-1990 el promedio anual de trabajadores en

activo fue de 80,637. En 1990 se alcanza el mayor número de trabajadores activos de la empresa (83,290) que sumado al personal jubilado (41,291) arroja un total de 125,211 trabajadores. A partir de este año, con la implantación del programa de cambio estructural comienza una importante reducción de los trabajadores en activo, al inicio del proceso de concesión en 1996 el personal en activo era de 45,544 y para el año 2000 de solamente 15,184 trabajadores.

Adicionalmente, en 1995 los indicadores de productividad eran bajos en relación con los de otros países. Por ejemplo, en los ferrocarriles de Estados Unidos en comparación con los FNM: el ingreso por empleado era trece veces mayor; el número de trabajadores por kilómetro de vía, menor a la mitad; la densidad de tráfico medida en millones de toneladas por kilómetro de vía, seis veces superior; la carga arrastrada por las locomotoras y por los carros de ferrocarril, tres veces mayor; y, el consumo de combustible, menor a la mitad.

Durante buena parte del siglo XX se consideraba que el sector ferroviario era de uso exclusivo del Estado. Por tal motivo, en la mayoría de los países existían empresas estatales que funcionaban como monopolios operando cada parte de la industria (la infraestructura, la red ferroviaria, las estaciones y los trenes).

Este esquema de organización industrial fue agotándose, la viabilidad financiera del modelo se redujo drásticamente por lo cual los gobiernos optaron por privatizar los ferrocarriles como había sucedido con otras industrias exclusivas del Estado.

Los procesos de privatización originaron dos modelos ferroviarios distintos: el americano, en el que se mantuvo el sector verticalmente integrado donde se le otorgó a una empresa el control único de la infraestructura, las vías de ferrocarril y la operación de los trenes y vagones como sucedió en Norte y Sudamérica; y, el europeo, en el que se introdujo algún tipo de separación horizontal que se basa principalmente en la competencia entre diferentes empresas operadoras sobre una misma vía como aconteció en buena parte de Europa y de Asia.

En el caso de México actualmente se tiene una variante del modelo americano de integración vertical a través de concesionarios avalados por el Gobierno Federal. Las vías

del ferrocarril, el resto de la infraestructura ferroviaria de carga que se considera vía general de comunicación y los terrenos donde está instalada esta infraestructura son propiedad de la Nación.

La reforma de los ferrocarriles de 1995 en México privilegió la desregulación del sistema, se concesionó el servicio de carga a empresas que tienen la propiedad sobre los trenes, locomotoras y carros, se otorgó la libertad de determinar los precios de los servicios y se crearon los derechos de paso para un concesionario en las vías de otro. De esta forma, se decidió dividir el sistema ferroviario mexicano en tres grandes compañías regionales distintas (Ferrocarril del Noreste, Ferrocarril del Pacífico-Norte y Ferrocarril del Sureste).

El proceso de licitación pública se abrió en 1996 y concluyó tres años más tarde con el otorgamiento de siete concesiones a un plazo de 50 años por una longitud total de 17,010 kilómetros por las que el gobierno mexicano recibió un pago total de 18,508.1 millones de pesos.

El esquema regulatorio generado por la privatización de la red ferroviaria a finales de los noventa permitió rescatar a un sector en quiebra. De esta forma, el movimiento de carga por ferrocarril se ha duplicado en casi veinte años de operación privada, tanto en toneladas como en toneladas-kilómetro transportadas. Asimismo, la productividad medida en unidades de tráfico por trabajador se ha multiplicado casi seis veces, la eficiencia en el consumo de combustible ha mejorado en casi 50% y la velocidad de operación ha aumentado en la misma proporción.

El transporte de carga por ferrocarril tiene en la actualidad diversas áreas de oportunidad alrededor del servicio a los bienes cautivos y a la facilidad para la interconexión.

I.3. Descripción del proyecto

Se definen las características principales de cada uno de los subsistemas que componen el sistema ferroviario, sus especificaciones, estándares técnicos, niveles de desempeño y calidad de los mismos.

El objetivo del presente capítulo es determinar de manera integral y conceptual los aspectos técnicos relevantes de un proyecto de transporte público urbano-interurbano a base de trenes modernos, definiendo y determinando la factibilidad técnica de su desarrollo entre la zona metropolitana de la Ciudad de Toluca y la zona poniente de la Ciudad de México.

Para ello se parte de los valores que arroja el estudio de demanda y particularmente la determinación de la cantidad de pasajeros a bordo del tren por hora y sentido en el tramo inter-estación más cargado, todo ello en la hora máxima demanda. En función de la cantidad de pasajeros/hora-sentido y de la capacidad de los trenes, expresada como cantidad máxima de pasajeros por coche, o por tren, se determina luego la cantidad de trenes por hora que es necesario considerar para poder brindar una oferta de transporte suficiente a la demanda expresada como pasajeros/ hora y sentido. En función de la cantidad de pasajeros a transportar por hora, se determinó la flota de trenes requerida para satisfacer los requerimientos de la demanda y en función de la flota de trenes que circula en la línea se determinó el consumo de energía, las particularidades del sistema de señalización y así siguiendo con cada uno de los subsistemas correspondientes a las obras electromecánicas. Se puede concluir que en un sistema de transporte ferroviario se definen cada uno de los subsistemas en función de las necesidades de los restantes subsistemas, resultando así un sistema ferroviario completo e integrado en todas sus especialidades e interfaces.

Es importante hacer notar que en el estudio base del proyecto se tomaran datos y se apoyara de estudios realizados en base a la demanda de pasajeros y su relación con los trenes como ya se mencionó; en base a esto se estudiara las afectaciones que se tendrán en la zona específica, tomando en cuenta fechas aproximadas de puesta en marcha.

Para el año 2012 los datos presentados que sustentaban la puesta en marcha de proyecto eran los siguientes:

SENTIDO ORIENTE

Pasajeros Diarios Totales: 230,541

Pasajeros Máximos Hora-Sentido: 9,742

Kilómetros por pasajero: 30.54

Velocidad Comercial (km/hr): 88.00

Intervalo de Paso (minutos): 6.00

SENTIDO PONIENTE

Pasajeros Diarios Totales: 248,475

Pasajeros Máximos Hora-Sentido: 11,122

Kilómetros por pasajero: 30.54

Velocidad Comercial (km/hr): 88.00

Intervalo de Paso (minutos): 6.00

El estudio costo-beneficio del tren interurbano México-Toluca (SCT, 2013) destaca el diagnóstico de la operación actual del transporte público y privado entre la zona oriente de Toluca y la zona poniente de la Ciudad de México. Determina la oferta de transporte en el corredor del tren y cuantifica por medio de encuestas y modelos la demanda potencial del proyecto. La Tabla 1 ejemplifica la complejidad del transporte público dentro y entre ambas ciudades, como: el elevado número de rutas, la longitud de la red, los altos tiempos de recorrido y la baja velocidad de operación del servicio.

Concepto	Transporte Urbano		Transporte foráneo
	Ciudad de México	Toluca	Cd. de México-Toluca
Número de unidades	1,147	947	457
Longitud de la red (km)	1,363	1,559	1,174
Tiempo promedio del ciclo (minutos)	151	182	219
Velocidad de operación (km/h)	21	20	38
Recorrido diario por unidad (km/veh)	111	195	457

Tabla 1. Indicadores de la red de transporte público estudiada (72 rutas)

El estudio de la demanda del proyecto considera las características y los volúmenes de usuarios que se mueven en el corredor en transporte público y privado y los resultados de la encuesta, esta información se utilizó para construir la matriz de origen y destino.

Asimismo, los modelos de repartición modal y de asignación de viajes se usaron para estimar la demanda por modos de transporte entre las zonas del proyecto.

La SCT realizó el análisis costo-beneficio calculando los beneficios y costos sociales que genera el proyecto, evaluando la modificación de la situación actual en caso de realizarse la construcción del tren interurbano. La evaluación socioeconómica se realizó bajo los lineamientos establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), siendo los más relevantes los siguientes: se utilizaron precios constantes de 2013 sin el Impuesto al Valor Agregado (IVA), horizonte de evaluación de 34 años, considerando 4 años de construcción y 30 años de operación, tasa social de descuento del 12%, tasa de crecimiento para la proyección de la demanda del 1.8% anual, los Tiempos de Viaje (TV) se consideran constantes a lo largo del horizonte de evaluación, se utilizó el valor social del tiempo emitido por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación

Socioeconómica de Proyectos y los Costos de Operación Vehicular (COV) establecidos por el Instituto Mexicano del Transporte.

Los costos identificados en la ejecución del proyecto son: costos de inversión, mantenimiento, operación y adquisición de material rodante; también se consideran los

costos por molestias relacionados con la contaminación y mayores tiempos de viaje por congestión en las zonas donde se realizan las obras. Por su parte, los beneficios cuantificados del proyecto son los ahorros en Costos de Operación Vehicular (COV) y los ahorros en Tiempo de Viaje (TV) tanto para los usuarios del tren como para las personas que continuarán usando los mismos medios de transporte debido a un desahogo de las vías por consecuencia del proyecto. Otros beneficios que no se consideran en la evaluación socioeconómica son: el incremento en el valor de los predios en zonas adyacentes a la línea del tren y a las terminales, la reducción de accidentes y la disminución de emisiones contaminantes como el CO₂.

La evaluación socioeconómica del proyecto realizada por la SCT demuestra su viabilidad en términos de los beneficios sociales y económicos, ya que se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de 7,904 millones de pesos y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14.4%, superior a la tasa social de descuento establecida por la SHCP. La Tabla 2 presenta un resumen del flujo de efectivo del proyecto donde se muestran solamente los costos y beneficios del primero y del último año, así como los resultados de rentabilidad.

Año	Costos (mdp)			Beneficios (mdp)					Flujo de efectivo (mdp)
	Inversión	Operación y mtto.	Total	Ahorros COV		Ahorros TV		Total	
				T. privado	T. público	T. privado	T. público		
0	-35,297	-	-35,297	-	-	-	-	-	-35,297
1		-800	-800	700	1,153	130	4,350	6,333	5,533
30		-1,078	-1,078	1,195	1,969	222	7,429	10,815	9,767
Valor presente neto (VPN)									7,904
Tasa interna de retorno (TIR)									14.4%

Tabla 2. Análisis costo-beneficio del tren interurbano México-Toluca

El proyecto tiene como objetivo principal atender la problemática de transporte que se presenta en el corredor que abarca la ZMVT y el tramo interurbano que conecta la Ciudad de Toluca con la Ciudad de México.

La solución propuesta, consistió en un servicio de transporte masivo de tipo ferroviario regional que constituye una alternativa de transporte de pasajeros segura, rápida, cómoda, accesible en precio y ecológicamente sustentable.

El proyecto al final de su creación contará con una longitud total de 57.87 km, 6 estaciones y un taller.

Estación terminal - Zinacantepec

Estación intermedia –Pino Suarez

Estación intermedia - Tecnológico

Estación intermedia – Lerma

Estación intermedia - Santa Fe

Estación terminal – Observatorio



Fig. 1 Tren México-Toluca: General

LONGITUD TOTAL: 58 km

TRAMO 1: ZINACANTEPEC - LERMA 36 KM

TRAMO 2: BI-TUNEL 4.7 KM

TRAMO 3: SANTA FE - OBSERVATORIO 17 KM

Est. Terminales 2 - Est. Intermedias 4

Zinacantepec: Elevada 0+300

Esta estación se sitúa en una zona de baja densidad de población y las principales rutas alimentadoras serán las que recorren las principales avenidas. Esto facilitará el acercamiento de la población de este municipio al futuro tren permitiendo un desplazamiento más rápido dentro del Área Metropolitana del Valle de Toluca y por supuesto un conexión mucho más directa con el DF.

Pino Suarez (Terminal de autobuses): Elevada 6+173

Tecnológico (Meteppec): Elevada 13+258

Lerma: Elevada 19+542

Santa Fe: Elevada 49+191

Observatorio: Elevada 57+634

En la zona de Santa Fe en donde se ubica una estación la convertirá en un punto de acceso preferente para las Universidades de la zona y en un punto de acceso muy interesante para el Centro Comercial.

Desde la creación del anteproyecto del Tren Interurbano México – Toluca se contempla la construcción de la estación Terminal de Observatorio. La estación de Observatorio coincide con el actual CETRAM y estación de Metro, es decir, el gran centro de transferencia modal que es Observatorio en la actualidad.

La estación Terminal de Observatorio se encuentra en una posición privilegiada, en el centro de gravedad de líneas de metro y central de autobuses, de modo que el intercambio modal del ferrocarril con el resto de modos de transporte se realiza de forma cómoda y rápida.

Todo esto convertirá a Observatorio en uno de los mayores CETRAMs del DF, posibilitando innumerables posibilidades de trasbordos entre todos los modos que confluyen en ella.

I.4. Enfoque de anteproyecto y primeras planeaciones

La población de las zonas metropolitanas de la Ciudad de México y de Toluca ha crecido de manera acelerada en las últimas décadas, ocasionando que el número de traslados al interior de las zonas y entre las dos ciudades se haya incrementado ante la presencia de un sistema de transporte público obsoleto y con la infraestructura vial saturada. Hoy en día los límites urbanos de ambas ciudades se han expandido, invadiendo los bosques de la Sierra de las Cruces. Así, por el lado de Toluca, se ha consolidado su zona metropolitana absorbiendo al pueblo de Lerma y en la parte poniente de la Ciudad de México se ha extendido a las inmediaciones de La Venta.

En el periodo de planeación del tren la zona de desarrollo inmobiliario más importante de la Ciudad de México (Santa Fe e Interlomas) se encontraba colapsada ante la falta de alternativas para acceder a la zona debido al deficiente transporte público y la insuficiente infraestructura vial, limitada básicamente a cuatro vialidades: Constituyentes, Reforma, Vasco de Quiroga y la recientemente abierta Autopista del Poniente. Esta situación limitaba y limita actualmente el traslado eficiente, en términos de costo y tiempo, de los más de 60 mil viajes diarios que se plantearon entre Santa Fe y Observatorio.

Por su parte, la Zona Metropolitana de Toluca integrada por 22 municipios cuenta con una población cercana a los 2 millones de habitantes y presenta un problema de expansión urbana con una baja densidad poblacional (INEGI, 2014), lo que incrementa sus necesidades de transporte especialmente hacia el aeropuerto de la ciudad y la zona industrial de Lerma. La zona oriente de la Ciudad de Toluca cuenta con dos salidas hacia la Ciudad de México: el Paseo Tollocan y la Avenida de las Torres, vialidades que se unen en San Mateo Atenco para iniciar la carretera México-Toluca. El transporte público en estas zonas se realiza con servicio colectivo de baja capacidad y líneas de autobuses de servicio foráneo entre Toluca y la Ciudad de México.

