



**TREN
MAYA**
TSÍMIN K'ÁAK

Documento Técnico

ExpoRail

2020



Conoce los detalles del proyecto en:
<http://bit.ly/36ASbXS>

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El proyecto del Tren Maya transcurre por los estados de **Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, a lo largo de 1,460 km aproximadamente**. Este sistema de transporte prevé el traslado de carga y de pasajeros comunicando los principales centros de producción y turísticos de la región.

El estudio de la línea se ha dividido geográficamente en 2 fases, cada una de las cuales se ha dividido en 4 y 3 tramos respectivamente dentro de los cuales se ubican las 30 estaciones y paraderos previstos a priori.

Las fases, tramos y estaciones correspondientes son los siguientes:

Fase	Tramo	N°	Estación	
FASE 1	1	1	Palenque	
		2	Boca del Cerro/Usumacinta	
		3	Tenosique	
		4	El Triunfo	
		5	Candelaria	
		6	Escárcega	
	2	7	7	Campeche
			8	Tenabo
			9	Helcechakán
			10	Calkiní
	3	11	11	Maxcanú
			12	Mérida centro
			13	Tixcocob

		14	Izamal
	4	15	Chichén Itzá
		16	Valladolid
		17	Cobá
		18	Tulum
FASE 2	5	19	Akumal
		20	Puerto Aventuras
		21	Xcaret/Calica
		22	Playa del Carmen
		23	Playa del Carmen Norte
		24	Puerto Morelos
		25	Aeropuerto
		26	Cancún
	6	27	Felipe C. Puerto
		28	Bacalar
		29	Chetumal
	7	30	Xpujil/Calakmul

El trazado aprovecha entre Palenque e Izamal el derecho de vía existente del FIT y en adelante **aprovecha los derechos de vía de diversas infraestructuras existentes** como carreteras, autopistas y líneas de transmisión. Con el objetivo de reducir el impacto ambiental y reducir el costo de adquisición de nuevos derechos de vía.

El trazado incluye **dos ramales que darán acceso a sitios de interés** desde el corredor general planteado. Estos ramales son el de acceso a Palenque, Chichen Itzá, Cobá, Calakmul y Chetumal.

Un ramal subterráneo dará acceso bajo el actual trazado ferroviario situado al este de la ciudad hasta la estación existente en el centro de Mérida, permitiendo así la **eliminación del efecto barrera que genera el trazado actual del ferrocarril**.

El **tráfico previsto** que circulará por la línea será combinado y con las siguientes características:

- **Tráfico de mercancías** con una carga máxima por eje de 32.5 toneladas, circulando con una velocidad máxima de 100 km/h.
- **Tráfico de pasajeros** con una carga máxima por eje de 17.5 toneladas, circulando con una velocidad máxima de 160 km/h.

La **demanda prevista** para el año base y el año 30 es la siguiente:

AÑO	DEMANDA DIARIA VIAJEROS	DEMANDA ANUAL CARGA (Ton)
2023	66,140	2,467,000
2053	255,205	10,579,000

En función de la diferente demanda prevista en cada tramo, la línea discurrirá en **vía sencilla con laderos** para el cruce de trenes en los tramos con menor demanda o en **doble vía** para los tramos de mayor demanda. Lo hará sobre una vía con un escantillón de 1,435 mm con durmiente monobloque de concreto, fijaciones elásticas, riel soldado continuo y sobre balasto en la inmensa mayoría de su trazado.

El Tren Maya se está diseñando teniendo en cuenta las necesidades de interoperabilidad con el resto de la red existente.

Se prevén **tres tipos de servicios de viajeros** diferenciados:

- Largo recorrido
- Medio recorrido
- Cercanías

El material rodante será diseñado en función de estos tres tipos de servicios incluyendo los **equipamientos tecnológicos más actuales** y con todas las prestaciones de servicios a bordo de las líneas más modernas.

Tanto las estaciones como el material rodante serán diseñados teniendo en cuenta criterios de accesibilidad universal y sustentabilidad.

Todas las estaciones serán diseñadas teniendo en cuenta su integración en el entorno urbano y el intercambio con los modos de transporte urbanos e interurbanos existentes.

Con objeto de proteger a la población y al propio tren, el diseño de la nueva línea toma como premisa evitar cruces a nivel, asegurando la permeabilidad a ambos lados de la línea que **garantice la movilidad necesaria actual y futura** de los territorios atravesados.