La problemática se puede sintetizar en que cada día miles de personas realizan traslados entre Toluca y la Ciudad de México, pero la congestión tanto en la salida de Toluca como en la zona de Santa Fe y Observatorio en la Ciudad de México, provocan que un recorrido de 60 kilómetros se realice en condiciones desfavorables de costo y de tiempo.

Para el año 2014, en hora de máxima demanda, un viaje que iniciaba en el Municipio de Zinacantepec al poniente de Toluca y que tiene como destino final el Anillo Periférico en la Ciudad de México entrando por Constituyentes se realiza en un tiempo promedio superior a dos horas.

Para solucionar esta situación se realizó la propuesta de un tren regional de pasajeros de mediana velocidad que conecta la Zona Metropolitana de Toluca con el poniente de la Ciudad de México de una forma segura, rápida, accesible en precio y sustentable.

Entre los beneficios de un proyecto de este tipo se encuentran: reducción de tiempos de viaje, aumento gradual de la capacidad conforme a las necesidades de la demanda, disminución de los impactos en el medio ambiente, contención de la expansión urbana, incremento de la proporción de transporte público en el reparto modal y certidumbre de los costos de transporte regional,

La primera planeación y descripción proyecto del Tren interurbano México-Toluca consistió en la construcción de un sistema ferroviario de mediana velocidad, ocupa 16 m de derecho de vía y tiene 57.7 km de longitud total, de los cuales 37.0 km se localizan dentro del Estado de México, en los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma, Ocoyoacac y 20.7 km en el Distrito Federal, en las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón.

El recorrido inicia en Zinacantepec , en la región poniente del Valle de Toluca y termina en Observatorio [6], dentro de la Ciudad de México, pasa por las estaciones intermedias Pino Suarez [2], Tecnológico [3], Lerma [4] y Santa Fe [5] (Figura 2).



Fig. 2. Línea del tren interurbano México-Toluca

I.5. Modificaciones y trazo actual del proyecto

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) publicó el primer Convenio Modificatorio al Convenio de Coordinación en materia de reasignación de recursos y modificación de trazo, que celebra con la Ciudad de México, el cual tiene por objeto transferir recursos presupuestarios para el Tren Interurbano de Pasajeros Toluca-Valle de México.

Dichas modificaciones se realizan en la cláusula segunda, parámetro tercero y, sexta fracciones II y III primer párrafo.

Los recursos que están destinados para el programa de Infraestructura “Tren Interurbano de Pasajeros Toluca-Valle de México”, consistente en la construcción del tramo ferroviario de doble vía con origen en la salida de los túneles sobre la Autopista México-Toluca con una estación en Santa Fe y una terminal en el Centro de Transferencia Integral de Observatorio, tramo denominado “Túnel-Metro Observatorio” de 16+935 Km de longitud, con inicio en el kilómetro 40+765 y terminación en el kilómetro 57+700, en la Ciudad de México, el cual forma parte del proyecto integral de transporte de pasajeros Tren Interurbano de Pasajeros Toluca-Valle de México”.

El trazo del viaducto elevado que tendrá el tren México-Toluca en su entrada al Distrito Federal fue modificado de modo que ya no se ubicará en la glorieta Vasco de Quiroga, sino en la zona de Observatorio en terrenos de Sedena y Conagua.

La Secretaría de Obras y Servicios de la Ciudad de México (Sobse) informó a finales del año 2015 en un comunicado que se modificaron 4.3 kilómetros del trazo original, en el comunicado oficial se hizo mención que la razón de la modificación es debido que al utilizar predios correspondientes a la Secretaría de la Defensa Nacional (Sedena) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la obra sería menos invasiva, debido a que no se intervendrá la vialidad Vasco de Quiroga y no se causarían afectaciones de flujo vehicular de la zona.

El viaducto elevado del tren se presentó con una longitud de 17 kilómetros de los más de 57 que tendrá la obra en su totalidad, y fue adjudicada a la empresa mexicana Caabsa.

El tren México-Toluca para el año 2015 se mantuvo en planeación con cuatro estaciones intermedias y dos terminales de Zinacantepec en el Estado de México a Observatorio en el Distrito Federal y una inversión total de 41 mil millones de pesos.

En esta primera modificación de tren se estableció que el tren no correrá sobre Vasco de Quiroga como se tenía inicialmente contemplado, sino por Barranca del Río de Tacubaya para llegar al metro Observatorio, buscando afectar mínimamente a vecinos de las delegaciones Álvaro Obregón y Cuajimalpa.

A principios de Julio del año 2017 el jefe de gobierno capitalino, Miguel Ángel Mancera, anunció que se modificará el trazo del tren interurbano México-Toluca para evitar el derribo de más de tres mil 300 árboles del bosque de El Ocotil, ubicado en Cuajimalpa.

Esto debido a que los vecinos y la ciudadanía presentaron quejas respecto a la pérdida del área verde, por lo cual se llegó a la conclusión de la protección del área verde que consta de más de 700 metros.

Para evitar afectación a esta zona se construirán dos pilares que sostendrán al tren que pasará en un segundo piso.

I.6. Tejido urbano existente

Dentro del plan de desarrollo urbano y ocupación del territorio existente se considera a los territorios aledaños a la ruta como espacio urbanizable, o área de crecimiento.

La clasificación territorial del área adyacente al trazo del sistema tren interurbano está considerada como área urbanizable. Los usos actuales del suelo abarcan vivienda de baja densidad y mezcla de usos comerciales.

En el estado de México cruzara los municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac; y en la Ciudad de México las alcaldías de Cuajimalpa y Álvaro Obregón.

Uno de los aspectos que más afectan a la construcción e implementación del tren es el organizar el espacio urbano a partir de la implantación del Tren Inter Urbano México-Toluca; en la franja adyacente a la terminal Zinacantepec con espacios sociales y públicos que favorezcan el tejido urbano a través del espacio público y social donde los usos del suelo den cabida a las actividades del sistema, rehabilitando espacios vacíos como puntos de conexión.

La estación de Zinacantepec se sitúa en una zona de baja densidad de población y las principales rutas alimentadoras, las cuales serán las que recorran las principales avenidas. (Secretaría de comunicaciones y Transportes, 2014).

Esto facilitará el acercamiento de la población de este municipio al futuro tren al permitir un desplazamiento más rápido dentro del Área Metropolitana del Valle de Toluca y por supuesto una conexión mucho más directa con la Ciudad de México.

La estación Zinacantepec se localiza sobre la avenida de principal acceso al municipio, se encuentra dentro de una zona en crecimiento principalmente de uso habitacional, considerando también espacios públicos importantes como el parque Alameda 2000, así como escuelas públicas y privadas.

Con base en el uso actual del suelo y las condiciones topográficas, geológicas y edafológicas, se determinaron las zonas aptas y no aptas al desarrollo urbano.

La mancha urbana actual está conformada por nueve colonias las cuales se encuentran dentro de un radio de 800 kilómetros que conforman la periferia en torno a la estación Zinacantepec.

Las principales actividades económicas que arroja el análisis por medio de AGEBS (Área geo estadística básica) destaca actividades de comercio al por menor, así como servicios de transporte.

Se considera una radio de 1 km a partir de la estación Zinacantepec, el cual está conformada por 20 AGEBS con características específicas que darán pauta para el crecimiento a mediano y largo plazo.

Actualmente la ocupación territorial en torno la periferia de la terminal Zinacantepec se comprende principalmente de zonas habitacionales y comercio, así como una gran área verde que es uno de los principales parques en la ciudad de Toluca (parque Alameda 2000), que cuenta con una extensión territorial de 92 hectáreas y un perímetro de 5,162 metros, de la misma manera una zona de museos que se encuentra dentro de este parque.

En el perímetro de la estación se encuentran vacíos urbanos que en su totalidad tiene un área de 21,3085 Hectáreas.

Se tiene en cuenta el tejido urbano de la zona, ya que será la base de comunicación con Santa Fe, la cual es de las zonas con mayor apogeo urbano actual y servirá para comunicación con la Ciudad de México.

De la misma manera resulta interesante a que este será el primer tramo de operación del tren.



Fig. 3 Ubicación Zona Zinacantepec

La estructura de un sistema urbano está conformada por elementos unificadores que generan un tejido complejo y aportan a la ciudad servicios y espacialidades unificadoras de actividades y fenómenos sociales que respondan a diversas eventualidades generadas a partir del habitar humano.

La ciudad está integrada por diversos espacios públicos cerrados y abiertos como los de dispersión y reunión, los espacios de dispersión provocan una disgregación de las personas por medio de carreteras y vialidades elementos que conforman la estructura urbana de la ciudad.

Las implantaciones de nuevas rutas de transporte generan un impacto a diferentes escalas sociales, económicas y urbanas dando paso a partir de éstas a corredores urbanos y nuevos asentamientos humanos que surgen a partir de la necesidad de dotar de servicios y espacios propicios para la actividad humana.

Sin embargo, las políticas gubernamentales que propician este tipo de desarrollo establecen criterios mínimos para la utilización de usos de suelo, así como de equipamiento urbano siendo estos aspectos fundamentales para el desarrollo y crecimiento de tejidos urbanos demandados por la concentración en centros poblacionales existentes a partir de los cuales se densifica y centraliza a la población.

El tramo que conlleva de la estación terminal Zinacantepec a la estación Pino Suarez se verá afectado por la densidad de personas que llegarán a este trayecto y se requerirá de infraestructura urbana y modalidades de equipamiento multifuncional para permitir el flujo constante para trasbordar a diferentes puntos de la ciudad.

Actualmente la infraestructura vial para mejorar y reducir trayectos que permitan la conectividad entre las ciudades propicia el crecimiento descontrolado de la mancha urbana alrededor de éstas, creando franjas de comercio y servicios que provocan sistemas de fraccionamiento y ruptura, dando paso a tejidos urbanos carentes de espacios públicos que permitan el desarrollo y esparcimiento de los habitantes. Cabe señalar que el desarrollo de este sistema de movilidad interurbano conlleva un importante impacto en el crecimiento urbano, económico y social en la zona metropolitana (Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma, Zinacantepec, Ocoyoacac).

Las políticas públicas actuales carecen de fundamentos y planteamientos para el desarrollo sostenible de los sistemas operativos de las ciudades al crear nodos de afluencia elevada, pero sin planeación económica, social o urbana. Producto de estos fenómenos de conexión y traslado constantes se producen fenómenos de migración y densificación en las ciudades.

Las transformaciones viales dan paso a plataformas multifuncionales que conllevan fenómenos y eventos en momentos específicos, por lo cual, las ciudades deben propiciar sistemas de organización que generen procesos de traslado y convivencia eficientes para todos los usuarios. La sustentabilidad surge como una necesidad de cambio de actitud mentalidad y acción que propone la instrucción al progreso, el cuidado del ambiente y la preparación al futuro. La idea de ciudad sustentable estudia todas las múltiples facetas que se abordan en términos que favorezcan al contacto y compactación de elementos sociales, económicos, ecológicos y urbano-arquitectónicos para lograr una calidad de vida digna en beneficio de la población que constituye a las ciudades.

A través del diagnóstico y análisis del uso del suelo en la periferia de la terminal y estaciones del tren de media distancia Toluca – México se identifica y delimita las necesidades propias de un equipamiento de alto impacto, y con ello, planificar la organización del territorio a partir del reconocimiento del impacto territorial en la periferia,

así como, del análisis del uso del suelo actual y el impacto al ambiente, al tiempo del análisis de las teorías de ordenamiento del territorio en las que se considerarán y analizarán los principios de la ciudad genérica, la teoría de la deriva y la teoría de sistemas, así como el análisis de las periferias urbanas.

Organizar el espacio urbano a partir de la implantación del Tren Inter Urbano México Toluca en la franja adyacente a la terminal Zinacantepec con espacios sociales y públicos que favorezcan el tejido urbano a través del espacio público y social donde los usos del suelo den cabida a las actividades del sistema, rehabilitando espacios vacíos como puntos de conexión.

Respecto al análisis económico a lo largo del periodo de planeación, ejecución y puesta en marcha se puede notar los problemas en el precio del tren.

En 2014, el TIMT fue presupuestado en 38 mil millones de pesos, para 2018 el costo total asciende a 59 mil millones de pesos, más del 50% del monto original.

De acuerdo al análisis de costo-beneficio del TIMT, presentado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la obra deja de ser socialmente rentable si su costo aumenta 25%, el TIMT ha incrementado más del 50%.

La obra debió terminar en diciembre de 2017, sin embargo, la SCT aún no ha establecido una fecha de entrega de la obra completa.

No hay ningún mapa público georreferenciado que muestre el trazo final que seguirá la obra, en base a las modificaciones por cuestiones de uso de suelo y problemas sociales que han involucrado al proyecto; para agosto de 2017 no se contaba con la totalidad de los derechos de vía asegurados para el tramo tres del proyecto.

Uno de los problemas que más han afectado al proyecto es la falta de información y de transparencia; SCT y Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) reportaron no encontrar documentos, como dictámenes de excepción a la licitación pública, que se citan en los contratos oficiales.

I.7. Situación actual del proyecto

Actualmente el proyecto se ha visto involucrado en mucha especulación con base en los contratos y en la realización de la obra.

Inexistencia de documentación en los procesos de contratación pública, tales como oficios de pre-inversión, requerida por la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la misma. Sin embargo, de acuerdo con la revisión de la cuenta pública de la ASF (La Auditoría Superior de la Federación), el proyecto federal que conjunta a los gobiernos de la Ciudad de México y el Edomex, tuvo fallas desde el proceso de licitación.

A mediados de Febrero de 2017 la ASF levantó 16 observaciones, que derivaron en seis posibles sanciones administrativas y cinco pliegos de observaciones.

De los 146 conceptos que comprendieron la ejecución y supervisión de las obras por un total ejercido de mil 669 millones 264.2 mil pesos en 2015, la Auditoría revisó el 82.1 por ciento del total. Además, se auditaron cuatro contratos de obras públicas y seis de servicios relacionados con éstas. El órgano fiscalizador prevé recuperaciones por 133 millones 391.2 mil pesos, de los cuales 484.1 mil pesos ya fueron operados y 132 millones 907.1 mil pesos corresponden a recuperaciones probables, aunque adicionalmente, existen 4 millones 400.4 mil pesos por aclarar.

En este sentido, en la revisión del contrato abierto de servicios núm. DGTFM-17-14 se detectó que la SCT no utilizó de manera correcta los recursos presupuestales autorizados para los proyectos del Tren Interurbano y de la “Ampliación del Sistema del Tren Eléctrico Urbano en la Zona Metropolitana de Guadalajara”, cuyos ejercicios se reportaron en la Cuenta Pública, en virtud de que parte de estos recursos se destinaron para el pago de otros proyectos ferroviarios como lo es el Metrobus durante los meses de enero a diciembre de 2015.