La línea estará dotada de un **Sistema de Control del Tren** y señalización tipo ATP (Protección Automática de Trenes) y ATC (Control Automático de Trenes) de acuerdo a los estándares más avanzados de la industria que **garantizará la seguridad de la circulación** de los trenes y optimizará la operación ferroviaria aumentando la capacidad de la línea.

Los sistemas de comunicaciones ferroviarios estarán basados en **tecnologías inalámbricas que permitirán una comunicación fiable** y permanente entre los diferentes agentes de la explotación ferroviaria y de estos con los servicios públicos de protección civil.

El control de la operación y control del Tren Maya estará centralizado en un único **Centro de Mando y Control en Mérida** desde el cual se podrán gestionar todos los sistemas implicados en la operación y explotación del Tren, donde se incluyen la gestión del tráfico ferroviario, energía, comunicaciones, estaciones, seguridad, etc.

El **sistema de seguridad del Tren Maya** incluye una serie de sistemas de detección de eventos anómalos que puedan impactar en la operación y mantenimiento de la línea, y que estarán comunicados con el Centro de Mando y Control que adoptará las medidas necesarias.

INFRAESTRUCTURA

Trazo, estructuras y vías

Los Trazos de la ruta Tren Maya son los siguientes:

- Palenque-Escárcega (Tramo 1) 226 kms
- Escárcega-Calkiní (Tramo 2) 254 kms
- Calkiní-Kantunil (Tramo 3) Doble vía. 241.1 kms (doble vía: Mérida-Kantunil 65km)
- Kantunil-Tulum (Tramo 4) Doble vía 364.2 kms
- Tulum-Cancún (Tramo 5) Doble vía 272 kms
- Tulum-Chetumal (Tramo 6) 213 kms
- Chetumal-Escárcega (Tramo 7) 272 kms.

Tipo de estructuras (aproximadas) en todos los tramos

Viaductos Ferroviarios	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	TOTAL
Número de viaductos	14	4	5	1	24
Longitud total (m)	871	708	2108	3135	6822
Pasos vehiculares					
Número de pasos vehiculares	53	54	39	59	205
Pasos peatonales					
Número de pasarelas	13	9	1	0	23
Pasos de fauna					
Paso de fauna grandes	23	25	15	20	83
Paso de fauna pequeños	736	800	480	640	2656

Materiales

Balasto: Los materiales que se seleccionen para la obtención de balasto provendrán de mantos rocosos de origen volcánico, deberán someterse a trituración total o parcial según se requiera y cribado, o bien solamente cribado, de modo que el producto resultante, compuesto por partículas duras fuertes y durables y libres de sustancias deletéreas (tóxicas, radiactivas).

Quedando prohibida la utilización de balasto constituido por: rocas de naturaleza caliza, dolomítica y en general de rocas sedimentarias; cantos rodados; mezcla de rocas de diferente naturaleza.

Riel: El riel deberá ser un elemento que proporcione como mínimo las siguientes funcionalidades:

- Constituir una pista de rodadura
- Ser un elemento soporte de la carga de las ruedas de los trenes
- Servir como base para el guiado de las cejas de las ruedas.

Se propone la elección de un perfil 115 RE (según lo establecido en la AREMA 2019) en cuanto a geometría, composición y fabricación para todo el proyecto del Tren Maya.

Durmientes: El durmiente que se utilizará es concreto monolítico. Un elemento de apoyo del riel que se sitúa transversalmente al eje de la vía con separación uniforme, al cual se fija el riel para mantener el escantillón. Los durmientes se diseñan para distribuir la carga de las ruedas del tren a la capa de balasto y de ésta al lecho de la vía.

Fijaciones: El sistema de fijación es el conjunto de elementos que sujetan el riel contra el durmiente para evitar desplazamientos laterales, longitudinales o verticales del riel que afectan el alineamiento, el escantillón o la nivelación de vía. El sistema para emplear es tipo clip o resorte.

Plataforma y vía

Vía sobre balasto.