Alejándonos un poco del ámbito contractual del proyecto y enfocándonos en la operación se pretende que el Tren Interurbano México Toluca permitirá que en el primer trimestre de 2020, 230 mil pasajeros viajen a diario en 39 minutos desde Toluca hasta la Ciudad de México.

El recorrido del primer tren rápido del país es de 57.87 kilómetros desde la terminal Zinacantepec en el Estado de México hasta el Centro de Transferencia Modal Observatorio en la capital, con cuatro estaciones intermedias: Pino Suárez, Tecnológico, Lerma y Santa Fe, con un bitúnel de 4.7 kilómetros y 30 trenes de cinco vagones.

Tendrá una velocidad máxima de 160 km/hr y una velocidad de operación de 90 km/hr.; la capacidad máxima en hora de mayor demanda será de 15,660 pasajeros en una frecuencia de 4 a 6 minutos.

Para el año 0 y durante los primeros 5 años el intervalo será de 6 minutos pudiéndose prever un ajuste del intervalo como respuesta a la curva de maduración de la demanda de transporte que se vaya registrando.

Para cumplir la demanda en el año de puesta en servicio se prevé que existan 20 convoyes en operación en la hora punta.

Se considera que a partir del año 13 se habrá alcanzando la máxima capacidad con el material rodante adquirido en el inicio de la operación, por lo que debe disponerse de cuatro nuevos trenes en operación en la hora punta.

Del mismo modo, para el año 25 se prevé la incorporación de otros cuatro trenes adicionales con el fin satisfacer la demanda prevista para ese año.

Para inicios del año 2019 se comenzaran las pruebas operativas en el tramo Zinacantepec-Santa Fe, mientras que en el tramo Santa Fe-Observatorio empezarán a mediados de año, cuando la obra haya sido concluida. El servicio a pasajeros iniciará a finales del año 2019 o inicios del año 2020, según lo indique gobierno entrante.

En relación con el costo de la obra, el cual ascendía a 44,000 millones de pesos, pero en la actualidad están cerrando contratos por 70,000 millones. A finales del año 2018 la SCT hizo mención al aumento de costos, no se trata de un encarecimiento, sino de una diferencia que responde a la inflación, tipo de cambio y a los cambios de trazo que se hicieron en 2015.

Para la conexión más eficiente con el tren interurbano la Secretaría de Obras y Servicios construye un túnel de 4.6 kilómetros en los que se ubicarán tres estaciones que

conectarán Mixcoac con Observatorio, el cual servirá para unir las zonas oriente y poniente de la CDMX a través de la Línea 12 del Metro.

Se construye un túnel de 4.6 kilómetros en donde se distribuirán 2 estaciones y se conectará con la nueva terminal, la obra incluye la cola de maniobras, zona de transición y el depósito de trenes y tendrá 13 lumbreras.

Nuevas Estaciones Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo (STC)

- Valentin Campa
- Álvaro Obregón
- Terminal
- Observatorio

Colonias por donde pasará la construcción subterránea

- Alfonso XIII
- Minas de Cristo Rey
- Primera Victoria
- Tolteca
- Barrio Alfalfar
- Carola, Sacramento
- Francisco Villa, Bosque
- Real del Monte
- José María Pino Suárez
- Cove
- Daniel Garza

El costo de la ampliación ascenderá a aproximadamente 8 mil millones de pesos.

El Gobierno de la Ciudad de México en Junio de 2018 expropió el inmueble ubicado en la calle Ruiz Dael número 54, en colonia Alfonso XIII, de la delegación Álvaro Obregón,

el predio tiene una superficie de 450.00 metros cuadrados de terreno y 93.91 metros cuadrados de construcción y la STC estuvo a cargo de la liquidación del monto de la indemnización constitucional.

El predio se usó para la construcción del tramo subterráneo de la ampliación de la Línea 12, con las estaciones Valentín Campa y Álvaro Obregón, por requerimientos técnicos de los trenes, es necesario tener un radio de curva como mínimo de 300 metros en el trazo; considerando las condiciones urbanas existentes, así como la presencia de infraestructura vial, con un trazo irregular y existencia de construcciones que interfieren con la trayectoria de la ampliación del transporte resulta importante conseguir los terrenos para poder realizar los trabajos con las menores afectaciones.

La Secretaría de Obras y Servicios indicó que los trabajos para ampliar la Línea 12 del Metro se comenzaron en cuatro intertramos: Mixcoac-Valentín Campa, Valentín Campa-Álvaro Obregón, Álvaro Obregón-Observatorio y Observatorio-Barranquilla.

La construcción del túnel en los cuatro intertramos de trabajo suma mil 975 metros de longitud, equivalentes al 55 por ciento de los 3 mil 590 metros, contemplado en esta primera etapa de obra.

Actualmente la obra ya cuenta con un avance importante en la primera fase de la construcción que incluye la construcción de 3.5 kilómetros del túnel y las 13 lumbreras; las obras inducidas corresponden a la desviación de dos colectores de aguas residuales. Las lumbreras son excavaciones verticales que permitirán entrar a la profundidad necesaria para la construcción del túnel, funcionarán como salidas de emergencia y unidades de ventilación, una vez que la ampliación de la Línea se ponga en servicio.

II. Diseño técnico del tren interurbano

Para la construcción de la línea del tren TOLUCA – VALLE DE MÉXICO, se tomaron las siguientes consideraciones que influyeron en la decisión de la solución geométrica.

Un punto importante que se considero es el de aprovechar parte del camellón de las vialidades, la autopista, el derecho de vía de CFE y la consideración de la construcción de un túnel, con la finalidad de generar así la menor afectación posible a construcciones existentes.

II.1. Superficie del proyecto

Se considera un ancho de derecho de vía promedio de 16m, que será utilizado primeramente para la construcción de toda la infraestructura férrea y posteriormente se llevarán a cabo las actividades de operación, conservación y mantenimiento de las instalaciones. En este sentido el proyecto requiere una superficie de 95.35 Ha para el derecho de vía. No obstante el proyecto requerirá superficies adicionales, por una parte, debido a la topografía de la zona se estiman demasías por cortes y terraplenes fuera del derecho de vía, siendo más relevantes los portales del túnel. Así mismo se requerirán de superficies adicionales por la construcción de Terminales, Talleres y cocheras. De acuerdo con lo anterior se estima una superficie adicional de 66.95 Ha, por lo que se requerirá una superficie total de 160.30 Ha.

II.1.1. Hidrología

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, el SAR se encuentra inmerso en dos regiones hidrológicas importantes (CNA, 2000): RH12 Región hidrológica Lerma – Santiago y RH26 Región hidrológica Pánuco

Dentro de estas dos regiones hidrológicas el proyecto ferroviario se encuentra en dos cuencas y dos subcuencas:

- Cuenca hidrológica Río Moctezuma
- Cuenca hidrológica Río Lerma
- Subcuenca Toluca

- Subcuenca Pachuca Cd. De México

II.1.2. Geología

La geología de la zona se caracteriza por la formación de sedimentos lacustres que conforman la Cuenca de Toluca-Ixtlahuaca, descritos como Formación Ixtapantongo (Qptla), consistente de secuencia de tobas y rocas clásticas semiconsolidadas que incluyen conglomerados, areniscas y limolitas.

II.2. Sistema de Vías

La vía se definirá como el conjunto de dispositivos necesarios para soportar, guiar y completar el circuito eléctrico al material rodante.

Los elementos que la integran son de bajo mantenimiento considerando que dicha vía proporcione las mejores condiciones de servicio, con un nivel óptimo de seguridad y confiabilidad, así como las instalaciones necesarias para su adecuada operación, conservación y mantenimiento.

El sistema de vía férrea dará servicio en la intemperie, sin que esta condición origine perturbaciones en su funcionamiento, ni fatigas anormales en sus elementos.

Características:

- 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

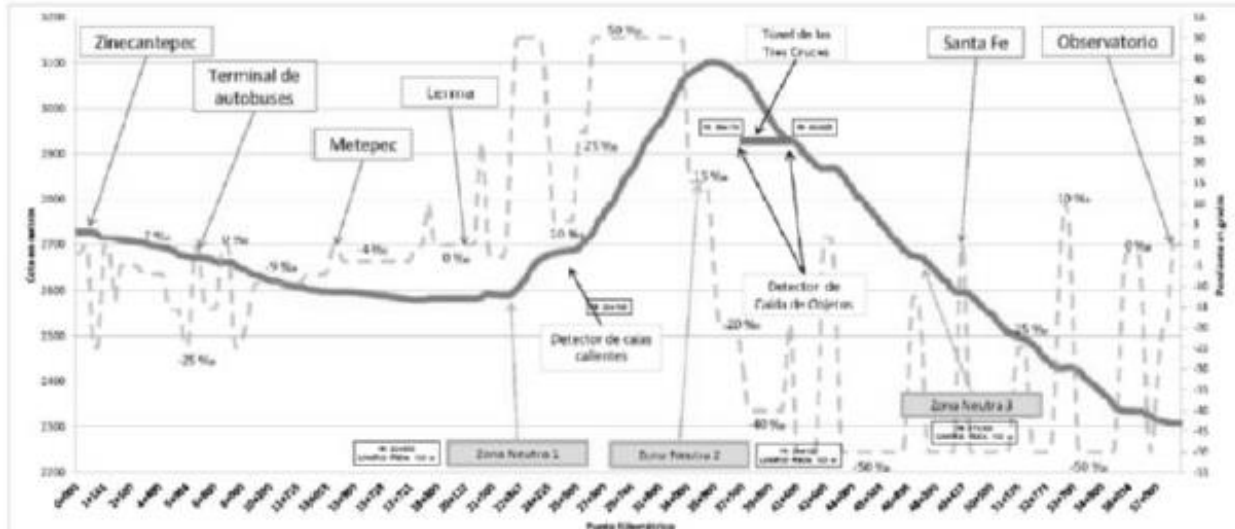


Fig. 4 Trazo línea de conducción de vías

II.2.1. Viaductos ferroviarios

El proyecto contempla la construcción de viaductos ferroviarios con dos propósitos; el primero es minimizar los impactos viales y sociales en las zonas urbanas que puede generar la construcción de una nueva línea ferroviaria de esta naturaleza, por otro lado, cruzar las zonas altas más accidentadas con sistemas de viaductos.

Se tendrán varios tipos de sección transversal y esto será en función de la topografía y zona urbana que cruza, en la siguiente figura que se muestra las secciones tipos que se consideran a lo largo del tramo.

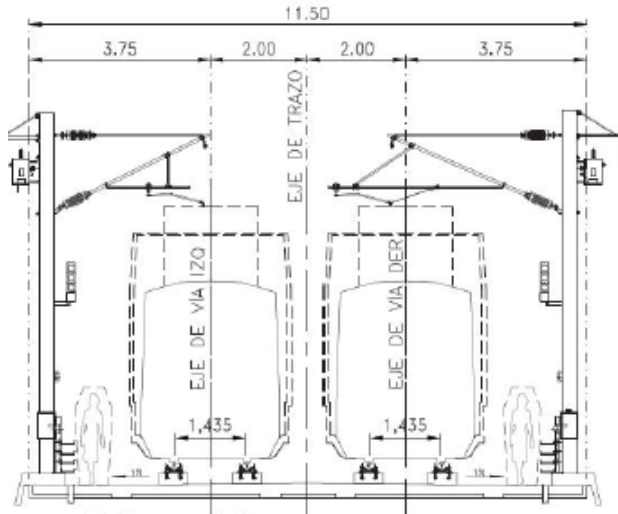


Fig. 5. Características geométricas de la sección de viaducto

Se realizaron trabajos en el viaducto con varios métodos constructivos

VIADUCTO PREFABRICADO

Anchura de tablero 11.50 m

Galibo inferior min. 5.50 m

Longitudes de traveses isostáticos adoptadas 27 / 30 / 32 / 35 y 40m

Tramos singulares con continuidad de 33+44+33m

Sistema constructivo:

Montaje con grúas desde el suelo

- Alturas bajas ($H < 30$ m)
- Sistema rápido y eficiente.
- Permite múltiples frentes de avance

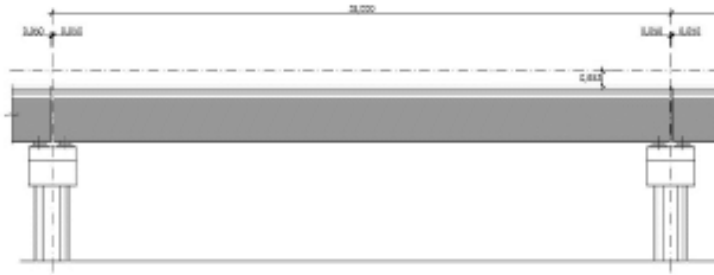


Fig. 6. Tipología de viaducto prefabricado

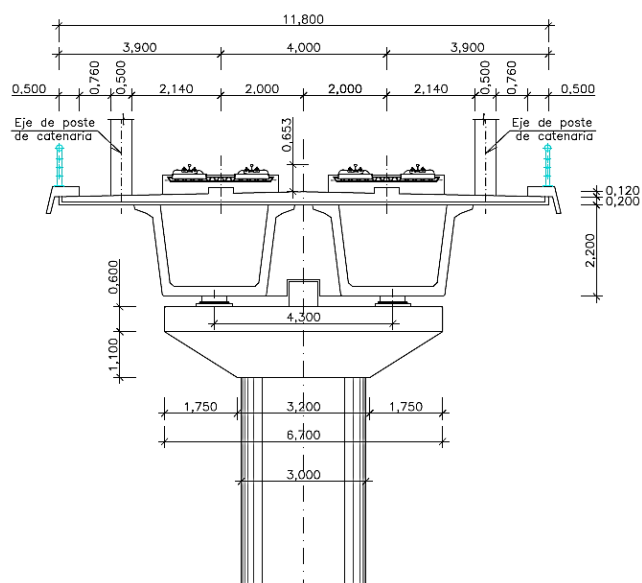


Fig. 7. Sección transversal viaducto prefabricado de alzado de Pila

AUTOCIMBRA

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

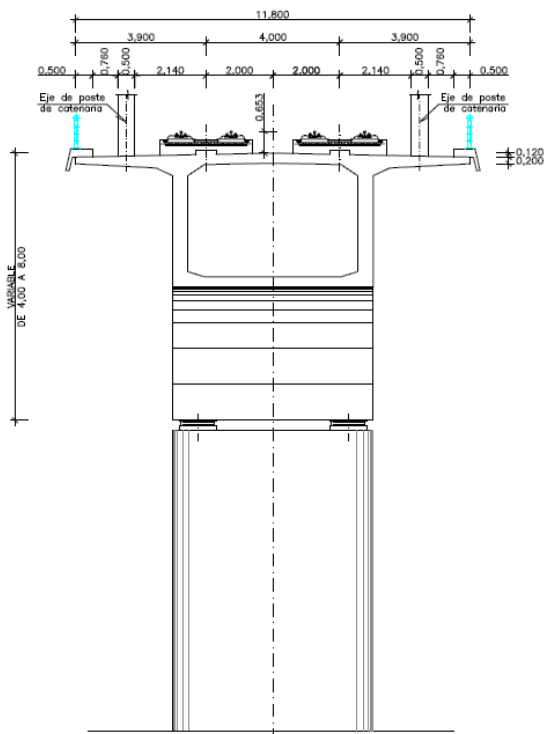


Fig. 8. Sección transversal autocimbra de alzado de Pila

Solución alternativa a la ejecución mediante autocimbra

PREFABRICADO

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

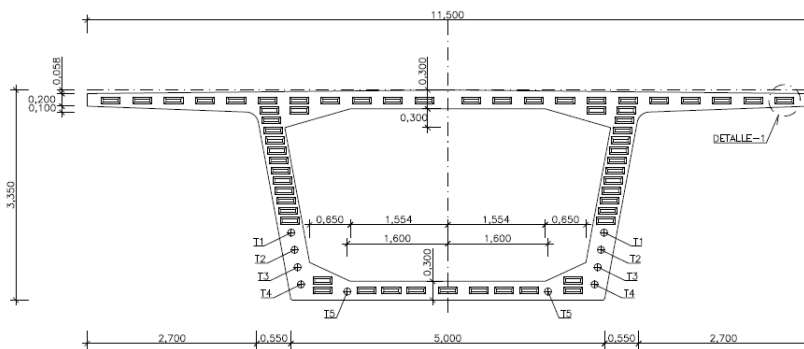


Fig. 9. Sección transversal autocimbra prefabricada

Una propuesta descartada en la ejecución de la obra fue un viaducto prefabricado de dos pisos debido a los problemas de paso del tren, es por ello que al momento de cambiar el trazo se descartó.

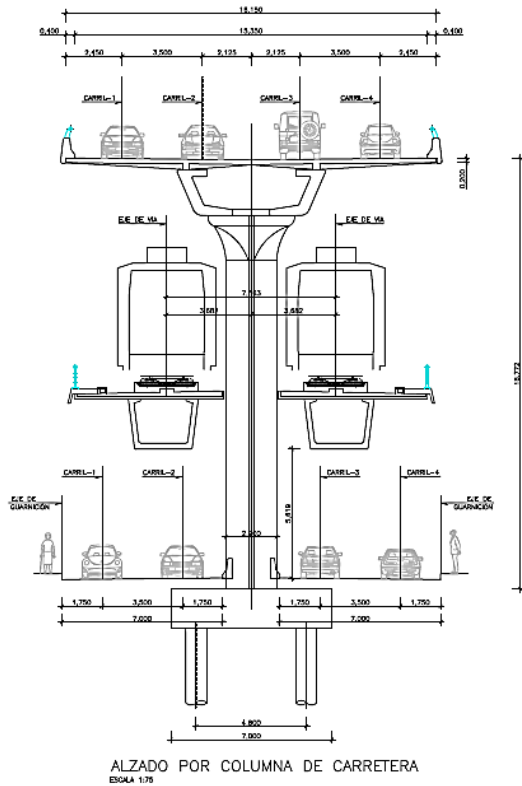


Fig. 10 Sección en Viaducto prefabricado de dos pisos en zona urbana

II.3. Túnel ferroviario

El desarrollo del túnel ferroviario es la obra de infraestructura civil más importante, tanto técnica como económicamente, de este proyecto y su definición y solución constructiva serán decisivos para el desarrollo exitoso del proyecto.

Por dicho motivo en el diseño del trazado del túnel se ha tomado en consideración diversos factores:

- El proyecto ejecutivo del túnel minimiza la longitud del mismo.
- Se minimiza la afectación a zonas de protección medioambiental. El túnel evita cruzar las zonas de protección ambiental.
- La normativa internacional de aplicación para la construcción de túneles ferroviarios.

- La influencia de factores aerodinámicos en la circulación de un tren por el túnel se superponen y aumentan en túneles de vía doble cuando dos trenes se cruzan. Estas influencias aumentan en forma proporcional al aumento de velocidad de circulación de los trenes.
- En los túneles la seguridad se ha convertido en uno de los principales condicionantes del diseño, incrementando los costos de construcción, pero brindando una amplia seguridad a los pasajeros mediante la construcción de galerías de conexión.
- El túnel también deberá estar dotado de sistemas de ventilación capaces de extraer el aire viciado e impulsar aire fresco hacia cualquier punto del túnel en caso de emergencia, puesto que en circulación normal es el propio movimiento de los trenes el que hace circular el aire a modo de émbolo.

II.3.1. Túnel artificial en zona de Autopista

El túnel artificial se construyó por el método “cut & cover” según los siguientes pasos que se enumeran a continuación:

1. Ejecución de pantallas en uno de los lados de la calle.
2. Ejecución de pantallas y semi-losa superior en el otro lado.
3. Excavación del túnel desde las bocas este y oeste bajo la losa ya construida, sin interferencias con el tráfico de la calle ya en servicio
4. Ejecución de losa de fondo en el túnel, según se vaya avanzando en la excavación de las tierras del túnel.

La tuneladora, de 8.56 metros de diámetro, avanzó 4.7 km por debajo de la Sierra de las Cruces, en el Estado de México, y salió a la superficie en el Valle de las Monjas, muy cerca de la zona de La Marquesa, un recorrido que completó en 18 meses.

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
- 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

Las tuneladoras excavaron un túnel izquierdo de 4 mil 719 metros y un derecho de 4 mil 740 metros de longitud y 8.57 metros de diámetro, que reduce a 7.50 metros con dovela. Ambas máquinas, mientras perforaban, también armaban e instalaban los 6 mil 312 anillos de dovelas que conformarán el Bi-túnel por donde circulará el tren.

Estas tuneladoras permitieron la estabilidad del suelo, al reducirse el movimiento, así como las vibraciones de tierra, por lo que la generación de emisiones atmosféricas como polvo o gases fue mínima. Cada una de las tuneladoras extrajo alrededor de 285 mil metros cúbicos de material.



Fig. 11 Túneles en vista aérea

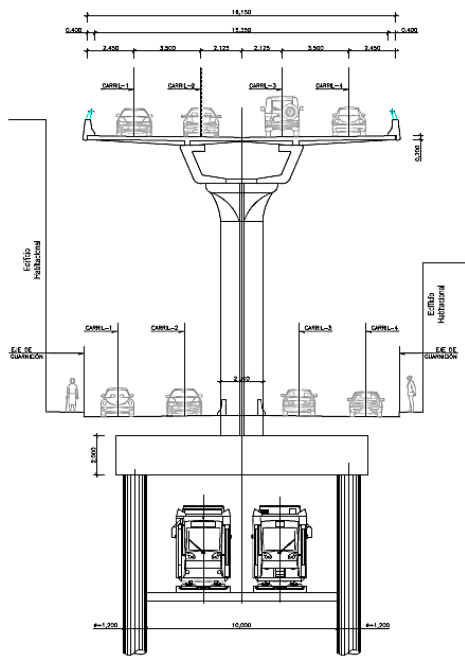


Fig. 12 Sección en Falso Túnel en zona urbana a la altura de Arteaga y Salazar

III. Sistemas ferroviarios

III.1. 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 el acceso de los servicios de emergencia en caso de necesidad se ha optado por un sistema con fijación directa.

III.1.1. Electrificación

El sistema eléctrico de un sistema de transporte ferroviario es un elemento esencial para el funcionamiento del mismo, es vital el diseño de un sistema robusto y fiable, que garantice la continuidad del suministro de todos los consumos, tanto en condiciones de funcionamiento normal, como en el caso de funcionamiento degradado por averías o por falta de disponibilidad de alguno o de varios de los elementos que forman parte del sistema eléctrico.

El sistema eléctrico suministrará la energía eléctrica requerida a todos los consumidores del sistema del transporte ferroviario del Tren México – Toluca, es decir a todos los trenes que circulación así como a todas las instalaciones de Vía, Estaciones, Talleres y Depósitos y Puesto de Control Central.

El sistema eléctrico se conectará a la red eléctrica de Alta Tensión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mediante dos Subestación de Alta Tensión (SEAT) ubicadas en emplazamientos contiguos al trazado de la línea. Cada subestación tendrá dos transformadores, uno destinado a tracción y otro destinado a los servicios del sistema (iluminación y fuerza motriz de las estaciones, talleres, locales técnicos, etc.).

La alimentación eléctrica en Alta Tensión transformada en las SEAT será distribuida en Media Tensión a las distintas Subestaciones de Tracción y a los Centros de Transformación de estaciones mediante sistemas de distribución independientes.

El sistema de alimentación de tracción se proporcionará a través de Subestaciones de Tracción, que se alimentarán de la red de distribución de tracción en Media Tensión procedentes de las SEAT. Este sistema permite transportar la energía de tracción, lo cual asegura una reducción de las caídas de tensión, mientras que el material rodante recibe el hilo de contacto y los rieles. La energía de tracción será suministrada al sistema de catenaria y se establecerán secciones de alimentación determinadas por seccionadores de catenaria que serán distribuidos a lo largo de la línea.

En los centros de consumo se instalarán los Centros de Transformación (CT). Los Centros de Transformación serán los encargados de transformar la energía eléctrica en Media Tensión proveniente de las SEAT. En cada centro de consumo se dispondrá de dos CT de forma de permitir una alimentación redundante y segura de cada consumo.

Todo el sistema de energía de la línea y sus instalaciones funcionarán sin personal permanente y será supervisado a distancia a través de un Control Central de Energía Eléctrica (CCEE) que se construirá en el Puesto de Control Central. La supervisión alcanza la operación de todos los equipos automáticos, la indicación del estado de los mismos, la adquisición de los estados de las alarmas y la medición a distancia de los parámetros eléctricos más relevantes.

- 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

III.1.2. Señalización

La señalización tiene como objetivo mantener la seguridad en el recorrido de los trenes en operación. Administra la autorización de circulación y la velocidad dependiendo del estado general de la vía y de los requerimientos operativos.

En el Ferrocarril Toluca – Valle de México se instalará un sistema de señalización lateral de bloqueo automático luminoso. Contará con un sistema de detección de presencia de trenes y enclavamientos electrónicos de seguridad intrínseca o de Nivel de Integración de Seguridad SIL 4, según lo definido por la norma europea IEC EN 61508. Los mandos de itinerarios se podrán efectuar en forma local o por telemando.

La señalización lateral será particularmente útil para la circulación de trenes con “marcha a la vista” por falla del sistema a bordo de control de trenes, para los vehículos de mantenimiento y eventualmente otros trenes no equipados con sistema a bordo de control de trenes.

Se tendrán dos conceptos de señales laterales identificados como señalización de espaciamiento y señalización de maniobras, la primera mantendrá la seguridad en la vía normal y la segunda en las zonas equipadas con aparatos de cambio de vía. La implantación de señales de ambos conceptos, así como el tiempo de respuesta y procesamiento de todo el sistema de señalización garantizará un intervalo mínimo de 4 minutos entre trenes en toda la Línea, es decir en ambas terminales, estaciones intermedias, así como en los tramos inter-estaciones.

Las comunicaciones o escapes entre vías se controlarán mediante el uso de accionamientos de aguja eléctricos o hidráulicos, cuyo movimiento y alimentación será controlado por los enclavamientos acorde a la formación de itinerarios. Los accionamientos de aguja incluyen comprobadores que permitan conocer su posición actual.

Se utilizara el Sistema ERTMS-2, del cual sus características son:

- 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.

II.1.3. Material móvil

- 30 unidades de 5 coches con 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

III.2. Instalaciones en talleres y depósitos

Para que la Línea Toluca – Valle de México opere en condiciones de seguridad, disponibilidad, confiabilidad y óptimo mantenimiento, se ha previsto la construcción de instalaciones de estacionamiento de trenes y talleres en las inmediaciones de la Terminal Zinacantepec.

Los criterios básicos de diseño considerados para el desarrollo del Estacionamiento y Taller de la Línea Toluca – Valle de México son:

- Disponibilidad máxima de la flota de trenes
- Flexibilidad máxima de movimiento de trenes en zona de Estacionamiento y del Taller.
- Óptima conectividad entre el Estacionamiento y la Línea Toluca – Valle de México.
- Asignación racional de los espacios requeridos para mantenimiento de trenes, así como para otras instalaciones requeridas.
- Condiciones de seguridad para los empleados y prevención de accidentes
- Condiciones de trabajo para los empleados con la menor afectación posible a la salud
- Consideración de normas y experiencias de mantenimiento internacionales
- Seguridad en toda el área, con accesos y circulaciones directas a todas sus instalaciones

Para desarrollar las actividades de mantenimiento al material rodante así como para el estacionamiento de trenes, se requieren contar con toda la infraestructura necesaria que permita atender la flota considerada y la conservación y mantenimiento de los trenes, esto se realizara mediante la instalación del patio y talleres, que se componen de los siguientes aspectos:

- Taller de servicio e inspección
- Almacén de vías
- Vías de estacionamiento de los trenes
- Vía de lavado
- Almacén general

- Edificio de control central y de patio
- Edificio de administración
- Subestación eléctrica de alta tensión
- Vialidad perimetral
- Estacionamiento para vehículos de servicio
- Planta de tratamiento de agua de lavado
- Depósito de lubricantes
- Área para deshechos
- Estacionamiento para automóviles

Las cocheras y talleres del Tren Interurbano México – Toluca están situadas en Zinacantepec, una predio de aproximadamente 23 hectáreas. El conjunto de edificios que permite la operación, logística y mantenimiento del tren se compone de 15 Edificios: Talleres, Cocheras, Administrativo, Servicios Centrales, Almacén, Vías y Dresinas, SEAT, SAF, Servicios, Residuos, Señalización, Baterías, Caseta de Vigilancia.