El sistema de vía sobre balasto se incluirá prácticamente en la totalidad del trazado, su elección es debido a las siguientes razones:

- El diseño de la vía sobre balasto presenta el reto tecnológico de combinar la circulación de tráfico de mercancías y tráfico de pasajeros en la misma línea.
- Diseño de una tecnología adecuada para conseguir los estándares de calidad, eficiencia y durabilidad que aseguren el confort de los pasajeros.

Vía sobre losa de concreto.

El riel se ahogará en la propia losa de vía sin ningún tipo de fijación mecánica, mediante las propiedades químicas de un elastómero, con gran capacidad de absorción de ruido y vibraciones; mínimo o nulo mantenimiento; diseño óptimo que minimiza los costos de infraestructura.

MATERIAL RODANTE

Trenes de Pasajeros

A partir de los análisis de demanda y los modelos de explotación, se propone la dotación de **material rodante con tracción diésel-eléctrico** para la línea del Tren Maya, como mínimo al inicio de su explotación.

En caso de electrificar algún tramo, se podrían implantar sistemas mixtos diésel-eléctricos. Serán trenes modulares y de composición única tanto para su operación en tramos con paradas muy distanciadas (larga distancia) como para tramos con estaciones más próximas (regionales).

Se podrán acoplar varias composiciones aumentando su capacidad y manteniendo sus prestaciones como si fuera una única unidad en caso de necesidad. También se podrían considerar composiciones compuestas por locomotoras y coches acoplados.

En cuanto a prestaciones, cumplirá con una velocidad máxima de 160 km/h, una autonomía en cuanto combustible, superior a 1,000 km y una vida útil de 20 años, como mínimo.

Las **características básicas del material rodante** de pasajeros es la siguiente:

1. Modulación y configuración de las composiciones tipo
 - Modular
 - Composiciones de unos 455 pasajeros capacidad, todos sentados
 - Longitud de unos 150 m
 - Accesible para minusválidos
2. Piso alto (1.10m) con paso de circulación entre coches
3. Dos puertas por coche, para un cómodo acceso y salida
4. Plataforma de tren común para todos los tramos de la línea
5. Tracción diésel al inicio de la explotación
6. Autonomía – Superior a los 1,000 km
7. Diseñado interiormente para largo tiempo de recorrido
8. Sistemas de entretenimiento a bordo

Trenes de Mercancías (Carga)

La caracterización de las diferentes tipologías de trenes de mercancías para la línea del Tren Maya quedará definida para el **aprovechamiento de trenes de carga ya existentes** en México, pero no se detallarán sus particularidades para ser diseñados específicamente como material rodante nuevo.

De igual modo que los trenes de pasajeros, la circulación para cualquier tren de carga, vehículo de mantenimiento o especial estará obligado al cumplimiento del gálibo según normativa AREMA y AAR.

Las composiciones deberán disponer de tracción diésel con una potencia instalada tal que permita negociar los parámetros de trazado con una velocidad máxima de 100 km/h y un peso máximo por eje de 32.5 toneladas, admitiéndose una pérdida de la velocidad inferior al 20%. La longitud máxima de los trenes de mercancías será de 1,500 metros y, para su circulación, se

dispondrán de laderos para permitir el cruce de trenes en caso de avería, emergencia o adelantamiento por trenes de circulación más veloz (trenes de pasajeros).

Patios, talleres y cocheras.

Teniendo en cuenta las fases de implantación del Tren Maya y con objeto de reducir el traslado de material rodante en vacío se propondrán **dos talleres de mantenimiento en sitios estratégicos**.

A su vez se proponen una serie de **cocheras de estacionamiento para albergar** los trenes durante la noche para así evitar un excesivo desplazamiento de material rodante en vacío además de disponer de mayor tiempo de mantenimiento porque se dispone el tren en la estación donde va a partir cuando empiece el servicio.

Se plantea tener **estaciones de carga** en las siguientes localidades: Campeche, Mérida, Cancún y Chetumal. Las estaciones que se establecerán en los sitios antes mencionados serán multimodales, las cuales contemplan una mezcla entre las terminales especializadas y ordinarias, dichas terminales deberán contar con lo siguiente:

- a) Área de recepción de trenes
- b) Área de carga y descarga de bienes

Sistemas ferroviarios (Instalaciones Fijas)

1) Señalización, comunicaciones y seguridad

La ruta estará dotada de un **Sistema de Control del Tren y Señalización** tipo de acuerdo a los estándares más avanzados de la industria que garantizará la seguridad de la circulación de los trenes y optimizará la operación ferroviaria aumentando la capacidad de la línea.