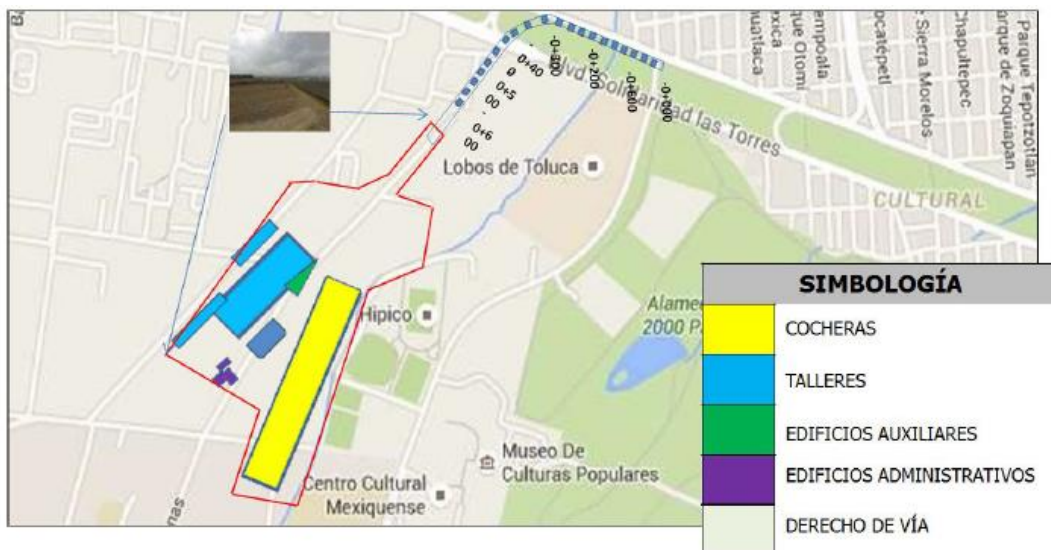


Fig. 13 Talleres y Cocheras en plano

Los hangares constan desde las naves de cocheras, donde se habilitaron 16 vías dobles con capacidad simultánea para 32 trenes. Así como el edificio de mantenimiento, donde se les dará reparación a todas las vías y rieles de forma permanente con técnicos e ingenieros especializados.

También existe un almacén general para el resguardo de material, infraestructura y carrocería, así como el Centro de Control y Operaciones (CCO), en el que se vigilará de forma permanente mediante video-vigilancia todo el recorrido de los trenes y las subestaciones con que cuenta el interurbano.

El hangar también conocido como tramo cinco y nave de cocheras, cuenta con 16 vías dobles en las que se pueden almacenar al mismo tiempo 32 trenes, los cuales tienen capacidad para 714 personas y tienen una longitud superior a 200 metros.

Los hangares de resguardo, será también la lanzadera de los trenes y donde se revisará las condiciones de los trenes antes de salir a servicio.

III.2.1. Función de las instalaciones:

La extensión del predio del Patio y Taller del Ferrocarril Toluca – Valle de México permitió implantar vías de estacionamiento e instalaciones de mantenimiento para la flota máxima de trenes.

A futuro la plataforma de estacionamiento podrá ser ampliada mediante la realización de las obras civiles correspondientes e instalando los haces de vías necesarios para alcanzar la máxima capacidad. El desarrollo contempla flexibilidad a fin de enfrentar cualquier situación de bloqueo para el ingreso / egreso de los trenes al servicio. Permite así mismo un ágil ingreso de los trenes al servicio comercial.

III.2.2. Control de patio y talleres

Se encargará del estacionamiento, del mantenimiento, así como la coordinación con el Puesto de Control de Central (PCC) para el ingreso/egreso de los trenes, con el objeto de garantizar la eficiencia en la gestión todo esto en ámbitos contiguos.

El comando y control de los sistemas, tales como: Señalización, Comunicaciones, Energía de Tracción incluyendo el mando de los seccionadores, Sistema de

Comunicaciones y de Seguridad contra Incendios, serán comandados desde el Puesto de Control de Patio (PCP) que como se manifestó coexiste con el

Puesto Control Central en un solo edificio. No obstante se prevé la posibilidad de efectuar el comando local de cada uno de los sistemas arriba mencionados.

El Patio y Talleres contará con un sistema de telecomunicaciones que comprende Teléfonos, Radio tierra (TETRA), Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), difusión sonora. El sistema de comunicaciones será operado desde el PCP. El acceso a través de la vía férrea al Patio y Talleres se llevará a cabo mediante dos vías, que lo unen a la Terminal Zinacantepec cuyo dominio operativo es controlado por el PCP hasta la Zona de Transferencia ubicada entre la salida del Patio y Talleres y la cola de maniobras de la Terminal.

En las vías de estacionamiento de trenes existen pasillos longitudinales de concreto para la circulación de personal de operaciones, mantenimiento y para la limpieza diaria de trenes.

Todas las vías de estacionamiento dispondrán de un sistema de drenaje que permita captar, conducir y disponer los escurrimientos de aguas de lluvia a fin de permitir el correcto desempeño del personal operativo sin riesgos.

Particularmente los drenajes asegurarán que ante una precipitación máxima los niveles del agua no sobrepasarán la altura de los pasillos de circulación, ni del hongo del riel.

La circulación de trenes en la Línea Toluca – Valle de México deberá realizarse de un modo seguro evitando que en todo momento y en cualquier circunstancia se acerquen a situaciones de peligro y, en caso necesario detener el tren con antelación suficiente para evitar alcances o descarrilamientos.

Todas las partes vitales del Sistema deberán estar diseñadas para permitir el funcionamiento en aplicaciones donde se requiere un nivel de integridad de Seguridad SIL4.

- El Sistema de Control de Trenes tendrá como función:
- Proteger los movimientos de los trenes

- Prevenir que un tren rebase una señal al rojo
- Controla la velocidad del tren
- Avisa con antelación suficiente al conductor.
- Activa los frenos de emergencia en caso de peligro.

El sistema ATP (Protección Automática de Trenes) propuesto para la Línea Toluca – Valle de México estará compuesto por dos subsistemas:

- Equipos instalados en los trenes
- Equipos instalados en las vías.

Sus requerimientos son:

- Contar con señalización lateral
- Tener comunicación vía-tren.
- Detección de vía libre

El ATP del subsistema a bordo recibe de los equipos fijos de vía información acerca del estado de la señalización, estos mensajes son de información vital para las funciones de protección del tren.

El ATP a bordo, siendo este de seguridad intrínseca, permitirá llevar el control de los movimientos del tren proporcionando la información de manera visual al operador.

El sistema permitirá:

- Calcular las curvas de frenado y los perfiles de velocidad
- Calcular la velocidad real permitida
- Previene el exceso de velocidad (sobre velocidad)
- Controla el frenado y acciona el freno de servicio o el freno de emergencia en casos de peligro

III.2.3. Zonas de transferencia

Se denomina Zona de Transferencia al sector de vías donde se intercambia el control de la operación entre el PCP (Puesto Control Patio) y el PCC (Puesto Control Central). El mismo se ubicará posteriormente a la cola de maniobras de la estación Zinacantepec y tendrá una longitud de 160 metros.

De manera puntual se generalizara como un Centro de Control y Operaciones del Tren Interurbano, es también el cerebro de todo el sistema, pues desde este punto se vigilará las 24 horas el viaducto, las subestaciones y el interior de los trenes.

El centro de control se integra por un grupo especializado de monitoristas que de forma permanente revisan la seguridad y servicio del tren. En la primera fila se encuentran los operadores que controlan el tráfico de los trenes, quienes se encargan de tener comunicación con los maquinistas y por el otro lado los que tienen el control de las vías.

Otra de las filas, es la encargada de todas las instalaciones electromecánicas, como elevadores, escaleras eléctricas, equipos de ventilación.

Mientras que hay una especializada para la energía que alimenta los trenes y el viaducto, con información que se obtiene en tiempo real.

También se cuenta con una sala de monitoreo con operadores que de forma permanente vigilan las 450 cámaras instaladas en los trenes y el viaducto por donde correrá el tren. Desde la sala seguridad se vigila las 180 cámaras instaladas en los rieles y subestaciones, así como las 270 instaladas en los 30 trenes.

III.3. Puesto de Control Central (PCC)

La operación de los distintos sistemas del Tren Toluca – Valle de México se coordinará desde un Puesto de Control Central (PCC), especialmente en situaciones de emergencia o contingencia. El PCC se ubicará en un edificio próximo a la línea y será el punto de concentración de información acerca del estado de funcionamiento de los sistemas y el control de tráfico así como el punto de emisión de órdenes, mandos y toma de decisiones. Por tanto, todas las redes de comunicación e información llegarán a este edificio.

La gestión de la operación y de la regulación del tráfico será realizada por operadores, los cuales dispondrán de puestos de operación equipados con sistemas informáticos del tipo Mando Centralizados orientados a la supervisión y control de todas las instalaciones de la línea. Se desplegará a lo largo de la línea una red de dispositivos PLC y aplicaciones SCADA responsables de la captación de información acerca de estados y alarmas de todos los sistemas y al envío de las órdenes de control generadas por los operadores o de forma automática por las aplicaciones.

Adicionalmente se plantea incluir como parte del Puesto de Control Central las siguientes salas de propósito específico:

- Centro de Procesado de Datos o CPD.
- Sala de Mantenimiento
- Sala de Simulación
- Sala de Formación
- Sala de Crisis

Para la línea del Tren Toluca – Valle de México se prevé establecer los siguientes perfiles de operador:

- Supervisor de Línea: Es el responsable de la operación de la línea y la coordinación de todos los operadores del Puesto de Control. Como tal debe tener el control y el acceso a toda la información referente a lo que está pasando en la línea así como en el Puesto de Control. El supervisor dispondrá de todas las funcionalidades disponibles para el resto de operadores.
- Regulador de Tráfico: Responsable de supervisar la circulación de trenes en vía general así como la inyección / extracción de trenes a Talleres y Depósitos. Se responsabilizará de supervisar y coordinar las maniobras de trenes en vía general fruto de la aparición de situaciones de circulación en modo degradado.
- Regulador de Energía: Responsable de supervisar el sistema eléctrico de transformación y distribución de media tensión así como el sistema de tracción eléctrica. Este perfil se responsabilizará de realizar las maniobras sobre los

sistemas eléctricos que sean requeridos bajo consignas de operación y mantenimiento.

- Operador de Estaciones: Responsable de la supervisión y el correcto funcionamiento de los siguientes sistemas de estación: Electromecánicos (ascensores, escaleras mecánicas, bombas de achique, etc...), Baja Tensión, Alumbrado y Boletaje.
- Operador de Seguridad: Se responsabiliza de la supervisión de los sistemas de seguridad y emergencia de estaciones, túnel e interior de los trenes, que se enumeran a continuación: CCTV, Control de Accesos, Ventilación mayor, detección y extinción de incendios.
- Centro de Atención e Información al Usuario: La función de este centro es fundamentalmente la de atender e informar al usuario y está formado por los siguientes perfiles de operador:
- Operador de Interfonia: Se responsabiliza de atender las llamadas de información procedentes de los interfonos de estaciones o del interior de los trenes por parte de los usuarios de la línea así como la supervisión del estado de funcionamiento. En el caso de llamadas con carácter de emergencia, estas son redirigidas al Operador de Seguridad.
- Operador de Voceo y Teleindicadores: Se responsabiliza de la difusión de mensajes de interés para los usuarios de la línea a través de las plataformas de difusión de información existentes así como la supervisión del estado de funcionamiento.

III.4. Taller de Mantenimiento de material rodante

- En el Taller de Mantenimiento del Material Rodante se ejecutan las siguientes actividades:
- Inspecciones periódicas de los trenes
- Reparaciones ocasionales de los vagones
- Inspecciones adicionales de los trenes (no programadas)
- Limpieza en el interior y bajos chasis de vagones

- Sustitución de componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos del vehículo
- Torneado de ruedas.

III.5. Instalaciones especiales

- Máquina lavadora de trenes
- La Máquina Automática de Limpieza de Trenes está concebida principalmente para lavado exterior a intervalos regulares de la flota de trenes La instalación deberá permitir dos funciones de lavado:
 - Automática, para lavado programado de los trenes
 - Manual, para ejecutar la limpieza profunda de la formación
- La máquina podrá ser de operación "¡Stop and Go!" con pórticos de desplazamiento limitado por cepillos.

Dentro de esta configuración, el tren tendrá que parar dos veces para permitir limpiar el frente de las cabinas.

La velocidad máxima de pasada será de 5 kilómetros por hora. Estará ubicada en una vía especial sin interferencia operativa con el resto de las otras y sobre todo de las afectadas a la entrada y salida de trenes.

III.5.1. Servicios necesarios:

- Sistema de seguridad y extinción de incendios
- Energía eléctrica auxiliar
- Iluminación
- Aire acondicionado
- Servicios de sanitarios, duchas, vestuarios, dormitorio
- Sistemas de Telefonías
- Radio tren-tierra
- CCTV

IV. Afectación al medio ambiente

IV.1. Visión general

La topografía del Sistema Ambiental Regional del proyecto es diversa a causa de las sierras y laderas que lo conforman, por lo que las zonas elevadas aún resguardan los componentes y servicios ambientales de los ecosistemas conformados por bosques de pino-encino y oyamel, especies de flora y fauna con alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, suelo orgánico, cursos naturales de agua y zonas de recarga protegidos por el decreto de diversas ANP's de carácter federal y estatal.

El proyecto atraviesa un Parque Nacional y dos Áreas Naturales Protegidas estatales, en la siguiente tabla se muestran las ANP's y otras áreas de conservación.

Área de interés	Nombre	Distancia al trazo (km)	Distancia que cruza (km)
Parque Nacional	Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla		4.60
	Desierto de los Leones	0.165	
ANP Federal	Ciénegas de Lerma, polígono 1	7	
	Ciénegas de Lerma, polígono 2	1.5	
ANP Estatal	Alameda Poniente San José de la Pila		
	Otomí - Mexico		3.86
	Santuario del Agua, tributaria San Lorenzo		4.45
AICAS	Ciénegas de Lerma		3.66
	Sur del Valle de México		2.17
Ramsar	Ciénegas de Lerma, polígono 1	7	
	Ciénegas de Lerma, polígono 2	1.5	
RHP	Cabecera del Río Lerma		37.31
RTP	Ajusco - Chichinautzin		9.61

Tabla 3. Distancias del Proyecto diversas áreas de interés ambiental

En el trabajo de campo, y posteriormente el análisis de la información y su modelación en gabinete mediante sistemas de información geográfica, se obtuvo una delimitación del Sistema Ambiental Regional, el cual cuenta con una superficie de 49 309 ha, las cuales se consideran suficientes para la caracterización de los aspectos bióticos y abióticos que podrían verse afectados por el emplazamiento del Proyecto.

Los límites del sistema regional se presentan en la siguiente tabla.

Frontera	Características limítrofes generales
Nor-este	Este extremo al igual que el extremo Oeste presenta un alto grado de urbanización por lo cual se consideró tomar como base la división estatal administrativa entre el Estado de México y el Distrito Federal entre los municipios de Huixquilucan y Naucalpan y las delegaciones Cuajimalpa y Miguel Hidalgo del Distrito Federal. Hasta la barranca Tecamachalco para posteriormente desplazarse por la avenida Paseo de las Palmas, hasta el Blvd. Adolfo López Mateos.
Este	Dentro de la delegación Miguel Hidalgo desciende hacia el sur por el Blvd. Adolfo López Mateos hasta llegar a la Barranca Mixcoac.
Sur-este	A partir de la Barranca Mixcoac toma una dirección sur-oeste iniciando la trayectoria hacia la sierra de las cruces por la parte baja de la barranca, hasta la Barranca Atzoyapan.
Centro-sur	A la altura de la localidad de Santa Rosa Xochiac inicia el ascenso a la parte alta del sierra de las cruces desplazándose por el hombro de la ladera hasta la localidad de San Pedro Atlapulco donde inicia el descenso al valle de Toluca por medio del sistema fluvial proyectándose por el arroyo México pasando por la localidad de San Jerónimo Acazulco, donde después de cruzar parte de la planicie se proyecta por la parte baja del malpais rodeando las localidades de Ocoyoacac y San Pedro Cholula.
Sur-oeste	Una vez que cruza la zona de malpais, el límite se proyecta hacia la zona oeste del valle de Toluca rodeando la ANP denominada Ciénegas de Lerma; posteriormente en un tramo de aproximadamente 2 kilómetros se proyecta por la red de canales y calles del Valle de Toluca que corresponde al límite municipal entre San Mateo Atenco y Metepec, para después seguir por la calle Atizapán y Codagem hasta desviarse al norte por la carretera # 55 Tenango de Arista – Toluca. Sigue por dicha carretera hasta la avenida de las palmas siguiendo por 5 de mayo e insurgentes hasta Paseo Colón hasta la calzada del Pacífico.
Oeste	Esta zona sigue formando parte de la planicie. En la Av. Independencia toma una dirección norte hasta llegar a un canal que corre paralelo a la calle Hacienda Barbosa en el municipio de Zinacantepec, hasta llegar a la avenida Adolfo López mateos, donde se desplaza hacia el este hasta la avenida Paseo de los Matazinclas.
Norte centro	El límite se proyecta sobre la Avenida Paseo de los Matazinclas, que se encuentra en la parte baja de la ladera formada por un grupo de lomeríos aislados de altitud media, sigue por el Paseo Vicente Lombardo Toledano hasta la Av. Miguel Alemán Valdés posteriormente se proyecta sobre un canal con dirección norte hasta rodear el vaso de la ANP Ciénega de Lerma, para desplazarse por la zona pie de monte de las estribaciones de la Sierra de las Cruces, pasando por las localidades de San Nicolás peralta y san Francisco Xochicuautla, proyectándose por un valle aluvial llegando a la localidad de San Juan Yautepec, integrándose a la Barranca del Río Borracho en Huixquilucan, siguiendo este camino hasta la delegación Cuajimalpa en la Cal. de México donde retoma los límites administrativos entre el Distrito Federal y el Municipio de Huixquilucan.

Tabla 4. Límites del Sistema Ambiental Regional.

Particularmente, la vía férrea proyectada incide en un 20% de la longitud total de su trazo dentro de las zonas de sierras y laderas; no obstante, en esta sección se emplazará en viaducto y túnel manteniendo la conectividad de los ecosistemas mediante la preservación de la flora nativa, permitiendo el desplazamiento de la fauna, y la conservación de las zonas de recarga de agua pluvial que alimentan el acuífero.

Ahora, en cuanto a las zonas de menor pendiente el sistema ha sido modificado en sus componentes ambientales principalmente por el establecimiento de las zonas urbanas de los Municipios de Zinacantepec, Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Ocoyoacac, en el Estado de México, y en las Delegaciones Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón, en la Ciudad de México, la apertura de brechas, vialidades, caminos y la carretera y autopista México-Toluca, así como por actividades agrícolas, que han

ocasionado la pérdida de vegetación forestal que ocasionó la fragmentación de los ecosistemas y la pérdida de sus componentes ambientales flora, fauna, suelo orgánico y la disminución de zonas de recarga. La presencia de zonas urbanas en el sistema representa un 60% mientras que las zonas agrícolas un 15%, y la vía férrea proyectada incide en un 80% de su longitud dentro de estas zonas antropizadas.

La tendencia del Sistema Ambiental Regional donde se encuentra inmerso el proyecto, es que las actividades antropogénicas, principalmente urbanas y agrícolas, continúen ganando terrenos de forma paulatina hasta donde la propia pendiente del terreno lo permita, poniendo en constante riesgo la modificación de los componentes naturales que conforman los ecosistemas que se preservan en la zona serrana que divide la Ciudad de México con el Estado de México

La Evaluación del Impacto Ambiental es un instrumento de política ambiental, definido en el artículo 28 de la LGEEPA como el procedimiento a través del cual esta Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.

Por su parte, el Cambio de Uso de Suelo en los Terrenos Forestales corresponde a una medida de conservación forestal contemplada en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), que en su artículo 7 lo define como “La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales”, y en su artículo 117 prevé que esta Secretaría sólo podrá autorizar el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.

Durante la evaluación del proyecto por una Evaluación de Impacto Ambiental, realizado por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA), así como el Procedimiento de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales llevado a cabo por la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (DGGFS); la autoridad consideró tres filtros que permitieron de manera ordenada, fundada y motivada ir definiendo el resultado final, estos son:

1. Integración: cumplimiento de los requisitos administrativos.
2. Análisis jurídico: compatibilidad del proyecto con los instrumentos jurídicos aplicables y vigentes.
3. Análisis técnico: evaluación de impactos ambientales ocasionados por las diferentes etapas del proyecto y propuestas técnicas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales ocasionados por el mismo.

Como resultado, por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se emitieron las resoluciones en las materias de Evaluación de Impacto Ambiental y de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF), que integran un análisis de los elementos físicos, biológicos y socioculturales, además considera no sólo las alteraciones negativas, sino que también se evalúa el análisis de los impactos positivos del proyecto, así como que se consideren todas las medidas destinadas a la protección de los recursos naturales y elementos ambientales susceptibles de ser afectados y aquéllas que no estén consideradas o sean deficientes se exigen como Términos y/o Condicionantes.

La construcción de la vía férrea incluyó llevar a cabo un programa integral de manejo de residuos sólidos y peligrosos para su posterior recolección y disposición final a través de una empresa autorizada

La Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) determinó que el proyecto no tiene por objeto la utilización de los recursos naturales presentes en el sitio de pretendida ubicación, por lo que el mismo no compromete la integridad funcional de los

ecosistemas presentes en el SAR, ni generará impactos ambientales relevantes a dichos ecosistemas, que pudieran ocasionar un desequilibrio ecológico

IV.2. Alteraciones al medio debidas a la Obra

Al momento de poner en marcha el proyecto se realizó la publicación con detalles del proyecto tanto en la Gaceta Ecológica de la SEMARNAT como en un periódico de amplia circulación en las Entidades Federativas en donde se desarrollará la construcción del tren, no hubo solicitudes de consulta pública, se solicitaron las opiniones técnicas a las dependencias que regulan las áreas en las que incidía el proyecto, y no fue necesario requerir información adicional a la MIA, todo lo anterior en cabal apego a los tiempos y las formas marcados por la legislación ambiental vigente.

En lo que respecta a su ubicación, el trazo del proyecto es paralelo a la carretera y autopista México-Toluca por varios kilómetros en el Estado de México y a su vez se encuentra dentro del derecho de vía de una línea de transmisión de electricidad perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad y vialidades existentes dentro de la Ciudad de México, lo que reduce el impacto causado al ecosistema.

Asimismo, la zona donde se construye el proyecto se encuentra regulada por Decretos y Programas de Manejo de ANP's y de Área de Valor Ambiental (Barrancas Tacubaya y Pachuquilla), Programas de Ordenamiento Ecológico, Planes y Programas Municipales y Delegacionales de Desarrollo Urbano, donde no se identificó contravención de las obras y actividades con dichos instrumentos jurídicos y de planeación, ya que dentro de su diseño y ejecución se consideró infraestructura que permitiera mantener las zonas que presentan algún grado de conservación, tales como viaductos y túneles, así como la implementación de estrategias para prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos ambientales que ocasiona su desarrollo, ajustándose a los lineamientos dispuestos en dichos instrumentos.

Algunos de los problemas radicaron en la interferencia de la construcción del tren con el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Delegaciones como Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón y el Programa Parcial de Desarrollo Urbano de Xalapa,

Ocoyoacac, Lerma, San Mateo Atenco, Zinacantepec; de la misma manera en aspectos ecológico el proyecto siguió normas y direcciones del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Distrito Federal, este último en un aspecto regulador el cual incide en zonas que presentan áreas modificadas a causa de la urbanización; de la misma manera involucrando al Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la “Zona Santa Fe”.

Las obras iniciaron en 2014. En junio de ese año, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), ordenó una tala de más de 37 mil árboles del bosque de La Marquesa. Fue para abrir paso al tren. También ahogaron con cascajo milpas de ejidatarios.

De manera particular se presentan algunas afectaciones de la Obra.

FLORA

Pérdida de la cobertura vegetal por la remoción de vegetación forestal en una superficie de 4.54 ha.

Incremento del efecto borde.

Modificación de las cualidades del paisaje.

FAUNA

Mortandad de individuos de fauna.

Caza y tráfico de especies.

Pérdida del hábitat y afectación de refugios, nidos y madrigueras.

Incremento de efecto barrera y afectación a las rutas de desplazamiento.

Construcción de Pasos de Fauna.

Uso de disuadores sónicos para aves.

SUELO

Pérdida de suelo.

Incremento en los índices erosivos.

Degradación y contaminación del suelo.

Generación de residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial.

Generación de residuos de desmonte.

Modificación del relieve.

HIDROLOGIA

Azolve de los cauces de escurrimiento natural.

Obstrucción de la superficie de infiltración.

AIRE

Incremento en los niveles de gases y partículas suspendidas.

Incremento en los niveles de ruido.

IV.3. Medidas de Mitigación

La vía férrea se desplaza en aproximadamente 31 Km sobre zonas urbanas y 15 Km en zonas urbana-agropecuaria dentro el derecho de vía de vialidades, carreteras, autopistas y líneas de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad, y 12 Km en zonas conservadas donde el trazo se proyecta en 4.59 Km en sección túnel y el resto en viaducto, disminuyendo las superficies de afectación y manteniendo los corredores biológicos.

Por otro lado, aún y cuando en el Sistema Ambiental Regional del proyecto se identificaron especies de flora y fauna con alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, éste consideró la implementación de acciones de rescate y reubicación de individuos de especies de flora y fauna, así como la construcción de pasos de fauna con la finalidad de mantenerlas en dicho sistema.

Con base en la hidrología y suelo sólo se construyen 7.87 Km en sección nivel principalmente dentro de zonas alteradas y el resto en sección viaducto y túnel, con el propósito de disminuir las superficies de afectación, y con ello mantener las zonas de recarga y los escurrimientos de agua de la zona, y el suelo producto de las excavaciones y cortes fueron utilizados para la construcción de la obra, actividades de reforestación y el restante dispuesto en sitios con autorización en la materia.

En virtud de lo anterior, la DGIRA determinó que el proyecto no tiene por objeto la utilización de los recursos naturales presentes en el sitio de pretendida ubicación, por lo que el mismo no compromete la integridad funcional de los ecosistemas presentes en el SAR, ni generará impactos ambientales relevantes a dichos ecosistemas, que pudieran ocasionar un desequilibrio ecológico, aunado a que se implementarían una serie de estrategias para prevenir, mitigar y compensar dichos impactos, tomando en cuenta el conjunto de los elementos y recursos que los conforman, y respetando la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos.

Factor	Componente	Acciones
1	ATMÓSFERA	
	Visibilidad (Partículas suspendidas)	Programa de mantenimiento periódico para vehículos, en cumplimiento a las NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-2006 y NOM-080-SEMARNAT-1994
	Nivel de Ruido	Control de emisiones de contaminantes y polvo Control en los niveles de ruido Uso de tapiales
2	SUELO	
	Calidad del suelo Horizontes edáficos	Manejo de residuos de residuos de desmonte Acciones de conservación y restauración de suelo
	GEOMORFOLOGÍA	Unidades geomorfológicas Estabilización de taludes de corte Integración paisajística del
3	HIDROLOGÍA	Escorrentías Protección de escurrimientos Desazolve y construcción de obras de drenaje
4	VEGETACIÓN	
	Cobertura vegetal Habitat y ecosistema	Acciones de rescate y reubicación de flora Acciones de restauración Supervisión ambiental
5	FAUNA	Anfibios Reptiles Aves Mamíferos Acciones de rescate y reubicación de fauna silvestre Restauración del hábitat de las especies Capacitación del personal Construcción de Pasos de fauna silvestre Dispositivos de disuasión sónica para aves
6	SOCIECONÓMICO	
	Desarrollo económico Desarrollo social	Señalización preventiva e informativa Planeación del transporte de infraestructura, insumos, maquinaria y equipo Planeación para la reestructura vial Buenas prácticas ambientales

Tabla 5. Acciones para mitigar problemas

De manera adicional para el uso del estudio del suelo la Secretaría podrá autorizar un Proyecto de compensación ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF) cuando se demuestren técnicamente los 4 supuestos normativos:

- No se compromete la biodiversidad.
- No se provocará la erosión de los suelos.
- No se deteriora la calidad del agua o la disminución en su captación.
- Que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo.

Tiene como propósito llevar a cabo acciones de restauración de suelos, reforestación y mantenimiento de los ecosistemas forestales deteriorados, para que una vez lograda su rehabilitación, se compensen los servicios ambientales que prestaban los ecosistemas que fueron afectados por el cambio de uso del suelo.

Mediante el Estudio Técnico Justificativo (ETJ) presentado para el CUSTF en una superficie de 8.598 ha se abordaron los 4 supuestos de forma conjunta que demostraron técnicamente la viabilidad ambiental del cambio de uso de suelo.

SUPUESTO NORMATIVO	CUENCA (Individuos)	CUSTF (Individuos)	MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
Biodiversidad	FLORA			
	33,256	9,720*	Rescate y reubicación (Individuos)	Reforestación (Individuos)*
			7,070	20,359
	FAUNA			
1,290	935	Rescate y reubicación		
		935		
<small>*Incluye el estrato arbóreo y arbustivo de la vegetación de Bosques de cedro, encino, pino, oyamel, pino-encino</small>				
SUPUESTO NORMATIVO	ESTADO NATURAL	CON REMOCIÓN DE VEGETACIÓN FORESTAL		MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Erosión del suelo	Erosión anual (ton/año)	Erosión anual (ton/año)	Pérdida de suelo (ton/año)	Retención de suelo (ton/5año)
	25.1	541.31	516.21	1,099.05
Agua	Infiltración (m3/año)	Infiltración (m3/año)	Infiltración con reforestación (m3/5años)	
	41,844.37	26,893.76	302,983.18	

Tabla 6. Cantidades aproximadas de restauración

La obra tendrá ciertos problemas en el traslado de agua en la zona ya que no cuenta con un estudio de factibilidad respecto al agua, una medida podría ser la inclusión en el proyecto de un interceptor pluvial de Capultitlán hasta la presa Ignacio Ramírez, para captar las aguas pluviales, a fin de trabajar en conjunto con la Conagua para que guarde el agua de lluvia y en época de sequías la regrese. Se puede tratar, potabilizar y regresar para consumo de la zona sur, que es donde se necesitará, este proyecto se trabaja con varios desarrolladores.