Los sistemas de comunicaciones ferroviarios estarán basados en tecnologías inalámbricas que permitirán una comunicación fiable y permanente entre los diferentes agentes de la explotación ferroviaria y de estos con los servicios públicos de protección civil.

El sistema de seguridad del Tren Maya incluye una serie de **sistemas de detección de eventos anómalos** que puedan impactar en la operación y mantenimiento de la Línea, y que estarán comunicados con el Centro de Mando y Control que adoptará las medidas necesarias. Los principales son los siguientes:

- Detector de Cajas Calientes y Frenos Agarrotados
- Detector de Caída de Objetos
- Detector de Objetos Arrastrados y Ejes Descarrilados
- Detector de Exceso de Gálibo
- Detector de Rotura de Carril

2) Centro de Control

El control de la operación y control del Tren Maya estará centralizado en un único Centro de Mando y Control en la Cd. de Mérida desde el cual se podrán gestionar todos los sistemas implicados en la operación y explotación del tren, donde se incluyen la **gestión del tráfico ferroviario, energía, comunicaciones, estaciones, seguridad**, etc.

Esquema de principio del sistema de señalización y control

A) Sistema de señalamiento moderno, seguro y confiable, basado en:

- Enclavamientos y controladores de objetos electrónicos.
- Señales laterales y detección de presencia en vía.
- Accionamientos de aguja.

B) Sistema de Control de Tren llamado ERTMS Nivel 1, basado en:

- Unidades electrónicas de línea y balizas en función del estado de las señales.
- Equipamiento embarcado compatible. Todos los trenes del Tren Maya estarán equipados.

C) Sistema de supervisión continua de velocidad en cabina de tren, con equipamiento en terreno y a bordo, moderno y absolutamente probado, que permite operar hasta intervalos de 5 minutos, con una altísima disponibilidad.

Diseño optimizado en costo, en base al intervalo teórico requerido, y de fácil escalabilidad para adaptarse frecuencias más demandantes en un futuro.

Peaje, telecomunicaciones y CCTV

Este sistema complementario para servicio en estaciones y edificios técnicos dispondrá de:

- Red de altas prestaciones (IP-MPLS) con conexiones de fibra óptica
- Comunicaciones radio basadas en el estándar mundial TETRA, comunicando personal y material rodante
- Infraestructura radio en trazado cada 15 km aproximadamente
- Conexiones con servicios de emergencia

Dentro de los Subsistemas contemplados se encuentran:

- Videovigilancia
- Telefonía / Interfonía
- Sonorización y Voceo
- Tele indicadores
- Control de accesos
- Boletaje

Explotación (del Sistema Ferroviario)

Una vez realizada la obra civil y el montaje de las instalaciones fijas se realizarán las **pruebas preoperativas de cada subsistema ferroviario** (señalización, comunicaciones, mando centralizado, control, etc.) y se **verifica la correcta integración** del conjunto con la circulación del material rodante después de un periodo de pruebas y comprobaciones se procederá a la operación comercial del Tren Maya y del mantenimiento del sistema.

Esta parte se define como la *Explotación* que se conforma de:

1) **Operación**

Determinada por los tipos de servicio, horarios, frecuencias de paso que van a proporcionarse:

El Tren Maya se está diseñando, teniendo en cuenta las necesidades de interoperabilidad con el resto de la red existente por cuanto al servicio de carga y por cuanto al servicio de pasajeros, se prevén tres tipos de servicios de viajeros:

- Largo recorrido
- Medio recorrido
- Cercanías

2) **Mantenimiento**

Para la conservación de las instalaciones y equipos se contará con programas de mantenimiento acordes con los objetivos de las frecuencias de paso, las toneladas transportadas, kilómetros recorridos, uso de equipos.

Estos programas son básicamente de tres tipos:

- Predictivo
- Preventivo
- Correctivo

Levantamiento LIDAR

Productos del levantamiento LIDAR:

Se considera disponer de un **escaneo LIDAR y fotogramétrico en alta resolución** a lo largo de todo el trazo del tren, con una cobertura de 500 m de ancho (250 metros a cada lado del trazo).