IV.4. Acciones de mitigación en operación

El ahorro energético, la reducción de contaminación y ruido, así como la aplicación de materiales inocuos, la disminución de los residuos generados durante la utilización de los trenes más el uso de componentes reutilizables y reciclables, son algunas de las consideraciones medioambientales en operación; para reforzar las ventajas ambientales del ferrocarril respecto a los otros modos de transporte.

Entre los factores más influyentes en la reducción del consumo energético, destaca el hecho de disminuir el peso de los trenes, recuperar energía eléctrica durante la acción de frenado, obtener una buena respuesta aerodinámica de los vehículos, incrementar al máximo la capacidad de transporte, aislar térmicamente el interior de los coches y utilizar energías renovables como fuentes de la electricidad.

También es cierto que la reducción de la masa del tren, además de reducir consumo energético, influye positivamente en la reducción de la producción de ruido y vibraciones.

La importancia de la aerodinámica del tren, respecto al consumo energético, así como la resistencia del aire al desplazamiento del tren, crece con la velocidad. Si para velocidades de 100 km/h la resistencia aerodinámica de los vehículos es alta, al circular a 200 km/h se transforma en un factor extraordinariamente crítico desde el punto de vista del consumo de energía.

El aislamiento térmico de los coches que conforman los trenes de viajeros suele depender del clima donde circulan. En general, se aprovecha mejor la climatización de los vehículos si se reduce el tiempo de estar abiertas las puertas en las paradas de las estaciones.

Para reducir ese tiempo de apertura de puertas es posible instalar sistemas automáticos de cierre de puertas que actúan cuando pasan unos minutos sin ser franqueadas. También es posible aprovechar al máximo los sistemas de climatización forzando la circulación del aire, y ajustando automáticamente la temperatura interior a la temperatura exterior y al número de personas que viajan en el tren.

Cada tren se compone de cinco vagones, tiene capacidad para trasladar a 719 pasajeros, 326 de ellos sentados en sillones con respaldo para la cabeza y brazos en un convoy climatizado, con cámaras de seguridad, pantallas de televisión, espacios especiales para personas en sillas de ruedas y botones de alarma.

IV.5. Materiales seleccionados y su relación al medio ambiente

Respecto a la elección de materiales y sustancias a utilizar en la fabricación de trenes debe establecerse, un método que asuma los principios de precaución, economía, reutilización y reciclado, además de tomar en consideración la tecnología disponible y el nivel de conocimiento existente.

La empresa de transporte ferroviario encarga de la construcción de los trenes, en este caso CAF también solicitan que se describa la calidad del aire que habrá en el interior del tren, tanto en las salas de viajeros como en las cabinas de conducción, comparándola con las normas y niveles exigidos en las recomendaciones en sitio, para las zonas de edificios y áreas de estancia destinadas a las personas. Respecto a la calidad del aire se hace referencia explícita, y sobre todo, a las cantidades de dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión de metales pesados y presencia de compuestos orgánicos volátiles.

Respecto al uso de cada uno de los materiales y sustancias se contemplará tanto su idoneidad en general como el uso específico en cada una de las aplicaciones concretas. Por ejemplo, el cobre puede ser utilizado en instalaciones eléctricas, pero no puede ser aplicado a la fabricación de pastillas de freno ya que su dispersión en la atmósfera, agua y suelo, es muy nociva.

El uso de ciertas sustancias está regulado por convenios internacionales, como es el caso del arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel, zinc y sus compuestos. Otras sustancias forman parte de los materiales de alto impacto ambiental como es el caso de los compuestos orgánicos halogenados, cloruros, bromuros y fluoruros.

Para permitir evaluar la reducción del consumo de recursos naturales y de la contaminación, el fabricante deberá definir el tiempo de vida útil de los trenes, las necesidades de reposición de los componentes que sufren desgaste o se consumen, y la posible generación y dispersión de contaminantes durante la explotación del vehículo, adjuntando en la documentación que acompaña a cada oferta de venta los potenciales de reutilización y de reciclado que tienen cada uno de los equipos y materiales utilizados en la fabricación del tren.

A mediados del año 2018 se realizaron las maniobras de transporte del último tren, vía ferrocarril, hasta la planta en Huehuetoca en el Estado de México, procedente de España, de la empresa CAF, vía el puerto de Veracruz, donde se le darán los últimos acabados para llevarlos a su destino final.

En España se construyeron los vagones los cuales fueron embarcados en lotes de 3,4 y hasta 5 vagones en barcos mercantes con destino al puerto de Veracruz. De aquí los enviaban a Huehuetoca a bordo del ferrocarril. Son trenes formados por cinco carros, que en horas pico se unirán dos para poder cubrir la demanda, cuentan con coche motorizado en las dos puntas, y una de sus características es que por las pendientes y orografía que presenta el trazo, el 80% motorizado para garantizar frenado, subida y recuperación de energía.

CAF suministró un tren derivado de la UT-446/447 española; en México se han probado sistemas de CAF cuyo modelo es UT-01 o EMU Cuautitlán-Buenavista, pero que está un poco rezagado en su tecnología, la carencia de servicios y la velocidad máxima que pueden alcanzar (100 kilómetros hora) son sus principales inconvenientes.

El tren de alta tecnología presenta el mismo principio, de la misma manera poseen un pantógrafo en la parte superior para recibir la tensión de 25 kVcc suministrada por medio de una catenaria.

El tren de México-Toluca es único en su tipo en América Latina con 6 motores y será capaz de producir su propia energía por un freno regenerativo, lo motores le permitirán adaptarse a pendientes de 5% en algunos tramos; una inclinación superior a la habitual, con algunos tramos que van desde 3,000 metros en el punto más alto de La Marquesa, hasta 2,200 en su punto más bajo en la Ciudad de México.

La empresa Thales encargada de la operación implementará por primera vez en Latinoamérica el sistema European Train Control System (ETCS) Nivel 2, sobre el que operará el ATO (Operación Automática de Trenes), un modo de conducción segura que permite gobernar el tren de forma automática, sin la intervención del conductor.

A la vez, el ATO regula la marcha o el frenado según las órdenes que recibe, por lo cual el conductor se limita a abrir y cerrar puertas, dar órdenes de salida y supervisar el sistema. El tren tiene un tercer freno de esta tecnología que opera por un campo de electromagnética, como si fuera un imán.

Las nuevas implementaciones al tren Suburbano de la Ciudad de México han presentando sistemas parecidos, como lo es el sistema de freno, con el uso de este sistema los trenes ha generado 4 millones 860 mil kw/h que es equivalente al consumo mensual de alrededor de 24 mil familias mexicanas. Además de que han logrado tratar más de 4 millones 305 mil litros de agua, reutilizando hasta el 68% de esta agua.

El sistema funciona del siguiente modo: el centro de control, en constante comunicación vía radio, recibe la posición del tren en la vía y su velocidad a través de la transmisión de mensajes entre las instalaciones fijas y los trenes.

Para los accesos al tren se tiene previsto que estos sean mediante tarjetas sin contacto; además, se instalarán torniquetes bidireccionales de entrada y salida con validadores de tarjeta; barreras de acceso para personas con discapacidad, terminales de venta para tarjetas, recarga en taquillas, máquinas exclusivas para la recarga de las mismas, máquinas de venta de tarjetas y terminales portátiles para el mismo uso; un sistema bastante parecido al implementado en las terminales del tren suburbano.

V. Análisis FODA

V.1. Debilidades

- La construcción de las ballenas para desalojar el agua ha tenido ciertas complicaciones en su ejecución, en el año 2016 en la Torres y Colón colapsaron dos traveses que sostienen a dichas estructuras con un peso de 11 toneladas y miden 17.5 metros. Para el año 2017 se volvió a presentar una caída en las Torres de 3 traveses rumbo a Metepec, lo cual no da mucha confianza a los pobladores y usuarios del tren.
- En cuatro años la construcción del Tren Interurbano México-Toluca, podría alcanzar una de las inversiones más altas en materia de obra férrea que sobrepasaría los 80 mil millones de pesos y que se sería adjudicada a dos gobiernos federales; en el año 2018 fue evaluada por el IMCO con un sobrecosto del 100 por ciento, el cual rebasó los 55 mil millones de pesos, el costo original del proyecto fue de 35 mil millones de pesos.
- Según estudio de costo-beneficio de la SCT sobre la obra, una vez inaugurada subirá de forma periódica su gasto, pues en el plan del proyecto se tiene considerado además de los 30 trenes contemplados, adquirir dos trenes en 2022; tres más en 2025 y seis trenes en 2036, que obligarán un desembolso anual de 800 millones de pesos, los cuales son crecientes en el tiempo debido al crecimiento de la flota. (El desglose de los costos de operación y mantenimiento no se incluye en esta versión pública) detalla el apartado 5.1.4. del estudio de la SCT.
- En el proyecto inicial de la obra se considera una tarifa fija de 40 pesos, sin embargo con la inflación y sobrecosto subió el precio definido, a mediados del año 2018 el costo del pasaje aún no se definía, pero que oscilaba entre los 50 y 60 pesos, un precio similar al pasaje de los autobuses. La Secretaría de Obras y Servicios (Sobse) del gobierno de la Ciudad de México plantea un costo aproximado de 80 pesos, es decir más caro que el servicio que ofrecen las líneas foráneas que recorren dicha ruta.

- No considera la movilidad dentro del tren en bicicleta, ni traslado de las mismas en zonas específicas, plantea una zona de estacionamiento para las mismas dentro de las instalaciones de terminales.
- No se considera la construcción de puentes peatonales, ni ciclovías en las estaciones de Zinacantepec, Toluca y Lerma.

En el caso de puesta en marcha de una obra de importancia como lo es esta se presentan algunas interrogantes respecto a la validez de su creación, en este caso el tren interurbano de alto costo y tecnología tiene cuatro estaciones dentro de la zona metropolitana de Toluca, asemejándose a un tren urbano, como se ha implementado en EDOMEX con el Mexibus o a mayor escala con el Metrobús.

El problema radica en que prácticamente todo el traslado en el tren será en un estado y en una zona específica, para qué gastar en una tecnología tan cara en todo ese trayecto cuando se podría haber puesto un Metrobús que alimentara a una sola estación.

V.2. Amenazas

- En el año 2015 se presentaron irregularidades en el tramo que corre por San Lorenzo Acopilco se acusó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de ilegalidades en la construcción de la vía ferroviaria, dañando el equilibrio ecológico y violando los derechos agrarios de los 2,344 comuneros de esta localidad, asentada en una tupida zona boscosa de la delegación Cuajimalpa. Varias comunidades afectadas arreciaron sus protestas e interpusieron amparos contra la obra por daños ecológicos y atropellos a sus derechos agrarios, entre ellas la de San Lorenzo Acopilco.
- El proyecto carece de un dictamen de factibilidad de agua el cual determina la cantidad de agua así como la captación de líquido pluvial, control, infiltración, absorción y desalojo de la misma; en si no se requiere tomando en cuenta que es una obra en zona federal; según expreso el director del Organismo de Agua y Saneamiento de Toluca, José Maya Ambrosio en funciones en el año 2018 no se trata de una construcción aislada, requerirá de agua y sus descargas necesitan de

conductos, por lo que utilizarán el sistemas del municipio. El problema radica en que se prevé un aumento en la demanda, debido a un gran desarrollo vertical desde Santa Fe hasta el valle de Toluca que va a necesitar servicio de agua, demanda que crecerá un 50 por ciento en la zona, a donde se dota de líquido del Cutzamala.

- El uso de las ballenas para el desalojo de agua en base a estudios servirá pero no cumple con el proceso de reutilización ya que se deben establecer campos de absorción, pues de lo contrario habrá escurrimientos en la parte de la franja y no van a tener la capacidad de conducir; el agua pluvial de manera natural, escurre hacia la superficie, va al arroyo Cano y al río Verdiguél, que ya están saturados.
- Hasta el momento se desconoce si existe un diseño urbano integrado multimodal que considere el tránsito que puede generar esta nueva obra, si se están contemplando alternativas de transporte colectivo para satisfacer esta demanda de pasajeros, o donde se van a guardar los vehículos particulares en caso de que no.
- Durante el desarrollo de la obra se han hecho dos modificaciones en el trazo: una en septiembre de 2015 para ubicarlo en las barrancas en Santa Fe, y otra en julio de 2017 para evitar la tala de más de 3,500 árboles en Cuajimalpa.

V.3. Fortalezas

- La velocidad promedio de este transporte será entre 90 y hasta los 160 kms y se estima que el tiempo de recorrido entre una terminal y otra sea de 39 minutos, el trayecto más largo será de la estación Lerma a Santa Fe el cual será aproximadamente 19 minutos. Sin embargo, entre las demás estaciones solo existirán entre 5 o 6 minutos de separación. Reducirá el tiempo de traslado 90 minutos en viaje redondo.
- El proyecto también traerá consigo beneficios para el medio ambiente, ya que al reducirse el parque vehicular, la cantidad de emisiones de CO₂ también se reducirá, en una cantidad de CO₂ de 27,827 ton/año, equivalente al oxígeno

producido por 225 hectáreas de bosque.; además, el bajo flujo vehicular también ayudará a evitar 400 accidentes viales, según datos del Gobierno Federal.

- Se generaran 17,500 trabajos directos y 35 mil indirectos durante la construcción.
- Se complementará un servicio en conjunto con el Servicio de Transporte Colectivo METRO (Línea 1 y en un futuro, Líneas 9 y 12). Observatorio es la terminal y es importante conectarlo porque según encuestas se espera un aforo de 80,000 como media y la gran mayoría de población viene del oriente de la ciudad del centro de la ciudad hacia Observatorio – Santa Fe, y se podrá aprovechar el tren con la conexión que se hace ahí mismo en Observatorio con la línea 1 del metro y con la ampliación 12 de Mixcoac a Observatorio.
- Ahorrara hasta 680 millones de pesos al año en mantenimiento de carreteras y vialidades.
- Se pretende dejar fuera de la circulación hasta 200 mil vehículos por día, gastar de 1.5 a 3.0 veces menos en transporte y ahorrar 90 minutos diarios por usuario.

La puesta en marcha del tren se espera genere el desarrollo a las orillas del paso del tren, se trata de conjuntos habitacionales y comerciales, en zona de Toluca, Metepec y Zinacantepec.

El viaducto del tren se planteó en ciertas partes para que a lo largo de las vías del tren capten agua que se desalojan con bajadas pluviales que vierten en la zona baja del área federal, de manera coloquial denominadas ballenas, las cuales podrán servir para el desalojo de agua.

V.4. Oportunidades

- El gobierno de la ciudad prevé dar servicio diariamente a más de 230,000 personas en este nuevo medio transporte y se proyecta incremente a 540,000 pasajeros para el año 2048.
- La importancia del transporte masivo de pasajeros para el desarrollo de actividades productivas, comerciales, laborales y recreativas en las ciudades, la SCT ha emprendido, en coordinación con el Gobierno local, realizando la

implementación del tren y diversas obras que fortalecen la conectividad y la movilidad sustentable, contribuyendo a reducir los tiempos de traslado para los usuarios y brindando un mejor servicio.