Productos generados del estudio:

- Nube de puntos de alta densidad (por lo menos 8 p/m²) de la primera superficie en formato .LAS
- Nube de puntos de alta densidad (por lo menos 8 p/m²) del terreno natural en formato .LAS
- Modelo digital de la superficie (DSM) en formato GeoTIFF
- Modelo digital de terreno (DTM) en formato GeoTIFF
- Planos con curvas de nivel a cada 0.50 mt. en formato .shp y .dwg
- Nube de puntos de superficie sin calibrar (resultante del procesamiento fotogramétrico de los ortomosaicos, con valores de color visible asignada a los puntos) en formato .LAS
- Ortomosaico georreferenciado en color visible, infrarrojo cercano y falso color. Se deben entregar los tres mosaicos referidos, más uno con cuatro bandas espectrales en formato TIF de 15 cm/píxel de resolución espacial.
- Fotografías verticales en color visible, con sobreposición mínima del 60% en formato .jpg de 36 MP de resolución
- Fotografías verticales en la banda de infrarrojo cercano (900 nm), con sobreposición mínima del 60% en formato .jpg de 36 MP de resolución

Adicionalmente como resultado del estudio LIDAR se dispone:

- **Estudio de Topografía:** Información de las topografías dentro de la zona de estudio. Éstas pueden ser del tipo: arrecife, bajada, campo de dunas, cañón, depresión, isla rocosa, llanura, lomerío, mesetas, playa o barra, sierra, valle homologando, etc. acorde a las clasificaciones especificadas por INEGI
- **Estudio de Modelos de luces y sombra:** Modelo con patrones de sombras y luces para mostrar cuándo una superficie está con cierto grado de iluminación que permite analizar la cantidad de radiación solar disponible en cierta ubicación.
- **Estudio de Índices de vegetación:** Con levantamientos fotogramétricos multispectrales, se determinan índices para identificar las zonas que corresponden a una zona arbolada o carente de vegetación para cuantificar correctamente la masa forestal.

Misceláneos

1) Equipo mecanizado para construcción y mantenimiento de vía

En cuanto a la preparación de las terracerías previas al montaje de vía, es pertinente considerar la utilización de maquinaria que permita reducir los tiempos de trabajo de esa actividad, dando paso al ingreso de los materiales de mejora hasta la posterior incorporación del subbalasto y el balasto respectivo que antecede al tendido y montaje de los distintos elementos que conforman la vía.

En este sentido, se reitera la importancia de “mecanizar”, entendido esto, como hacer uso de aquella maquinaria y equipo manual de capacidad probada en este tipo de obras, que permitan alcanzar y sostener en cada uno de los tramos de vía, no solo la mayor productividad en la obra, sino también efectuar trabajos de alta calidad en beneficio del proyecto ferroviario.

2) Soldadura (aluminotérmica y eléctrica)

La soldadura de los rieles, por la importancia que reviste para el avance constructivo del montaje de vía, es necesario aplicar los nuevos sistemas tecnológicos disponibles en el mercado dada la gran cantidad de soldaduras eléctricas que será necesario realizar en este proyecto ferroviario, y también algunas del tipo aluminotérmica que requiere el uso de materiales y personal certificado.

En este campo al igual que en los demás se requiere una alta calidad durante la ejecución, de tal forma de evitar retrabajos producto de soldaduras que no superen las pruebas de calidad a que serán sometidas cada una.

3) Equipo de auscultación geométrica de vía

Importante será disponer de modernos equipos de auscultación geométrica de la vía, para determinar y/o confirmar que se acataron las distintas premisas definidas en el Proyecto de Ingeniería y Constructivo de las vías férreas.

Tales equipos pueden ser manuales para utilizarse durante el proceso constructivo o inclusive equipos autopropulsados.

4) Capacitación técnica ferroviaria

Se requerirá disponer de alternativas prácticas que permitan lograr la rápida y efectiva formación teórico-práctica de personal técnico en las múltiples especialidades, que se responsabilizará de las distintas labores y tareas de mantenimiento y conservación, tanto en campo como en talleres y bases de mantenimiento

Lo anterior permitirá integrar paulatinamente al proyecto, a personal que decida incorporarse al campo ferroviario realizando alguna función o tarea dentro de él o en cualquiera de las facetas del mismo, llámense Construcción, Operación o Mantenimiento de la propia Infraestructura.