- Se generara una mayor conectividad de la zona conectando de manera más directa los principales puntos de la zona, sobre Constituyentes, desde periférico, la zona del Papalote, a la zona comercial, en donde se encuentran las Universidades, los conjuntos habitacionales, se reducirá el tiempo de traslado en una hora con 20 minutos; se implementara un conexión más directa con el metro de la Ciudad, conectando con metro observatorio, por Vasco de Quiroga, se llega a hacer hasta una hora 30 minutos.
- En Observatorio el tren pasara por la calle Minas de Arena y Río Tacubaya por abajo de la Sur 122 lo que permitirá un tráfico muy rápido hacia el viaducto en lugar del cuello de botella que se genera actualmente en la central de autobuses.

VI. Conclusiones y Recomendaciones

La privatización de los ferrocarriles en México se adaptó al patrón americano de operación ferroviaria para integrar principalmente el servicio de carga con Estados Unidos y Canadá, esto apoyado en gran medida por los tratados de libre comercio para fomentar un ambiente de sana competencia y apoyo entre los países de América de norte.

Es por ello que veinte años después de la concesión de los ferrocarriles en México el movimiento de carga por ferrocarril se ha duplicado, tanto en toneladas como en toneladas-kilómetro transportadas y la velocidad de operación ha aumentado en la misma proporción.

Actualmente el transporte de carga por ferrocarril tiene en la actualidad diversas áreas de oportunidad alrededor del servicio a los bienes cautivos, mejoramiento en la operación de los derechos de paso y construcción de nuevas obras que aumenten la conectividad de la red, lo cual podría ser aprovechado en gran medida por México para ampliar la red ferroviaria con el apoyo de las empresas concesionadas.

De manera simultánea el transporte de pasajeros por ferrocarril entre ciudades disminuyó notablemente, se diseñaron sistemas suburbanos del AMCM y se planificó la construcción de diversas líneas para el servicio interurbano de pasajeros. De manera masiva y enfocada en el transporte a gran escala tiene en operación una línea de tren suburbano en operación, la cual al momento solo cuenta con una fracción del total que se planifico en su momento.

Actualmente el valle de México está dotada de muchas vías de comunicación y se tienen bastantes opciones para realizar traslados entre ciudades aledañas, especialmente en lo que se refiere a la conexión con la Ciudad de México, la cual siempre ha sido la zona de mayor importancia e influencia a los largo del territorio mexicano, resulta importante hacer notar el valor agregado que tienen las carreteras, no importando si son traslados de carga o para los pasajeros, el problema se comenzó a hacer palpable cuando la ciudad se ve sobrepoblada y la gente que trabaja, estudia o vive en esta busca una alternativa mucho más económica y menos caótica para moverse, es por ello que en un espectro de alrededor de 20-30 años se ha visto un crecimiento importante de urbe en los alrededores, debido a que el crecimiento ha sido a la par entre los dos estados se consideró importante los medios para comunicar con grandes puntos de intercambio económico social como lo es Santa Fe, en la cual resulta ya casi imposible moverse por la zona. El modelo autónomo individual del transporte que ha imperado y permanece en México dónde un empresario individual, es propietario de una camioneta o del semirremolque para transportar o un usuario que se mueve de extremo a extremo de la Ciudad, sale de la misma para vivir en el Estado de México y que en la mayoría de los casos solo ocupa una plaza del automóvil no genera un ambiente en el que el traslado se pueda optimizar de la mejor manera y no se ha favorecido ciertas conexiones intermodales, en muchos casos debido que las opciones que se le presentan al usuario no generan la confianza optima y en muchos casos el movimiento por transporte público se ve rebasado; es por ello que la implementación de medios más innovadores tecnológicamente como lo es el ferrocarril que en experiencias anteriores como el suburbano necesita en muchos casos de un transporte por carretera en cada uno de los extremos del corredor ferroviario para poder desempeñarse de una manera relativamente eficaz.

La línea Buenavista-Cuautitlán se realizó a través de una colaboración entre el sector público y la iniciativa privada mediante concesión y el gobierno federal aportó recursos fiscales por más de 2,700 millones de pesos para la construcción de las obras públicas complementarias al proyecto; dicho proyecto fue una buena oportunidad para sentar las bases en las que un proyecto puede ponerse en marcha, si bien el tren suburbano fue un proyecto con mayor apoyo y promoción de la iniciativa privada resulta interesante observar las características y conflictos que conlleva la implementación de un sistema ferroviario de pasajeros, con base en la experiencia y tomando en cuenta las condiciones del lugar podemos extrapolar y maximizar los resultados y conclusiones finales.

Un ejemplo muy claro es que no se tuvieron los usuarios proyectados en el anteproyecto, la menor captación de usuarios de los originalmente proyectados provocó la reestructuración financiera del proyecto a finales de 2011 y el ajuste a la baja de la demanda diaria para 2013; sin embargo, en 2015 el volumen diario de pasajeros transportados es todavía menor en 20% de la demanda ajustada, el proyecto redujo su longitud considerablemente y ha perdido cierto interés por parte de los inversores; es por ello que se deberá de aprender de errores como este en el caso de la puesta en marcha del tren interurbano México-Toluca para poder solucionar a tiempo las cuestiones relacionadas a la falta de oportunidades para que los usuarios usen el medio de transporte, un error que noto de gran importancia que no fue atendido a tiempo es la falta de comunicación con otros medios de transporte, es por ello que no se le dio la proyección necesaria; en el caso del tren interurbano se está realizando obras de apoyo para la comunicación entre Ciudades, pero la obra de Observatorio está un poco estancada, no ha tenido tantos problemas en su realización como se tuvieron en Toluca debido a factores sociales y económicos; la obra no se ha retrasado ni modificado tanto al momento.

En caso de que se cumplan los pronósticos de demanda de pasajeros los resultados de la evaluación socioeconómica del tren interurbano México-Toluca demostrarían la viabilidad a largo plazo del proyecto, esperando que no sea de unos 10 años como en el caso del suburbano, ya que le tomo este tiempo poder empezar a asemejarse a lo esperado; en el caso del tren interurbano la factibilidad económica actualmente ya se ha

visto rebasado y se tendrán que tomar en cuenta otros factores como el crecimiento social que se generara en la zona, esto resulta un cierto problema porque como se ha mencionado en el análisis no se realizó un análisis de factibilidad en cuestiones del agua en la zona y como el desabasto de este bien podría afectar a la posible urbe que se encuentre en la zona, la rentabilidad financiera del mismo indica que será autofinanciable en un horizonte de 30 años.

En relación al impacto ambiental y a las afectaciones al medio en el que se pone en marcha el proyecto se puede notar un importante interés por parte del gobierno en cuestiones regulatorias y mitigadoras del problema ambiental, como se ha demostrado en el presente análisis del proyecto la Calidad ambiental de la zona por donde va a cruzar el ferrocarril está fuertemente alterada por la actividad humana, principalmente por el crecimiento de la mancha urbana y la expansión de terrenos agrícolas tanto en la zona del DF como en el Estado de México, es por ello que en muchos de los casos la obra misma se ha visto retrasada y detenida a que en muchos de los casos la sociedad ha mostrado su descontento con acciones ineficientes que el gobierno ha realizado, la falta de información en relación a los aspectos regulatorios y los procesos de apoyo al ambiente en beneficio de la sociedad, el medio y en apoyo de las actividades de índole económico como lo puede ser la ganadería o la agricultura; todo esto con el fin de que a corto plazo estas no interfieran con la puesta en marcha del proyecto y viceversa en búsqueda de que la operación no afecte negativamente a los pobladores y los incentive a crear oportunidades de trabajo y vivienda en la zona.

Los impactos ecológicos que generará la construcción de la vía férrea en los términos en que está siendo considerada se estima que serán menores y de baja intensidad debido a que la mayoría del trazo pasa por zona urbana o perturbada, esto nos da un indicativo y podemos tomar la experiencia de lo que fue la implementación de la carretera y una urbe en la zona, ya que muchas de las afectaciones que se presentaron se mostraran en la operación del tren pero con el pronóstico que sean más las oportunidades de la sociedad para generar un crecimiento mutuo de ambos sistemas, tanto el medio como el mismo tren, es por ello que el diseño y características se han ajustado para satisfacer la demanda y necesidad de transporte.

Desde el punto de vista económico la llegada del tren interurbano al Estado de México permite que, en estos momentos, en aproximadamente una hora y treinta minutos se pueda llegar desde el centro de Toluca al Oriente centro de Ciudad de México. Este hecho supone por sí solo un elemento dinamizador de la economía, puesto que se está hablando de que el Estado de México se ha acercado de manera mucho más rápido al principal foco económico y social de México. Desde esta ciudad se ofrece espacio y buenas comunicaciones y servicios a Empresas y Organizaciones para dar a la opción a descentralización de personal y generar mucho más movimiento sin tener los cuellos de botella que en este momento generan caos vial en zonas como Santa Fe. La puesta en marcha del tren no solo tendrá beneficios para los usuarios del transporte público, ya que la menor flota de transporte público permitirá vialidades con mejores velocidades de operación para los usuarios del transporte privado, tratando de que el mayor movimiento sea por parte de transportistas fomentando que el uso del transporte sea mediante el tren.

En este último apartado considero que la Ciudad de México ha fallado, ya que el sueño de cualquier trabajador de mediano rango sigue siendo poder comprar un coche, este siendo un pésimo punto de partida porque nos dice que las reglamentaciones que se han implementado a lo largo de los años, como el programa del no circula o el pago de la tenencia del automóvil no desalientan a la sociedad a movilizarse por otros medios de transporte; se puede notar que el uso del metro en la Ciudad es una manera en la que mucho ciudadanos y personas foráneas usan en la actualidad pero es más un uso circunstancial debido a la economía u otros factores, son pocos los usuarios que consideran que el ahorro del tiempo en movilización por transporte colectivo sea superior a la aglomeración, acosos y robos que actualmente se están presentando en mayor; el resolver los problemas de delincuencia o equidad de género no fue motivo de análisis en este proyecto pero resultaría interesante plantear las condiciones que no deberían presentarse en el nuevo sistema de transporte de pasajeros férreo.

Se podrían tomar experiencias que han servido en otros proyectos de la índole en el país o incluso en el extranjero para crear al usuario una mejor experiencia, fomentando que el uso de este sea permanente y no motivo de rechazo.

Generando el fomento adecuado del uso del transporte se podría esperar que se cumplan las condiciones de pasajeros esperados.

Algunas experiencias que podrían ayudar a este sistema podrían ser los vagones seguros para evitar el acoso sexual a las mujeres, con la implementación de vagones exclusivos dedicados al transporte en cuestión. Una iniciativa pionera en Japón que también se está llevando a cabo en ciudades europeas y de América Latina como en la Ciudad de México, con buenas experiencias en el metro de la ciudad y el Metrobus. En el caso de la capital mexicana, esta medida se complementó con la creación de un sistema de autobuses exclusivos en el marco de la campaña 'Viajamos Seguras'.

De la misma manera también se hizo mención a que el tren al momento no presenta un área de oportunidad para el traslado interno con bicicletas, tomando en cuenta que la idea radica en la conexión con el metro no será tan demandado esta opción, una buena opción será al menos crear un estacionamiento de buen tamaño para las bicicletas y la movilidad de las mismas para la comunicación intermodal sea lo más eficiente posibles y en las estaciones intermedias fomentar el uso más adecuado de las ciclo vías para el traslado, de la misma manera tomando en cuenta los resultados a mediano plazo en cuanto al uso de la bicicleta y al número de pasajeros se podría analizar crear empresas de préstamos de bicicletas.

Para el fomento del transporte también se podrían usar herramientas como la estación de metro de Universidad de Medellín (Colombia) se incorporó a una original medida que se apoya en el reciclaje y fomenta el transporte verde con la instalación de una máquina que canjea botellas de plástico, vidrio o latas por viajes de metro que se cargan en una Tarjeta, se deberá de realizar convenios con empresas encargadas del manejo del plástico para el reciclaje pero tomando en cuenta que una de sus terminales es en el metro donde según experiencias se tiene una gran aglomeración de gente que genera basura será una buena oportunidad para la mejora constante del nivel de viaje de los usuarios.

VII. Bibliografía

Transporte, s. d. (2014). Manifiesto del impacto ambiental, modalidad regional del transporte masivo de tren México Toluca entre el Estado de México y el Distrito Federal.

Revista Proceso, México-Toluca: el tren que arrasa con ejidos, 8 de Junio de 2017.

Beneficiaría a miles de personas el Tren Interurbano México-Toluca, Noticieros Televisa, 7 Octubre, 2018, <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/beneficios-tren-interurbano-mexico-toluca-pasajeros/>

Los sobrecostos del Tren México-Toluca; el gasto millonario de dos sexenios en el Edomex, 15 de Octubre de 2018, <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/los-sobrecostos-del-tren-mexico-toluca-el-gasto-millonario-de-dos-sexenios-en-el-edomex-2125641.html>

Secretaria de Comunicaciones y Transportes, (2003), Evaluación socioeconómica y ambiental-Ferrocarril suburbano de la ZMCM: Línea Buenavista-Huehuetoca, México.

Tren México-Toluca, el lado oscuro de una obra necesaria, 14 de Agosto de 2018 <https://obrasweb.mx/construccion/2018/08/16/tren-mexico-toluca-el-lado-oscuro-de-una-obra-necesaria>.

Estudio de pre-inversión para el servicio de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de tren Toluca – Valle de México Estudio de mercado, Urbanismo y Sistemas de Transporte, S.A. de C.V., Diciembre 2016, Ángel R Molinero Molinero.

Expropiación predio en la Álvaro Obregón para ampliar L12, Milenio, 05 de Junio de 2018, <https://www.milenio.com/politica/comunidad/expropiacion-predio-alvaro-obregon-ampliar-l12>

El Tren México-Toluca usará un frenado único en Latinoamérica, Obras, 26 de Diciembre de 2018, <https://obrasweb.mx/infraestructura/2018/12/26/el-tren-mexico-toluca-usara-un-frenado-unico-en-latinoamerica>.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (2003), Evaluación socioeconómica y ambiental-Ferrocarril suburbano de la ZMCM: Línea Buenavista-Huehuetoca, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (2013), Análisis costo-beneficio del tren interurbano México-Toluca, México.

Impacto Urbano del Tren México-Toluca en la terminal Zinacantepec, Sandra Verónica Hernández López, Facultad de Arquitectura y Diseño UAEMéx.

Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional del transporte masivo en la modalidad de Tren Toluca-valle de México, entre el estado de México y el Distrito Federal, Secretaría de Comunicaciones y Transportes Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal.