



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES

“Propuesta de Mejora Operativa: Caso Corredor Ferroviario Peninsular del Sureste en el Tramo Coatzacoalcos – Valladolid, (Línea Mayab)”.

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES

PRESENTA:

INGENIERO **MIGUEL TORRES MORENO**

ASESOR:

DOCTOR MARIO SALAZAR AMAYA

MORELIA MICHOACÁN, ENERO DEL 2016



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

Morelia, Mich a 14 de Septiembre de 2015

C. MIGÜEL TORRES MORENO
PRESENTE

Asunto: Carta de Aceptación
de Inicio de Trabajo.

Por medio de la presente y en atención a su solicitud para iniciar el desarrollo de su trabajo relativo a la Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres, una vez analizado el tema propuesto, se le comunica la aceptación a fin de que lleve a cabo el desarrollo del trabajo denominado "Propuesta de Mejora Operativa: Caso Corredor Ferroviario Penínsular del Sureste en el Tramo Coatzacoalcos - Valladolid, (Línea Mayab)", mismo que será asesorado por el profesor Mario Salazar Amaya.

Sin más por el momento, me despido enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE


WILFRIDO MARTINEZ MOLINA
DIRECTOR
Facultad de Ingeniería Civil



FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL
U. M. S. N. H.

DEDICATORIA

A Dios, mi padre y herman@s...

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por haberme abierto las puertas en esta área del conocimiento de las Vías Terrestres, de igual manera a los diferentes docentes en su aportación en el día a día.

Quiero externar mi gratitud al Dr. Mario Salazar Amaya y al M.I. Julio Alejandro Chávez Cárdenas por su invaluable ayuda en la culminación de este trabajo, por la confianza y apoyo depositado en mi persona, así mismo su amistad, tiempo y conocimientos compartidos.

Mi agradecimiento también va dirigido al Ing. Gustavo Baca Villanueva, director general de la empresa Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. por compartir información y comentarios en el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

- Portada	
- Contraportada	
- Autorización de Tesis	i
- Dedicatoria	ii
- Agradecimientos	iii
- Índice.....	1
- Resumen	5
- Abstract.....	5
- Introducción.....	6

CAPÍTULO 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del objeto de estudio.....	7
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Justificación	8
1.4 Hipótesis	8
1.5 Alcances.....	8

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del Ferrocarril	9
2.1.1 Líneas de ferrocarril.....	9
2.1.2 La era del vapor	11
2.1.3 Electrificación y dieselización	12
2.1.4 Innovación	14
2.2 Historia del Ferrocarril en México.....	15
2.2.1 Principales líneas del Ferrocarril en México.....	17
2.2.2 Panorama actual de la situación del Servicio Ferroviario en México.....	25
2.3 Contexto Regional y Mundial respecto a la "Línea Mayab"	28
2.3.1 Proyecto Mesoamérica.....	28
2.3.1.1 Eje Económico (Transporte)	29
2.3.1.2 Sistema de Transporte Multimodal Mesoamericano (STMM).....	29
2.3.1.3 Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM).....	30
2.3.1.4 Corredor Mesoamericano de la Integración (Corredor Pacífico)	32
2.3.1.5 Cooperaciones Técnicas para Transporte Carretero	34
2.3.1.5.1 Análisis, Estrategia e Instrumentos para el Mejoramiento de la Logística de Cargas y el Comercio en Mesoamérica.....	34
2.3.1.5.2 Observatorio Mesoamericano de Transporte de Carga y Logística	35
2.3.1.5.3 Transporte Sustentable y Cambio Climático	36
2.3.1.6 Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD).....	37
2.3.2 Canal de Panamá	40

2.3.2.1 La Nueva Administración del Canal de Panamá	40
2.3.3 Canal de Suez.....	41
2.3.4 Canal de Nicaragua	42

CAPÍTULO 3.- TEORÍA DE DINÁMICA DE VÍA DE TREN

3.1 Resistencias de Trenes	43
3.1.1 Resistencia en vía tangente, a nivel y con atmósfera tranquila	44
3.1.1.1 Resistencia por cojinetes y chumaceras	44
3.1.1.2 Resistencia entre ruedas y rieles	44
3.1.1.3 Resistencia por viento relativo.....	45
3.1.1.4 Fórmulas generales de Davis	46
3.1.1.4.1 Resistencia específica total.....	46
3.1.1.4.2 Resistencia total.....	46
3.1.1.5 Fórmulas particulares	46
3.1.1.5.1 Locomotoras Eléctricas (E) y Diésel – Eléctricas (D – E)	46
3.1.1.5.2 Locomotoras de Vapor	46
3.1.1.5.3 Carros de Carga y Ténders	46
3.1.1.5.4 Coches de pasajeros	46
3.1.2 Resistencia por pendiente.....	47
3.1.3 Resistencia por curvatura	47
3.1.3.1 Grado métrico de curvatura (GM)	47
3.1.3.2 Grado inglés de curvatura (GI).....	48
3.1.3.3 Influencia de la curvatura sobre los costos.....	49
3.1.4 Resistencia por aceleración	49
3.2 Frenaje	51
3.3 Tonelaje de arrastre	51
3.3.1 Primer Método (Método General)	51
3.3.2 Tonelaje Ecuacionado.....	52

CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA FERROCARRIL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, S.A. DE C.V.

4.1 El Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec.....	54
4.2 El transístmico como puente terrestre	55
4.3 Comparativa de Costos entre El Corredor Transístmico y El Canal de Panamá.....	56
4.4 El Combustóleo, el Combustible del Comercio Global	57
4.5 Combustibles más Limpios y Refinados para el 2016	58

CAPÍTULO 5.- LOGÍSTICA DE LA EMPRESA FERROCARRIL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, S.A. DE C.V.

5.1 El Sistema Ferroviario y la Logística Empresarial	60
5.2 Beneficios Transporte Ferroviario.....	60
5.3 Desventajas Transporte Ferroviario.....	60
5.4 Tipos de Trenes para su logística	61
5.5 Transporte Ferroviario de Carga	61
5.6 Tipos de Tren para el Transporte de Mercancía	61
5.6.1 Tren Unitario	61
5.6.2 Tren carguero mixto	61
5.6.3 Tren intermodal (Carga contenerizada)	61
5.7 Tarifas del Transporte Ferroviario	62
5.7.1 Vagón completo	62
5.7.2 Tren completo (Block Train)	62
5.7.3 Intermodal UTI (Unidad de Transporte Intermodal)	62
5.7.4 Paquetería	62
5.8 Elementos de la Logística del Transporte Ferroviario.....	63
5.8.1 Análisis del Tráfico del Transporte Ferroviario.....	63
5.8.2 Disponibilidad de Equipo Tractivo.....	63
5.8.3 Análisis de la Ruta.....	63
5.8.4 Consolidación de Trenes	63
5.8.5 Despacho	64
5.8.6 Distribución de Carros en Destino.....	64
5.8.7 Relevo de la Tripulación	64

CAPÍTULO 6.- PROPUESTA DE MEJORA LÍNEA MAYAB

6.1 Línea Mayab	65
6.1.1 Poblaciones del tramo en estudio	66
6.2 Bases para la Operación (Infraestructura)	70
6.2.1 Alineamiento Vertical y Horizontal	70
6.2.2 Puntos Obligados.....	71
6.2.3 Perfil de Operación	71
6.2.4 Vía Principal	71
6.2.5 Vías Auxiliares.....	71
6.2.6 Patios de Vías.....	71
6.3 Bases para la Operación (Equipo Tractivo y Equipo de Arrastre)	72
6.3.1 Equipo Tractivo.....	72
6.3.1.1 Programa de Mantenimiento de una Locomotora	72
6.3.2 Equipo de Arrastre.....	72
6.4 Principales causas de accidente	72
6.5 Sistema de Despacho Eficiente	73
6.6 Control de Tráfico Centralizado	73
6.7 Horarios.....	73

6.8 Ordenes de Tren	73
6.9 Control Directo de Tráfico.....	73
6.10 Clasificación de los Trenes de Carga	74
6.11 Programa de Trenes.....	74
6.12 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población San Manuel, Tabasco de Rumbo Sur (Coatzacoalcos – Valladolid) con locomotora General Electric (GE AC 4400)	74
6.13 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población La Crimea, Chiapas de Rumbo Norte (Valladolid - Coatzacoalcos) con locomotora General Electric (GE AC 4400)	84
6.14 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población San Manuel, Tabasco de Rumbo Sur (Coatzacoalcos - Valladolid) con locomotora Electro – Motive Division (General Motors: EMD PR43C)	94
6.15 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población La Crimea, Chiapas de Rumbo Norte (Valladolid - Coatzacoalcos) con locomotora Electro – Motive Division (General Motors: EMD PR43C).....	104

CAPÍTULO 7.- CONCLUSIONES

Conclusiones	115
--------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía	116
--------------------	-----

GLOSARIO

Glosario	118
----------------	-----

RESUMEN

En el contexto actual de nuestro país el autotransporte además de causar más embotellamientos y accidentes, el exceso de transporte por carretera es ineficiente en términos económicos y contribuye más al calentamiento global que el transporte ferroviario esto se ve en que después de más de 300 km de recorrido el ferrocarril es más rentable que dicho transporte por carretera en volúmenes de carga, debido a dos factores fundamentales: un bajo coeficiente de fricción rueda – riel respecto a neumático – pavimento y en promedio en el territorio nacional un tren mueve alrededor de 112 carros (10, 000 Ton).

En el presente trabajo que cubre la denominada ruta peninsular (Línea Mayab) que corresponde al 5% del sistema ferroviario nacional se aborda el potencial de esta región desde el polo de desarrollo que es el puerto de Coatzacoalcos, Ver., hasta la ciudad de Valladolid, Yuc., en el aspecto de movimiento de carga y el potencial mercado turístico al dar conectividad al puerto de Punta Venado, Q. Roo. como ha sido planteado en la presente administración presidencial (2012 - 2018). Así mismo ver la viabilidad de una ruta de doble vía en el tramo en mención e impulsar la conectividad hacia el centro del país traería inversiones a la región.

Una plataforma logística de alta eficiencia, rentabilidad, seguridad y de competitividad requiere consolidar una fuerte infraestructura en continuo crecimiento y actualización, dando lugar a una mejora operativa.

Palabras Clave:

Ferroviario	Equipo Tractivo	TEU
Logística	Transporte Intermodal	

ABSTRACT

In the current context of our country besides road transport cause more traffic jams and accidents, excessive road transport is economically inefficient and contributes more to global warming than rail this is that after more than 300 km of route the railway is more profitable than said road transport in freight volumes, due to two main factors: a low coefficient of friction wheel - rail regarding tire - pavement and on average in the country a train moves about 112 cars (10, 000 tons).

In this paper covering the so-called mainland route (Mayab line) corresponding to 5% of the national rail system the potential of this region is approached from the development center that is the port of Coatzacoalcos, Ver., To the city of Valladolid , Yucatan., on the aspect of movement of cargo and potential tourism market to provide connectivity to the port of Punta Venado, Quintana Roo. as it has been raised in this presidential administration (2012-2018). Also see the viability of a two-way route in the section in question and boost connectivity to the Midwest would bring investment to the region.

A logistics platform of high efficiency, profitability, security and strengthen competitiveness requires a strong infrastructure and upgrade continuously growing, leading to an operational improvement.

INTRODUCCIÓN.

Dado que la infraestructura ferroviaria no ha crecido desde su privatización, mientras que la carga transportada sí lo ha hecho, es posible que en los próximos años se genere saturación del servicio en diversos puntos, lo que podría desacelerar o detener el crecimiento de la carga transportada, en favor de otros modos de transporte, como el carretero, que año con año renueva su infraestructura o añade elementos a la existente. Es decir, el transporte ferroviario puede seguir creciendo en el mercado interno, pero ver detenida esa tendencia al encontrarse con infraestructura saturada o dedicada al mercado internacional.

Existe una relación directa entre velocidad y costo, mover distintos tipos de materias primas y productos manufacturados requieren de velocidades distintas.

La **mejora de velocidad** impactará en el **abatimiento de tiempos** de entrega de cargas a los diferentes destinos, así mismo en la recepción de la misma con otros **puntos de conectividad** de la misma empresa o con las que se tengan derechos de paso (terminales marítimas o terrestres).

La primera característica de la oferta de transporte es que es un servicio y no una mercancía, por lo tanto, no se puede almacenar para ser utilizada cuando existe una mayor demanda. Un servicio de transporte tiene que ser consumido cuando y donde se produce, si no, pierde su beneficio. Por esta razón es muy importante estimar la demanda con la mayor precisión posible para así ahorrar recursos ajustando la oferta de servicios de transporte a ella.

En el presente trabajo se plantea mediante la Teoría de Dinámica de Vía de Tren un análisis operativo eficiente para los distintos subtramos de la "Línea Mayab", dadas las condiciones actuales de proyecto geométrico, material rodante: equipo de arrastre (mercancías de la región) y equipo de tracción (locomotoras) existente o que se pudiera adquirir, arrojando resultados de cargas de energía cinética y potencial de acuerdo a la posición del equipo tractivo y de arrastre.

Así mismo conociendo las cargas de energía de posición para operar el tren, se hacen propuestas de puntos de intersecciones con cruces carreteros y salvar ríos o barrancos donde se hacen sugerencias de rectificar el trazo o no, de acuerdo a parámetros geotécnicos, de impacto ambiental y de estudios hidráulico – hidrológicos. En ciudades de mayor relevancia por número de habitantes se hace la sugerencia de hacer libramientos para el trazo ferroviario según se tenga planeado el desarrollo urbano e industrial.

En todo el tramo en cuestión se plantea la posibilidad de proyectar una doble vía y darle continuidad hacia el puerto de Punta Venado, Q. Roo., para tener la doble función de un tren carguero y pasajero y detonar la región a mayor desarrollo de carga y del sector turístico.

De igual manera el fortalecer la conectividad ferroviaria hacia el centro – norte del país y hacia Centroamérica y aprovechar al máximo tratados comerciales regionales y mundiales que tiene México suscritos con otros países, en particular con Norte y Centroamérica, para generar polos de desarrollo de la región e incursionar en rutas comerciales de índole global.

CAPÍTULO 1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del objeto de estudio.

La explotación del servicio ferroviario de carga en el tramo de vía férrea ubicado en el sureste de México denominado "**Línea Mayab**", que representa, en términos de longitud de vía principal, **el 5% del sistema ferroviario del país**, la cual conecta Valladolid-Mérida-Campeche-Coatzacoalcos (1,055 km de vía principal) presenta actualmente una velocidad operativa promedio de **10 km/h**, siendo la velocidad operativa máxima autorizada de **60 km/h**.

Existe una relación directa entre velocidad y costo, mover distintos tipos de materias primas y productos manufacturados requieren de velocidades distintas. Dado el **proyecto geométrico existente** en el territorio nacional (y en el caso del tramo en cuestión) **prevaleciente desde mediados del siglo pasado** limita las líneas productivas de los distintos tipos de industrias así mismo su conectividad eficiente. Las Empresas Ferroviarias Concesionarias que operan en el país y el mismo Gobierno Federal encuentran **limitaciones legales** para hacer modificaciones al proyecto geométrico (rectificar grados de curvatura y pendientes) en rutas troncales o plantear nuevos tramos para estar acorde con los nuevos tipos de locomotoras y la demanda de los distintos clientes.



Figura 1.1 Localización "Línea Mayab". Fuente: <http://www.sct.gob.mx/>

1.2 Objetivos.

Objetivo General.- Determinar las velocidades y tiempos oportunos para cada subtramo que engloba este trabajo en el movimiento de cargas diversas.

Objetivos Particulares.-

- Determinar el Tiempo de Ciclo de Carga desde la recepción hasta la entrega de la mercancía.
- Determinar el Tiempo de Tránsito de la mercancía, considerando exclusivamente el tiempo que pasa en movimiento dentro del ferrocarril.

1.3 Justificación.

Dada la conectividad actual del Sistema Ferroviario Nacional con la región y tramo en estudio se requiere una **mejora en su velocidad de operación** con la infraestructura existente tanto en el mercado interno como en la exportación a Europa y Asia en los sectores agropecuario, industrias diversas en carga a granel (cementeras, petroquímicas, químicas, etc.), así mismo la carga contenerizada. Además de potenciar los convenios suscritos en la región de Centroamérica y con Norteamérica.

1.4 Hipótesis.

La **mejora de velocidad** impactará en el **abatimiento de tiempos** de entrega de cargas a los diferentes destinos, así mismo en la recepción de la misma con otros **puntos de conectividad** de la misma empresa o con las que se tengan derechos de paso (terminales marítimas o terrestres). Así mismo en el momento en que se entregue una carga al cliente, se inicia una carrera contra el tiempo para **recuperar los costos** y poder regresarlos al proceso para iniciar un nuevo ciclo productivo.

1.5 Alcances.

El presente trabajo plantea mediante la **Teoría de Dinámica de Vía de Tren** un análisis operativo eficiente para los distintos subtramos de la "Línea Mayab", dadas las condiciones actuales de proyecto geométrico, material rodante: equipo de arrastre (mercancías de la región) y equipo de tracción (locomotoras) existente o que se pudiera adquirir, para hacer las recomendaciones pertinentes a la empresa Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V., la cual tiene a su cargo el tramo en mención.



Figura 1.2 Ferroistmo. Fuente: <http://www.ferroistmo.com.mx/>

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del Ferrocarril.

2.1.1 Líneas de ferrocarril.

La primera noticia de un sistema de transporte sobre carriles fue una línea de 3 kilómetros que seguía el camino Diolkos, que se utilizaba para transportar botes sobre plataformas a lo largo del istmo de Corinto durante el siglo VI a. C. Las plataformas eran empujadas por esclavos y se guiaban por hendiduras excavadas sobre la piedra. La línea se mantuvo funcionando durante 600 años.

Los ferrocarriles comenzaron a reaparecer en Europa tras la Alta Edad Media. La primera noticia sobre un ferrocarril en Europa en este periodo aparece en una vidriera en la catedral de Friburgo de Brisgovia en torno a 1350. En 1515, el cardenal Matthäus Lang describió un funicular en el castillo de Hohensalzburg (Austria) llamado «Reisszug». La línea utilizaba carriles de madera y se accionaba mediante una cuerda de cáñamo movida por fuerza humana o animal. La línea continúa funcionando actualmente, aunque completamente sustituida por material moderno, siendo una de las líneas más antiguas que aún están en servicio.



Figura 2.1 Funicular en el castillo de Hohensalzburg (Austria). Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

A partir de 1550, las líneas de vía estrecha con carriles de madera empezaron a generalizarse en las minas europeas. Durante el siglo XVII los vagones de madera trasladaban el mineral desde el interior de las minas hasta canales donde se trasbordaba la carga al transporte fluvial. La evolución de estos sistemas llevó a la aparición del primer tranvía permanente en 1810, el «Leiper Railroad» en Pensilvania.



Figura 2.2 Antiguas vagonetas mineras. Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

El primer ferrocarril propiamente tal (esto es, fabricado con hierro) estaba formado por un cuerpo de madera recubierto por una chapa, y fue fabricado en 1768. Esto permitió la elaboración de aparatos de vía más complejos. En un principio solo existían lazos de final de línea para invertir las composiciones, pero pronto aparecieron los cambios de agujas. A partir de 1790 se utilizaron los primeros carriles de acero completo en Reino Unido. En 1803, William Jessop inauguró la línea «Surrey Iron Railway» al sur de Londres, siendo el primer ferrocarril público tirado por caballos. La invención del hierro forjado en 1820 permitió superar los problemas de los primeros carriles de hierro, que eran frágiles y cortos, aumentando su longitud a 15 metros. En 1857 comenzaron a fabricarse carriles de acero definitivamente.

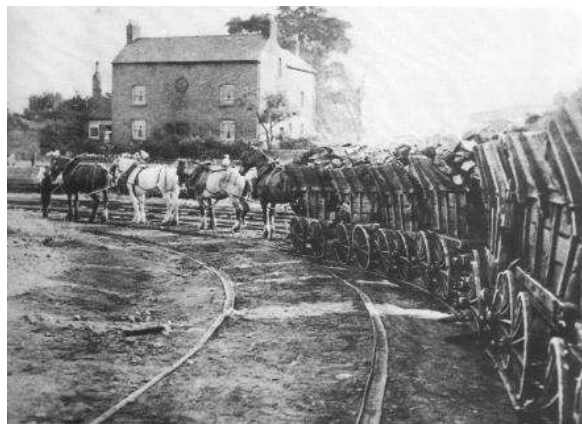


Figura 2.3 «Surrey Iron Railway» al sur de Londres. Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

2.1.2 La era del vapor.

El desarrollo del motor de vapor impulsó la idea de crear locomotoras de vapor que pudieran arrastrar trenes por líneas. La primera fue patentada por James Watt en 1769 y revisada en 1782, pero los motores eran demasiado pesados y generaban poca presión como para ser empleados en locomotoras. En 1804, utilizando un motor de alta precisión, Richard Trevithick presentó la primera locomotora capaz de arrastrar un tren en Merthyr Tydfil (Reino Unido). Realizada junto a Andrew Vivian, la prueba tuvo un éxito relativo, ya que la locomotora rompió los frágiles rieles de chapa de hierro.

En 1811, John Blenkinsop diseñó la primera locomotora funcional que se presentó en la línea entre Middleton y Leeds. La locomotora, denominada Salamanca, se construyó en 1812. En 1825, George Stephenson construyó la Locomotion para la línea entre Stockton y Darlington, al noreste de Inglaterra, que fue la primera locomotora de vapor que arrastró trenes de transporte público. En 1829 también construyó la locomotora The Rocket. El éxito de estas locomotoras llevó a Stephenson a crear la primera compañía constructora de locomotoras de vapor que fueron utilizadas en las líneas de Europa y Estados Unidos.



Figura 2.4 Tren histórico con locomotora de vapor, en Inglaterra. Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

En 1830 se inauguró la primera línea de ferrocarril interurbano, la línea entre Liverpool y Mánchester. La vía utilizada era del mismo tipo que otras anteriores, como la del ferrocarril entre Stockton y Darlington. Su ancho era de 1.435 mm, actualmente conocido como ancho internacional ya que es utilizado por aproximadamente el 60% de los ferrocarriles actuales. El mismo año se inauguró el primer tramo de la línea entre Baltimore y Ohio, la primera en unir líneas individuales en una red.

En los años siguientes, el éxito de las locomotoras de vapor hizo que las líneas de ferrocarril y las locomotoras se extendieran por todo el mundo.

2.1.3 Electrificación y dieselización.

Las primeras pruebas con trenes eléctricos las inició Robert Davidson en 1838, cuando construyó un carruaje equipado por baterías capaz de alcanzar 6,4 km/h. El primer ferrocarril con suministro eléctrico en la vía fue el tranvía que circulaba en 1883 entre Portrush y Giant's Causeway, al norte de Irlanda, que utilizaba alimentación por un tercer riel. Los cables de alimentación a ferrocarriles se introdujeron en 1888 en tranvías que hasta entonces eran arrastrados por caballos.

La primera línea de ferrocarril convencional electrificada fue la línea Roslag en Suecia. En la década de 1890 algunas grandes ciudades, como Londres, París y México, utilizaron esta nueva técnica para construir líneas de metro urbanas. En ciudades medias, los tranvías se hicieron algo común y fueron el único medio de transporte público durante varias décadas. Todas estas líneas utilizaron corriente continua, y la primera línea que utilizó corriente alterna fue inaugurada en Austria en 1904.



Figura 2.5 Tranvía en Zaragoza, España (1904). Fuente: <http://www.spanishrailway.com/>

Las locomotoras de vapor necesitan un mantenimiento bastante elevado para funcionar. Tras la Segunda Guerra Mundial, los costes de personal se incrementaron de modo muy importante, lo que hizo que la tracción a vapor se encareciera sobre el resto. Al mismo tiempo, la guerra impulsó el desarrollo de los motores de combustión interna, que hicieron a las locomotoras diésel más baratas y potentes. Esto causó que varias compañías ferroviarias iniciaran programas para convertir todas sus locomotoras para líneas no electrificadas en locomotoras diésel.



Figura 2.6 Locomotora diésel rusa. Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

Como consecuencia de la producción a gran escala de autovías tras la guerra, el transporte por ferrocarril se hizo menos popular, y el transporte aéreo comenzó a ocupar el mercado de los viajes de muy larga distancia. Muchos tranvías fueron sustituidos por autobuses, mientras que la necesidad de trasbordos hizo poco rentable el traslado de mercancías en distancias medias. Además, sucesos como el Gran escándalo del tranvía de Estados Unidos hicieron que el transporte por ferrocarril se redujera considerablemente.

En 1964, se inauguró en Japón la primera línea de Alta velocidad ferroviaria, llamado Shinkansen, tren bala, para resolver el problema de transporte entre las pobladas ciudades del país. Con el tiempo, este sistema se extendió por otros países, como Francia, España y Alemania, lo que hizo recuperar al viajero interurbano.



Figura 2.7 Shinkansen, Japón: inaugurado en 1964. Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

La crisis del petróleo de 1973 cambió la tendencia a la baja de los tranvías. Hizo que los que no se habían desmantelado, continuasen hasta nuestros días, al ser de nuevo más rentables. También la introducción de los contenedores contribuyó a mejorar la rentabilidad del transporte de mercancías.



Figura 2.8 Transporte ferroviario de contenedores. Fuente: <http://www.amf.org.mx/>

2.1.4 Innovación.

A lo largo de los años 70, se introdujo una automatización mayor, especialmente en el transporte interurbano, reduciendo los costes de operación. Algunas líneas de tranvía fueron transformadas en líneas de tren ligero, otras líneas se construyeron en ciudades que habían eliminado el tranvía décadas atrás. En los años 90, el foco de atención se situó en mejorar la accesibilidad, convirtiendo el tren en la solución al transporte de los discapacitados.

La innovación en nuevos sistemas de ferrocarril continúan actualmente, especialmente en campos como la alta velocidad.



Figura 2.9 Tren ligero en la Ciudad de México. Fuente: <http://www.ste.df.gob.mx/>

2.2 Historia del Ferrocarril en México.

La historia del ferrocarril mexicano se remonta a los primeros tiempos de México, cuando se comienza a formar como una nación y a marcarse quienes llevarían las riendas. El trazo de las vías férreas conduce por diversos lugares de la nación que, al correr de los años han sido, las mismas vías, testigos de importantes acontecimientos, cuyo conjunto define el perfil actual de la nación. Cada sitio por el que cruza habla de un pasado en ocasiones lejano, que revela la identidad de un país.

La primera línea ferroviaria en México fue la del Ferrocarril Mexicano, de capital inglés, de la Ciudad de México a Veracruz, vía Orizaba y con un ramal de Apizaco a Puebla. Fue inaugurada, en toda su extensión, por el presidente Sebastián Lerdo de Tejada, en enero de 1873. Al finalizar 1876, la longitud de las líneas férreas llegaba a 679.8 Km.



Figura 2.10 Ferrocarril Istmo de Tehuantepec. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

Durante el primer período de gobierno del presidente Porfirio Díaz (1876-1880) se promueve la construcción ferroviaria por medio de concesiones a los gobiernos de los estados y a particulares mexicanos, además de las administradas en forma directa por el Estado. Bajo concesión a los gobiernos de los estados se construyeron las líneas de Celaya-León, Omestuco-Tulancingo, Zacatecas-Guadalupe, Alvarado-Veracruz, Puebla-Izúcar de Matamoros y Mérida-Peto.

Bajo concesión a particulares mexicanos destacan las líneas del Ferrocarril de Hidalgo y las líneas de Yucatán. Por administración directa del Estado, el Ferrocarril Nacional Esperanza-Tehuacan, el Ferrocarril Nacional Puebla-San Sebastián Texmelucan y el Ferrocarril Nacional de Tehuantepec. Más tarde, la mayoría de estas líneas formarían parte de los grandes ferrocarriles de capital extranjero, o se unirían a los Ferrocarriles Nacionales de México en un período posterior.

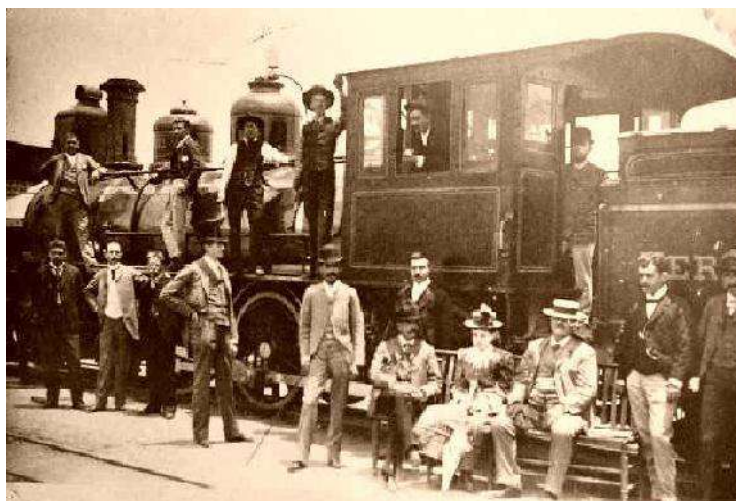


Figura 2.11 Locomotora de ferrocarriles Nacionales de México, aproximadamente de 1890. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

En 1880 se otorgan tres importantes concesiones ferroviarias a inversionistas norteamericanos, con toda clase de facilidades para la construcción e importación de material y equipo rodante, que dieron origen al Ferrocarril Central, al Ferrocarril Nacional y al Ferrocarril Internacional. Al concluir el primer período de gobierno del General Díaz, en 1880, la red de vías férreas de jurisdicción federal contaba con 1,073.5 Km. de vía.

Posteriormente, durante los cuatro años de gobierno de Manuel González se agregaron a la red 4,658 Km. El Central concluyó su tramo hasta Nuevo Laredo en 1884 y el Nacional avanzó en sus tramos del norte al centro y viceversa. En ese año la red contaba con 5,731 Km. de vía.

El retorno de Porfirio Díaz y su permanencia en el poder de 1884 a 1910 consolidaron la expansión ferroviaria y las facilidades a la inversión extranjera. En 1890 se constituía el sistema ferroviario por una longitud de 9,544 Km. de vía; 13,615 Km. en 1900; y 19,280 Km. en 1910. Lo cual demuestra la necesidad de crecimiento que se tenía en estas épocas.

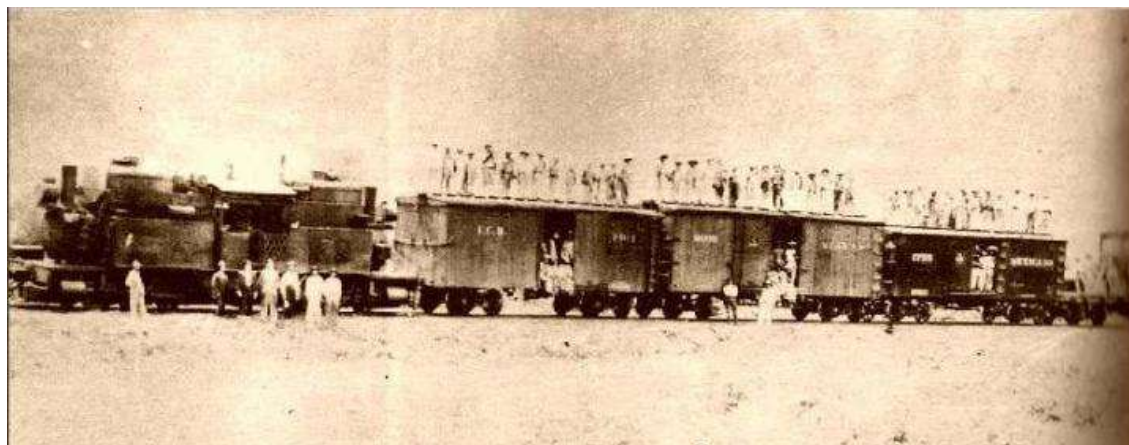


Figura 2.12 Tren Militar de los Convencionistas, Época de la revolución. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

2.2.1 Principales líneas del Ferrocarril en México.

En México las líneas sugieren una cobertura de los corredores económicos más activos, pero también obedecen a la necesidad de comunicar el extenso territorio mexicano, las principales ciudades. Con las principales líneas del ferrocarril en México se recorría la extensión del territorio y recorriendo también por los grandes sucesos y eventos que forjarían el México de hoy y la situación actual del ferrocarril en México.

Ferrocarril Central, de capital norteamericano. Concesión otorgada a la compañía bostoniana Achison, Topeka, Santa Fe. Línea entre la Ciudad de México y Ciudad Juárez (Paso del Norte). Inaugurada en 1884 con un ramal al Pacífico por Guadalajara y otro al puerto de Tampico por San Luís Potosí. El primer ramal se inauguró en 1888 y el segundo en 1890.

Ferrocarril de Sonora, de capital norteamericano. En funciones desde 1881, concesionado a la Achison, Topeka, Santa Fe. Línea de Hermosillo a Nogales, frontera con Arizona.

Ferrocarril Nacional, de capital norteamericano, de la Ciudad de México a Nuevo Laredo. Inaugurada su línea troncal en 1888. Posteriormente con la compra del Ferrocarril Michoacano del Sur, se extendió hasta Apatzingán y por el norte se vinculó con Matamoros. Quedó concluido en su totalidad en 1898.

Ferrocarril Internacional, de capital norteamericano. Línea de Piedras Negras a Durango, a donde llegó en 1892. En 1902 tendió un ramal a Tepehuanes.

Ferrocarril Interoceánico, de capital inglés. Línea de la Ciudad de México a Veracruz, vía Jalapa. Con ramal a Izúcar de Matamoros y Puente de Ixtla.

Ferrocarril Mexicano del Sur, concesionado a nacionales, finalmente fue construido con capital inglés. Línea que va de la ciudad de Puebla a Oaxaca, pasando por Tehuacán. Fue inaugurada en 1892. En 1899 compró el ramal de Tehuacán a Esperanza del Ferrocarril Mexicano.

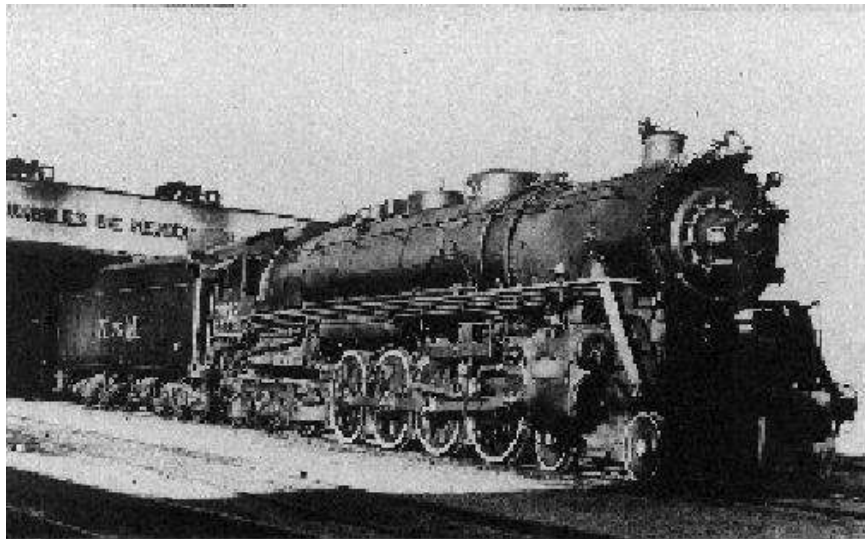


Figura 2.13 Locomotora de Ferrocarriles Nacionales de México. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

Ferrocarril de Occidente, de capital inglés. Línea del Puerto de Altata a Culiacán en el estado de Sinaloa.

Ferrocarril Kansas City, México y Oriente, de capital norteamericano. Derechos comprados a Alberto K. Owen en 1899. Línea de Topolobampo a Kansas City que sólo logró consolidar el trayecto de Ojinaga a Topolobampo, con la construcción por la S.C.O.P. del Ferrocarril Chihuahua-Pacífico de 1940 a 1961.

Ferrocarril Nacional de Tehuantepec del puerto de Salina Cruz en el Océano Pacífico a Puerto México (Coatzacoalcos) en el Golfo de México. Inicialmente de capital estatal, en 1894 se responsabiliza de su construcción la firma inglesa Stanhope, Hampson y Crothell, con malos resultados. En 1889 se encarga de su reconstrucción la Pearson and Son Ltd. Esta misma compañía se asocia en 1902 con el gobierno mexicano para la explotación del ferrocarril. En 1917 se rescinde el contrato a la Pearson y el gobierno toma a su cargo la línea, anexada a los Ferrocarriles Nacionales de México en 1924.

Ferrocarril Mexicano del Pacífico, de capital norteamericano. Línea de Guadalajara a Manzanillo pasando por Colima. Fue concluida en 1909.

Ferrocarril Sud-Pacífico, del grupo norteamericano Southern Pacific. Producto de la unidad de varias líneas. Parte de Empalme, Sonora, y llega a Mazatlán en 1909. Finalmente la línea llega a Guadalajara en 1927.

Ferrocarriles Unidos de Yucatán, financiado por empresarios locales. Se integraron en 1902 con los diversos ferrocarriles existentes en la península. Permanecieron aislados del resto de las líneas férreas hasta 1958, con el ensanchamiento del ramal Mérida a Campeche y su conexión con el Ferrocarril del Sureste.

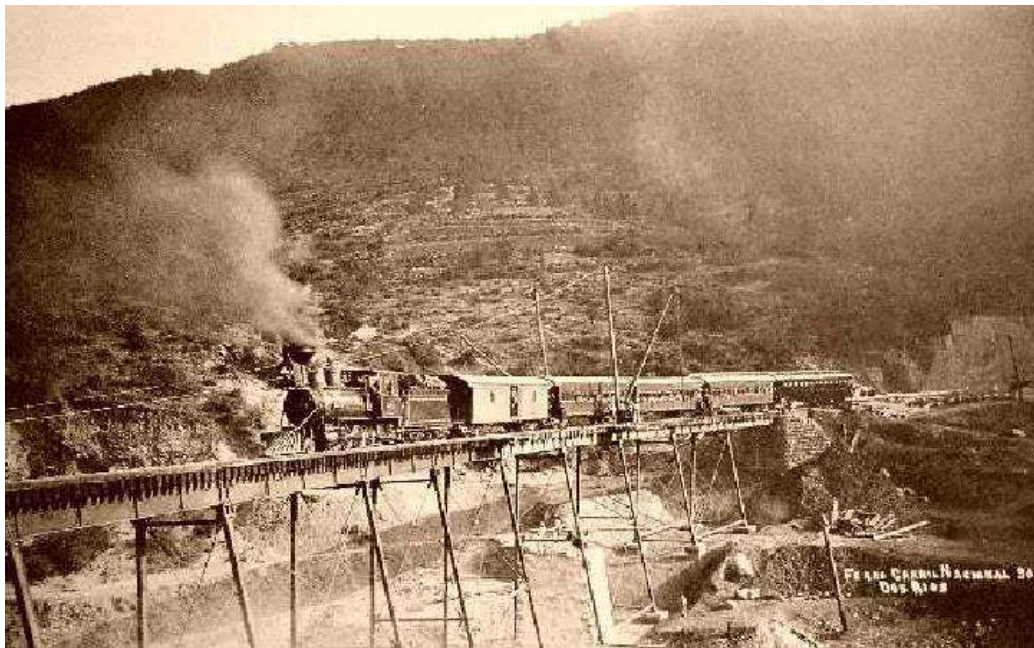


Figura 2.14 Ferrocarril Nacional, Dos Ríos: Veracruz. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

Ferrocarril Panamericano, inicialmente de capital norteamericano y del gobierno de México por partes iguales. Unió la frontera con Guatemala, en Tapachula y San Jerónimo, con el Nacional de Tehuantepec pasando por Tonalá. Se terminó de construir en 1908.

Ferrocarril Noroeste de México, en operación en 1910. De Ciudad Juárez a La Junta en el estado de Chihuahua. Posteriormente integrado al Chihuahua-Pacífico.

Quedando pendientes del tendido ferroviario el sureste mexicano, parte de la zona centro del Pacífico, la península de Baja California, la Sierra de Chihuahua, parte de Sonora y regiones específicas en cada uno de los estados.



Figura 2.15 Locomotora 1140 de Nacionales de México, situada ahora en el museo del ferrocarril de la Ciudad de Puebla. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

En 1908 nacen los Ferrocarriles Nacionales de México con la fusión del Central, el Nacional y el Internacional (junto con varios ferrocarriles pequeños que le pertenecían: Hidalgo, Noroeste, Coahuila y Pacífico, Mexicano del Pacífico). Los Nacionales de México contaban en total con 11,117 Km. de vías férreas en territorio nacional.

En la época de la revolución el tendido ferroviario sufrió grandes golpes, se buscaba limitar el avance de tropas enemigas de ambos frentes sabotando las líneas ferroviarias.

En 1910 estalla la Revolución Mexicana peleada sobre rieles. Durante el gobierno de Francisco I. Madero la red aumenta 340 Km. Para 1917 se habían agregado a la red de los Nacionales de México los tramos Tampico-El Higo (14.5 Km.), Cañitas-Durango (147 Km.), Saltillo al Oriente (17 Km.) y Acatlán a Juárez-Chavela (15 Km.).

En 1918 la red ferroviaria de jurisdicción federal sumaba 20,832 Km. Los estados, por su parte, contaban con 4,840 Km. En 1919 la red federal había aumentado a 20,871 Km.



Figura 2.16 Hombres de Villa Reparando las vías en las afueras de Torreón. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

Entre 1914 y 1925 se construyeron 639.2 Km. más de vías, fueron levantados 238.7 Km., rectificadas algunos trazos y diseñadas nuevas rutas.

En 1926 los Nacionales de México fueron devueltos a sus antiguos propietarios, y se creó la Comisión de Eficiencia de Tarifas y Valuadoras de Daños. Los accionistas privados recibieron la red de los Nacionales con 778 Km. más de vías.

En 1929 se constituye el Comité Reorganizador de los Ferrocarriles Nacionales presidido por Plutarco Elías Calles. En ese tiempo se inicia la construcción del Ferrocarril Sub-Pacífico que unió a Nogales, Hermosillo, Guaymas, Mazatlán, Tepic y Guadalajara. Además se avanzó en la línea que cubriría los estados de Sonora, Sinaloa y Chihuahua.

Al iniciar los años treinta el país contaba con 23,345 Km. de vías. En 1934, con la llegada de Lázaro Cárdenas a la presidencia de la república, se inicia una nueva etapa de participación del Estado en el desarrollo ferroviario, que incluyó la creación en ese mismo año de la empresa Líneas Férreas S.A., con el objetivo de adquirir, construir y explotar toda clase de líneas férreas y administrar los ferrocarriles Nacional de Tehuantepec, Veracruz-Alvarado y dos líneas cortas.

En 1936 se crea la Dirección General de Construcción de Ferrocarriles, encargada de establecer nuevas líneas férreas, y en 1937 se expropiaron los Ferrocarriles Nacionales de México por considerarlos empresa de utilidad pública.



Figura 2.17 Dando el paso de Vía. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

El ánimo constructor por dotar al país de una red férrea integral, que incluyera por ejemplo zonas cuya importancia económica fue posterior al tendido inicial, continuó en las décadas siguientes. De 1939 a 1951 la construcción de nuevas vías férreas a cargo de la federación fue de 1,026 Km., y el gobierno adquirió, además, el Ferrocarril Mexicano, que pasó a ser una institución pública descentralizada.

Las principales líneas construidas por la federación entre 1934 y 1970 son las siguientes:

Línea Caltzontzin-Apatzingán en el estado de Michoacán rumbo al Pacífico. Fue inaugurada en 1937.

Ferrocarril Sonora-Baja California 1936-1947. Parte de Pascualitos en Mexicali, atraviesa el desierto de Altar y une Punta Peñasco con Benjamín Hill, donde entronca el Ferrocarril Sud-Pacífico.

Ferrocarril del Sureste 1934-1950. Parte del puerto de Coatzacoalcos a Campeche. Entronca con los Unidos de Yucatán en 1957 con el ensanchamiento del ramal Mérida-Campeche.

Ferrocarril Chihuahua al Pacífico 1940-1961. Luego de integrar líneas en existencia desde el siglo XIX y de construir nuevos tramos, se inicia en Ojinaga, Chihuahua, y termina en el puerto de Topolobampo, Sinaloa.

En los años cuarentas y cincuentas se hicieron importantes trabajos de ensanchamientos de vías, rectificación de trazos y modernización de telecomunicaciones, especialmente en la línea México-Nuevo Laredo.

En 1957 se inaugura el Ferrocarril Campeche-Mérida y se construyen los tramos Izamal-Tunkás como parte de los Unidos de Yucatán, y Achotal-Medias Aguas para solucionar el tráfico de Veracruz al Istmo. En ese mismo año se reanudan las obras del Ferrocarril Michoacán al Pacífico, partiendo de Coróndiro rumbo al puerto de Pichi, cerca de Las Truchas. Además se concluye el ramal San Carlos-Ciudad Acuña que incorpora a esa ciudad fronteriza en Coahuila a la red nacional.

En 1960 el Ferrocarril Mexicano se incorpora a los Nacionales de México. En 1964 existen en el país diez entidades administrativas diferentes en los ferrocarriles. La longitud de la red alcanza 23,619 Km., de los cuales 16,589 pertenecen a los Nacionales de México.

Parte de la colección del Museo del Ferrocarril de la Ciudad de Puebla, se conforma de trenes importantes para la historia de México.



Figura 2.18 Locomotora 7025, de Nacionales de México, ahora situada en el museo del Ferrocarril en la Ciudad de Puebla. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

En 1965 la federación se hace cargo del Ferrocarril de Nacozari. En 1968 se crea la Comisión Coordinadora del Transporte y se sientan las bases para la unificación ferroviaria nacional. En agosto de ese año se fusionaron el Ferrocarril del Sureste y los Unidos de Yucatán.

En febrero de 1970 se entregaba a los Nacionales de México la línea de Coahuila a Zacatecas, y en junio adquiere la línea del Ferrocarril Tijuana-Tecate, con lo que se culmina la nacionalización de las líneas férreas en México, proceso iniciado como ya se dijo a principios de siglo. También en ese año se moderniza la vía y se corrigen los trazos de la capital a Cuautla y a San Luís Potosí, además de la línea a Nuevo Laredo.

En los años ochentas la labor ferroviaria se abocó fundamentalmente a la modernización de vías, telecomunicaciones e infraestructura, a la corrección de pendientes y al diseño de nuevos trazos. Entre 1979 y 1993 se llevaron a cabo también obras de vital importancia en la línea México-Veracruz, vía Orizaba (del antiguo Ferrocarril Mexicano, 1873).



Figura 2.19 Locomotora 7025 restaurada, de Nacionales de México, situada en el museo del Ferrocarril en la Ciudad de Puebla. Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

En ésta se realizó un nuevo trazo. Cuenta con el túnel El Mexicano, de 2, 960 m, cuya construcción permitió un delineamiento con menos curvas y mejores condiciones de operación, y es el túnel ferroviario más largo de América Latina, el nuevo puente Metlac, de 430 m de longitud entre apoyos extremos y una altura máxima de 130 m; los viaductos Azumbilla, Vaquería, Acultzingo; y el viaducto túnel Pénsil, enclavado en la montaña, con sus arcos abiertos hacia el cielo, tiene una longitud de 135 m con trazo curvo y anchura para la instalación de doble vía. El Pénsil cuenta con dos reconocimientos internacionales: la mención otorgada por la organización Puente Alcántara en España, 1993, y el Premio Brunel concedido por el gobierno de Dinamarca, en el concurso de diseño internacional de 1996.

Basta señalar, que en el Plan de Largo plazo y Programa de los Ferrocarriles Nacionales de México, 1989-1994, se establecen las vías férreas que deben ser reconstruidas, los nuevos trazos a implementarse, así como las nuevas líneas a construirse hasta el año 2000. Más de un siglo de ingeniería ferroviaria en México, con sus éxitos y sus límites, sorprenderían sin duda a aquellos primeros hombres que soñaron, tan solo soñaron, con una red férrea nacional.

Para el año 1995 el Gobierno presenta al Congreso una iniciativa para modificar el artículo 28 de la Constitución, que reservaba al Estado la exclusividad de explotación de los ferrocarriles. Poco tiempo después se redactó la denominada Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario que sentó las bases para la entrada del sector privado en este campo del transporte. En esta norma se determinó que una empresa extranjera no podía disponer de más del 49% de la compañía privatizada. Más tarde, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes redactó las normas básicas del proceso de apertura al capital privado y, a mediados de 1996, salió a concurso la primera línea.

El antiguo sistema ferroviario fue dividido en tres grandes regiones. En junio de 1997, las compañías Kansas City, Southern Industries y Transportación Ferroviaria Mexicana se hicieron con la zona Noroeste, con 3.960 kilómetros de vías, por un precio de 1.000 millones de dólares. Unos cuantos meses más tarde fue Grupo México y Union Pacific quienes se hicieron con la línea del Pacífico Norte, con 6.200 kilómetros de vías, por 400 millones de dólares. Y en último lugar, Ferrocarril del Sureste, con 2.200 kilómetros de vías, fue vendida al grupo mexicano Tribasa por 290 millones de dólares, quien, a su vez, se deshizo de ella el mes de julio de ese mismo año y la vendió a Frisco, filial del holding mexicano Carso.

En la actualidad, la privatización de los Ferrocarriles Nacionales de México está tocando su fin, con operaciones de empresas privadas a lo largo de más de una década, el ferrocarril se ve en condiciones de crecimiento, con un panorama prometedor, y con una competencia actual del autotransporte que necesita reestructuración.



Figura 2.20 Locomotora actual. Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>

2.2.2 Panorama actual de la situación del Servicio Ferroviario en México.

Para poder hablar de la actualidad del ferrocarril es importante tener en cuenta de dónde viene el ferrocarril en México de su historia. Quienes conocen la historia de México, sabrán que para el momento en el que comenzaba a tomar fuerza el ferrocarril y la nación mexicana buscaba su estabilidad política, la situación económica era bastante difícil debido a la explotación que sufrió México, por ser colonia española. No era el único problema que enfrentaba México sino que también transcurrían una serie de enfrentamientos por el poder y por encontrar quien llevaría el mando en México.

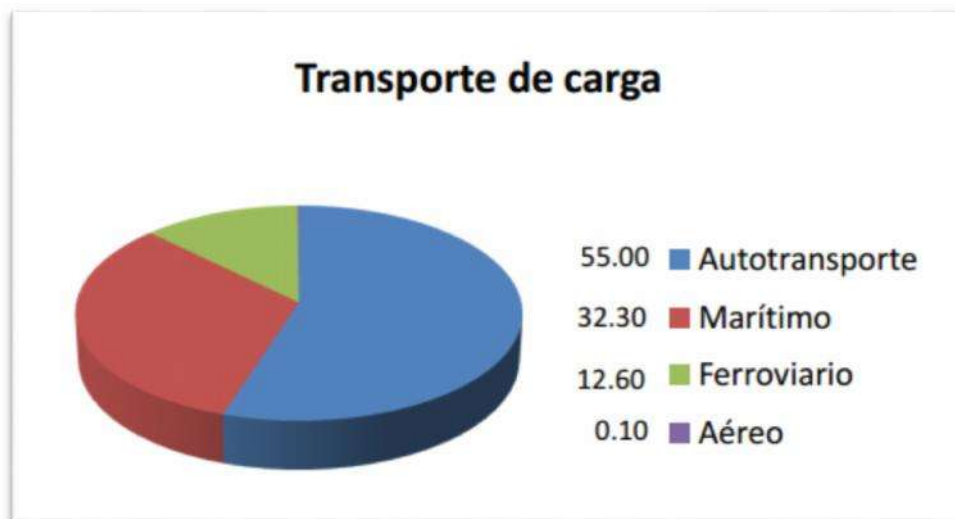


Figura 2.21 Movilización de carga en México en los diferentes tipos de transporte (2013). Fuente: <http://www.sct.gob.mx/>

El ferrocarril mexicano fue utilizado para librar grandes batallas durante la época en que se consolidaba México, fue utilizado a grandes escalas era el principal medio de transporte del país. Podría decirse que "México nació siendo una nación ferrocarrilera dado que jugó un papel muy importante en la revolución y las otras épocas en las que México se organiza como nación. Venustiano Carranza firma varios acuerdos y tratados en carros de ferrocarriles, cuando firma en 1913 con el Licenciado Isidro Fabela en Tlalnepantla. Era el medio unificador de la nación." Sin embargo posterior a las guerras surge un decaimiento precoz del ferrocarril en México. Dicho decaimiento se debió a la inestabilidad política y gran pobreza que surgió de las guerras y batallas que existirían en el país en los años siguientes debido a enfrentamientos de tipo ideológico y político.

Una interpretación interesante del fenómeno del déficit crónico durante dicho periodo: "El problema no era el de la magnitud de los ingresos del gobierno, sino la magnitud de sus gastos militares requeridos no solamente para la defensa nacional... sino para establecer y restablecer la autoridad de los diferentes regímenes en contra de la oposición política y de las revueltas indígenas". Esta circunstancia indica una modificación estructural de la vida cotidiana respecto del viejo régimen: el deterioro de la hegemonía de la Iglesia. Según palabras de David Brading (GB), "era la Iglesia, y no la fuerza militar, la que conservaba la paz en la Nueva España".

En su reconocido estudio histórico sobre la hacienda pública mexicana, que data de 1905, Pablo Macedo asienta una triste verdad: “La hacienda pública mexicana fue concebida en pecado original: cuando vino a la vida, nació con ella la bancarrota; y, sin hipérbole alguna, al día siguiente de consumada la Independencia, apenas instalado el primer gobierno nacional, se vio que los ingresos no alcanzaban a cubrir los gastos...”, de esta situación se desencadenan todo tipo de problemas para el país, sin embargo atañe el ferrocarril y su infraestructura, y de modo que cuando un país no puede manejar su economía sanamente no tendrá la posibilidad de hacer inversiones, esto querrá decir que la infraestructura no tendrá inversión.



Figura 2.22 Sistema Ferroviario actual en México. Fuente: <http://www.sct.gob.mx/>

El principal problema para el ferrocarril mexicano y para México en materia de infraestructura es la insuficiencia de este medio para satisfacer su demanda como medio de transporte masivo. “México requerirá inversiones en infraestructura por 20 mil millones de dólares al año durante la próxima década, casi 3 por ciento del producto interno bruto (PIB), según estimaciones del Banco Mundial (BM).”

El hecho que el ferrocarril se encuentra en rezago y que la necesidad de México en cuestión de infraestructura, marca un panorama turbio para los ferrocarriles porque; “en 2003 apenas se logró invertir 119 mil millones de pesos en torno a 8 mil 500 millones de dólares en infraestructura”. “El

transporte ferroviario está destinado a fungir como columna vertebral en materia de carga, en virtud de sus grandes ventajas como medio de transporte masivo." Ahora, se sabe que para desarrollar crecimiento se puede realizar únicamente mediante un amplio desarrollo de la actividad económica, la cual depende en gran parte del sistema de transporte. De igual forma el transporte genera el desarrollo regional, al facilitar la creación de mercados y realiza una red incorporada de actividades en dichos mercados.

El ferrocarril mexicano actualmente no se encuentra en el rezago que aparenta según el estudio de la evaluación económica de las actuales condiciones de competencia y complementariedad entre el ferrocarril y el autotransporte, realizada para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Mexicano del Transporte, es entendible el hecho que ante la liberalización del ferrocarril, éste y el autotransporte se ven en condiciones de coexistencia de mayor competencia a la vez que tienen una creciente complementariedad.

A comparación del transporte ferroviario de carga, el de pasajeros muestra un grave descenso, tras reconocerse que la vocación del ferrocarril estriba en mover grandes volúmenes de carga a grandes distancias. Sin embargo el transporte de pasajeros sería una herramienta indispensable para el pasajero mexicano, dado que éste ofrece recorridos largos a bajos costos. El problema del transporte de pasajeros por ferrocarril deberá ser abordado en estudios de viabilidad y un análisis de los diferentes impactos económicos que propiciaría y cómo afectaría a los servidores de este servicio.

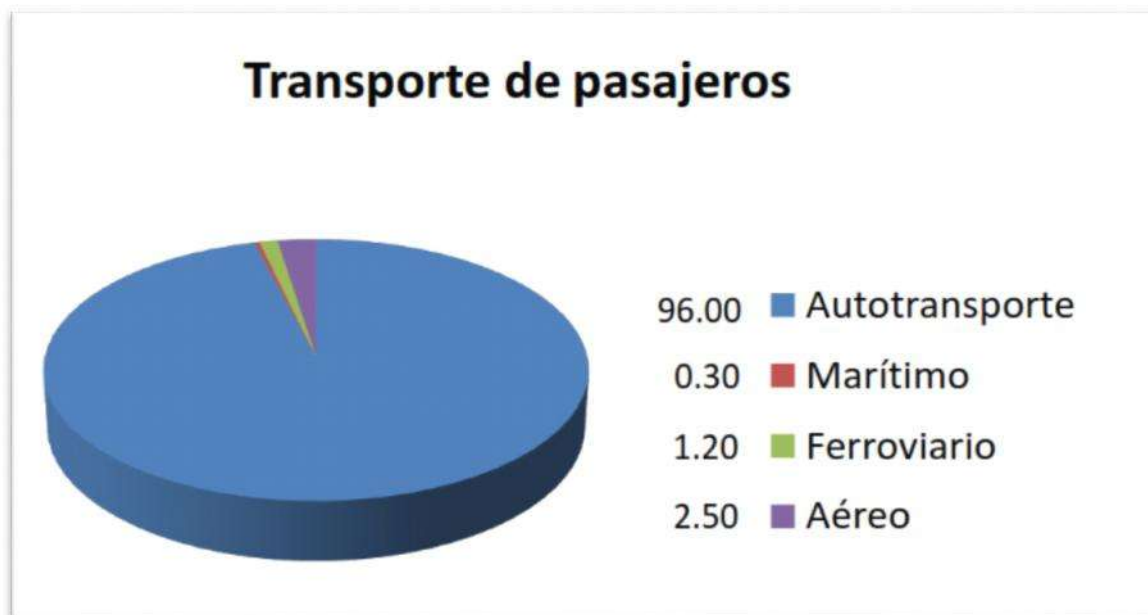


Figura 2.23 Movilización de pasajeros en México en los diferentes tipos de transporte (2013).

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/>

El ferrocarril en los últimos años ha presentado un vigoroso repunte debido principalmente al cambio operativo – administrativo en el que se ha visto inmerso. En el periodo 1991 a 2002 las unidades de demanda atendida del ferrocarril presentan una tendencia al crecimiento como lo reflejan los indicadores operativos de toneladas y toneladas-kilómetro, donde las toneladas proyectan una tasa de crecimiento media anual (tcma) de 5.1%; esta fue mayor a la tasa de crecimiento toneladas-kilómetro, que fue de 4.2% para dicho periodo. El repunte se aprecia mejor a partir del proceso de apertura; tan solo entre 1997 y 1998, las toneladas-kilómetro crecieron 10.4% y las toneladas 23.1%.

“En el periodo 1980-1993 el promedio del ingreso real del ferrocarril por unidad de servicio t-km. fue prácticamente idéntico al del periodo 1999-2003 (de 0.261 y de 0.258 pesos constantes del año 2000 respectivamente), es decir que un usuario promedio del ferrocarril no apreció un incremento real de su costo pro transportar sus mercancías. Sin embargo de acuerdo con el Índice Nacional de Precios al Productor para el periodo diciembre de 2003 a junio de 2004 se halló que el nivel de precios del ferrocarril para mercado nacional se mantuvo sin cambios, esto significa que existe en el ferrocarril una política tarifaria diferenciada por tipo de mercado, por su parte, el autotransporte no presenta éste tipo de diferenciación dado que reportó un incremento generalizado de 3% tanto para el mercado nacional, como internacional.”

2.3 Contexto Regional y Mundial respecto a la “Línea Mayab”.

2.3.1 Proyecto Mesoamérica.

El Proyecto Mesoamérica (PM), Plan Puebla Panamá (PPP) como se nombró originalmente, entrando en vigor el 12 de marzo de 2001 a iniciativa del gobierno de México, representa un espacio político de alto nivel que articula esfuerzos de cooperación, desarrollo e integración de 10 países mesoamericanos, facilitando la gestión y ejecución de proyectos orientados a mejorar la calidad de vida de los habitantes de Mesoamérica. Entre los proyectos que se priorizan en la agenda se encuentran las interconexiones eléctricas, la interconexión de la infraestructura de transporte, telecomunicaciones, la facilitación comercial y competitividad, y una atención especial a proyectos en áreas sociales como salud, medio ambiente, gestión del riesgo y vivienda.



Figura 2.24 Proyecto Mesoamérica. Fuente: <http://www.proyectomesoamerica.org/>

En el Proyecto Mesoamérica (PM) participan los países centroamericanos:

- Belice
- Costa Rica
- El Salvador
- Guatemala
- Honduras
- Nicaragua
- Panamá
- En México los estados del Sur- Sureste: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Desde 2006 se unió Colombia

A partir de 2009, se adhirió República Dominicana.

2.3.1.1 Eje Económico (Transporte).

Objetivo

El Proyecto Mesoamérica busca aumentar la conectividad interna y externa de las economías de la región mesoamericana, con el mejoramiento de la infraestructura y los servicios del transporte carretero, marítimo y portuario, para favorecer y potenciar la competitividad en los países de la región.

Programas y Proyectos Prioritarios.

Los componentes de la agenda mesoamericana de transporte quedaron definidos en el Memorándum de Entendimiento de la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM), suscrito en junio de 2002, a partir de los criterios establecidos para la selección de carreteras y sus complementos en materia marítimo-portuaria y aeroportuaria, reflejando su dinamismo para adecuarse a nuevos desafíos, concibiendo de manera integral la infraestructura y los servicios en los distintos modos de transporte.

El Proyecto Mesoamérica promueve los siguientes programas y proyectos en materia de transporte:

2.3.1.2 Sistema de Transporte Multimodal Mesoamericano (STMM):

Objetivo

Disponer de una infraestructura de integración modal y una cadena logística eficiente en Mesoamérica.

Descripción

La agenda de transporte del **Proyecto Mesoamérica** está orientada a crear un Sistema de Transporte Multimodal Mesoamericano (STMM) eficiente en Mesoamérica, involucrando el uso de los diferentes medios de transporte:

- Carretero
- Férreo
- Marítimo
- Fluvial
- Aéreo

El sistema busca integrar infraestructura, operaciones, tecnología, servicios de transporte y logísticas de carga, que permita potencializar las ventajas económicas y funcionales propias de cada modo de transporte, y que se adapten a las características del comercio internacional en cada país, así como a las ventajas competitivas de la región mesoamericana en general.

Se entiende como Transporte Multimodal el movimiento físico de bienes y cargas, desde su origen hasta su destino final, involucrando el uso de diferentes modos de transporte efectivamente integrados y coordinados.

2.3.1.3 Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM):

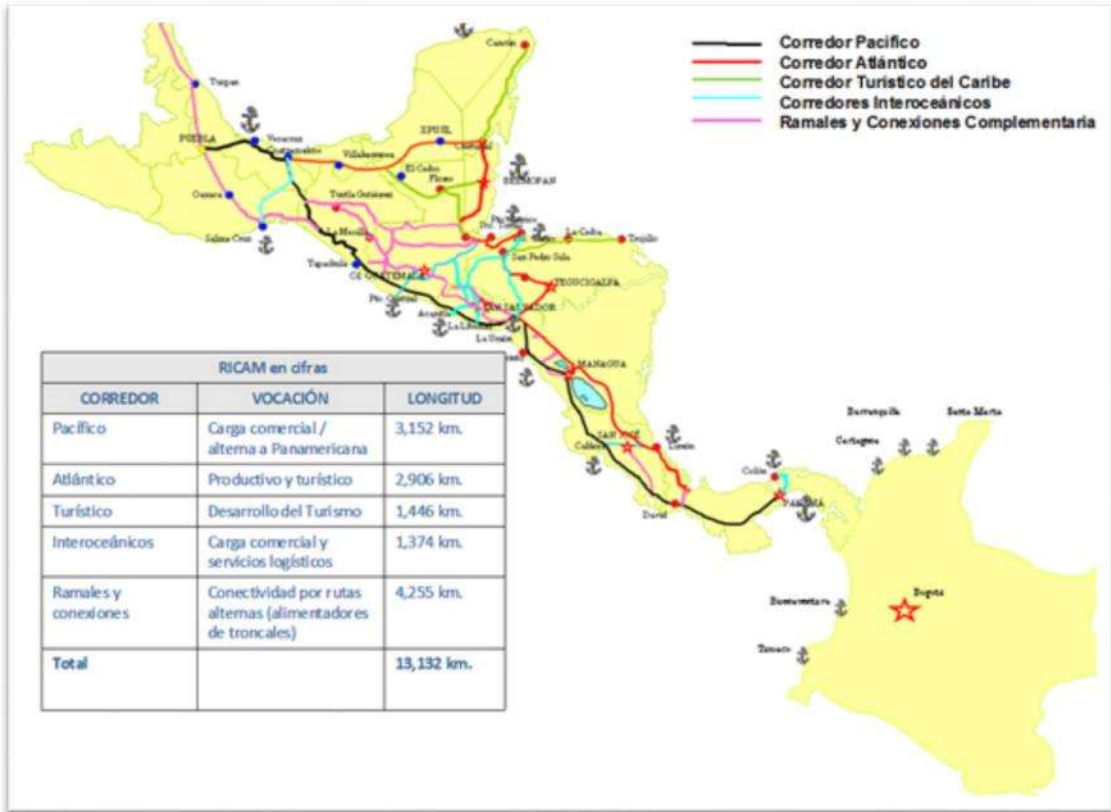


Figura 2.25 Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM). Fuente: <http://www.proyectomesoamerica.org/>

Objetivo

Contar con una red de carreteras que abra nuevas posibilidades para la integración de Mesoamérica y ponga al alcance de los mercados su producción exportable por vías terrestres, conectando las poblaciones, zonas productivas y los principales puntos de distribución y embarque. Al aumentar la conectividad interna y externa de las economías de la región mesoamericana, mediante el mejoramiento de la infraestructura de transporte carretero, se potencia la competitividad de los países de la región.

El 28 de junio de 2002 en Mérida, Yucatán, México, los países firmaron el Memorándum de Entendimiento de la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM) con la meta de modernizar 13,149 kilómetros de carreteras a través de dos corredores troncales (Pacífico y Atlántico), uno turístico, corredores interoceánicos y una serie de ramales y conexiones complementarias.

En la X Cumbre de mandatarios del Mecanismo de Tuxtla, en junio de 2008, se acordó priorizar la ejecución de los Corredores Viales Pacífico, Atlántico, Turístico del Caribe e Interoceánicos y se identificaron los tramos prioritarios de ejecución. Posteriormente en la XI Cumbre de Tuxtla, en el 2009, se priorizó la ejecución del Corredor Pacífico (CP) y se diseñó un proyecto específico para dicho corredor, actualmente apoyado por el BID.

Descripción

La Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM) es uno de los programas emblemáticos del Proyecto Mesoamérica en materia de transporte. Consiste en la rehabilitación, mantenimiento y construcción (En algunos casos específicos) de 13,132 kilómetros de carreteras distribuidas en cinco corredores viales:

El Corredor Atlántico, que une las ciudades de Coatzacoalcos en México y la región de Bocas del Toro, en Panamá. Este corredor tiene una longitud aproximada de 2,906 kilómetros.

El Corredor Turístico del Caribe, que une las **ciudades de Cancún**, en Quintana Roo, México, Belice, Guatemala y la zona costera de Honduras, incluyendo lugares turísticos y ciudades como Cancún, la Riviera Maya, Belice, Río Dulce, bahía de Amatique, Omoa, Tela, La Ceiba y finaliza en el Puerto de Trujillo en Honduras. El Corredor Turístico del Caribe posee una longitud estimada de 1,446 kilómetros.

Los Corredores Logísticos Interoceánicos, que significan conectividad entre los **litorales Atlántico y Pacífico**, conectando puertos bajo una concepción logística, tienen el potencial de convertirse en nuevas rutas interoceánicas para el transporte y el comercio internacional. Los principales Corredores Logísticos Interoceánicos, en el marco del Proyecto Mesoamérica, son:

- Puerto La Unión (El Salvador) – Puerto Cortés (Honduras)
- Puerto La Libertad (El Salvador) – Puerto Cortés (Honduras)
- Puerto de Acajutla (El Salvador) y los puertos Barrios y Santo Tomás de Castilla (Guatemala)
- Puerto Quetzal y los Puertos Barrios y Santo Tomás de Castilla (Guatemala)
- Puerto Limón / Moín con Puerto Caldera (Costa Rica)
- Ciudad de Panamá y Colón Panamá (Panamá)

El Corredor Pacífico (CP), une la **ciudad de Puebla**, México, con la **ciudad de Panamá**, tras recorrer 3,244 kilómetros. El proyecto consiste en crear un corredor de integración regional, con la modernización de 3,244 kilómetros de carreteras que cruza 6 fronteras y 7 países por el litoral pacífico desde México hasta Panamá, la cual constituye la ruta más corta que conecta ambos extremos y a través de la cual circula el 95% de los bienes comerciados en la región México – América Central.

Los Ramales y Conexiones Complementarias, que se constituyen con una serie de pequeños tramos viales que conectan los corredores principales antes mencionados.

Además, en aras de reforzar los aspectos de operación de la RICAM en los cruces fronterizos de Mesoamérica, se desarrollan paralelamente diversos proyectos viales para contribuir con la modernización de aduanas y pasos fronterizos.

Fuentes de Financiamiento: Préstamos gestionados y ejecutados por cada país, y Cooperaciones Técnicas No Reembolsables del BID, el BCIE y CAF (Banco de Desarrollo de América Latina), principalmente.

Unidades ejecutoras:

- Comisión Técnica de Transporte (CTT)
- Ministerios y Secretarías de Transporte y Obras Públicas

Estatus: En ejecución permanente.

2.3.1.4 Corredor Mesoamericano de la Integración (Corredor Pacífico):



Figura 2.26 Corredor Mesoamericano de la Integración (Corredor Pacífico). Fuente: <http://www.proyectomesoamerica.org/>

Objetivo

Convertir el Corredor Pacífico (CP) de la **RICAM** en "una carretera cinco estrellas" y en el principal corredor logístico de integración de transporte y comercio de Mesoamérica. Los objetivos específicos del proyecto son:

Ajustar los tramos del CP a las condiciones de infraestructura propuestas para la RICAM en el Memorándum de Entendimiento de Mérida (junio 2002).

Lograr la circulación de los vehículos de pasajeros y carga en condiciones seguras, desde el punto de vista vial y personal.

Definir los límites de pesos y dimensiones de vehículos más convenientes para la región y hacer la adecuación de la infraestructura a esos límites, la homologación de los límites y la implantación de un eficiente sistema de control.

Implementar los mejores procedimientos de control fronterizo, en particular el Procedimiento Mesoamericano de Tránsito Internacional de Mercancías (TIM).

Instalar un sistema de procedimientos de control fronterizo y que el mismo se efectúe en centros de frontera con accesos viales, infraestructura y servicios adecuados.

Formar agentes responsables de la operación vial, del eficaz funcionamiento de los centros de frontera y del mantenimiento de tramos viales por niveles de servicio.

Las inversiones en infraestructura vial de la RICAM, exigen cuantiosos recursos de los erarios públicos e implican decisiones para priorizarlas y programar su ejecución, las cuales compiten con obras de alcance nacional. Por lo anterior, en el 2009, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) realizó un estudio que demostró que la alternativa más eficiente para modernizar el sistema de carreteras mesoamericanas es el Corredor Pacífico (CP), que une a México con Panamá por medio de 3,210 kilómetros, cruza 7 países, transporta el 95% de los bienes comerciados en la región y es la ruta más corta y de menos altitud promedio sobre el nivel del mar.

Por esta razón, la XI Cumbre del Mecanismo de Diálogo y Concertación de Tuxtla, celebrada en Julio de 2009, acordó priorizarlo en la agenda del Proyecto Mesoamérica, como el corredor de integración que más reduce y simplifica el tránsito mesoamericano, con el objetivo de convertirlo en una carretera "cinco estrellas" (Calificación que otorga la "Road Protection Score" a las carreteras que cumplen con estándares internacionales de seguridad vial y diseño de infraestructura).

Descripción

El Corredor Pacífico (CP) forma parte de la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas (RICAM), es una red de carreteras que atraviesa 7 países, iniciando su recorrido en la ciudad de Puebla, al Sursureste de México, y a partir de la ciudad de Arriaga, sigue la ruta del litoral del Océano Pacífico por toda la región mesoamericana a través de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, hasta llegar a la ciudad de Panamá, cubriendo una extensión total de 3,210 kilómetros.

El concepto del **Corredor Pacífico (CP)**, como la principal vía de integración física, implica tres componentes:

La **rehabilitación o construcción de nueva infraestructura carretera**, y un eficiente trabajo de operación y mantenimiento vial, seguridad vial y personal, armonización y control de los pesos y dimensiones de vehículos.

Modernización de los pasos fronterizos a través del fortalecimiento de su infraestructura.

La implementación del **Procedimiento Mesoamericano para el Tránsito Internacional de Mercancías (TIM)** en las fronteras que atraviesa dicho corredor. Este último consiste en el uso de procedimientos estandarizados y equipos informáticos para agilizar los trámites aduaneros.

La longitud de los tramos del Corredor Pacífico por país se muestra en el siguiente cuadro:

PAÍS	LONGITUD (KILÓMETROS)
México	1,058.50
Guatemala	303.00
El Salvador	359.00
Honduras	137.20
Nicaragua	335.20
Costa Rica	520.30
Panamá	497.00
Total Corredor Pacífico	3,210.20

2.3.1.5 Cooperaciones Técnicas para Transporte Carretero:

2.3.1.5.1 Análisis, Estrategia e Instrumentos para el Mejoramiento de la Logística de Cargas y el Comercio en Mesoamérica.

En marzo de 2010, la agenda de transporte multimodal se vio fortalecida con el anuncio de dos nuevas Cooperaciones Técnicas No Reembolsables financias por el **BID**, para desarrollar la cadena logística del transporte mesoamericano –tanto internacional como nacional y regional – y a la vez, adoptar una concepción sostenible del transporte en la región.

Posteriormente, la Comisión Técnica de Transportes (CTT) solicitó al BID ser el ejecutor del proyecto "Observatorio Subregional de Transporte de Carga y Logística", cuya Cooperación Técnica fue aprobada el 12 diciembre de 2011.

Objetivo:

Contribuir a la planificación de un sistema de transporte multimodal eficiente en Mesoamérica, mediante estudios integrados que incluyen:

- Análisis de la logística de carga;
- Los servicios de transporte;
- Las medidas de facilitación del comercio y las aduanas;
- Los costos de distribución interna;
- Los cuellos de botella para su mejor desempeño; y
- Indicadores de desempeño claves.

Descripción:

El estudio proveerá información sistematizada sobre los flujos de carga, intensidades y variabilidad del comercio, generando una herramienta para la toma de decisiones; también se dispondrá de una valoración sobre la disponibilidad, priorización y requerimientos de infraestructura logística especializada como bodegas, centros de distribución, centros de servicios a los camiones (trucking centers), infraestructura multimodal, plataformas logísticas, antepuertos, puertos secos y la gestión integral de la distribución urbana de mercancías que son piezas clave a lo largo de la cadena de valor y su desarrollo y gestión. Se desarrollará una estrategia de logística regional eficiente y sostenible, y se planificarán las inversiones necesarias para fortalecer la logística de cargas en la región.

Dentro de los principales productos estarán los diagnósticos de logística por país, así como el listado de intervenciones y obras prioritarias.

Inversión: US\$1.8 millones (US\$ 1,5 millones de donación del BID y otros US\$ 300,000 en contrapartida)

Tiempo estimado de duración:

17 meses (Inicio: enero de 2012)

Unidades ejecutoras:

- Comisión Técnica de Transporte (CTT)
- Ministerios de Transporte y Obras Públicas
- Apoyo técnico del BID.
- Advanced Logistics Group (ALG), consultora a cargo del estudio.

Status: Cooperación Técnica en ejecución.

2.3.1.5.2 Observatorio Mesoamericano de Transporte de Carga y Logística.

Objetivo:

Crear un Observatorio Mesoamericano de Transporte de Carga y Logística, es decir, un sistema de información y análisis cuya función principal será la de contribuir al desarrollo de políticas

públicas orientadas a incrementar la eficiencia en el desempeño del transporte y de la logística de cargas, y la integración entre los países de Mesoamérica.

Descripción:

El nuevo sistema se estructurará alrededor de dos componentes principales: i) identificación, selección y puesta en marcha del Organismo Ejecutor; y ii) actividades técnicas de establecimiento y puesta en funcionamiento del Observatorio.

En este sentido, se ha realizado un trabajo permanente con la Comisión Técnica de Transporte (CTT) del Proyecto Mesoamérica, a fin de asegurar que todos los países beneficiarios estén acompañando de manera cercana la evolución de las actividades, lo que permite obtener información y comentarios de manera ágil y permanente.

Inversión: US\$1.1 millones de dólares, de los cuales el BID financia US\$910,000 y los países en contrapartida, un monto US\$100,000.

Tiempo estimado de duración: 36 meses (Inicio: 12 de diciembre de 2011)

Unidades ejecutoras:

- Comisión Técnica de Transporte (CTT)
- Ministerios de Transporte y Obras Públicas
- Apoyo técnico del BID

Status: Cooperación Técnica en ejecución.

2.3.1.5.3 Transporte Sustentable y Cambio Climático.

Objetivo:

Desarrollar un Programa Mesoamericano de Transporte Sostenible y Cambio Climático y diseñar planes de transporte sustentable en la región, así como promover medidas de mitigación de la motorización para combatir el cambio climático, por medio de bonos de carbono y corredores verdes (Green Logistics) –solicitado por la Comisión Técnica de Transporte (CTT). Esta Cooperación Técnica está enfocada hacia el transporte en general y el transporte público.

Se pretende un mejor entendimiento y estimación de las amenazas e impactos que plantea el cambio climático al sector transporte; además de proveer las herramientas necesarias para desarrollar políticas diseñadas a salvaguardar la infraestructura y servicios críticos del sector transporte contra las amenazas y reducir la vulnerabilidad. Esto ayudará a los países a evaluar su preparación para responder a los potenciales riesgos y desarrollar planes de acción y políticas para adaptar al sector transporte a los consecuencias potenciales resultantes del cambio climático.

Descripción

El proyecto consiste en crear conciencia y profundizar la comprensión del transporte sostenible en Mesoamérica, promoviendo un diálogo entre responsables, desarrollando las guías y proyectos pilotos en adaptación al cambio climático para los sistemas de transporte, identificando proyectos de transporte sostenible, y proveyendo programas de capacitación.

Los resultados serán una serie de productos que los países podrán utilizar e implementar a escala nacional y regional. Los productos en mención son los siguientes:

- Diagnóstico y análisis de los sectores de tramos viales y puertos y la identificación de vulnerabilidades en los países de Centroamérica;
- Manual para la evaluación de las necesidades y opciones de adaptación al cambio climático en el sector transporte en Centroamérica;
- Caja de herramientas para una evaluación rápida de los impactos del cambio climático en el sector transporte, en el nivel nacional, plan de acción priorizado y preliminar (solamente para el sector de tramos viales);
- Proyecto piloto de la herramienta rápida de evaluación del impacto del cambio climático para el sector transporte.

Entre otros.

Inversión:

US\$ 1 millón financiado por el BID.

Tiempo estimado de duración:

24 meses (Inicio: 24 de abril de 2013)

Unidades Ejecutoras:

- Comisión Técnica de Transporte
- Ministerios de Transporte y Obras Públicas
- Apoyo técnico del BID

Status: En Ejecución.

2.3.1.6 Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD).

Objetivo

El proyecto de Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD) tiene por objetivo generar formas alternativas de transporte comercial vía marítima que favorezcan el crecimiento del comercio intrarregional, a través del mejoramiento del transporte marítimo a corta distancia en la región, ofreciendo nuevas alternativas al transporte terrestre.

En diversos foros e instancias regionales se ha decidido apoyar la promoción del desarrollo del transporte marítimo de corta distancia, a fin de lograr mayor integración, reducir los tiempos, costos

y mejorar la seguridad en el transporte, crear fuentes de empleo, aumentar el volumen de carga y el manejo eficiente de la misma; así como promover el intercambio comercial con otras regiones del mundo.

Descripción

El TMCD se circunscribe en los esfuerzos por crear un Sistema de Transporte Multimodal Mesoamericano (SMTM) eficiente, que involucre el uso de diferentes medios de transporte (carretero, férreo, marítimo, fluvial y aéreo) en Mesoamérica.

Con este propósito y como primeros pasos, se elaboró el "Plan de Acción" que estableció un acuerdo regional para llevar a cabo un estudio de factibilidad y una estrategia orientada al desarrollo y la modernización del transporte marítimo en los países mesoamericanos, para lo cual ha sido primordial trabajar en las siguientes áreas:

- Procedimientos aduaneros;
- Facilidades portuarias;
- Legislación
- Normatividad marítima.

En apoyo a esta agenda de trabajo, el BID aprobó una Cooperación Técnica por US\$1,250,000 con el objetivo de crear dicha estrategia, que incluye los siguientes componentes:

Estudio de comercio en el área mesoamericana, partiendo del conocimiento detallado de los patrones logísticos de las diversas cadenas productivas existentes en la zona. Acciones:

- Analizar el comercio intra-regional, identificando y caracterizando sus áreas de influencia, para determinar las necesidades y los servicios necesarios para la potenciación del transporte marítimo de corta distancia;
- Identificar los obstáculos y plantear mejoras para la facilitación del comercio entre las principales cadenas logísticas de productos que son transportados vía marítima.

Potenciales líneas de TMCD en Mesoamérica, realizando los estudios de pre inversión a nivel de factibilidad de cada una de las rutas propuestas para viabilizar el proyecto, y análisis de los impactos positivos en comparación con el modo carretero. Acciones:

- Definir el mercado objetivo de cada una de las zonas analizadas;
- Desarrollar alternativas que permitan proponer medidas que eliminen los obstáculos y mejoren la facilitación de las principales cadenas logísticas de productos que son transportados vía marítima, desde su salida de fábrica o bodega hasta que son cargados en el buque o desde el buque hasta su bodega;
- Determinar la factibilidad socioeconómica, financiera y ambiental para el Desarrollo del Transporte Marítimo de Corta Distancia.

Diseño institucional y modelo de gestión, que comprende el desarrollo de una propuesta para la implementación de las líneas o rutas de TMCD. Dicha propuesta deberá estar basada en consultas con el sector público y privado. Acciones:

- Promover el diseño y la integración de Plataformas Logísticas como requisito necesario para que los países tengan la capacidad de dar respuesta lógica al fenómeno de la globalización;
- Promover la adopción de una Política Marítima Portuaria Comunitaria, a través de la identificación de los actores públicos y privados que tendrán relevancia en el proyecto;
- Difundir y validar las buenas prácticas, para asegurar la adecuada participación de los actores claves.

Análisis de las facilidades portuarias, incluyendo tanto los servicios e instalaciones de aquellos puertos incorporados en las líneas TMCD seleccionadas y consideradas factibles por el estudio.

Acciones:

- Analizar las infraestructuras portuarias de Mesoamérica más adecuadas para el TMCD, determinando cuáles son las características ideales para las diferentes rutas propuestas y el análisis de los servicios portuarios que brindan;
- Elaborar planes de acción para los distintos puertos, para determinar la adecuación a los mínimos establecidos.

Se pretende convertir a la región en una zona competitiva e integrada en el comercio marítimo mundial; identificando, promoviendo e impulsando las medidas, políticas y acciones que contribuyan al desarrollo del comercio marítimo de los países de Mesoamérica; alineado con el marco normativo regional y los estándares internacionales.

El alcance geográfico del proyecto está dirigido a Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá.

Inversión: US\$1,250,000 dólares (Estudio de factibilidad).

US\$1 millón de dólares fueron aportados por una cooperación técnica aprobada en diciembre de 2009; y US\$250,000 en concepto de contrapartida por el Gobierno de Panamá.

Fuentes de financiamiento: BID

Unidades ejecutoras:

- Autoridad Marítima de Panamá (AMP).
- Autoridades marítimas y portuarias de países mesoamericanos.
- Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo (COCATRAM), apoyo técnico.
- Empresa Ingenieros y Economistas Consultores S.A. (INECON), a cargo del estudio de factibilidad.

Estatus:

Estudio en etapa final de ejecución.

(<http://www.proyectomesoamerica.org/>)

2.3.2 Canal de Panamá.



El tráfico del Canal de Panamá supuso, en **2013**, sólo el **2.2% del comercio marítimo mundial**, según datos publicados por la Autoridad del Canal de Panamá y la consultora Clarksons, respectivamente. En los últimos 15 años, el porcentaje que suponen las mercancías movidas a través del Canal, en relación con el comercio marítimo mundial, ha bajado del 3.4% al 2.2%.

(<http://micanaldepanama.com/contacto/>)

2.3.2.1 La Nueva Administración del Canal de Panamá.

Las tarifas del Canal de Panamá se han incrementado 66% del 2006 a la fecha, 11% promedio de incremento anual.

El cobro de otros derechos también aumenta año con año.

Navieros de Países Asiáticos argumentan que el Canal de Panamá aumentó sus ingresos totales por tarifas de tránsito de buques en un 146% en los últimos 6 años.

Hoy Panamá puede determinar libremente las tarifas del Canal.

Panamá requiere de recursos para la ampliación del Canal y utiliza las tarifas para apalancar sus proyectos de expansión.

2.3.3 Canal de Suez.



Este canal desempeña un papel esencial en el comercio mundial. A través de él se transporta el **14% de los productos que mueven la economía mundial**, el 26% del petróleo de importación y el 41% del volumen total de mercancías que llegan a los puertos de Arabia.

(<http://www.suezcanal.gov.eg/sc.aspx?show=17>)

2.3.4 Canal de Nicaragua.



El 22 de diciembre de 2014, Nicaragua celebró la ceremonia de inicio de las obras de un nuevo canal que conectará los océanos Atlántico y Pacífico. Un proyecto valorado en US\$50.000 millones.

Depende de quién lo mire, el proyecto del Gran Canal de Nicaragua, que busca competir con el de Panamá, sería una cicatriz en el corazón de Centroamérica o una nueva arteria para inyectarle sangre a la región.

Según el gobierno de Daniel Ortega, ofrecerá muchos beneficios económicos al país y acabará con la extrema pobreza y el desempleo. Pero hay quienes sospechan que no es económicamente viable y expertos en medio ambiente creen que podría tener un impacto ambiental negativo.

(http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/07/140708_economia_canal_nicaragua_cifras_nc)

CAPÍTULO 3.- TEORÍA DE DINÁMICA DE VÍA DE TREN

El comportamiento de los trenes en movimiento, va en función de las **características geométricas y físicas de la vía**, de las **resistencias al movimiento** presentada por el **equipo rodante**, de las **fuerzas tractivas disponibles**, el **equilibrio temporal**, entre la **suma de resistencias** y la **fuerza total** y la aceleración (positiva o negativa) que puede incrementar o reducir la velocidad de los trenes hasta obtener el equilibrio entre fuerzas y resistencias.

Las principales resistencias al movimiento, son las **pendientes de la vía**, la **rozadura adicional en las curvas**, las **fricciones internas de los carros y locomotoras**, las **fricciones entre ruedas y rieles** y las relacionadas con las fricciones del equipo con el viento.

Las **fuerzas tractivas**, son la normal utilización de la potencia máxima de la locomotora por tiempo indefinido ó la fuerza extra máxima que es posible mantener durante cortos períodos de tiempo, la asistencia debida a la gravedad que impulsa al movimiento de traslación de los trenes descendiendo por un plano inclinado, y el potencial que contiene el tren cuando aprovecha su energía cinética al variar su velocidad.

Las velocidades consideradas en el presente análisis, corresponderán a las máximas permisibles de acuerdo con las características físicas y geométricas de la vía, o las que producen la igualdad de términos en la ecuación entre la fuerza tractiva y la suma de resistencias.

Ecuación Básica de Equilibrio.

$$F_t = \Sigma R = R_p + R_r \pm F_a$$

F_t – Fuerza Tractiva de la locomotora (según la potencia medida en las ruedas motrices).

R_p – Resistencia a la pendiente.

R_r – Resistencia al rodamiento.

F_a – Fuerza de aceleración (+) o desaceleración (-).

3.1 Resistencias de Trenes.

El conjunto de locomotoras, carros y coches, presenta una serie de resistencias de diferentes orígenes que hay que vencer, para mover el tren o mantener su estado de movimiento. La fuerza tractiva de la locomotora sirve precisamente para ese objeto, vencer las resistencias de un tren. La fuerza tractiva de las resistencias forman un sistema que alcanzadas ciertas condiciones está en equilibrio.

Las resistencias de un tren pueden agruparse en resistencia internas y externas. Las **internas** se refieren a la fuerza de fricción que aparece en la superficie de los elementos móviles de las unidades. Las **externas** se deben a condiciones de alineamiento de la vía o de la atmósfera.

Se consideran **4 tipos de resistencia** para su cálculo:

- 1.- **Resistencia en vía tangente, a nivel y con atmósfera tranquila.**
- 2.- **Resistencia por pendiente.** (Mayor importancia)
- 3.- **Resistencia por curvatura.** (Si son curvas compensadas)
- 4.- **Resistencia por aceleración.**

5.- Resistencia por escantillón (se desprecia).

3.1.1 Resistencia en vía tangente, a nivel y con atmósfera tranquila.

Este, se subdivide a su vez en tres resistencias, a saber:

- Resistencia por cojinetes y chumaceras.
- Resistencia entre ruedas y rieles.
- Resistencia por viento relativo.

3.1.1.1 Resistencia por cojinetes y chumaceras.

Estas resistencias aparecen en los apoyos de los ejes, en todas las unidades del equipo rodante. Su valor puede calcularse con la expresión de Davis.

$$1r_1 = 1.3 + \frac{29}{\Omega}$$

Donde:

$$\Omega = \frac{W}{n}$$

W – Peso de un eje de la unidad considerada en Ton/m

r_1 - Resistencia en lbs/ton de peso de esa unidad (resistencia específica)

n – Número de ejes

La resistencia total para la unidad de peso:

$$R_1 = \left(1.3 + \frac{29}{\Omega}\right) \cdot \Omega \cdot n$$

3.1.1.2 Resistencia entre ruedas y rieles.

Esta se debe a la fricción lateral por oscilaciones del tren, golpeteos y por efectos del movimiento.

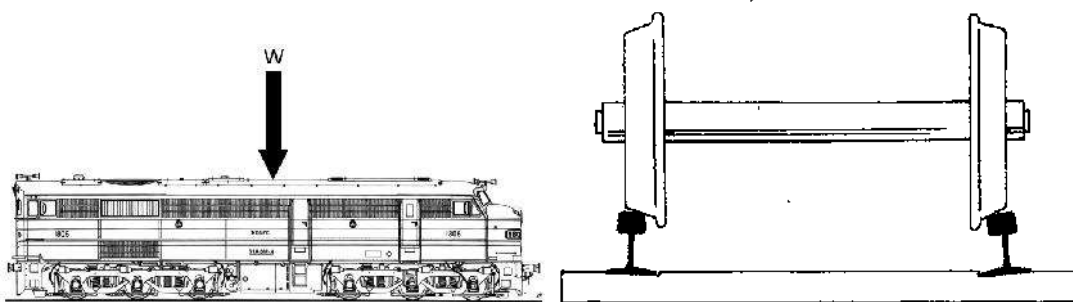


Figura 3.1 Fuente: <http://www.renfe.com/>

n – Número de ejes

$$r_2 = b \cdot V$$

Donde:

r_2 – Resistencia específica (lbs/ toneladas de peso)

V – Velocidad en MPH

b- Coeficiente cuyo factor depende del equipo.

1 Ton corta = 2000 lbs.

EQUIPO	VALORES DE "b"
Locomotoras (Vapor/Diésel Eléctrica/Eléctrica)	0.030
Coches de pasajeros	0.030
Carros de carga y ténfers	0.045
Locomotoras pequeñas	0.045

La resistencia total para la unidad de peso:

$$R_2 = b \cdot V \cdot \Omega \cdot n$$

3.1.1.3 Resistencia por viento relativo.

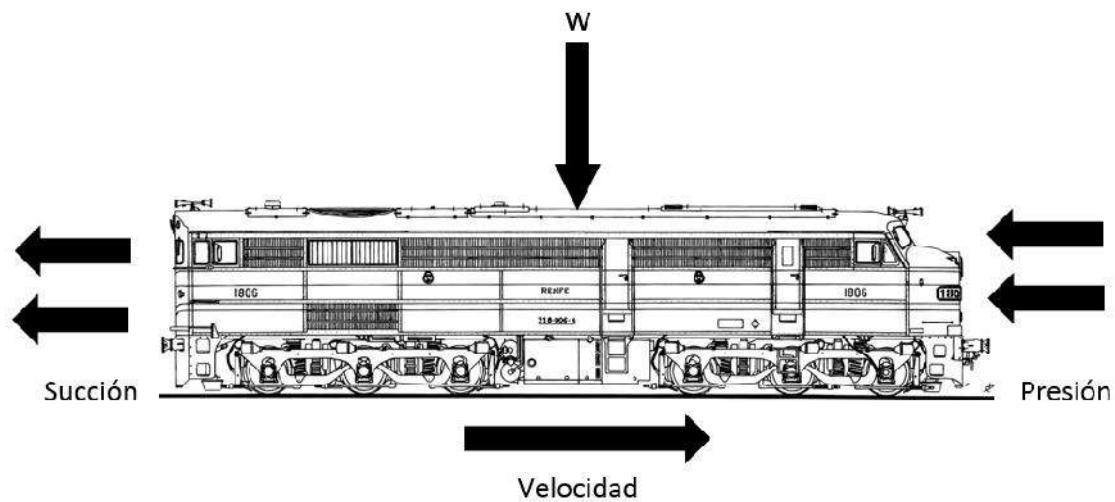


Figura 3.2 Fuente: <http://www.renfe.com/>

La expresión es:

$$r_3 = \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n}$$

Donde:

Ω - Peso en Ton c/eje

Wn- Peso de la unidad

V- Velocidad en MPH

n – Número de ejes

C- Coeficiente de forma cuyo valor depende de la clase de equipo

A – Área proyectada contra el viento relativo

EQUIPO	VALORES DE "C"
Locomotoras de todo tipo	0.00240
Carros de carga y ténfers	0.00050
Coches de pasajeros	0.00034

EQUIPO	VALORES DE "A" (ft ²)
Coches de pasajeros	120
Carros de carga y ténfers	85 a 90
Locomotoras comunes	120

r_3 – resistencia en libras / Ton peso

EQUIPO	VALORES DE "A" (ft ²)
Locomotoras de hasta 50 Ton	105
Locomotoras de hasta 70 Ton	110
Locomotoras de más de 100 Ton	120

$$R_3 = \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} \cdot \Omega \cdot n$$

3.1.1.4 Fórmulas generales de Davis.

3.1.1.4.1 Resistencia especifica total.

$$R = 1.3 + \frac{29}{\Omega} + b \cdot V + \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n}$$

3.1.1.4.2 Resistencia total.

$$R = \left(1.3 + \frac{29}{\Omega} + b \cdot V + \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} \right) \cdot \Omega \cdot n$$

3.1.1.5 Fórmulas particulares.

3.1.1.5.1 Locomotoras Eléctricas (E) y Diésel – Eléctricas (D – E).

$$R_T = \left(1.3 + \frac{29}{\Omega} + 0.03 \cdot V + \frac{0.0024 \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} \right) \cdot \Omega \cdot n$$

3.1.1.5.2 Locomotoras de Vapor.

$$R_T = \left(1.3 + \frac{29}{\Omega} + 0.03 \cdot V + \frac{0.0024 \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} \right) \cdot \Omega \cdot n + 20 \cdot P \cdot A$$

3.1.1.5.3 Carros de Carga y Ténders.

$$R_T = \left(1.3 + \frac{29}{\Omega} + 0.045 \cdot V + \frac{0.0005 \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} \right) \cdot \Omega \cdot n$$

3.1.1.5.4 Coches de pasajeros.

$$R_T = \left(1.3 + \frac{29}{\Omega} + 0.045 \cdot V + \frac{0.00034 \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} \right) \cdot \Omega \cdot n$$

Para un tren, la resistencia en vía tangente y a nivel, se obtiene calculando para cada unidad diferente, la resistencia respectiva con la fórmula correspondiente. Para el caso de que haya dos o más locomotoras, ténders, carros de carga o coches de pasajeros, el resultado de la fórmula deberá multiplicarse por el número de unidades iguales que tenga el tren.

3.1.2 Resistencia por pendiente.

Esta resistencia está constituida por la componente de peso proyectado sobre una línea paralela a la vía. Esta fuerza se suma a la tractiva a las pendientes de bajada incrementando por lo general su velocidad, al subir una pendiente esa fuerza se opone a la acción de la fuerza tractiva, o sea, que se constituye en una resistencia, la más importante y cuyo valor depende del valor de la pendiente de la vía.

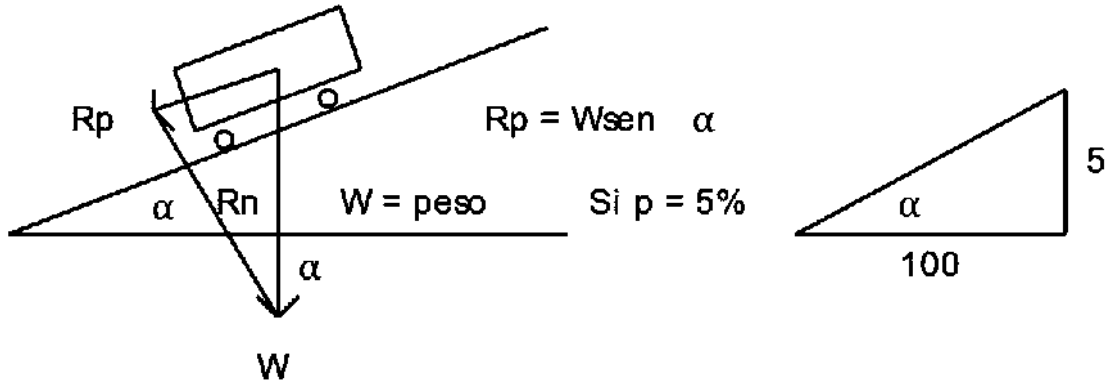


Figura 3.3 Fuente: <http://www.renfe.com/>

$R_p = W \cdot \text{Sen } \alpha$; pero α es un ángulo muy pequeño, por lo que $\text{Sen } \alpha \approx \text{Tg } \alpha$
 $R_p = W \cdot \text{Tg } \alpha$; pero $\text{Tg } \alpha = \text{pendiente de la recta (en decimales)}$

Suponiendo que $W \approx 1 \text{ Ton corta} = 2000 \text{ lbs}$.

$p = 0.01 (1\%)$; $R_p = 2000 \cdot 0.01 = 20 \text{ lbs/ton corta} / 1\%$, para el **sistema inglés**:

$$R_p = 20 \cdot W \cdot p$$

Suponiendo que $W = 1 \text{ Ton métrica} = 1000 \text{ kg}$

$p = 0.01 (1\%)$; $R_p = 1000 \cdot 0.01 = 10 \text{ kg/ton - m} / 1\%$, para el **sistema métrico**:

$$R_p = 10 \cdot W \cdot p$$

Donde:

p – pendiente en %

W - peso en toneladas

R_p - Resistencia total en lbs ó kg.

3.1.3 Resistencia por curvatura.

Los trenes al entrar a las curvas cambian su dirección debido a la resistencia del riel exterior. En éste, ocurren fricciones, golpeteos etc., en mayor grado que en la vía en tangente. Estas resistencias por curvatura han sido estudiadas experimentalmente, encontrándose un valor que puede variar entre 0.7 y 1.0 lbs por cada tonelada corta de peso y por cada 1° (un grado de curvatura inglés).

3.1.3.1 Grado métrico de curvatura (GM). Es el ángulo central de una circunferencia que subtiende un arco de 20 metros.

3.1.3.2 Grado inglés de curvatura (GI). Es el ángulo central de una circunferencia que subtiende un arco de 100 pies. La relación entre ambas es la siguiente:

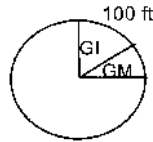


Figura 3.4 Fuente: <http://www.renfe.com/>

$$0.3048 \text{ m/ft} \times 100 \text{ ft} = 30.5 \text{ m}$$

$$\frac{GI}{GM} = \frac{30.5 \text{ m}}{20 \text{ m}}$$

$$GI = 1.525 \cdot GM;$$

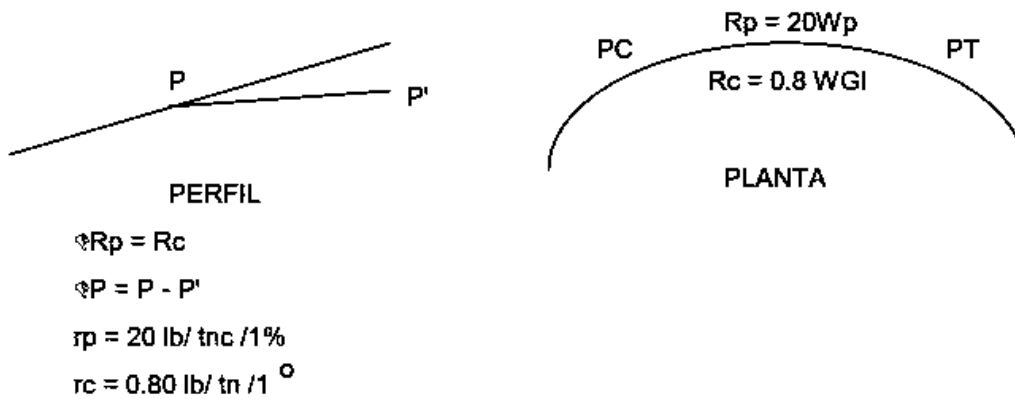
En la práctica se toma así:

$$GI = 1.5 \cdot GM$$

De igual manera la **resistencia por curvatura** se toma de 0.8 lbs / Ton corta / 1°

$$R_c = 0.8 \cdot W \cdot GI$$

La resistencia por curvatura se suma a las otras resistencias que sólo aparece en las curvas. Por tal razón la condición crítica en el movimiento del tren ocurre precisamente en las curvas. Debido a esto, se acostumbra disminuir la pendiente de la línea en toda la longitud de la curva de tal manera que la disminución de resistencia por pendiente sea igual al incremento de resistencia por curvatura, a esto se le llama **compensación de pendientes en las curvas**.



$$\text{Proporcionalmente; } \frac{X}{1\%} = \frac{(0.8 \text{ lbs/tnc})}{(20 \text{ lbs/tnc})}; X = 0.04\%$$

Figura 3.5 Fuente: <http://www.renfe.com/>

Ejemplo:

Compensar la **pendiente** en una curva donde $G = 8^\circ$ y $p = 1.2\%$

$$\Delta p = 0.04 \cdot 8^\circ = 0.32\%;$$

$$\text{Por lo tanto } p' = p - \Delta p = 1.2 - 0.32 = 0.88\%$$

3.1.3.3 Influencia de la curvatura sobre los costos.

La curvatura presenta un aumento en los costos, tanto de construcción como de operación. Los costos de construcción se ven prácticamente en todos los elementos de vía, ya que, los rieles que se utilizan son de alto carbón, se emplean durmientes reforzados, se utilizan más anclas, placas, clavos y separadores de rieles, todo esto, en mayor número que en tangentes. De igual manera ocurre con la mano de obra.

La curvatura también afecta los costos de operación. Esto se debe por ejemplo, a que el cambio de dirección de un tren se logra principalmente por el riel exterior, mismo que se desgasta más rápido que en tangente. Según estudios la variación de costos de operación por curvatura puede calcularse con el porcentaje de la tabla que indica más adelante lo que se refiere al costo de un kilotón - milla por cada 1000 ton de carga que recorren una suma de ángulos centrales de curvas igual a 528° .

El porcentaje de variación de costos según estos estudios es de 31.181%

3.1.4 Resistencia por aceleración.

Esta en realidad no es una resistencia, no obstante se le considera así, porque se trata de una parte de la fuerza tractiva que es destinada exclusivamente para incrementar la velocidad de los trenes. Por supuesto que no es conveniente aplicar esa fuerza en los tramos críticos, donde la suma de las otras resistencias es máxima. De otra forma el tonelaje de arrastre se calcula considerando que toda la fuerza tractiva se dedica a mover la carga.

Deducción de la fórmula:

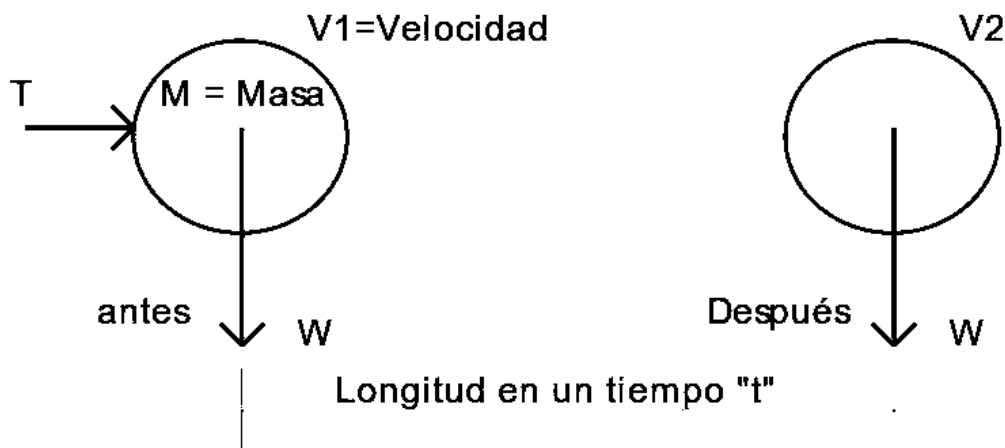


Figura 3.6 Fuente: <http://www.renfe.com/>

$T = M \cdot a$, pero $W = M \cdot g$, por lo que $M = \frac{W}{g}$; quedándonos la siguiente expresión:

$$T = \frac{W}{g} \cdot a$$

donde a = aceleración constante.

Suponiendo que la variación de la velocidad es constante.

Por otra parte se tiene de la dinámica:

1. $V_2 = V_1 + a \cdot t$
2. $L = V_1 \cdot t + \left(\frac{a \cdot t^2}{2}\right)$

Despejando "t" de la ecuación 1. Tenemos: $t = \frac{V_2 - V_1}{a}$

Sustituyendo en ecuación 2:

$$L = \frac{V_1 \cdot (V_2 - V_1)}{a} + \frac{a \cdot \left(\frac{V_2 - V_1}{a}\right)^2}{2}$$

$$L = \frac{V_1 \cdot V_2 - V_1^2}{a} + \frac{V_2^2 - 2 \cdot V_2 \cdot V_1 + V_1^2}{2 \cdot a}$$

$$L = 2 \cdot V_1 \cdot V_2 - 2 \cdot V_1^2 + V_2^2 + V_1^2 - 2 \cdot V_1 \cdot V_2$$

$$L = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot a}$$

$$a = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot L}$$

$$T = \frac{W \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{2 \cdot g \cdot L}$$

Donde:

T- Resistencia por aceleración (lbs.)

W- Peso del tren

L- Distancia recorrida para obtener la variación de la velocidad de V_1 a V_2 , reduciendo la expresión anterior, para introducir las unidades al sistema inglés.

$$T = \frac{2000 \cdot W \cdot (V_2^2 - V_1^2) \cdot \left(\frac{5280}{3600}\right)^2}{2 \cdot 32.2 \cdot L}$$

1 milla = 5280 pies

$g = 32.2$ pies/seg²

$$T = \frac{66.804 \cdot W \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{L}$$

Esta expresión debe modificarse aumentándose en un 5% aproximadamente para tener en cuenta el efecto de rotación de las ruedas.

$$T = \frac{66.804 \cdot W \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{L} \cdot 1.05$$

Finalmente queda:

$$T = \frac{70 \cdot W \cdot (V_2^2 - V_1^2)}{L}$$

3.2 Frenaje.

La disminución de la velocidad en un tren se hace por medio de un sistema de frenos que actúan simultáneamente y que utilizan aire comprimido. La locomotora comprime y almacena aire de donde se abastece la línea general de trenes. Estas trabajan disminuyendo con cierta rapidez la presión del aire en la línea general.

La parte más importante de un sistema de frenos de aire es la válvula triple que deja pasar aire comprimido del tanque individual hasta el pistón que acciona las zapatas. Esto se logra activando la presión del aire en la línea general.

Donde.

Fb – Dato según el tipo de frenos en libras.

L – Longitud de frenaje en pies.

V – Velocidad en MPH.

Ejemplo.

Calcular la distancia en la que frena totalmente un tren que lleva una velocidad de 32 KPH. Un peso de 1,500 TNC y que puede aplicar una fuerza total de frenaje de 20,000 libras.

$$L = \frac{70 \cdot W \cdot (V_1^2 - V_2^2)}{Fb}$$

$$L = \frac{70 \cdot 1500 \cdot (20^2 - 0^2)}{20,000} = 2,100 \text{ pies}$$

3.3 Tonelaje de arrastre.

Uno de los problemas más importantes en el proyecto de ferrocarriles, es conocer la carga de tonelaje de arrastre que puede mover un tren de acuerdo con las condiciones fijadas para ese proyecto. En función de la importancia que tiene un cierto número de trenes, éste, está fijado por la capacidad de carga de cada uno y por la carga total que debe mover al ferrocarril. Conocida estas puede obtenerse el número de trenes en un término conocido de tiempo con esto, se establece el plan de operación que consiste en fijar los horarios para el movimiento de los trenes, así como las maniobras en las instalaciones. Así también se define la cantidad y tipo del equipo rodante.

Existen varios métodos para calcular el tonelaje de arrastre. El primero ya se detalló al estudiar el monto de las resistencias.

3.3.1 Primer Método (Método General).

Los pasos para este cálculo son los siguientes:

a).- Se fija la velocidad de operación de los trenes en función del FFCC según las condiciones del tramo (consulta a tablas, especificaciones de S.C.T.)

b).- Con la velocidad y el conocimiento del tipo de locomotora que va a utilizar se determina la fuerza tractiva que puede desarrollar una máquina (gráficas o tablas de locomotoras).

c).- Se calculan todas las resistencias de la locomotora y su tender, si lo tiene. La suma de todas estas resistencias se resta de la fuerza tractiva que se puede utilizar para mover los carros de carga. Se le llama fuerza tractiva útil (Fu).

d).- Se calcula la resistencia por tonelada de carro (resistencia específica) conociendo las características de un carro totalmente cargado. Esta resistencia por tonelaje se calcula con las fórmulas:

$$R = \left(1.3 + \frac{29}{W_r} + b \cdot V + \frac{C \cdot A \cdot V^2}{W_r \cdot n} \right); (\text{lbs/TNC})$$

$$R_p = 20 \cdot p; (\text{lbs/TNC})$$

$$R_c = 0.8 \cdot GI; (\text{lbs/TNC})$$

Para una tonelada de carro:

$$R = 1.3 + \frac{29}{\Omega} + b \cdot V + \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} + 20 \cdot p + 0.8 \cdot GI ; (\text{lbs/TNC})$$

Dividiendo la **Fuerza Tractiva Útil (Fu)**, entre la resistencia total de una tonelada de carro encontramos el número de toneladas que puede jalar esa máquina, o sea, el **Tonelaje de Arrastre**.

$$TA = \frac{Fu}{1.3 + \frac{29}{\Omega} + b \cdot V + \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} + 20 \cdot p + 0.8 \cdot GI}$$

Donde:

TA – Tonelaje de Arrastre

Esta expresión nos da un valor que debe reducirse en un 5% para tener en cuenta factores adversos a la operación. Por tanto, la expresión, quedará finalmente:

$$TA = \frac{0.95 \cdot Fu}{1.3 + \frac{29}{\Omega} + b \cdot V + \frac{C \cdot A \cdot V^2}{\Omega \cdot n} + 20 \cdot p + 0.8 \cdot GI}$$

Conociendo el tonelaje de arrastre y el peso de un carro, podremos calcular el número de carros de un tren, dividiendo el tonelaje de arrastre entre el peso de un carro.

Nota: Si las curvas tienen pendiente compensada desaparece el término $(0.8 \cdot GI)$ de la expresión anterior.

3.3.2 Tonelaje Ecuacionado. Este procedimiento se utiliza para calcular el tonelaje de arrastre en un FERROCARRIL en operación en donde ya se ha fijado para cada tramo la velocidad, el grado de curvatura, la pendiente, las locomotoras y el equipo rodante.

En este método se incluye la posibilidad de que los carros de carga tengan pesos diferentes. En general se consideran también una velocidad de operación del orden de los 40 Km./hr.

METODOLOGÍA TONELAJE ECUACIONADO.

$$T = \left(\frac{Fu}{2.2} + 20 \cdot P \right) - \left(\frac{122 \cdot C}{2.2} + 20 \cdot P \right)$$

T – Tonelaje de arrastre (Ton.)

Fu – Fuerza Tractiva Útil (Lbs.)

P – Pendiente (%)

C – Número de carros del tren

(Francisco M. Tognó / "Ferrocarriles" / Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. / México / 1989 / Pag. 156 a 230)

(William W. Hay / "Railroad Engineering" / John Wiley & Sons, Inc. / EE.UU. / 1982 / Pag. 156 a 215)

CAPÍTULO 4.- ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA FERROCARRIL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, S.A. DE C.V.

4.1 El Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec.

El 3 de Marzo de 1999, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público autorizó la constitución de la Empresa de Participación Estatal Mayoritaria **Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec S.A. de C.V.** El FIT, con el objeto de operar la vía general de comunicación ferroviaria de Medias Aguas, Veracruz a Salina Cruz, Oaxaca.

Este tramo Ferroviario es considerado estratégico para la Seguridad Nacional, siendo el único actualmente operado por el Gobierno Federal.

El FIT no cuenta con locomotoras, solo administra las ferrovías para el movimiento de carga de Ferrosur y del Ferrocarril Chiapas – Mayab.

Actualmente el volumen de operación de Ferrosur es muy bajo. Sólo mueve un tren de Salina Cruz a Coatzacoalcos cada tres días.

Por la Ferrovía del Istmo se podrían mover **16 Trenes diarios**, actualmente **opera al 2%** de su capacidad instalada.

El importe de las cotizaciones que se presentan en este documento podría reducirse significativamente al incrementar el volumen de transportes de contenedores.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes obliga a los concesionarios Ferroviarios a publicar el costo máximo de sus tarifas y factores de cobro para el servicio de transporte de contenedores.

Como podemos ver en la siguiente tabla, la Empresa FerroSur cuenta con los factores de cobro más altos registrados en la SCT (2013).

EMPRESA	CARGA	PRECIO		DISTANCIA (Km)	PRECIO TOTAL MÁXIMO x TEU	PORCENTAJE DEL COSTO
		FIJO x TEU (PESOS M.N.)	VARIABLE x Km			
Ferro Sur	TEU 20'	3,454	10.7	310	6,771	100%
Kansas City México	TEU 20'	3,078	10.38	310	6,296	93%
Ferromex	TEU 20'	3,039	10.25	310	6,217	92%
Ferrocarril del Istmo	TEU 20'	2,628	7.16	310	4,848	72%
Coahuila Durango	TEU 20'	2,025	5.52	310	3,736	55%

FIT presenta tarifas máximas 28% más económicas que Ferro Sur y El Ferrocarril Coahuila Durango 45% más económicas.

El Artículo 4 del Reglamento del Servicio Ferroviario, expresa que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes podrá reservarse la facultad de otorgar concesiones a terceros para que en una vía concesionada presten el servicio público de transporte en general, así como establecer condiciones

suspensivas para ello. Lo que permite autorizar el aprovechamiento de las ferrovías ya concesionadas a terceros ó a nuevas empresas sin requerir autorizaciones del Congreso o algún trámite mayor.

Hoy en día existe la posibilidad jurídica de obtener concesiones en los puertos y en las vías de ferrocarril existentes.

Si empresas navieras internacionales formaran asociaciones empresariales con los operadores de los trenes, el Transístmico podría operar como una sola empresa de transporte Marítimo – Terrestre – Marítimo y de esta manera se podría hacer frente de mejor manera a las variaciones del mercado internacional.

Se argumenta que el Proyecto Transístmico no podía competir con el Canal de Panamá para simple transporte de carga y que era necesario desarrollar recintos fiscales estratégicos, maquilas, armadoras a lo largo del Istmo de Tehuantepec para poder agregar valor a las importaciones Asiáticas. Integrandó piezas, insumos o mano de obra Mexicana, para convertir así los productos de importación asiáticos en productos mexicanos y así poder aprovechar los ahorros en aranceles y tarifas establecidos en los Tratados de Libre Comercio para compensar el elevado costo del transporte terrestre por el Transístmico.

Esta diferencia de costo fue el argumento principal por el cual el Proyecto Transístmico se detuvo.

En este momento, esta información era “parcialmente cierta”.

Un argumento numérico que hoy ya no tiene vigencia bajo las nuevas condiciones internacionales del mercado naviero.

Hoy las condiciones han cambiado y la viabilidad económica del Proyecto Logístico del Istmo de Tehuantepec o Corredor Transístmico es necesaria analizarla en al menos 2 vertientes:

- A) Como un Puente Terrestre para el paso de contenedores.
- B) Como un Recinto Fiscal Estratégico.

Dos vertientes que pueden ser complementarias entre sí, pero que también ambas hoy son viables independientemente una de otra.

El 31 de Marzo de 1857 en la primera plana del New York Times, apareció un artículo anunciando el plan del Gobierno de los Estados Unidos de América de comprar el Istmo de Tehuantepec por la cantidad de 15 millones de dólares. Este fue uno de los diversos intentos de los Estados Unidos de ocupar el Istmo de Tehuantepec para operar un Tren de Carga Transocénico.

4.2 El transístmico como puente terrestre.

La viabilidad económica del Corredor Transístmico para transportar carga como Puente Terrestre entre el Océano Pacífico y el Golfo de México depende en gran medida de sus **Costos de Operación**, de los costos relativos en comparación con el Canal de Panamá y otros corredores.

La viabilidad económica depende también de la eficiencia del sistema, de los **Tiempos** que requiere el transporte marítimo, el transporte terrestre de carga, y de otros factores externos como la Saturación actual del cruce de Panamá.

Desde hace una década, al igual que hoy en día, ninguna naviera del mundo oferta cotizar la ruta: Asia / Salina Cruz / Coatzacoalcos. El Corredor Transístmico se encuentra prácticamente cerrado al paso de contenedores, reactivándose sólo con proyectos locales esporádicos.

El costo de flete está directamente ligado a la cantidad de contenedores a mover. El costo de las maniobras portuarias, el costo de los remolcadores, el pago de los derechos del puerto, los derechos de atraque, el pago de cuotas de los amarradores en el atraque de un buque son los mismos cuando se descargan 2,000 contenedores que cuando se descarga un solo contenedor. El costo de maniobras portuarias se divide entre el número de contenedores que se cargan o descargan. Es decir, es más económico y factible enviar un contenedor al mismo puerto a donde van todos los demás contenedores.

Es también más económico transportar los contenedores en los buques más grandes de última generación.

Es por eso, que en el año 2006 cuando se realizó el estudio de Presidencia de la República las cotizaciones eran elevadas. Nadie movía carga contenerizada por el Transístmico y el argumento final del estudio fue que para el paso de carga contenerizada, las maniobras de carga, descarga y transporte en tierra encarecían al Transístmico en referencia con el Canal de Panamá, en donde no se tienen que hacer operaciones en tierra.

En realidad, transportando carga por el Transístmico hemos podido comprobar **que el precio del flete tiene un comportamiento elástico**. Que a mayor volumen, menor costo.

El menor costo posible de flete marítimo se alcanza cuando la totalidad de los contenedores de un buque van al mismo puerto. Hemos podido comprobar que los precios de flete analizados en el 2006 **ya no son vigentes**, y que **actualmente es más económico utilizar el Corredor Transístmico que el Canal de Panamá**.

El estudio realizado por Presidencia de la República en el 2006, literalmente también concluye que analizando todos los estudios del Corredor Transístmico anteriores (9 en total) realizados por gobiernos, investigadores, empresas privadas y universidades requieren ser complementados con una **"Visión del mercado"**, que se **"Requieren actualizaciones"** y que no incluyen un **"Fundamento de demanda"**, y que además requiere de un **"Análisis de mayor profundidad"** para determinar el verdadero comportamiento de mercado del Corredor Transístmico como Puente Terrestre.

Los argumentos anteriores no eran lo suficientemente sólidos como para descartar el Proyecto del Corredor Transístmico.

4.3 Comparativa de Costos entre El Corredor Transístmico y El Canal de Panamá.

Uno de los argumentos principales que presentó el estudio realizado por Presidencia de la República en el 2006 fue la siguiente tabla comparativa costo de rutas:

Transístmico	Costo (USD)	Días
Asia – Salina Cruz (marítimo)	2,100	18
Operaciones en Salina Cruz	124	1
Salina Cruz – Coatzacoalcos (FFCC)	156	1
Operaciones en Coatzacoalcos	139	1.5
Coatzacoalcos - Houston	950	3
Operaciones Houston	110	0.5
Total	3,578	25
Panamá	Costo (USD)	Días
Asia – Canal de Panamá – Houston (marítimo)	2,975	30
Operaciones Houston	110	5
Total	3,085	35

Los casi 500 dólares de diferencia por contenedor implicaban más de 1 millón de dólares por viaje de un buque, siendo un costo de mucho impacto económico para los navieros y sus clientes.

No quedaba del todo claro el por qué en el caso de Panamá el ir más lejos, el tener que navegar hasta 10 días más, tendría que ser más económico.



Figura 4.1 Generación de Barcos Portacontenedores. Fuente: Maritime Topics On Stamps: Container ships!

4.4 El Combustóleo, el Combustible del Comercio Global.

Las circunstancias del Corredor Transístmico han cambiado política y económicamente.

Han cambiado a favor de México.

En el año 2006 cuando se realiza el último estudio de factibilidad del Corredor Transístmico el combustóleo costaba 3.08 pesos por litro. Hoy el combustóleo cuesta US \$ 1.34 por galón (6.02 pesos por litro a octubre del 2015). Convirtiéndose actualmente el combustible en el insumo preponderante en el costo de transporte marítimo.

Hoy ya no son las maniobras en tierra las que determinan el precio del transporte marítimo, sino el precio del combustóleo. Es decir, hoy la distancia es la que más impacta en el precio del flete marítimo, dándole al Transístmico la ventaja estratégica de la cercanía y el menor recorrido.

Conforme aumenten los precios de los combustibles en los próximos años, el Transístmico será cada vez más atractivo para las empresas navieras y las empresas transnacionales.

El incremento de los combustibles juega a favor del Transístmico, hoy ir más lejos es más caro.

Durante la década de los años ochenta el precio del combustóleo en Estados Unidos de América promedió los cincuenta centavos de dólar por galón.

En la década de los años noventa el precio del combustóleo en Estados Unidos alcanzó en promedio los cuarenta centavos de dólar por galón.

Fueron dos décadas sin incrementos en los precios de los combustibles marítimos.

Sin embargo, del año 2000 al 2010 el promedio del precio del combustóleo se duplicó a un dólar por galón, y en lo que va de esta década, en tan solo 2 años, - del 2010 al 2012 – se volvió a duplicar el precio del combustóleo llegando a 1.9 dólares el galón.

La tendencia de esta última década es que el diésel y el combustóleo continúen incrementándose hasta por un peso por litro por año.

PRECIO PROMEDIO DEL COMBUSTÓLEO		
DEL 1980 A 1990	0.5	DÓLARES / GALÓN
DEL 1990 A 2000	0.4	DÓLARES / GALÓN
DEL 2000 A 2010	1	DÓLARES / GALÓN
OCTUBRE 2015	1.34	DÓLARES / GALÓN

El costo del combustóleo incide en el 85% de los costos totales de operación de un buque portacontenedores de segunda generación.

La renta del buque, los salarios de los marineros y otros gastos de operación suman un total de 12,000 dólares diarios, mientras que el combustóleo de un día de navegación es de 90,000 dólares diarios.

El costo del combustóleo, el factor preponderante en el transporte marítimo.

Actualmente, navegar un día más, es tres veces más costoso que hace 6 años.

4.5 Combustibles más Limpios y Refinados para el 2016.

Las emisiones de sólo 15 Buques Súper Cargueros contaminan lo mismo que todos los automóviles del mundo.

Estudios recientes demuestran que un solo Buque Súper Carguero –sexta generación – puede emitir a la atmósfera los mismos contaminantes que 50 millones de automóviles. El combustible que utilizan los 90,000 buques portacontenedores del mundo contiene 2,000 veces más sulfuro que el diésel que utilizan los vehículos y camiones. El transporte marítimo traslada el 90% de los bienes que se comercializan mundialmente. Y es el medio de transporte que más contamina.

Existen 800 millones de automóviles en el mundo que emiten 78,000 toneladas de óxido de sulfuro anualmente, los 100,000 buques que existen en el mundo emiten 20 millones de toneladas de óxido

de sulfuro. Equivalente a 250 veces lo que contaminan todos los coches del mundo. El combustóleo que utilizan los buques contiene muchas más partículas cancerígenas que el diésel común.

Transporte	Cantidad Mundial	Emisiones de Sulfuro
Automóviles	800 Millones	78,000 Ton
Buques	100 Mil	20,000,000 Ton

En México existen 25 millones de automóviles, un solo Buque Súper Carguero contamina el doble que todos los vehículos de México.

Los navieros de la **International Chamber of Shipping** (Cámara Naviera Internacional, GRB) están preocupados por los incrementos y la inestabilidad de las tarifas del Canal de Panamá, las cuales hoy están expuestas a los cambios políticos locales del País Centroamericano.

Esta falta de certeza y los incrementos de tarifas en Panamá ha hecho que empresarios Japoneses y Coreanos busquen invertir en **Nicaragua** 18 billones de dólares para construir un **Puente Terrestre Ferroviario** similar al Transístmico.

Ante esta situación, prácticamente todas las empresas navieras del mundo están buscando romper el monopolio del Canal de Panamá y poder contar con otros cruces que establezcan el incremento de tarifas de Panamá.

Anteriormente cuando Estados Unidos de América operaba el Canal de Panamá las tarifas de cruce eran estables y bajas, y existían presiones políticas y económicas internacionales para evitar la construcción de otros cruces del Océano Pacífico al Océano Atlántico. Hoy, contrariamente existen presiones políticas y económicas internacionales para que se construyan otros cruces a la brevedad, y que las empresas navieras internacionales estén dispuestas a financiarlo.

(Marcos Theurel Coter / "El Corredor Transístmico Hoy: Una oportunidad Histórica" / CANACINTRA / México / 2013 / Pag. 5 a 53)

Cámara Naviera Internacional: <http://www.ics-shipping.org/>

Organización Mundial del Comercio: <https://www.wto.org/indexsp.htm>

CAPÍTULO 5.- LOGÍSTICA DE LA EMPRESA FERROCARRIL DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, S.A. DE C.V.

5.1 El Sistema Ferroviario y la Logística Empresarial.

La actividad económica de las empresas exige lograr que el flujo de materias primas y productos en curso de producción o totalmente elaborados se desarrolle de forma que la demanda sea atendida con un costo mínimo y a tiempo.

De esto se ocupa la **Logística Empresarial**, que incluye diversas etapas de movimiento y almacenamiento de los insumos o productos terminados.

Una de esas etapas es el transporte que resulta ser el factor logístico más importante para la mayoría de las empresas.

La participación del ferrocarril en la organización del transporte es considerable ya que presenta las siguientes ventajas:

- a) **Capacidad.-** Es el único medio de transporte que puede competir con el marítimo en el movimiento de grandes cargas.
- b) **Internacionalidad.-** La uniformidad técnica de infraestructuras y medios de control en la mayor parte de los países, facilitan enormemente los intercambios ferroviarios.
- c) **Facilidad de seguimiento.-** Permite controlar la situación de la carga en un momento determinado, lo que se logra gracias al sistema de control de movimientos.
- d) **Seguridad.-** Tiene uno de los índices de siniestralidad más bajos entre los medios de transporte.
- e) Los ferrocarriles ofrecen una gran **diversidad de servicios especiales al usuario**, desde mercancías a granel hasta productos refrigerados a grandes distancias.

5.2 Beneficios Transporte Ferroviario.

- Accesibilidad
- Menor consumo de energía por unidad transportada
- Seguridad
- Descongestionamiento de Costo de embalaje en tráfico terrestre
- Bajo coeficiente de fricción rueda – riel en comparación con autotransporte
- Elevada capacidad de carga
- Amplia distribución geográfica
- Menor costo operativo
- Rapidez
- Fácil Intermodalidad (manejo de contenedores)

5.3 Desventajas Transporte Ferroviario.

- Limitación de carga
- Menos flexibilidad
- Mayor manipuleo y riesgo de daños en mercancías
- Costos de peajes
- Susceptibilidad al saqueo

5.4 Tipos de Trenes para su logística.

- Trenes Unitarios
- Trenes Locales
- Trenes Especiales
- Trenes Mixtos
- Trenes Servicio Exprés

5.5 Transporte Ferroviario de Carga.

El mundo del transporte ferroviario de carga es desconocido para muchas personas, incluso entre quienes pertenecen al mundo logístico. Ello se debe, en buena medida, a que el ferrocarril tiene un peso muy bajo dentro del mercado del transporte nacional, en términos de toneladas, y sobre todo en cuanto a número de fletes.

En términos generales, el uso de transporte ferroviario de carga es favorable para grandes embarques, a los que permite obtener bajos costos de transporte, baja accidentabilidad y bajas emisiones contaminantes por volumen de carga en comparación con el autotransporte.

A pesar de muchas propuestas de tecnologías alternativas, el transporte ferroviario de carga se efectúa mediante trenes, donde la carga se lleva sobre vagones que van remolcados por una o más locomotoras. Con esta configuración, **a más largo el tren, menor es el costo unitario**, ya que se aprovecha mejor la infraestructura, el personal del tren, y la resistencia al viento.

5.6 Tipos de Tren para el Transporte de Mercancía.

Para mover carga por ferrocarril se utiliza en términos generales **tres tipos de tren**:

5.6.1 Tren Unitario.

Es aquel en que todos los vagones están dedicados a un solo embarque, y su diseño es específico según el tipo de carga de que se trate. Estos trenes viajan continuamente entre el origen y destino de la carga, lleno de ida y vacío de regreso. Para un tren, existe un solo cliente, un solo origen y un solo destino, e incluso puede haber, más de un tren dedicado a un solo servicio. Por lo general se utiliza para el traslado de minerales, carbón y otras materias primas, aunque también es posible destinarlos al transporte de productos de bajo valor, especialmente en trenes más cortos. Por su simplicidad operacional, es el que **presenta las mayores ventajas comparativas frente al autotrasporte**, aunque **para ciertos traslados puede rivalizar incluso con los ductos** u otros sistemas mecanizados de transporte.

5.6.2 Tren carguero mixto.

Es un tren que está formado por vagones que mueven varios embarques. Para ello, cada embarque (que puede ser uno o más vagones) es tomado en el origen y llevado a un patio donde se le junta con otros embarques hasta formar un tren.

5.6.3 Tren intermodal (Carga contenerizada).

Aquí, las cargas son traídas en camiones desde sus lugares de origen hasta una estación de transferencia, donde son puestas sobre un tren. El ferrocarril transporta las cargas hasta otra estación,

cercana al lugar de destino, donde las cargas son puestas nuevamente sobre un camión para finalizar su viaje. En este caso, el tren suele tener **un solo origen y un solo destino**, pero varios clientes.

5.7 Tarifas del Transporte Ferroviario.

Existen tablas kilométricas, fijadas entre los diferentes puntos de la geografía, que son utilizadas para el cálculo del precio del transporte ferroviario o tracción.

Estas tarifas de recorrido ferroviario se basan en los siguientes criterios de aplicación:

5.7.1 Vagón completo.

Precio fijado por el vagón, tomando como base el peso total de la mercancía transportada así como el origen y el destino.

5.7.2 Tren completo (Block Train).

El importe total del transporte del tren completo se negocia separadamente al del precio por vagón, y dependiendo también del origen y del destino del mismo.

5.7.3 Intermodal UTI (Unidad de Transporte Intermodal).

Tarifas establecidas para unidades de carga (habitualmente contenedores 20 pies: TEU) desde puntos de origen y destino en las diferentes terminales ferroviarias, independientemente de las mercancías que se transportan y basadas en los siguientes criterios:

- Según el tipo de contenedor (20, 40, 45, 48 y 53 pies)
- Contenedor lleno o vacío
- Según peso

5.7.4 Paquetería.

Tarifas de aplicación por kilogramos y con criterios similares a los utilizados en el transporte por carretera. No es habitual fijar horarios de entrega, ya que normalmente las mercancías urgentes son transportadas por camión o avión.

Paralelamente a estas, existen otras tarifas construidas en distancias / radios kilométricos desde las estaciones o terminales de ferrocarril, denominadas acarreos, para efectuar la entrega o recogida de las mercancías o contenedores, ofreciendo así un servicio completo de puerta a puerta del cliente exportador / importador.

Las compañías también tienen fijados importes, en la moneda local de cada país, para los conceptos de carga, descarga y almacenaje de las mercancías en la estación o terminal.

5.8 Elementos de la Logística del Transporte Ferroviario.

- Análisis Del Tráfico.
- Disponibilidad De Equipo Tractivo
- Clasificación De Trenes
- Programa De Trenes
- Análisis De La Ruta
- Consolidación De Trenes
- Despacho
- Recorrido Y Manejo De Documentación
- Arribo De Equipo
- Distribución De Carros En Destino
- Relevo De Tripulación

5.8.1 Análisis del Tráfico del Transporte Ferroviario.

- Carros Cargados Documentados
- Carros Vacíos Disponibles
- Carros Vacíos Pedidos
- Tonelaje Por Mover
- Tonelaje De Vacíos
- Tonelaje De Cargados
- Ubicación Del Origen
- Ubicación Del Destino

5.8.2 Disponibilidad de Equipo Tractivo.

- Cantidad de locomotoras
- Tipo de locomotoras
- Análisis de capacidad tractiva

5.8.3 Análisis de la Ruta.

- Del análisis de pendiente y curvatura se determina el tonelaje útil por locomotora y de ello su asignación de carros, consumos, tiempos y otros costos.
- Las características geométricas y los límites de carga por eje, así como los gálibos de puentes, túneles y otras estructuras, son los puntos de la ruta que determinan la aceptación de los distintos carros y cargas voluminosas.

5.8.4 Consolidación de Trenes.

- En la estación de origen con máquina de patio se hace la consolidación de trenes que consiste, en la lotificación por grupos de carros, ya sea por cliente o por destino común o ambos.
- La consolidación en patio facilita el desagregado en destino, el lote que se coloca atrás del tren será el que se entregue primero.
- De haber entregas en camino el loteo ahorra tiempo y maniobras.

5.8.5 Despacho.

- Una vez consolidado el tren, se llama a la tripulación de camino
- La Tripulación De Camino, (maquinista, ayudante de maquinista, conductor y garroteros, o cualquier otra composición, mínimo debe haber maquinista y conductor) recibe del despachador los datos de todo aquello que afecte su camino (órdenes de precaución, instrucciones especiales y guías).
- La tripulación recibe órdenes de tren para su salida de acuerdo con el sistema utilizado en la división, (puede ser ctc, cdt, track warranty, ordenes de tren, etc.).
- Con ello afecta su viaje y hace los movimientos en camino que se le ordenen y entrega su tren en destino.

5.8.6 Distribución de Carros en Destino.

- Al llegar el tren a la estación de destino, se entrega a una tripulación de patio que hará la entrega de los carros a los clientes, en las vías predeterminadas en las guías, o por instrucciones especiales que las modifiquen a solicitud del usuario.
- La carga general sale de las vías del público de la estación de origen, a las vías del público de la estación de destino.
- Solo quien tenga la carta de porte puede reclamar la carga y es responsable de los gastos de liquidación.

5.8.7 Relevo de la Tripulación.

- La tripulación de camino quedara relevada una vez que entregue su tren en destino al mayordomo de patio y las guías a la mesa de carros y guías.
- La tripulación de camino no podrá salir a un nuevo viaje hasta después de un mínimo de 12 horas de descanso.
- Las liquidaciones de flete se hacen ante los jefes de estación, que son los responsables de elaborar las guías, controlar pedidos de vacíos y documentar para su movimiento los cargados en comunicación con el jefe de despachadores.

Fuente: Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. DE C.V.

CAPÍTULO 6.- PROPUESTA DE MEJORA LÍNEA MAYAB

6.1 Línea Mayab.

Enlaza a la península de Yucatán con en el centro del País en Medias Aguas y en Coatzacoalcos en el estado de Veracruz. Sirve de medio de transporte de materias primas y productos terminados a los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Tiene derechos de paso entre los puertos de Coatzacoalcos y Salina Cruz.



Figura 6.2 Localización Línea Mayab. Fuente: <http://www.fccm.com.mx/mayab.html/>

6.1.1 Poblaciones del tramo en estudio.

ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD
VERACRUZ	COATZACOALCOS	000+000.00	8.00	18° 7'43.49"N	94°25'31.19"O
VERACRUZ	CUICHAPA	027+000.00	41.00	17°58'33.34"N	94°15'56.48"O
VERACRUZ	TANCOCHAPA	049+000.00	25.00	17°53'0.49"N	94° 6'3.80"O
TABASCO	FRANCISCO RUEDA	073+000.00	15.00	17°49'41.73"N	93°55'59.23"O
TABASCO	EL GUANAL	083+000.00	23.00	17°47'27.08"N	93°51'1.82"O
TABASCO	FRANCISCO MARTÍNEZ GAITÁN	087+500.00	30.00	17°46'19.03"N	93°48'48.09"O
TABASCO	MANUEL SÁNCHEZ MÁRMOL	097+500.00	36.00	17°45'2.20"N	93°43'23.04"O
TABASCO	PINO SUÁREZ	105+000.00	50.00	17°44'39.24"N	93°39'9.47"O
TABASCO	ZANAPA	110+500.00	48.00	17°43'31.33"N	93°36'17.37"O
TABASCO	GILBERTO FLORES MUÑOZ	120+500.00	55.00	17°41'14.04"N	93°31'9.73"O
TABASCO	CHONTALPA	125+000.00	57.00	17°40'9.86"N	93°28'52.40"O
TABASCO	MEZCALAPA	135+000.00	46.00	17°38'48.06"N	93°23'55.79"O
TABASCO	SAN MANUEL	136+688.31	51.00	17°39'5.55"N	93°23'1.50"O
CHIAPAS	LA CRIMEA	148+000.00	60.00	17°35'34.88"N	93°19'29.74"O
CHIAPAS	CARDONA	159+500.00	90.00	17°36'25.86"N	93°14'2.49"O
CHIAPAS	JUÁREZ	167+000.00	137.00	17°36'14.77"N	93°11'40.59"O
CHIAPAS	MATAMOROS 1a SECCIÓN	185+000.00	31.00	17°32'44.73"N	93° 6'43.57"O
TABASCO	TEAPA	206+000.00	40.00	17°33'53.59"N	92°56'38.75"O
TABASCO	SAN PABLO TAMBOREL	215+000.00	35.00	17°33'40.58"N	92°51'55.61"O
TABASCO	EL CRUCE	222+500.00	27.00	17°33'8.89"N	92°47'52.30"O
TABASCO	LOMAS ALEGRES	238+500.00	28.00	17°35'15.45"N	92°39'40.90"O

ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD
TABASCO	ESTACIÓN MACUSPANA	253+000.00	25.00	17°37'51.13"N	92°32'11.30"O
TABASCO	CAPARROSO	257+500.00	39.00	17°37'34.58"N	92°29'52.02"O
TABASCO	APASCO MACUSPANA	265+000.00	24.00	17°39'16.66"N	92°26'33.43"O
TABASCO	ZOPO NORTE	267+500.00	18.00	17°38'43.25"N	92°25'21.28"O
TABASCO	ZOPO SUR	270+000.00	21.00	17°37'30.33"N	92°24'44.29"O
CHIAPAS	PUEBLO NUEVO	275+500.00	26.00	17°35'14.36"N	92°22'51.01"O
CHIAPAS	LUMIJA	277+000.00	26.00	17°34'41.22"N	92°22'13.69"O
CHIAPAS	SALTO DE AGUA	281+000.00	16.00	17°33'22.41"N	92°20'29.84"O
CHIAPAS	DOS ARROYOS 2a SECCIÓN	294+500.00	33.00	17°37'5.96"N	92°14'36.81"O
CHIAPAS	LA UNIÓN	314+000.00	64.00	17°36'48.70"N	92° 4'42.51"O
CHIAPAS	PALMA TICA DE MÉXICO	321+500.00	64.00	17°34'21.63"N	92° 1'41.26"O
CHIAPAS	PAKALNÁ	327+000.00	79.00	17°32'34.24"N	91°59'24.67"O
CHIAPAS	MIGUEL HIDALGO	346+000.00	66.00	17°32'0.88"N	91°49'17.53"O
CHIAPAS	SAN AGUSTÍN	352+500.00	62.00	17°31'54.74"N	91°45'38.88"O
CHIAPAS	ESTACIÓN CHACAMAX	362+500.00	27.00	17°28'20.51"N	91°42'11.24"O
TABASCO	GREGORIO MÉNDEZ MAGAÑA	374+500.00	47.00	17°27'19.67"N	91°35'57.04"O
TABASCO	BOCA DEL CERRO (RIO USUMACINTA)	386+600.00	38.00	17°25'38.84"N	91°29'33.18"O
TABASCO	EL FAISÁN 2a SECCIÓN	392+200.00	32.00	17°27'14.87"N	91°27'10.28"O
TABASCO	TENOSIQUE	395+500.00	22.00	17°27'47.13"N	91°25'23.90"O
TABASCO	LA ESPERANZA 3a SECCIÓN NORTE	406+700.00	34.00	17°31'58.57"N	91°20'49.20"O

ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD
TABASCO	MACTÚN	415+600.00	26.00	17°35'13.16"N	91°17'39.34"O
TABASCO	EL ÁGUILA	423+680.00	51.00	17°39'13.58"N	91°15'54.45"O
TABASCO	SIBALITO	435+890.00	51.00	17°43'34.88"N	91°10'52.59"O
TABASCO	SAN PEDRO	442+000.00	40.00	17°46'7.86"N	91° 8'54.51"O
TABASCO	EL TRIUNFO	460+000.00	49.00	17°55'23.41"N	91°10'16.44"O
CAMPECHE	EL NARANJO	472+200.00	63.00	18° 1'18.88"N	91° 7'23.29"O
CAMPECHE	PARAÍSO NUEVO	478+150.00	71.00	18° 4'21.58"N	91° 6'16.57"O
CAMPECHE	CANDELARIA	492+800.00	40.00	18°11'4.85"N	91° 2'36.49"O
CAMPECHE	PEGELAGARTO	497+500.00	47.00	18°11'27.13"N	91° 0'2.98"O
CAMPECHE	MIGUEL ALEMÁN	505+000.00	57.00	18°14'24.10"N	90°57'22.50"O
CAMPECHE	LUNA	514+000.00	96.00	18°17'49.65"N	90°54'0.23"O
CAMPECHE	DON SAMUEL	522+580.00	83.00	18°21'40.60"N	90°51'29.00"O
CAMPECHE	HARO	534+250.00	66.00	18°26'37.32"N	90°47'28.47"O
CAMPECHE	DIVISIÓN DEL NORTE	544+250.00	92.00	18°31'36.08"N	90°45'36.06"O
CAMPECHE	ESCÁRCEGA	553+400.00	85.00	18°36'9.73"N	90°43'59.75"O
CAMPECHE	LA CHIQUITA	557+200.00	110.00	18°37'42.70"N	90°43'5.65"O
CAMPECHE	MIGUEL COLORADO	576+520.00	76.00	18°47'11.37"N	90°39'23.19"O
CAMPECHE	CINCO DE FEBRERO	585+100.00	35.00	18°51'26.00"N	90°37'56.80"O
CAMPECHE	PIXOYAL	594+500.00	31.00	18°56'4.03"N	90°35'57.01"O
CAMPECHE	FÉLPE CARRILLO PUERTO	614+550.00	62.00	19° 5'35.95"N	90°31'18.89"O
CAMPECHE	PUSTUNICH	622+350.00	60.00	19° 8'35.02"N	90°28'41.89"O
CAMPECHE	CAÑAVERAL	631+650.00	37.00	19°13'3.72"N	90°28'0.08"O
CAMPECHE	VILLA DE GUADALUPE	637+950.00	16.00	19°16'7.62"N	90°27'48.06"O

ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD
CAMPECHE	SAN JUAN CARPIZO	641+270.00	11.00	19°17'50.36"N	90°28'17.35"O
CAMPECHE	ARELLANO	650+350.00	20.00	19°22'30.67"N	90°27'40.93"O
CAMPECHE	SANTA CRUZ DE ROVIRA	658+700.00	14.00	19°24'28.20"N	90°24'17.98"O
CAMPECHE	ADOLFO RUIZ CORTINES	669+620.00	33.00	19°28'32.25"N	90°21'33.62"O
CAMPECHE	UAYAMÓN	693+650.00	25.00	19°39'34.56"N	90°25'1.33"O
CAMPECHE	MUCUYC BACÁN	700+000.00	36.00	19°41'16.88"N	90°27'42.66"O
CAMPECHE	CHINA	712+800.00	15.00	19°46'12.61"N	90°29'47.23"O
CAMPECHE	CIUDAD DE CAMPECHE	720+200.00	3.00	19°50'6.59"N	90°30'44.81"O
CAMPECHE	SAN FRANCISCO KOBEN	735+350.00	5.00	19°55'4.73"N	90°24'56.46"O
CAMPECHE	TENABO	758+200.00	6.00	20° 2'3.69"N	90°14'9.42"O
CAMPECHE	POMUCH	771+250.00	8.00	20° 8'15.47"N	90°10'43.38"O
CAMPECHE	HECELCHAKÁN	777+650.00	12.00	20°10'36.51"N	90° 8'15.34"O
CAMPECHE	POC BOC	785+250.00	9.00	20°14'18.69"N	90° 6'20.71"O
CAMPECHE	DZITBALCHÉ	795+500.00	16.00	20°19'15.18"N	90° 3'42.66"O
CAMPECHE	CALKINÍ	801+950.00	15.00	20°22'7.99"N	90° 2'30.53"O
CAMPECHE	TEPAKÁN	805+300.00	17.00	20°23'52.98"N	90° 2'33.28"O
CAMPECHE	BECAL	810+000.00	15.00	20°26'21.19"N	90° 1'58.63"O
YUCATÁN	CHACTÚN	819+900.00	29.00	20°31'33.19"N	90° 0'51.25"O
YUCATÁN	MAXCANÚ	826+700.00	13.00	20°34'56.12"N	89°59'18.00"O
YUCATÁN	CHOCHOLA	851+800.00	12.00	20°45'6.05"N	89°50'7.16"O
YUCATÁN	UMÁN	869+700.00	10.00	20°53'7.62"N	89°45'4.26"O
YUCATÁN	MÉRIDA	892+000.00	5.00	20°58'48.49"N	89°36'28.04"O
YUCATÁN	TIXPÉHUAL	909+200.00	14.00	20°58'56.29"N	89°26'32.70"O
YUCATÁN	TIXKOKOB	914+300.00	14.00	21° 0'1.48"N	89°23'54.21"O

ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD
YUCATÁN	EUAN	919+970.00	13.00	20°59'47.02"N	89°20'38.52"O
YUCATÁN	CACALCHÉN	932+250.00	14.00	20°58'49.38"N	89°13'37.97"O
YUCATÁN	TEKANTO	945+100.00	14.00	21° 0'28.07"N	89° 6'31.56"O
YUCATÁN	IZAMAL	957+800.00	12.00	20°56'22.83"N	89° 0'48.67"O
YUCATÁN	SITILPECH	963+300.00	17.00	20°56'37.53"N	88°57'38.95"O
YUCATÁN	TUNKÁS	985+800.00	21.00	20°54'22.17"N	88°44'55.81"O
YUCATÁN	QUINTANA ROO	999+260.00	22.00	20°52'14.94"N	88°37'40.57"O
YUCATÁN	DZITÁS	1010+590.00	32.00	20°50'37.98"N	88°31'24.26"O
YUCATÁN	BALANTÚN	1021+300.00	31.00	20°47'54.34"N	88°26'11.62"O
YUCATÁN	TINUM	1026+700.00	29.00	20°46'21.33"N	88°23'33.49"O
YUCATÁN	UAYMA	1036+900.00	25.00	20°43'13.05"N	88°18'46.60"O
YUCATÁN	VALLADOLID	1049+650.00	24.00	20°40'47.21"N	88°11'58.15"O

6.2 Bases para la Operación (Infraestructura).

Está comprobado que el ferrocarril tiene ventajas comparativas significativas sobre el camión para traslados en largas distancias. Por esto, para poder aprovechar al máximo los beneficios del contenedor, era necesario que el ferrocarril se integrara como uno de los actores principales al sistema internacional de transporte. La tremenda innovación tecnológica, que creó los carros de ferrocarril capaces de cargar el doble de contenedores en una plataforma, "el tren de doble estiba" mejoró sustancialmente la eficiencia de los puentes terrestres y revolucionó la logística comercial internacional. (Martner, 2008: 22) Por lo que respecta al tramo en estudio es necesario tener en algunos puentes que salvan ríos y cañadas con dimensiones (gálibos verticales) acordes a la normativa actual (SCT: 7.50 m) y a la conectividad del movimiento contenerizado.

6.2.1 Alineamiento Vertical y Horizontal.

Contando con los parámetros máximos de trazo, sobre el plano topográfico del terreno se ubica el trazo de la línea férrea, se recomienda para ello no más de 1.5% de pendiente y no más de 6° de curvatura. Las líneas actuales tienen hasta 3% de pendiente y hasta 12° de curvatura.

6.2.2 Puntos Obligados.

En el trazo en mención existen puntos obligados, como son ciudades que se enlazan y a las que se da servicio, cruce de ríos, arroyos, cañadas, etc., en su caso túneles y viaductos (a proponer).

6.2.3 Perfil de Operación.

Del trazo existente y sus datos geométricos horizontales y verticales, se desarrolla el perfil de operación con detalles de tipo de carros que pueden transitar, carga máxima sobre rieles y tonelaje que puede arrastrar cada locomotora por tipo y modelo. En este perfil se incluyen datos de calibre de riel, tipo de durmiente y carga de diseño de los puentes.

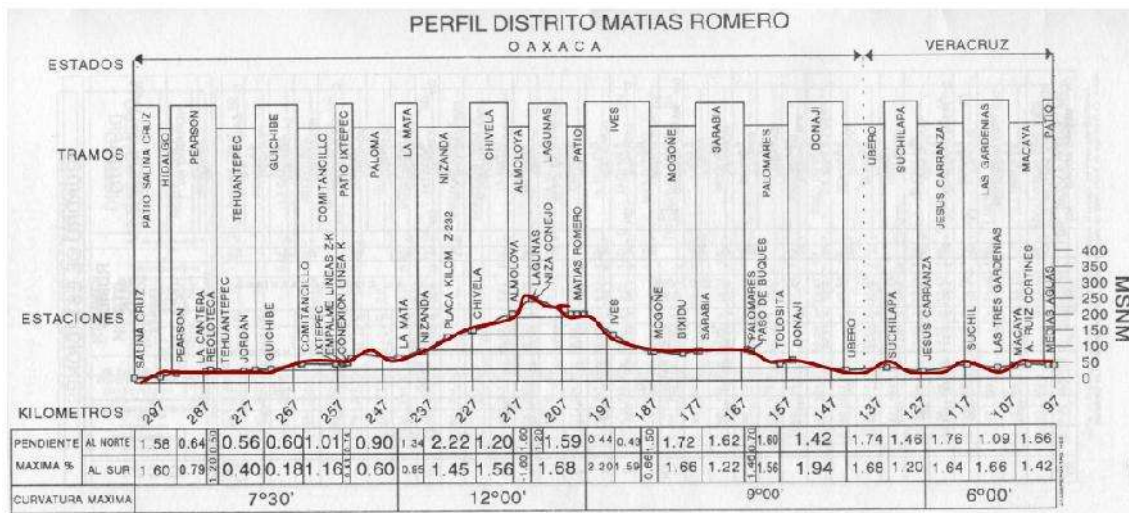


Figura 6.2 Ejemplo perfil de operación. Fuente: <http://www.ferroistmo.com.mx/>

6.2.4 Vía Principal.

Una vía que se extiende a través de patios y estaciones sobre la cual operan los trenes, sujetos a un horario, ordenes de tren o por ambas cosas, o el servicio de la cual está sujeto a señales y operación reglamentarias.

6.2.5 Vías Auxiliares.

Una línea general cuenta con vías de apoyo como son patios de carga, patios de recibo, vías de industria, laderos de encuentro o de paso, laderos auxiliares, espuelas, etc. Siendo estas, vías de apoyo a la operación, a la carga y a la reparación de unidades ferroviarias, pueden ser del propio ferrocarril o de otras empresas.

6.2.6 Patios de Vías.

Es un conjunto de vías que puede contar con áreas de carga, descarga, distribución de equipo, vías de reparación, vías de taller, vías de báscula, formación de trenes, etc.

6.3 Bases para la Operación (Equipo Tractivo y Equipo de Arrastre).

6.3.1 Equipo Tractivo.

El fabricante proporciona los datos técnicos de la locomotora, como son:

- Velocidad mínima autorizada.
- Velocidad máxima autorizada.
- Relación de engranes.
- Caballos de fuerza.
- Fuerza de tracción continuada a Veloc. mínima.
- Basa rígida.
- Peso sobre riel.
- Locomotora GE Mod. C-30-7

6.3.1.1 Programa de Mantenimiento de una Locomotora.

Normalmente las locomotoras tienen un mantenimiento programado dividido como sigue:

- Diario en las zonas de abasto, como inspección de viaje.
- Trimestral en talleres con permanencia de 8 horas.
- Semestral en talleres con permanencia de 12 horas.
- Anual en talleres con permanencia de 12 horas.
- Triannual en talleres con permanencia de 180 horas.
- Sexenal de reparación general con permanencia de 360 horas.

6.3.2 Equipo de Arrastre.

Las unidades (equipo) de arrastre requieren de poco mantenimiento, pero para alcanzar esto se necesita de una serie de acciones preventivas, la revisión de los puntos de seguridad y su cumplimiento en concordancia con las reglas de taller, son suficientes para mantener en buen estado el equipo de arrastre, un buen equipo de inspectores de unidades de arrastre será siempre menos costoso que las reparaciones correctivas que su ausencia provoca, incluido en ello los accidentes a trenes y con ello daños a la vía.

6.4 Principales causas de accidente.

- Partes del equipo de arrastre fuera de especificación, principalmente ruedas, ejes y partes de trucks.
- Carga mal distribuida dentro del carro.
- Equipo corrido mal frenado.
- Golpe de vía, sea de línea o nivel.
- Agujas desajustadas, despostilladas o delgadas.
- Sapos defectuosos.
- Cuerpos extraños en juegos de cambio.
- Cambio mal alineado o mal asegurado.

- Riel roto a paso de tren.
- Planchuela rota.
- Violaciones a las reglas de seguridad.
- Confusión de órdenes de tren.

6.5 Sistema de Despacho Eficiente.

Es la forma y medio de comunicación empleado para el control y la operación del tráfico de trenes y del movimiento de carga en un territorio determinado, sus características dependen en gran medida del volumen de tráfico movido, se presentan algunos tipos:

- Órdenes de tren.
- Control directo de tráfico.
- Control de tráfico centralizado.

6.6 Control de Tráfico Centralizado.

Este sistema se lleva por medio de tramos señalizados con semáforos que se activan al paso de los trenes o por mando remoto del despachador, no permitiendo que dos vehículos o trenes ocupen un mismo tramo a la vez, también se lleva una visualización remota del sistema de vías en la oficina del despachador, lo que permite ubicar los trenes en movimiento y activar los semáforos o mover los cambios de vías para permitir los encuentros, se usa en vías de alta densidad de tráfico.

6.7 Horarios.

Un adecuado uso del folleto de parámetros operativos de una división ferroviaria, conteniendo tiempos entre estaciones, kilometraje de ubicación de las mismas, de los patios y de las vías auxiliares, así como de la principal, características de las locomotoras, perfiles de los distritos, tonelaje por aplicar a la locomotora, galitos, grados de curvatura máxima, calibre de riel, tipo de durmiente, velocidades de operación así como otro tipo de instrucciones generales y particulares que deberán observarse al transitar por ese territorio.

6.8 Ordenes de Tren.

En vías de baja densidad de carga se usa este tipo de despacho mismo que tiende a desaparecer. Las órdenes de tren se dan para que se lleven a cabo los encuentros, las pasadas y otro tipo de eventos operativos, la comunicación es vía telégrafo, telégrafo o teléfono selectivo, la orden escrita, transmitida por los aparatos anteriores debe ser repetida por el conductor del tren, un tercero que puede ser el telegrafista o el jefe de estación en funciones, transmitida y repetida parte por parte a todos los interesados, lo que consume mucho tiempo, por otro lado hay trenes y equipos de vía que no quedan amparados por la orden sino que deben vigilar sus encuentros o alcances en base al horario o al programa de trenes que se emite cada dos o tres horas.

6.9 Control Directo de Tráfico.

Llamado **CDT** se aplica en vías de densidad mediana, las ordenes y autorizaciones se transmiten de voz por medio de radio, es comunicación directa de maquinista u operador con el despachador, no se

requiere estar detenido para recibirlas por lo que se agiliza el movimiento. Las autorizaciones de movimiento solo permiten un vehículo o tren por tramo ocupado por lo que se evitan los choques y alcances.

6.10 Clasificación de los Trenes de Carga.

- **Trenes Unitarios** (un solo origen un solo destino un solo usuario)
- **Trenes Directos** (trenes de carga consolidada de un solo origen a un solo destino)
- **Trenes de trabajo** (tren que se usa para conservación, construcción, rescate, etc.)
- **Trenes Locales** (tren que recolectan y entregan carga en las distintas estaciones de un distrito o de una división, concentrándola o tomándola de una estación terminal)

6.11 Programa de Trenes.

Es el conjunto de cedulas de los distintos trenes que se manejan en una división, incluye las correspondientes a trenes en conexión.

Los trenes con itinerario fijo saldrán en tiempos previstos y están diseñados de acuerdo a la cantidad de carga que se produce normalmente.

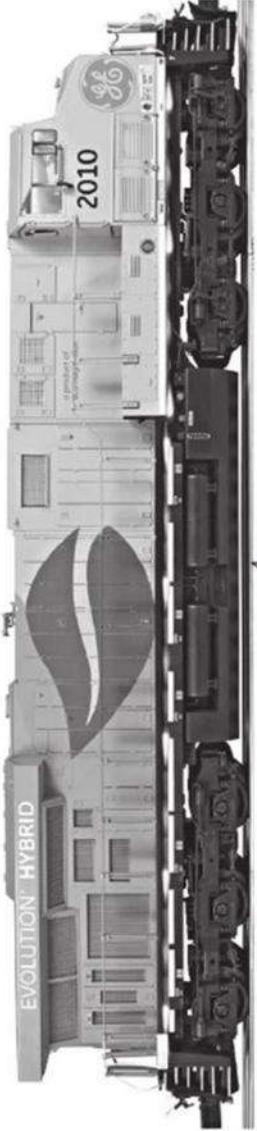
Cuando hay excedente de carga se programan trenes extras directos o locales, estos cumplen con un itinerario diseñado eventualmente para su efecto.

6.12 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población San Manuel, Tabasco de Rumbo Sur (Coatzacoalcos – Valladolid) con locomotora General Electric (GE AC 4400).

Se elige como intervalo de análisis del kilómetro 136+688.31 (PC) al 137+086.85 (PT) de la población San Manuel, Tabasco por presentarse las condiciones más desfavorables en cuanto a Proyecto Geométrico. De igual manera se hace una propuesta de distintos equipos de arrastre (vagones) en cuanto a número de los mismos y cargas variadas con algunos de las mercancías que más predominan en el tramo en estudio a distintas velocidades de operación.

RUMBO SUR (COATZACOALCOS - VALLADOLID)										
ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	CADENAMIENTO	Rc (m)	Gc (° ' ")	PENDIENTE (%)	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD	NOTAS
TABASCO	SAN MANUEL	PC	136+688.31			3.84	51.00	17°39'5.55"N	93°23'1.50"O	
TABASCO			137+000.00			0.22	52.00	17°39'4.55"N	93°22'51.66"O	
TABASCO		PT	137+086.85	239.40	4° 47' 12"	0.00	52.00	17°39'2.28"N	93°22'49.90"O	

LOCOMOTORA DIESEL - ELECTRICA GE (GENERAL ELECTRIC)		E544AC	
MODELO:	E544AC		
PESO NOMINAL:	Lbs. Trnc. Trm.	416,000	208 188.7
POTENCIA:	Hp. Kw.	4400	3238.40
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES		6
VELOCIDAD MÁXIMA:	MPH. KMPH.	75.19	121.00
VELOCIDAD MINIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	Lbs. Trnc. Trm.	2.49	4.00
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:		183,122	75,333 83,063



4

n (Ejes)= 6 b (Coef. Ec) 0.03 A (ft²)= 120 Ω = 34.67 $\Omega = \frac{W}{n}$ $N. DE LOCOMOTORAS= 1$

W (Trnc.)= 208 C (Coef. Fc) 0.002

W (Lbs.)= 4E+05

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137
1.3*29/ Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03*V	0.013	0.053	0.120	0.214	0.334	0.481	0.655	0.855	1.083	1.337	1.617	1.925	2.259	2.620	3.007	3.421	3.863
(0.0024*A*V ²)/W	2.243	2.376	2.536	2.723	2.937	3.177	3.444	3.738	4.058	4.405	4.779	5.180	5.607	6.061	6.542	7.049	7.584
RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)	466.57	494.29	527.58	566.43	610.83	660.80	716.33	777.41	844.06	916.26	994.03	1077.35	1166.24	1260.69	1360.69	1466.26	1577.38
RESIST. TOTAL (Lbs./Trnc.)																	

CARRO TANQUE 43'



Longitud 12.3 mts
 Longitud con coples 13.3 mts
 Altura 4.8 mts
 Capacidad 66.525 ft
 Peso neto sin carga 37.19 ton

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm = 2204.6 Lbs. Tn/Lt. 0.00098
PRODUCTO: COMBUSTOLEO v = 982 gr./Lt.

n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 93.0025
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 86
 $\Omega = 23.2506$
 N. DE CARROS = 12
 W CARROS (Tnc.) = 1116.03

VELOCIDADES

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547
1.3+29/ Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03-V	0.021	0.086	0.193	0.343	0.536	0.771	1.050	1.371	1.735	2.142	2.592	3.085	3.620	4.199	4.820	5.484	6.191
$(0.0024 \cdot A \cdot V^2) / W$	2.662	2.819	3.020	3.263	3.549	3.878	4.249	4.664	5.121	5.622	6.165	6.751	7.379	8.051	8.765	9.523	10.323
r	2970.77	3146.51	3370.07	3641.44	3960.63	4327.63	4742.45	5205.09	5715.54	6273.80	6879.88	7533.77	8235.48	8985.01	9782.35	10627.50	11520.47
R																	
RESIST. ESPECIF. (lbs./Ton peso)																	
RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)																	

FURGÓN 50'



Longitud 15.2 mts.
 Longitud con coples 16.5 mts.
 Altura 5.1 mis
 Capacidad 139.54 m³
 Peso neto sin carga 28 ton

1 Tnc = 2000 Lbs.
 1 Tmm.= 2204.6 Lbs.
 1 Tnc = 1.10231 Tmm.
 1 Tmm.= 750 kg/m³ Ton./m³ 0.750

PRODUCTO: AZÚCAR ENCOSTALADA Y =

$\Omega = \frac{W}{n}$
 n (Ejes)= 4
 W (Tnc.)= 110.849
 b (Coef. Equipo)= 0.045
 C (Coef. Forma)= 0.0005
 A (ft²)= 90
 $\Omega = 27.7121$
 N. DE CARROS= 10
 W_T CARROS (Tnc.)= 1108.49

SE CONSIDERA QUE TRABAJA AL 90% DE VOLUMEN PARA MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA

VELOCIDADES

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03-V	0.019	0.075	0.169	0.301	0.470	0.677	0.922	1.204	1.524	1.881	2.276	2.709	3.179	3.687	4.232	4.815	5.436
(0.0024-A-V ²)/W	2.458	2.608	2.795	3.020	3.283	3.583	3.921	4.296	4.709	5.159	5.648	6.173	6.737	7.338	7.977	8.653	9.367
r	2725.20	2891.06	3098.63	3347.90	3638.86	3971.52	4345.88	4761.95	5219.71	5719.17	6260.33	6843.19	7467.74	8134.00	8841.96	9591.61	10382.97
R																	
RESIST. ESPECIF. (lbs./Ton peso)																	
RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)																	

$\Omega = \frac{W}{n}$

1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm = 2204.62 Lbs. Ton./m³

PRODUCTO: MAÍZ $\gamma = 0.75$

n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 92.2608
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 87
 $\Omega = 23.0652$
 N . DE CARROS = 8
 W - CARROS (Tnc.) = 738.09

TOLVA GRANELERA JUMBO



Longitud 15.8 mts

Longitud con coples 18.3 mts

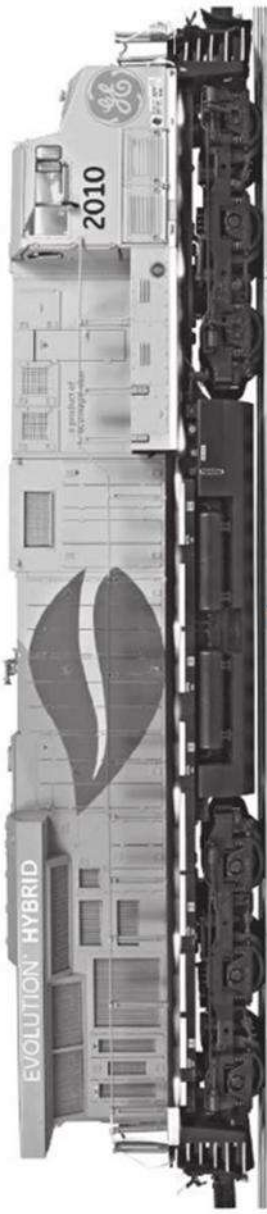
Altura 4.7 mts

Capacidad 147 m³

Peso neto sin carga 28.3 ton

Capacidad de carga neta 101.7 ton

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557
1.3+29/ Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03V	0.022	0.087	0.197	0.350	0.546	0.786	1.070	1.398	1.769	2.185	2.643	3.146	3.692	4.282	4.915	5.592	6.313
(0.0024-A-V²)/W	2.672	2.831	3.034	3.280	3.569	3.903	4.280	4.701	5.166	5.674	6.226	6.821	7.461	8.144	8.871	9.641	10.455
r	1972.43	2089.60	2239.01	2420.67	2634.58	2880.73	3159.13	3469.78	3812.68	4187.82	4595.21	5034.85	5506.74	6010.87	6547.26	7115.89	7716.76
R																	
RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)																	
RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)																	



LOCOMOTORA DIESEL - ELÉCTRICA GE (GENERAL ELECTRIC)	
MODELO:	ES44AC
PESO NOMINAL:	Lbs: 416,000 Tnc: 208 Tnm: 188.7
POTENCIA:	Hp: 4400 KW: 3238.40
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES: 6
VELOCIDAD MÁXIMA:	CC: 75.19 MPH: 121.00
VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	Lbs: 2.49 Tnc: 4.00 Tnm: 83.063
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	183,122

$$F_T = \frac{340 \cdot \text{Potencia} \cdot e}{V}$$

$$F_T = \frac{W}{4} \text{ (De 0 a 10 KMH.)}$$

$$F_T = \frac{W_{LOCOMOTORA(S)}}{4}$$

$$F_T = \frac{W_{TREN}}{4}$$

POTENCIA (Hp)= 4400 W LOCOMOTORAS (Tnc.)= 208
 (Velocidad > 10 KMH.) e= 0.85 W TREN (Tnc.)= 7577.89
 FT- Esfuerzo Tractivo (Lbs.) FT- Esfuerzo Tractivo (Lbs.)
 Potencia (Hp.) W – Peso Locomotora (Lbs.)
 e- Eficiencia (0.7 a 0.85)
 V – Velocidad (MPH)

VELOCIDADES		LOCOMOTORA (S)		CARRO TANQUE 43'		FURGÓN 50'		GÓNDOLA		TOLVA GRANILERA I.		TOLVA CEMENTERA		PLATAFORMA INTERMODAL		DIFERENCIA F _t vs.		TON. TREN		PENDIENTE - ACELERACIÓN		CARGA DE VELOCIDAD	
KPH	MPH	ESF. TRACTIVO	RESISTENCIAS	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESIST.	Lbs.	Lbs./Tnc.	%	mts.			
5.00	3.11	104000.00	466.57	2970.77	2725.20	3382.76	1972.43	3958.04	2706.35	85817.89	11.32	0.57	0.10										
10.00	6.21	104000.00	484.29	3146.51	2891.06	3585.25	2089.60	4195.10	2914.23	84683.96	11.18	0.56	0.41										
15.00	9.32	136429.12	527.58	3370.07	3098.63	3835.00	2239.01	4492.62	3172.14	115694.07	15.27	0.76	0.93										
20.00	12.43	102321.84	566.43	3641.44	3347.90	4132.01	2420.67	4850.61	3480.10	79882.69	10.54	0.53	1.65										
25.00	15.53	81857.47	610.83	3960.63	3638.86	4476.27	2634.58	5269.06	3838.09	57429.14	7.58	0.38	2.58										
30.00	18.64	68214.56	660.80	4327.63	3971.52	4867.80	2880.73	5747.98	4246.13	41511.96	5.48	0.27	3.72										
35.00	21.75	58469.62	716.33	4742.45	4345.88	5306.59	3159.13	6287.36	4704.20	29207.68	3.85	0.19	5.06										
40.00	24.85	51160.92	777.41	5205.09	4761.95	5792.63	3469.78	6887.20	5212.31	19054.54	2.51	0.13	6.61										
45.00	27.96	45476.37	844.06	5715.54	5219.71	6325.94	3812.68	7547.51	5770.46	10240.48	1.35	0.07	8.37										
50.00	31.07	40928.73	916.26	6273.80	5719.17	6906.50	4187.82	8288.28	6378.66	2278.24	0.30	0.02	10.33										
55.00	34.18	37207.94	994.03	6879.88	6260.33	7594.32	4595.21	9049.52	7036.88	-5142.24	-0.68	-0.03	12.50										
60.00	37.28	34107.28	1077.35	7533.77	6843.19	8209.40	5034.85	9891.22	7745.15	-12227.67	-1.61	-0.08	14.87										
65.00	40.39	31483.64	1166.24	8235.48	7467.74	8931.74	5506.74	10793.38	8503.46	-19121.16	-2.52	-0.13	17.45										
70.00	43.50	29234.81	1260.69	8985.01	8134.00	9701.34	6010.87	11756.01	9311.81	-25924.92	-3.42	-0.17	20.24										
75.00	46.60	27285.82	1360.69	9782.35	8841.96	10518.20	6547.26	12779.10	10170.19	-32713.93	-4.32	-0.22	23.24										
80.00	49.71	25580.46	1466.26	10627.50	9591.61	11382.32	7115.89	13862.66	11078.62	-39544.40	-5.22	-0.26	26.44										
85.00	52.82	24075.73	1577.38	11520.47	10382.97	12393.70	7716.76	15006.68	12037.08	-46459.32	-6.13	-0.31	29.85										
90.00	55.92	22738.19	1694.07	12461.26	11216.02	13252.34	8349.89	16211.16	13045.59	-5492.13	-7.06	-0.35	33.46										
95.00	59.03	21541.44	1816.31	13449.86	12090.78	14258.23	9015.26	17476.11	14104.13	-60669.23	-8.01	-0.40	37.28										
100.00	62.14	20464.37	1944.12	14486.28	13007.23	15311.39	9712.88	18801.52	15212.71	-68011.74	-8.98	-0.45	41.31										
105.00	65.24	19489.87	2077.48	15570.51	13965.38	16411.80	10442.74	20187.39	16371.33	-75536.76	-9.97	-0.50	45.54										

ACELERACIÓN TOTAL

METODOLOGÍA TONELAJE ECUACIONADO.

P (%)= 3.84

$$T = \left(\frac{Fu}{2.2} + 20 \cdot P \right) - \left(\frac{122 \cdot C}{2.2} + 20 \cdot P \right)$$

T – Tonelaje de arrastre (Ton.)

Fu – Fuerza Tractiva Útil (Lbs.)

P – Pendiente (%)

C – Número de carros del tren

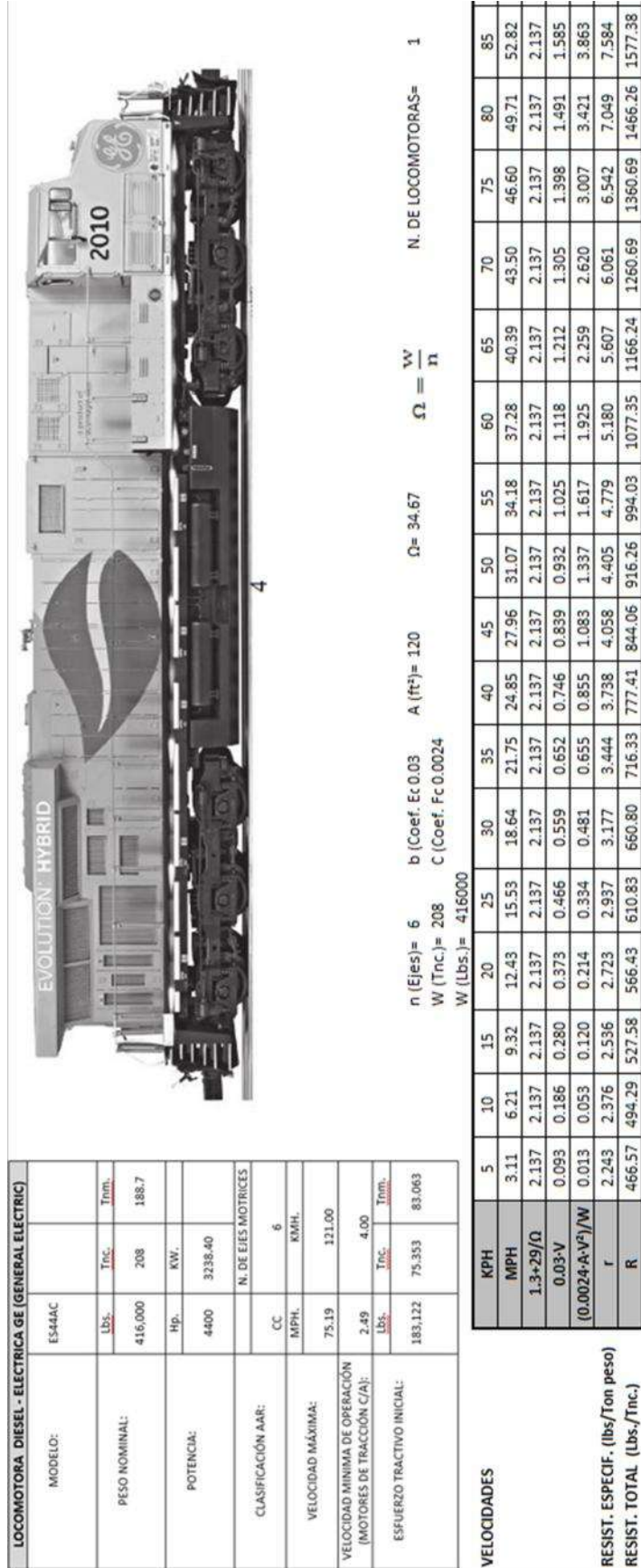
	NO. VAGONES	TARÁ POR VAGÓN (T/m.)	CAPACIDAD MERCANCÍA POR VAGÓN (T/m.)	CAPACIDAD MERCANCÍA EN TREN (T/m.)
CARRO TANQUE 43'	12.00	37.15	65.00	780.00
FURGÓN 50'	10.00	28.00	94.00	940.00
GÓNDOLA	12.00	29.70	109.00	1200.00
TOLVA GRANULERA J.	8.00	28.30	101.70	813.60
TOLVA CFM EN TIRA	15.00	25.40	96.00	1350.00
PLATAFORMA INTERMODAL	12.00	98.40	265.00	3192.00
	$\Sigma =$	69.00		$\Sigma =$ 8275.60

VELOCIDADES			
KPH	MPH	Fu {Lbs.}	T {T/m.}
5.00	3.11	104000.00	43446.36
10.00	6.21	104000.00	43446.36
15.00	9.32	136429.12	58186.87
20.00	12.43	102321.84	42683.56
25.00	15.53	81857.47	33381.58
30.00	18.64	68214.56	27180.25
35.00	21.75	58469.62	22750.74
40.00	24.85	51160.92	19428.60
45.00	27.96	45476.37	16844.71
50.00	31.07	40928.73	14777.61
55.00	34.18	37207.94	13086.34
60.00	37.28	34107.28	11676.95
65.00	40.39	31483.64	10484.38
70.00	43.50	29234.81	9462.19
75.00	46.60	27285.82	8576.28
80.00	49.71	25580.46	7801.12
85.00	52.82	24075.73	7117.15
90.00	55.92	22738.19	6509.18
95.00	59.03	21541.44	5965.20
100.00	62.14	20464.37	5475.62
105.00	65.24	19489.87	5032.67

6.13 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población La Crimea, Chiapas de Rumbo Norte (Valladolid - Coatzacoalcos) con locomotora General Electric (GE AC 4400).

Se elige como intervalo de análisis del kilómetro 898+150.00 (PC) al 898+614.90 (PT) de la población La Crimea, Chiapas por presentarse las condiciones más desfavorables en cuanto a Proyecto Geométrico. De igual manera se hace una propuesta de distintos equipos de arrastre (vagones) en cuanto a número de los mismos y cargas variadas con algunos de las mercancías que más predominan en el tramo en estudio a distintas velocidades de operación.

RUMBO NORTE (VALLADOLID - COATZACOALCOS)										
ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	CADENAMIENTO	Rc (m)	Gc (° ' '')	PENDIENTE (%)	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD	NOTAS
CHIAPAS	LA CRIMEA	PC	898+150.00			-0.40	59.00	17°36'24.12"N	93°17'45.20"O	
CHIAPAS		PT	898+614.90	1264.79	0° 54' 22"	3.44	75.00	17°36'17.83"N	93°17'59.45"O	



LOCOMOTORA DIESEL - ELÉCTRICA GE (GENERAL ELECTRIC)	
MODELO:	ES44AC
PESO NOMINAL:	Lbs. <u>Tnc.</u>
	416,000 208 188.7
POTENCIA:	Hp. <u>Kw.</u>
	4400 3238.40
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES
	CC
VELOCIDAD MÁXIMA:	MPH. <u>KMH.</u>
	75.19 121.00
VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	Lbs. <u>Tnc.</u>
	2.49 4.00
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	183,122 75,353 83,063

$$n \text{ (Ejes)} = 6 \quad b \text{ (Coef. Et)} = 0.03 \quad A \text{ (ft}^2\text{)} = 120 \quad \Omega = 34.67 \quad \Omega = \frac{W}{n} \quad N. \text{ DE LOCOMOTORAS} = 1$$

$$W \text{ (Tnc.)} = 208 \quad C \text{ (Coef. Fc)} = 0.0024$$

$$W \text{ (Lbs.)} = 416000$$

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137	2.137
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03-V	0.013	0.053	0.120	0.214	0.394	0.481	0.655	0.855	1.083	1.337	1.617	1.925	2.259	2.620	3.007	3.421	3.863
(0.0024-A-V²)/W	2.243	2.376	2.536	2.723	2.937	3.177	3.444	3.738	4.058	4.405	4.779	5.180	5.607	6.061	6.542	7.049	7.584
r	466.57	494.29	527.58	566.43	610.83	660.80	716.33	777.41	844.06	916.26	994.03	1077.35	1166.24	1260.69	1360.69	1466.26	1577.38
R																	

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)
RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)

CARRO TANQUE 43'



Longitud 12.2 mts
 Longitud con coples 13.3 mts
 Altura 4.8 mts
 Capacidad 66,525 lt
 Peso neto sin carga 37.19 ton


$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm = 2204.62 lbs. Tn./lt. 0.00098

PRODUCTO: COMBUSTÓLEO v = 982 gr./lt.
 n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 93.00
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 86
 $\Omega = 23.25062$
 N. DE CARROS = 8
 WT- CARROS (Tnc.) = 744.02

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
VELOCIDADES																	
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.547	5.093	7.639	10.186	12.732	15.278	17.824	20.370	22.916	25.462	28.008	30.554	33.100	35.646	38.192	40.738	43.284
1.3+29/Q	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
(0.0024-A-V²)/W	0.021	0.086	0.193	0.343	0.536	0.771	1.050	1.371	1.735	2.142	2.592	3.085	3.620	4.199	4.820	5.484	6.191
r	2.662	2.819	3.020	3.263	3.549	3.878	4.249	4.664	5.121	5.622	6.165	6.751	7.379	8.051	8.765	9.523	10.323
R	1980.51	2097.67	2246.71	2427.63	2640.42	2885.09	3161.64	3470.06	3810.36	4182.53	4586.59	5022.52	5490.32	5990.01	6521.57	7085.00	7680.32
RESIST. ESPECIF. (lbs./Ton peso)																	
RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)																	

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm. = 2204.62 Lbs. Ton./m³
PRODUCTO: AZÚCAR ENCOSTALADA V = 750 kg/m³ 0.750
 n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 110.85
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 90
 $\Omega = 27.71215$
 N. DE CARROS = 15
 W_F-CARROS (Tnc.) = 1662.73

FURGÓN 50'



Longitud 15.2 mts.

Longitud con coples 16.5 mts.

Altura 5.1 mts

Capacidad 139.54 m³

Peso neto sin carga 28 ton

SE CONSIDERA QUE TRABAJA AL 90% DE VOLUMEN PARA MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA


VELOCIDADES	KPH	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
MPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82	
$1.3 \times 29 / \Omega$	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346
0.03-V	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585	
$(0.0024 \cdot A \cdot V^2) / W$	0.019	0.075	0.169	0.301	0.470	0.677	0.922	1.204	1.524	1.881	2.276	2.709	3.179	3.687	4.232	4.815	5.436	
r	2.458	2.608	2.795	3.020	3.283	3.583	3.921	4.296	4.709	5.159	5.648	6.173	6.737	7.338	7.977	8.653	9.367	
R	4087.80	4336.60	4647.95	5021.84	5458.29	5957.28	6518.83	7142.92	7829.56	8578.75	9390.49	10264.78	11201.62	12201.00	13262.94	14387.42	15574.45	

RESIST. ESPECIF. (lbs./Ton peso)

RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm. Ton./m³
 1 Tnm. = 2204.62 Lbs. ARENA SILICA $\gamma =$ 1500 kg/m³ 1.5

PRODUCTO: n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 117.662
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 85
 $\Omega = 29.4155$
 N. DE CARROS = 5
 W+ CARROS (Tnc.) = 588.31



GONDOLA

Longitud 15.8 mts

Longitud con coples 17.4 mts

Altura 2.87 mts

Capacidad 90 a 100 ton

Peso neto sin carga 29.7 ton

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03-V	0.017	0.067	0.151	0.268	0.418	0.602	0.820	1.071	1.356	1.674	2.025	2.410	2.828	3.280	3.765	4.284	4.837
(0.0024+V²)/W	2.396	2.539	2.716	2.926	3.170	3.448	3.758	4.103	4.480	4.891	5.336	5.814	6.326	6.871	7.449	8.061	8.707
r	1409.48	1493.85	1597.92	1721.67	1865.11	2028.25	2211.08	2413.60	2635.81	2877.71	3139.30	3420.58	3721.56	4042.23	4382.58	4742.63	5122.37
R																	

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)

RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)

TOLVA GRANELERA JUMBO



Longitud 15.8 mts
 Longitud con coples 18.3 mts
 Altura 4.7 mts
 Capacidad 147 m³
 Peso neto sin carga 28.3 ton
 Capacidad de carga neta 101.7 ton

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm = 2204.62 Lbs. MAÍZ $\gamma =$ 750 kg/m³ Ton./m³ 0.75

PRODUCTO:
 n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 92.26
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 c (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 87
 $\Omega = 23.0652$
 N. DE CARROS = 9
 W_r CARROS (Tnc.) = 830.35

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82	55.92
MPH	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585	1.678
0.03-V	0.022	0.087	0.197	0.350	0.546	0.786	1.070	1.398	1.769	2.185	2.643	3.146	3.692	4.282	4.915	5.592	6.313	7.078
(0.0024·A·V²)/W	2.672	2.831	3.034	3.280	3.569	3.903	4.280	4.701	5.166	5.674	6.226	6.821	7.461	8.144	8.871	9.641	10.455	11.313
r	2218.98	2350.79	2518.88	2723.25	2963.90	3240.82	3554.02	3903.50	4289.26	4711.30	5169.62	5664.21	6195.08	6762.23	7365.66	8005.37	8681.36	9393.62
R																		
RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)																		
RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)																		

$$\Omega = \frac{W}{n}$$

$1 \text{ Tnc} = 2000 \text{ Lbs.}$
 $1 \text{ Tnm} = 2204.62 \text{ Lbs.}$
 $1 \text{ Tnc} = 1.10231 \text{ Tnm.}$
 1500 kg./m^3
 1.50 Ton./m^3

PRODUCTO:

- n (Ejes)= 4
- W (Tnc.)= 104.69
- b (Coef. Equipo)= 0.045
- C (Coef. Forma)= 0.0005
- A (ft²)= 87
- $\Omega = 26.17231$
- N. DE CARROS= 2
- WT-CARROS (Tnc.)= 209.38

TOLVA CEMENTERA



Longitud 12. mts

Longitud con coples 12.5 mts

Altura 4.6 mts

Capacidad 90 ton

Peso neto sin carga 25.4 ton

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408
1.3*29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
(0.0024-A-V²)/W	0.019	0.077	0.173	0.308	0.481	0.693	0.943	1.232	1.559	1.925	2.329	2.772	3.254	3.773	4.332	4.928	5.564
r	2.520	2.671	2.861	3.089	3.355	3.660	4.004	4.386	4.806	5.265	5.763	6.299	6.873	7.486	8.138	8.828	9.556
R	527.74	559.35	599.02	646.75	702.54	766.40	838.31	918.29	1006.33	1102.44	1206.60	1318.83	1439.12	1567.47	1703.88	1848.35	2000.89

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)

RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)

LOCOMOTORA DIESEL - ELECTRICA GE (GENERAL ELECTRIC)			
MODELO:	ES44AC		
PESO NOMINAL:	Lbs.	Tnc.	Tnm.
	416.000	208	188.7
POTENCIA:	Hp.	Kw.	
	4400	3238.40	
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES		
	CC		
VELOCIDAD MÁXIMA:	MPH.		
	75.19		121.00
VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	Lbs.	Tnc.	Tnm.
	2.49		4.00
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	183.122	75.353	83.063

$F_T = \frac{340 \cdot \text{Potencia} \cdot e}{V}$
(Velocidad > 10 KMH.)

FT- Esfuerzo Tractivo (Lbs.)
Potencia (Hp.)

e- Eficiencia (0.7 a 0.85)
V – Velocidad (MPH)

$F_T = \frac{W}{4}$ (De 0 a 10 KMH.)

FT- Esfuerzo Tractivo (Lbs.)
W – Peso Locomotora (Lbs.)

POTENCIA (Hp.)= 4400

$e = 0.85$

POTENCIA (Hp.)= 208

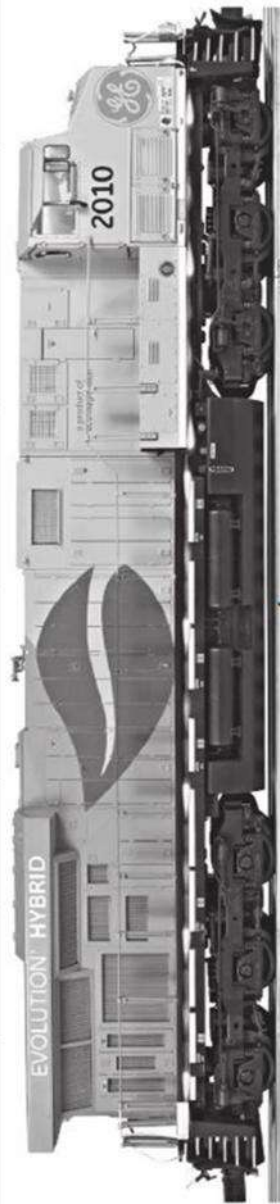
$e = 0.85$

$W_{LOCOMOTORAS} (Tnc.) = 4400$

$W_{TREN} (Tnc.) = 5311.54$

$W_{LOCOMOTORAS} (Tnc.) = 208$

$W_{TREN} (Tnc.) = 5311.54$



VELOCIDADES		LOCOMOTORA (S)		CARRO TANQUE 43'		FURGÓN 50'		GÓNDOLA		TOIWA GRANJERA I.		TOIWA CEMENTERA		PLATAFORMA INTERMODAL		DIFERENCIA F _t vs.		TON. TREN		PENDIENTE -		CARGA DE	
KPH	MPH	ESF. TRACTIVO	RESISTENCIAS	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESIST.	Lbs.	Lbs./Tnc.	%	ACELERACIÓN	VELOCIDAD	mts.	
5.00	3.11	104000.00	466.57	1980.51	4087.80	1409.48	2218.98	527.74	2029.76	91279.16	17.19	0.86	0.10										
10.00	6.21	104000.00	494.29	2097.67	4336.60	1493.85	2350.79	559.35	2185.67	90481.77	17.03	0.85	0.41										
15.00	9.32	136429.12	527.58	2246.71	4647.95	1597.92	2518.88	599.02	2379.11	121911.96	22.95	1.15	0.93										
20.00	12.43	102321.84	566.43	2427.63	5021.84	1721.67	2723.25	646.75	2610.07	86604.20	16.30	0.82	1.65										
25.00	15.53	81857.47	610.83	2640.42	5458.29	1865.11	2963.90	702.54	2878.57	64737.80	12.19	0.61	2.58										
30.00	18.64	68214.56	660.80	2885.09	5937.28	2028.25	3240.82	766.40	3184.60	49491.32	9.32	0.47	3.72										
35.00	21.75	58469.62	716.33	3161.64	6518.83	2211.08	3554.02	838.31	3528.15	37941.27	7.14	0.36	5.06										
40.00	24.85	51160.92	777.41	3470.06	7142.92	2413.60	3903.50	918.29	3909.24	28625.90	5.39	0.27	6.61										
45.00	27.96	45476.37	844.06	3810.36	7829.56	2635.81	4289.26	1006.33	4327.85	20733.14	3.90	0.20	8.37										
50.00	31.07	40928.73	916.26	4182.53	8578.75	2877.71	4711.30	1102.44	4783.99	13775.75	2.59	0.13	10.33										
55.00	34.18	37207.94	994.03	4586.59	9390.49	3139.30	5169.62	1206.60	5277.66	7443.65	1.40	0.07	12.30										
60.00	37.28	34107.28	1077.35	5022.52	10264.78	3420.58	5664.21	1318.83	5808.87	1530.14	0.29	0.01	14.87										
65.00	40.39	31483.64	1166.24	5490.32	11201.62	3721.56	6195.08	1439.12	6377.60	-4107.89	-0.77	-0.04	17.45										
70.00	43.50	29234.81	1260.69	5990.01	12201.00	4042.23	6762.23	1567.47	6983.86	-9572.67	-1.80	-0.09	20.24										
75.00	46.60	27285.82	1360.69	6521.57	13262.94	4382.58	7365.66	1703.88	7627.65	-14939.14	-2.81	-0.14	23.24										
80.00	49.71	25580.46	1466.26	7085.00	14387.42	4742.63	8005.37	1848.35	8308.96	-20263.54	-3.82	-0.19	26.44										
85.00	52.82	24075.73	1577.38	7680.32	15574.45	5122.37	8681.36	2000.89	9027.81	-25588.86	-4.82	-0.24	29.85										
90.00	55.92	22738.19	1694.07	8307.51	16824.03	5521.81	9393.62	2161.49	9784.19	-30948.53	-5.83	-0.29	33.46										
95.00	59.03	21541.44	1816.31	8966.57	18136.16	5940.93	10142.16	2330.15	10578.10	-36368.95	-6.85	-0.34	37.28										
100.00	62.14	20464.37	1944.12	9657.52	19510.84	6379.74	10926.98	2506.87	11409.53	-41871.24	-7.88	-0.39	41.31										
105.00	65.24	19489.87	2077.48	10380.34	20948.07	6838.25	11748.08	2691.65	12278.50	-47472.50	-8.94	-0.45	45.54										

METODOLOGÍA TONELAJE ECUACIONADO.

$P (\%) = 3.44$

$$T = \left(\frac{Fu}{2.2} + 20 \cdot P \right) - \left(\frac{122 \cdot C}{2.2} + 20 \cdot P \right)$$

T – Tonelaje de arrastre (Ton.)

Fu – Fuerza Tractiva Útil (Lbs.)

P – Pendiente (%)

C – Número de carros del tren

	NO. VAGONES	TARA POR VAGÓN (Tnm.)	CAPACIDAD MERCANCIA POR VAGÓN (Tnm.)	CAPACIDAD MERCANCIA EN TREN (Tnm.)
CARRO TANQUE 43'	8.00	37.19	65.00	520.00
FURGÓN 50'	15.00	28.00	94.00	1410.00
GÓNDOLA	5.00	29.70	100.00	500.00
TOLVA GRANELERA J.	9.00	28.30	101.70	915.30
TOLVA CEMENTERA	2.00	25.40	90.00	180.00
PLATAFORMA INTERMODAL	9.00	98.40	266.00	2394.00
	$\Sigma =$ 48.00			$\Sigma =$ 5919.30

VELOCIDADES			
KPH	MPH	Fu (Lbs.)	T (Tnm.)
5.00	3.11	104000.00	44610.91
10.00	6.21	104000.00	44610.91
15.00	9.32	136429.12	59351.42
20.00	12.43	102321.84	43848.11
25.00	15.53	81857.47	34546.12
30.00	18.64	68214.56	28344.80
35.00	21.75	58469.62	23915.28
40.00	24.85	51160.92	20593.14
45.00	27.96	45476.37	18009.26
50.00	31.07	40928.73	15942.15
55.00	34.18	37207.94	14250.88
60.00	37.28	34107.28	12841.49
65.00	40.39	31483.64	11648.93
70.00	43.50	29234.81	10626.73
75.00	46.60	27285.82	9740.83
80.00	49.71	25580.46	8965.66
85.00	52.82	24075.73	8281.69
90.00	55.92	22738.19	7673.72
95.00	59.03	21541.44	7129.75
100.00	62.14	20464.37	6640.17
105.00	65.24	19489.87	6197.22

6.14 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población San Manuel, Tabasco de Rumbo Sur (Coatzacoalcos - Valladolid) con locomotora Electro – Motive Division (General Motors: EMD PR43C).

Se elige como intervalo de análisis del kilómetro 136+688.31 (PC) al 137+086.85 (PT) de la población San Manuel, Tabasco por presentarse las condiciones más desfavorables en cuanto a Proyecto Geométrico. De igual manera se hace una propuesta de distintos equipos de arrastre (vagones) en cuanto a número de los mismos y cargas variadas con algunos de las mercancías que más predominan en el tramo en estudio a distintas velocidades de operación.

RUMBO SUR (COATZACOALCOS - VALLADOLID)										
ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	CADENAMIENTO	Rc (m)	Gc [° ' "]	PENDIENTE (%)	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD	NOTAS
TABASCO	SAN MANUEL	PC	136+688.31			3.64	51.00	17°39'5.55"N	93°23'1.50"O	
TABASCO			137+000.00			0.22	52.00	17°39'4.55"N	93°22'51.66"O	
TABASCO		PT	137+086.85	239.40	4° 47' 12"	0.00	52.00	17°39'2.78"N	93°22'49.90"O	



LOCOMOTORA DIESEL – ELÉCTRICA: ELECTRO-MOTIVE DIVISION (GENERAL MOTORS)		
MODELO:	EMD PR43C	
PESO NOMINAL:	Lbs.	432,000
	Tnc.	216
POTENCIA:	Hp.	4300
	KW.	3210
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES	6
	CC	6
VELOCIDAD MÁXIMA:	MPH.	120.00
	KMH.	195.95
VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	Lbs.	2.49
	Tnc.	4.00
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	Lbs.	140,000
	Tnc.	70
		63.50

n (Ejes)= 6 b (Coef. Ec) 0.03 A (ft²)= 120 Ω= 36.00 Ω = $\frac{W}{n}$ N. DE LOCOMOTORAS= 1
W (Tnc.)= 216 C (Coef. Fc) 0.0024

W (Lbs.)= 432000

VELOCIDADES	KPH	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
MPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82	
$1.3+29/\Omega$	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106
0.03-V	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585	
$(0.0024 \cdot A \cdot V^2)/W$	0.013	0.051	0.116	0.206	0.322	0.463	0.631	0.824	1.042	1.287	1.557	1.853	2.175	2.523	2.896	3.295	3.719	
r	2.212	2.343	2.501	2.684	2.893	3.128	3.389	3.675	3.987	4.325	4.688	5.077	5.492	5.933	6.399	6.892	7.410	
R	477.71	506.18	540.22	579.81	624.96	675.67	731.94	793.78	861.17	934.12	1012.63	1096.70	1186.33	1281.52	1382.28	1488.59	1600.46	

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)
RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)

FURGÓN 50'



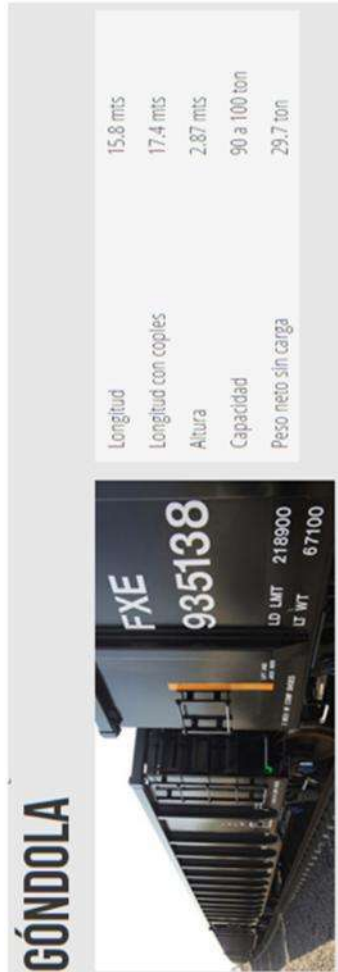
Longitud 15.2 mts.
 Longitud con coples 16.5 mts.
 Altura 5.1 mts
 Capacidad 139.54 m³
 Peso neto sin carga 28 ton

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm = 2204.62 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
PRODUCTO: **AZÚCAR ENCOSTALADA** **V = 750 kg/m³ 0.750 Ton./m³**
 n (Ejes)= 4
 W (Tnc.)= 110.85
 b (Coef. Equipo)= 0.045
 C (Coef. Forma)= 0.0005
 A (ft²)= 90
 $\Omega = 27.712$
 N. DE CARROS= 10
 W₂ CARROS (Tnc.)= 1108.49

SE CONSIDERA QUE TRABAJA AL 90% DE VOLUMEN PARA MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	2725.20	2891.06	3098.63	3347.90	3638.86	3971.52	4345.88	4761.95	5219.71	5719.17	6260.33	6843.19	7467.74	8134.00	8841.96	9591.61	10382.97
MPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
1.3+29/Ω	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346
0.03·V	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
(0.0024·A·V ²)/W	0.019	0.075	0.169	0.301	0.470	0.677	0.922	1.204	1.524	1.881	2.276	2.709	3.179	3.687	4.232	4.815	5.436
r	2.458	2.608	2.795	3.020	3.283	3.583	3.921	4.296	4.709	5.159	5.648	6.173	6.737	7.338	7.977	8.653	9.367
R	2725.20	2891.06	3098.63	3347.90	3638.86	3971.52	4345.88	4761.95	5219.71	5719.17	6260.33	6843.19	7467.74	8134.00	8841.96	9591.61	10382.97

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)
 RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)



$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm. = 2204.62 Lbs. Ton./m³
PRODUCTO: ARENA SILICA $\gamma = 1500 \text{ kg./m}^3$ 1.5

n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 117.66
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 85
 $\Omega = 29.416$
 N. DE CARROS = 12
 $W_+ \text{ CARROS (Tnc.)} = 1411.94$

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286	2.286
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03·V	0.017	0.067	0.151	0.268	0.418	0.602	0.820	1.071	1.356	1.674	2.025	2.410	2.828	3.280	3.765	4.284	4.837
(0.0024·A·V²)/W	2.396	2.539	2.716	2.926	3.170	3.448	3.758	4.103	4.480	4.891	5.336	5.814	6.326	6.871	7.449	8.061	8.707
r	3382.76	3585.25	3835.00	4132.01	4476.27	4867.80	5306.59	5792.63	6325.94	6906.50	7534.32	8209.40	8931.74	9701.34	10518.20	11382.32	12293.70
R																	

VELOCIDADES

RESIST. ESPECIF. (lbs./Ton peso)
RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)

$$\Omega = \frac{W}{n}$$


1 Tnc = 2000 Lbs.
 1 Tnm = 2204.62 Lbs.

1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1500 kg/m³ = 1.50 Ton./m³

PRODUCTO:

- n (Ejes)= 4
- W (Tnc.)= 104.69
- b (Coef. Equipo)= 0.045
- C (Coef. Forma)= 0.0005
- A (ft²)= 87
- Ω= 26.172
- N. DE CARROS= 15
- W_T CARROS (Tnc.)= 1570.34

TOLVA CEMENTERA



Longitud 12 mts

Longitud con coples 12.5 mts

Altura 4.6 mts

Capacidad 90 ton

Peso neto sin carga 25.4 ton

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
VELOCIDADES																	
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03·V	0.019	0.077	0.173	0.308	0.481	0.693	0.943	1.232	1.559	1.925	2.329	2.772	3.254	3.773	4.332	4.928	5.564
(0.0024·A·V²)/W	2.520	2.671	2.861	3.089	3.355	3.660	4.004	4.386	4.806	5.265	5.763	6.299	6.873	7.486	8.138	8.828	9.556
r	3958.04	4195.10	4492.62	4850.61	5269.06	5747.98	6287.36	6887.20	7547.51	8268.28	9049.52	9891.22	10793.38	11756.01	12779.10	13862.66	15006.68
R																	
RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)																	
RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)																	

LOCOMOTORA DIESEL – ELECTRICA: ELECTRO-MOTIVE DIVISION (GENERAL MOTORS)			
MODELO:	EMD PR43C		
PESO NOMINAL:	Lbs.	Tnc.	Tnc.
	432,000	216	195.95
POTENCIA:	Hp.	KW.	
	4300	3210	
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES		
VELOCIDAD MÁXIMA:	CC		6
	MPH.		KMH.
VELOCIDAD MINIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	74.60		120.00
	2.49		4.00
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	Lbs.	Tnc.	Tnc.
	140,000	70	63.50



$$F_T = \frac{340 \cdot \text{Potencia} \cdot e}{V}$$

(Velocidad > 10 KMH.)

$$F_T = \frac{W}{4} \text{ (De 0 a 10 KMH.)}$$

FT- Esfuerzo Tractivo (Lbs.)

Potencia (Hp.)

e- Eficiencia (0.7 a 0.85)

V – Velocidad (MPH)

$$\text{POTENCIA (Hp)} = 4300$$

$$e = 0.85$$

$$W_{\text{LOCOMOTORA(S)}} \text{ (Tnc.)} = 216$$

$$W_{\text{TEN}} \text{ (Tnc.)} = 7585.89$$

VELOCIDADES		LOCOMOTORA (S)		CARRO TANQUE 43'		FURGÓN 50'		GÓNDOLA		TOIVA GRANIELERA I.		TOIVA CEMENTERA		PLATAFORMA INTERMODAL		DIFERENCIA F ₁ vs.		TON. TREN		PENDIENTE -		ACCELERACIÓN		VELOCIDAD	
KPH	MPH	ESF. TRACTIVO	RESISTENCIAS	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESISTENCIAS	Lbs.	RESIST.	Lbs.	Lbs./Tnc.	%			mts.			
5.00	3.11	108000.00	477.71	2970.77	2725.20	3382.76	1972.43	3958.04	2706.35	89806.75	11.84	0.59	0.10												
10.00	6.21	108000.00	506.18	3146.51	2891.06	3585.25	2089.60	4195.10	2914.23	88672.07	11.69	0.58	0.41												
15.00	9.32	133328.45	540.22	3370.07	3098.63	3835.00	2239.01	4492.62	3172.14	112580.77	14.84	0.74	0.93												
20.00	12.43	99996.34	579.81	3641.44	3547.90	4132.01	2420.67	4850.61	3480.10	77543.81	10.22	0.51	1.65												
25.00	15.59	79997.07	624.96	3960.63	3638.86	4476.27	2634.58	5269.06	3838.09	55554.62	7.32	0.37	2.58												
30.00	18.64	66664.23	675.67	4327.63	3971.52	4867.80	2880.73	5747.98	4246.13	39946.76	5.27	0.26	3.72												
35.00	21.75	57140.77	731.94	4742.45	4345.88	5306.59	3159.13	6287.36	4704.20	27863.20	3.67	0.18	5.06												
40.00	24.85	49998.17	793.78	5205.09	4761.95	5792.63	3469.78	6887.20	5212.31	17875.43	2.36	0.12	6.61												
45.00	27.96	44442.82	861.17	5715.54	5219.71	6325.94	3812.68	7547.51	5770.46	9189.81	1.21	0.06	8.37												
50.00	31.07	39998.54	934.12	6273.80	5719.17	6906.50	4187.82	8268.28	6378.66	1330.19	0.18	0.01	10.33												
55.00	34.18	36362.31	1012.63	6879.88	6260.33	7534.32	4595.21	9049.52	7036.88	-6006.47	-0.79	-0.04	12.50												
60.00	37.28	33332.11	1096.70	7533.77	6843.19	8209.40	5034.85	9891.22	7745.15	-13022.18	-1.72	-0.09	14.87												
65.00	40.39	30768.10	1186.33	8235.48	7467.74	8931.74	5506.74	10793.38	8503.46	-19856.79	-2.62	-0.13	17.45												
70.00	43.50	28570.38	1281.52	8985.01	8134.00	9701.34	6010.87	11756.01	9311.81	-26610.19	-3.51	-0.18	20.24												
75.00	46.60	26665.69	1382.28	9782.35	8841.96	10518.20	6547.26	12779.10	10170.19	-33355.65	-4.40	-0.22	23.24												
80.00	49.71	24999.09	1488.59	10627.50	9591.61	11382.32	7115.89	13862.66	11078.62	-40148.10	-5.29	-0.26	26.44												
85.00	52.82	23528.55	1600.46	11520.47	10382.97	12293.70	7716.76	15006.68	12037.08	-47029.57	-6.20	-0.31	29.85												
90.00	55.92	22221.41	1717.89	12461.26	11216.02	13252.34	8349.89	16211.16	13045.59	-54032.73	-7.12	-0.36	33.46												
95.00	59.03	21051.86	1840.88	13449.86	12090.78	14258.23	9015.26	17476.11	14104.13	-61183.37	-8.07	-0.40	37.28												
100.00	62.14	19999.27	1969.43	14486.28	13007.23	15311.39	9712.88	18801.52	15212.71	-68502.15	-9.03	-0.45	41.31												
105.00	65.24	19046.92	2103.54	15570.51	13965.38	16411.80	10442.74	20187.39	16371.33	-76005.77	-10.02	-0.50	45.54												

METODOLOGÍA TONELAJE ECUACIONADO.

$$T = \left(\frac{Fu}{2.2} + 20 \cdot P \right) - \left(\frac{122 \cdot C}{2.2} + 20 \cdot P \right)$$

T – Tonelaje de arrastre (Ton.)

Fu – Fuerza Tractiva Útil (Lbs.)

P – Pendiente (%)

C – Número de carros del tren

P (%)= 3.84

	NO. VAGONES	TARÁ POR VAGÓN (Tm.)	CAPACIDAD MERCANCIA POR VAGÓN (Tm.)	CAPACIDAD MERCANCIA EN TREN (Tm.)
CABRO TANQUE 43'	2.00	37.19	65.00	780.00
FURÓN 50'	10.00	28.00	94.00	940.00
GONDOLA	12.00	23.70	100.00	1200.00
TOLVA GRANELERA	8.00	28.30	101.70	813.60
TOLVA CEMENTERA	15.00	25.40	90.00	1350.00
PLATAFORMA INTERMODAL	12.00	98.40	266.00	3192.00
Σ-	69.00			Σ- 8275.60

VELOCIDADES			
KPH	MPH	Fu (Lbs.)	T (Tm.)
5.00	3.11	108000.00	45264.55
10.00	6.21	108000.00	45264.55
15.00	9.32	133328.45	56777.48
20.00	12.43	99996.34	41626.52
25.00	15.53	79997.07	32535.94
30.00	18.64	66664.23	26475.56
35.00	21.75	57140.77	22146.71
40.00	24.85	49998.17	18900.08
45.00	27.96	44442.82	16374.92
50.00	31.07	39998.54	14354.79
55.00	34.18	36362.31	12701.96
60.00	37.28	33332.11	11324.60
65.00	40.39	30768.10	10159.14
70.00	43.50	28570.38	9160.17
75.00	46.60	26665.69	8294.40
80.00	49.71	24999.09	7536.86
85.00	52.82	23528.55	6868.43
90.00	55.92	22221.41	6274.28
95.00	59.03	21051.86	5742.66
100.00	62.14	19999.27	5264.21
105.00	65.24	19046.92	4831.33

6.15 Resultados de Análisis Operativo mediante Teoría de Dinámica de Vía de Tren en la población La Crimea, Chiapas de Rumbo Norte (Valladolid - Coatzacoalcos) con locomotora Electro – Motive Division (General Motors: EMD PR43C).

Se elige como intervalo de análisis del kilómetro 898+150.00 (PC) al 898+614.90 (PT) de la población La Crimea, Chiapas por presentarse las condiciones más desfavorables en cuanto a Proyecto Geométrico. De igual manera se hace una propuesta de distintos equipos de arrastre (vagones) en cuanto a número de los mismos y cargas variadas con algunos de las mercancías que más predominan en el tramo en estudio a distintas velocidades de operación.

RUMBO NORTE (VALLADOLID - COATZACOALCOS)										
ESTADO	POBLACIÓN	CADENAMIENTO	CADENAMIENTO	Rc (m)	Gc (° ' '')	PENDIENTE (%)	ELEVACIÓN (msnm)	LATITUD	LONGITUD	NOTAS
CHIAPAS	LA CRIMEA	PC	898+150.00			-0.40	59.00	17°36'24.12"N	93°17'45.20"O	
CHIAPAS		PT	898+614.90	1264.79	0° 54' 22"	3.44	75.00	17°36'17.83"N	93°17'59.45"O	



LOCOMOTORA DIESEL – ELECTRICA: ELECTRO-MOTIVE DIVISION (GENERAL MOTORS)	
MODELO:	EMD P43C
PESO NOMINAL:	Lbs. 432,000
	Ton. 195.95
POTENCIA:	Hp. 4300
	Kw. 3210
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES 6
	CC 6
VELOCIDAD MÁXIMA:	MPH. 74.60
	KMH. 120.00
VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	Lbs. 2.49
	Ton. 4.00
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	140,000

n (Ejes) = 6 b (Coef. Ec) = 0.03 A (ft²) = 120 Ω = 36.00 $\Omega = \frac{W}{n}$ $N. DE LOCOMOTORAS = 1$
 W (Tnc.) = 216 C (Coef. Fc) = 0.0024
 W (Lbs.) = 432000

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106	2.106
$1.3+29/\Omega$	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
$0.093 \cdot V$	0.013	0.051	0.116	0.206	0.322	0.463	0.631	0.824	1.042	1.287	1.557	1.853	2.175	2.523	2.896	3.295	3.719
$(0.0024 \cdot A \cdot V^2) / W$	2.212	2.343	2.501	2.684	2.893	3.128	3.389	3.675	3.987	4.325	4.688	5.077	5.492	5.933	6.399	6.892	7.410
r	477.71	506.18	540.22	579.81	624.96	675.67	731.94	793.78	861.17	934.12	1012.63	1096.70	1186.33	1281.52	1382.28	1488.59	1600.46
R																	

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)
RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)

CARRO TANQUE 43'



Longitud 12.3 mts
 Longitud con coples 13.3 mts
 Altura 4.8 mts
 Capacidad 66,525 lt
 Peso neto sin carga 37.19 ton

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm = 2204.62 lbs. Tn./Lt. 0.00098

PRODUCTO: COMBUSTÓLEO $\gamma = 982 \text{ gr./Lt.}$
 n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 93.00
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 86
 $\Omega = 23.25062$
 N. DE CARROS = 14
 $W_r \text{ CARROS (Tnc.)} = 1302.03$

VELOCIDADES	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547
$1.3+29/\Omega$	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
$(0.0024 \cdot A \cdot V^2)/W$	0.021	0.086	0.193	0.343	0.536	0.771	1.050	1.371	1.735	2.142	2.592	3.085	3.620	4.199	4.820	5.484	6.191
r	2.662	2.819	3.020	3.263	3.549	3.878	4.249	4.664	5.121	5.622	6.165	6.751	7.379	8.051	8.765	9.523	10.323
R	3465.89	3670.93	3931.75	4248.35	4620.74	5048.91	5532.86	6072.60	6668.13	7319.43	8026.53	8789.40	9608.06	10482.51	11412.74	12398.75	13440.55

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)
 RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)

FURGÓN 50'



Longitud	15,2 mts.
Longitud con coples	16,5 mts.
Altura	5,1 mts
Capacidad	139,54 m ³
Peso neto sin carga	28 ton

$\Omega = \frac{W}{n}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Trnm.
 1 Trnm. = 2204.62 Lbs. Ton./m³
PRODUCTO: **AZÚCAR ENCOSTALADA** **V = 750 kg/m³ 0.750**
 n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 110.85
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 90
 $\Omega = 27.71215$
 N. DE CARROS = 14
 W₁ CARROS (Tnc.) = 1551.88

SE CONSIDERA QUE TRABAJA AL 90% DE VOLUMEN PARA MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA

VELOCIDADES

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.346	4.693	7.039	9.386	11.733	14.079	16.426	18.773	21.119	23.466	25.813	28.160	30.507	32.854	35.201	37.548	39.895
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
0.03·V	0.019	0.038	0.057	0.076	0.095	0.114	0.133	0.152	0.171	0.190	0.209	0.228	0.247	0.266	0.285	0.304	0.323
(0.0024·A·V ²)/W	0.019	0.075	0.169	0.301	0.470	0.677	0.922	1.204	1.524	1.881	2.276	2.709	3.179	3.687	4.232	4.815	5.436
r	2.458	2.608	2.795	3.020	3.283	3.583	3.921	4.296	4.709	5.159	5.648	6.173	6.737	7.338	7.977	8.653	9.367
R	3815.28	4047.49	4338.08	4687.05	5094.40	5560.13	6084.24	6666.73	7307.59	8006.84	8764.46	9580.46	10454.84	11387.60	12378.74	13428.26	14536.16

RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)

RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)

$\Omega = \frac{W}{\pi}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm. = 2204.62 Lbs. MAÍZ $\gamma =$ 750 kg./m³ 0.75

PRODUCTO:

n (Ejes)= 4
 W (Tnc.)= 92.26
 b (Coef. Equipo)= 0.045
 C (Coef. Forma)= 0.0005
 A (ft²)= 87
 $\Omega =$ 23.0652
 N. DE CARROS= 5
 W_T CARROS (Tnc.)= 461.30

TOLVA GRANELERA JUMBO



Longitud	15.8 mis
Longitud con coples	18.3 mis
Altura	4.7 mis
Capacidad	147 m ³
Peso neto sin carga	28.3 ton
Capacidad de carga neta	101.7 ton

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	
VELOCIDADES	KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
	MPH	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557	2.557
	1.3*29/ Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
	0.03*V	0.022	0.087	0.197	0.350	0.546	0.786	1.070	1.398	1.769	2.185	2.643	3.146	3.692	4.282	4.915	5.592	6.313
	(0.0024*A*V ²)/W	2.672	2.831	3.034	3.280	3.569	3.903	4.280	4.701	5.166	5.674	6.821	7.461	8.144	8.871	9.641	10.455	
RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)	r	1232.77	1306.00	1399.38	1512.92	1646.61	1800.46	1974.46	2168.61	2382.92	2617.39	2872.01	3146.78	3441.71	3756.80	4092.04	4447.43	4822.98
RESIST. TOTAL (lbs./Tnc.)	R																	

$\Omega = \frac{W}{\pi}$ 1 Tnc = 2000 Lbs. 1 Tnc = 1.10231 Tnm.
 1 Tnm. = 2204.62 Lbs. CEMENTO V = 1500 kg/m³ 1.50

PRODUCTO:

n (Ejes) = 4
 W (Tnc.) = 104.69
 b (Coef. Equipo) = 0.045
 C (Coef. Forma) = 0.0005
 A (ft²) = 87
 $\Omega = 26.17231$
 N. DE CARROS = 12
 W_T CARROS (Tnc.) = 1256.27

TOLVA CEMENTERA



Longitud 12 mts

Longitud con coples 12.5 mts

Altura 4.6 mts

Capacidad 90 ton

Peso neto sin carga 25.4 ton

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
VELOCIDADES																	
KPH	3.11	6.21	9.32	12.43	15.53	18.64	21.75	24.85	27.96	31.07	34.18	37.28	40.39	43.50	46.60	49.71	52.82
MPH	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408
1.3+29/Ω	0.093	0.186	0.280	0.373	0.466	0.559	0.652	0.746	0.839	0.932	1.025	1.118	1.212	1.305	1.398	1.491	1.585
(0.0024·A·V²)/W	0.019	0.077	0.173	0.308	0.481	0.693	0.943	1.232	1.559	1.925	2.329	2.772	3.254	3.773	4.332	4.928	5.564
r	2.520	2.671	2.861	3.089	3.355	3.660	4.004	4.386	4.806	5.265	5.763	6.299	6.873	7.486	8.138	8.828	9.556
R	3166.43	3356.08	3594.10	3880.49	4215.25	4598.38	5029.89	5509.76	6038.01	6614.63	7239.62	7912.98	8634.71	9404.81	10223.28	11090.13	12005.34
RESIST. ESPECIF. (lbs/Ton peso)																	
RESIST. TOTAL (Lbs./Tnc.)																	

LOCOMOTORA DIESEL – ELÉCTRICA: ELECTRO-MOTIVE DIVISIÓN (GENERAL MOTORS)	
MODELO:	EMD PR43C
PESO NOMINAL:	Lbs.
	432,000
POTENCIA:	Tnc.
	216
POTENCIA:	KW.
	3210
CLASIFICACIÓN AAR:	N. DE EJES MOTRICES
	6
VELOCIDAD MÁXIMA:	CC
	120.00
VELOCIDAD MINIMA DE OPERACIÓN (MOTORES DE TRACCIÓN C/A):	MPH.
	74.60
ESFUERZO TRACTIVO INICIAL:	Lbs.
	2.49
	Tnc.
	70



$$F_T = \frac{340 \cdot \text{Potencia} \cdot e}{V}$$

(Velocidad > 10 KMH.)

$$F_T = \frac{W}{4} \text{ (De 0 a 10 KMH.)}$$

FT- Esfuerzo Tractivo (Lbs.)

Potencia (Hp.)

e- Eficiencia (0.7 a 0.85)

V – Velocidad (MPH)

$$\text{POTENCIA (Hp)} = \frac{W_{\text{LOCOMOTORA}} (\text{Tnc.})}{e}$$

$$W_{\text{TREN}} (\text{Tnc.}) = 216$$

$$W_{\text{LOCOMOTORA}} (\text{Tnc.}) = 6678.79$$

VELOCIDADES KPH	VELOCIDADES MPH	LOCOMOTORA(S)		CARRO TANQUE 43'		FURGÓN 50'		GÓNDOLA		TOI VA GRANEFERA I.		TOI VA CEMENTERA		PLATAFORMA INTERMODAL		DIFERENCIA F ₁ vs.		TON. TREN Lbs./Tnc.	PENDIENTE - ACELERACIÓN %	CARGA DE VELOCIDAD mts.
		ESF. TRACTIVO Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.	RESISTENCIAS Lbs.						
5.00	3.11	108000.00	477.71	3465.89	3815.28	2255.17	1232.77	3166.43	1804.23	91782.51	13.74	0.69	0.10							
10.00	6.21	108000.00	506.18	3670.93	4047.49	2390.17	1306.00	3356.08	1942.82	90780.34	13.59	0.68	0.41							
15.00	9.32	133328.45	540.22	3931.75	4338.08	2556.67	1399.38	3594.10	2114.76	114853.50	17.20	0.86	0.93							
20.00	12.43	99996.34	579.81	4248.35	4687.05	2754.67	1512.92	3880.49	2320.07	80012.99	11.98	0.60	1.65							
25.00	15.53	79997.07	624.96	4620.74	5094.40	2984.18	1646.61	4215.25	2558.73	58252.20	8.72	0.44	2.58							
30.00	18.64	66664.23	675.67	5048.91	5560.13	3245.20	1800.46	4598.38	2830.75	42904.72	6.42	0.32	3.72							
35.00	21.75	57140.77	731.94	5532.86	6084.24	3537.72	1974.46	5029.89	3136.13	31113.52	4.66	0.23	5.06							
40.00	24.85	49998.17	793.78	6072.60	6666.73	3861.75	2168.61	5509.76	3474.88	21450.06	3.21	0.16	6.61							
45.00	27.96	44442.82	861.17	6668.13	7307.59	4217.29	2382.92	6038.01	3846.98	13120.73	1.96	0.10	8.37							
50.00	31.07	39998.54	934.12	7319.43	8006.84	4604.33	2617.39	6614.63	4254.44	5649.36	0.85	0.04	10.33							
55.00	34.18	36362.31	1012.63	8026.53	8764.46	5022.88	2872.01	7239.62	4691.26	-1267.07	-0.19	-0.01	12.50							
60.00	37.28	33332.11	1096.70	8789.40	9580.46	5472.94	3146.78	7912.98	5163.44	-7830.58	-1.17	-0.06	14.87							
65.00	40.39	30768.10	1186.33	9608.06	10454.84	5954.50	3441.71	8634.71	5668.97	-14181.02	-2.12	-0.11	17.45							
70.00	43.50	28570.38	1281.52	10482.51	11387.60	6467.56	3756.80	9404.81	6207.87	-20418.29	-3.06	-0.15	20.24							
75.00	46.60	26665.69	1382.28	11412.74	12378.74	7012.14	4092.04	10223.28	6780.13	-26615.65	-3.99	-0.20	23.24							
80.00	49.71	24999.09	1488.59	12398.75	13426.26	7588.21	4447.43	11090.13	7385.75	-32828.03	-4.92	-0.25	26.44							
85.00	52.82	23528.55	1600.46	13440.55	14536.16	8195.80	4822.98	12005.34	8024.72	-39097.45	-5.85	-0.29	29.85							
90.00	55.92	22221.41	1717.89	14538.14	15702.43	8834.89	5218.68	12968.93	8697.06	-45456.60	-6.81	-0.34	33.46							
95.00	59.03	21051.86	1840.88	15691.50	16927.09	9505.49	5634.54	13980.88	9402.75	-51931.27	-7.78	-0.39	37.28							
100.00	62.14	19999.27	1969.43	16900.65	18210.12	10207.59	6070.55	15041.21	10141.81	-58542.09	-8.77	-0.44	41.31							
105.00	65.24	19046.92	2103.54	18165.59	19551.53	10941.20	6526.71	16149.91	10914.22	-65305.79	-9.78	-0.49	45.54							

ACELERACIÓN TOTAL

METODOLOGÍA TONELAJE ECUACIONADO.

P (%)= 3.44

$$T = \left(\frac{Fu}{2.2} + 20 \cdot P \right) - \left(\frac{122 \cdot C}{2.2} + 20 \cdot P \right)$$

T – Tonelaje de arrastre (Ton.)

Fu – Fuerza Tractiva Útil (Lbs.)

P – Pendiente (%)

C – Número de carros del tren

	NO. VAGONES	TARA POR VAGÓN (Tnm.)	CAPACIDAD MERCANCIA POR VAGÓN (Tnm.)	CAPACIDAD MERCANCIA EN TRFN (Tnm.)
CARRO TANQUE 43'	14.00	37.19	65.00	910.00
FURGÓN 50'	14.00	28.00	94.00	1316.00
GÓNDOLA	8.00	29.70	100.00	800.00
TOLVA GRANELERA J.	5.00	28.30	101.70	508.50
TOLVA CEMENTERA	12.00	25.40	90.00	1080.00
PLATAFORMA INTERMODAL	8.00	98.40	266.00	2128.00
	Σ=	61.00		Σ= 6742.50

VELOCIDADES			
KPH	MPH	Fu (Lbs.)	T (Tnm.)
5.00	3.11	108000.00	45708.18
10.00	6.21	108000.00	45708.18
15.00	9.32	133328.45	57221.12
20.00	12.43	99996.34	42070.15
25.00	15.53	79997.07	32979.58
30.00	18.64	66664.23	26919.19
35.00	21.75	57140.77	22590.35
40.00	24.85	49998.17	19343.71
45.00	27.96	44442.82	16818.55
50.00	31.07	39998.54	14798.43
55.00	34.18	36362.31	13145.59
60.00	37.28	33332.11	11768.23
65.00	40.39	30768.10	10602.77
70.00	43.50	28570.38	9603.81
75.00	46.60	26665.69	8738.04
80.00	49.71	24999.09	7980.49
85.00	52.82	23528.55	7312.07
90.00	55.92	22221.41	6717.91
95.00	59.03	21051.86	6186.30
100.00	62.14	19999.27	5707.85
105.00	65.24	19046.92	5274.96

Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. DE C.V.

<http://www.ferromex.com.mx/>

(Carlos Martner Peyrelongue / "Transporte Multimodal y Globalización en México" / Trillas / México / 2008)

CAPÍTULO 7.- CONCLUSIONES

La disminución de grados de curvatura de 10° o mayores (alineamiento horizontal) y abatimiento de pendientes ascendentes del 2.50 % o mayores (alineamiento vertical) impactara directamente en la **velocidad de operación** en el tramo en estudio.

En cruces ferroviarios sobre barrancas y ríos perenes el hacer un análisis hidráulico – hidrológico en cada caso en particular para salvar la estructura (armadura de acero de cuerda inferior en su mayoría) y adecuarla en su gálibo (7.50 m) para potencializar comercialmente el tramo y **mover doble estiba contenerizada**.

Hacer un estudio de ingeniería de ríos con proyección a futuro para el comportamiento de flujos divagantes en la zona de meandros influiría en la rectificación del trazo en algunos subtramos dando trayectorias mejores que **reducirían distancias**.

En subtramos que recorren la península de Yucatán y tener en cuenta la viabilidad de una **doble vía de todo el tramo en estudio**, se debe contemplar la prevalencia de suelos cársticos y por lo tanto ver la factibilidad de mejora de dichos suelos.

El planteamiento de una doble vía en todo el tramo en cuestión y su conexión de la ciudad de Valladolid, Yucatán al puerto de Punta Venado, Q. Roo, daría también el propósito de un **ferrocarril pasajero** al tramo en estudio además del comercial.

En las ciudades de Teapa, Tab. (53,555 habitantes), Pakalná, Chis. (42,947 habitantes), Tenosique, Tab. (58,960 habitantes), Escárcega, Camp. (58,553 habitantes), Campeche, Camp. (283,025 habitantes), Mérida, Yuc. (777,615 habitantes) y de Valladolid., Yuc (48,973 habitantes), por ser poblaciones que cruza el tramo en estudio, es conveniente **dotarlas de libramientos ferroviarios** (modificar el trazo) con proyección al desarrollo urbano e industrial, así mismo la inclusión del sector turístico.

De igual manera que otros tramos ferroviarios del país, al ser más eficaz el tramo en cuestión en carga e incluir pasajeros sería de mayor relevancia el hacerlo por tener México rutas comerciales a nivel regional (Centro y Norteamérica) además de interconexión a puertos del Pacífico y Golfo de México. Así mismo **potencializar tratados internacionales de comercio** (en tres continentes: 45 países) y ser el décimo lugar a nivel mundial en **turismo** (2014).

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.sct.gob.mx/>

<http://www.ferroistmo.com.mx/>

<http://es.wikipedia.org/>

<http://www.spanishrailway.com/>

<http://www.amf.org.mx/>

<http://www.ste.df.gob.mx/>

<http://catarina.udlap.mx/>

<http://www.ferromex.com.mx/>

<http://www.proyectomesoamerica.org/>

<http://micanaldepanama.com/contacto/>

<http://www.suezcanal.gov.eg/sc.aspx?show=17>

http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/07/140708_economia_canal_nicaragua_cifras_nc

<http://www.renfe.com/>

(Francisco M. Tognó / "Ferrocariles" / Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. / México / 1989 / Pag. 156 a 230)

(William W. Hay / "Railroad Engineering" / John Wiley & Sons, Inc. / EE.UU. / 1982 / Pag. 156 a 215)

Maritime Topics On Stamps: Container ships!

(Marcos Theurel Coteró / "El Corredor Transistmico Hoy: Una oportunidad Histórica" / CANACINTRA / México / 2013 / Pag. 5 a 53)

Cámara Naviera Internacional: <http://www.ics-shipping.org/>

Organización Mundial del Comercio: <https://www.wto.org/indexsp.htm>

Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. DE C.V.

<http://www.fccm.com.mx/mayab.html/>

(Carlos Martner Peyrelongue / "Transporte Multimodal y Globalización en México" / Trillas / México / 2008)

<http://www.apl.com/>

<http://www.gettransportation.com/locomotives/locomotives/ac4400-and-dash-series-locomotives>

<http://www.progressrail.com/>

<http://www.visitmexico.com/es>

<http://www.promexico.gob.mx/comercio/mexico-y-sus-tratados-de-libre-comercio-con-otros-paises.html>

<http://www.inegi.org.mx/>

<https://www.aar.org/>

<https://www.arema.org/>

<http://www.iadb.org/es/banco-interamericano-de-desarrollo,2837.html>

<http://www.caf.com/>

<https://www.fra.dot.gov/Page/P0001>

GLOSARIO

Acoplador.- Dispositivo por el que se mantiene automáticamente la conexión de un carro con otro o con la locomotora e inversamente.

Alternador principal.- Máquina eléctrica giratoria, la cual recibe energía mecánica del motor diesel, transformándola en corriente eléctrica trifásica que, una vez rectificadas, alimenta los motores de tracción.

Alternador de eje.- Es un alternador montado en un eje motriz que genera una señal cuyo valor es proporcional a la velocidad de la rueda de la locomotora, la que se compara con una señal de velocidad de referencia, en función de lo cual se genera la señal de control de transición y arenamiento.

Amortiguador.- Dispositivo que controla la acción de un resorte, retarda sus vibraciones proporcionando un movimiento suave.

Aparejo de tracción.- Mecanismo de conexión entre el acoplador y el larguero central, por medio del cual se amortiguan los impactos ocasionados por el acoplamiento de unidades y el movimiento del tren.

AAR Association of American Railroads.- (Asociación de Ferrocarriles Americanos de los Estados Unidos de América).

AREMA (The American Railway Engineering and Maintenance of Way Association).- Asociación Americana de Ingeniería de Ferrocarriles y Mantenimiento de Vías.

Autorización.- Permiso otorgado en un tramo o en varios a cualquier vehículo que transite sobre la vía, cumpliendo con el registro adecuado y que se transmite por medio de voz o texto, utilizando la Tecnología de Comunicación Satelital con que cuenta el Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. o en su caso otro medio alterno que garantice la continuidad y seguridad de la comunicación.

Autorización de Trabajo.- La que se confiere a un tren o equipo de vía para ocupar uno o más tramos CST, facultándolos para moverse en ambas direcciones, bajo la autoridad de un Supervisor Responsable o por condiciones operativas breves y absolutamente necesarias y para que uno o más trenes y/o equipos de vía, puedan ocupar uno o más tramos CST simultáneamente y que los faculta para moverse en ambas direcciones a velocidad restrictiva.

BID.- Banco Interamericano de Desarrollo.

Bogie (truck).- Estructura de acero montada sobre dos o tres pares de ruedas (mancuernas), que en juegos de dos o más de ellas se utilizan para soportar el cuerpo de una locomotora y por medio de una unión articulada independiente se orienta convenientemente en las curvas.

CAF (Corporación Andina de Fomento).- Banco de desarrollo de América Latina, tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional en América Latina, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 18 países de América Latina, El Caribe, Europa y 14 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

Caja motriz.- Caja de acero fundido, ajustada para deslizar verticalmente en los pedestales del bastidor, y que aloja el muñón del eje motriz en el que se encuentran integrados los cojinetes o rodillos, localizados en las mancuernas de ruedas.

Cambio de Vía.- Conjunto de agujas, sapo, contra-rieles, rieles, guías y accesorios complementarios, colocados convenientemente sobre un juego de madera especial, o de otro material, para que de esta manera los trenes puedan pasar de una vía a otra.

Cárter.- La parte inferior del motor diésel en la cual se aloja el cigüeñal.

Carga a granel.- Conjunto de bienes que se transportan sin empaquetar, ni embalar en grandes cantidades. Esta carga es usualmente depositada o vertida con una pala, balde o cangilón, como líquido o sólido en un depósito para material a granel, carro de ferrocarril o en la caja de un camión, tráiler, etc.

Centro de Control de Tráfico.- Instalaciones en las que se efectúa el despacho de trenes que rige su movimiento sobre tramos definidos.

Cojinete.- Es la pieza o conjunto de ellas sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina.

Compresor.- Máquina que sirve para comprimir el aire que se emplea en los sistemas de frenos de aire, de señales y dispositivos neumáticos auxiliares.

Contenedor (Container).- Es un recipiente unitario para el transporte de mercancía, que evita la ruptura de la carga al pasar de un vehículo a otro, permitiendo el funcionamiento de una red integrada de país a país, de región a región y más aún, de puerta a puerta.

CONTENEDOR 20 PIES		
	VOLUMEN	33,20 m ³
	MEDDAS EXTERNAS	base: 606 x 243 cm max alto: 260 cm
	MEDDAS INTERNAS	base: 590 x 235 cm max alto: 239 cm
	PESO VACÍO	2.230 kg
	PESO MÁXIMO	21.770 kg

CONTENEDOR 40 PIES		
	VOLUMEN	67,70 m ³
	MEDDAS EXTERNAS	base: 1.220 x 243 cm max alto: 260 cm
	MEDDAS INTERNAS	base: 1.203 x 235 cm max alto: 239 cm
	PESO VACÍO	3.700 kg
	PESO MÁXIMO	26.780 kg

Figura G1. Contenedores estándar para carga seca. Fuente: <http://www.apl.com/>

Control Satelital de Tráfico CST.- Sistema de despacho mediante el cual se autoriza y se controla, directamente por el Despachador, el movimiento de trenes y equipos de vía. Este sistema también permite la protección del personal que realiza trabajos sobre la vía directamente sin vehículo.

Crucero.- Intersección de dos o más vías férreas.

Cruzamiento.- Obra a nivel, subterránea o elevada que atraviesa una vía férrea.

Chumacera de suspensión.- Componente de motor de tracción que permite girar por medio de dos cojinetes (bronces) a deslizamiento de forma semicircular al eje motriz, provistas de un depósito de aceite para lubricación.

Descarrilador.- Dispositivo instalado en algunos escapes o vías auxiliares que sirve para evitar que, en un momento dado, el equipo rodante invada accidentalmente la vía principal.

Despachador de Trenes.- Persona responsable en el Centro de Despacho del Control de Tráfico de Trenes y Equipos de vía a través del Sistema CST, con la utilización de sistemas de comunicación satelital.

Dispositivo de Sobrevelocidad.- Mecanismo colocado en el motor de la locomotora diesel, con la finalidad de proteger el límite de las revoluciones por minuto establecidas en el manual de diseño de la unidad tractiva.

Distrito.- Parte de una división que divide la operación y delimita responsabilidades de control y mantenimiento.

División.- Territorio delimitado por un horario. La extensión de una división es variable y se determina básicamente por la autonomía del equipo más restrictivo que opera en ella.

Empalme.- Conexión de vías férreas pertenecientes a dos o más empresas ferroviarias.

EMD Electro-Motive División (General Motors).- Marca de equipo tractivo.

Entidad.- Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S. A. de C. V.

Equipo de vía.- Cualquier vehículo autopropulsado destinado al transporte de personal o al mantenimiento y construcción de la infraestructura.

Equipo de arrastre.- Vehículo ferroviario para transporte de personas o carga que no cuenta con tracción propia.

Equipo de Trabajo.- Vehículo ferroviario que se utiliza para trabajos de construcción, conservación y mantenimiento en las vías férreas o en maniobras de salvamento.

Equipo rodante.- Equipo ferroviario que puede moverse al ser remolcado o accidentalmente por sí solo.

Equipo Tractivo.- Vehículo Ferroviario autopropulsado que se utiliza en las vías férreas para el movimiento de equipo ferroviario.

Escape o ladero.- Vía férrea auxiliar conectada por ambos extremos para evitar el encuentro y permitir el paso de trenes, o para almacenar equipo ferroviario.

Espuela.- Vía férrea de propiedad particular conectada por un solo extremo a un ladero o a la vía principal, para conectarse a una vía general de comunicación ferroviaria.

Estación.- Terminal tal como se define en la fracción VI del artículo 2 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.

Ferrocarril.- Nombre genérico de una empresa ferroviaria o una línea en particular.

Filtros.- Dispositivos para eliminar las materias extrañas de los fluidos.

FRA Federal Railroads Administration (Administración Federal de Ferrocarriles de los Estados Unidos de América).

Freno dinámico.- Disposición de los circuitos eléctricos de la locomotora para que los motores de tracción actúen como generadores de corriente que crean una fuerza contraelectromotriz o retardatriz al utilizar el movimiento dinámico del tren en una fuerza eléctrica de frenado en pendientes descendentes.

Freno de mano.- Aparejo de freno de aplicación manual por medio de volante y que actúa sobre una sola rueda de la locomotora con la finalidad de asegurar su inmovilidad.

GE General Electric.- (Marca de equipo tractivo).

Guardacruceiro.- Persona responsable de la vigilancia en un cruce a nivel.

Hora Reglamentaria.- Es la hora que deberán respetar los equipos de este Ferrocarril, de acuerdo con el Sistema Satelital y que se muestra en la pantalla de los mismos.

Horario.- Libro que contiene las especificaciones necesarias para el movimiento de trenes y equipos de vía en un tramo determinado.

Interruptor.- Dispositivo mecánico accionado manualmente con contactos que abren y cierran para controlar diversas funciones de los circuitos.

Interruptor de circuito.- Un dispositivo de protección que abre un circuito cuando se presenta una sobrecarga de corriente, y opera en base al principio electromagnético que establece que una corriente excesiva genera una gran fuerza electromagnética, que a su vez hace que se dispare el interruptor.

Ley.- Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.

Liberación de tramo.- Desocupación física o técnica de uno o más tramos CST autorizados.

Logística.- Técnica de control y de gestión de flujos de materias primas y de productos, desde sus fuentes de aprovisionamiento hasta sus puntos de consumo.

Máquina.- Una unidad impulsada por cualquier forma de energía o una combinación de unidades operadas por un solo control (llamadas Múltiple).

Manómetro.- Instrumento de medición que sirve para indicar la presión de los fluidos en los sistemas de la locomotora.

MI Instructivo de Mantenimiento.- (Maintenance Instructions).

Motor de tracción.- Máquina eléctrica rotatoria que transforma la energía eléctrica generada en el alternador o generador principal, en energía mecánica para accionar las ruedas motrices de la locomotora.

Movimiento en retroceso.- Movimiento que se realiza en la dirección opuesta a la autorizada originalmente a un tren o equipo de vía, que deberá ejecutarse a velocidad restrictiva, con la autorización del despachador y solo en caso de absoluta necesidad o cuando se haya dado una autorización de trabajo, los movimientos en retroceso solo se harán cuando todos los vehículos que estén en el tramo estén debidamente enterados de ello.

Naviera (Empresa Naviera).- Es aquella persona física o jurídica que, utilizando buques mercantes propios o arrendados, se dedica a la explotación de los mismos, aun cuando ello no constituya su actividad principal, bajo cualquier modalidad admitida por los usos internacionales.

OEM .- Fabricante de equipo original (Original Equipment Manufacturer).

Patio.- Punto en el que corren un conjunto de vías paralelas a la vía principal, con límites definidos por medio de las placas respectivas, destinado a la formación de trenes, estacionamiento de carros y otros fines. La vía principal dentro de los límites del patio sólo podrá ser utilizada para el tránsito de trenes, máquinas y equipos de vía.

Piloto.- Empleado asignado a un tren, máquina, o equipo de vía, cuando el conductor, maquinista o ambos o, en su caso, el operador de equipo de vía, no estén familiarizados con las características físicas de la vía en un Distrito o con el Reglamento en vigor en el trayecto a recorrer.

Placas de desgaste.- Placas metálicas para resistir el desgaste por rozamiento, que comúnmente se colocan sobre los traveseros de bogies (trucks), cabezales, etc.

Proceder.- Inicio de recorrido de un tren o equipo de vía, o continuarlo si se ha detenido.

Punto de libraje.- Lugar señalado para evitar rozamientos entre equipos en vías adyacentes, puntos que se indican por medio de marcas de color blanco en ambas vías, normalmente estos puntos se determinan en donde la distancia entre las vías paralelas es de 3.80 metros, medida considerada perpendicularmente a partir del centro de una vía hasta el centro de la vía adyacente.

Relevador eléctrico.- Dispositivo cuya finalidad es la de conmutar circuitos eléctricos con base en un electroimán asociado a una serie de contactos, éstos abren o cierran al paso de una corriente eléctrica.

Resistencia del freno dinámico.- Conjunto de resistores del tipo parrilla mediante las cuales la energía eléctrica generada por los motores de tracción es disipada en forma de calor, al presentarse la etapa de funcionamiento de la locomotora en frenado dinámico.

Resortes y muelles de bogie (truck).- Resortes y muelles que soportan el peso de la locomotora, y que proporcionan un movimiento suave a la misma.

Secretaría.- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Señal de aproximación en tramo CST.- Señal fija colocada al lado de la vía, indicando la aproximación al sistema CST o a la señal de terminación de un tramo CST.

Señales fijas.- Son aquéllas ubicadas al lado de la vía en forma permanente con indicaciones para gobernar el movimiento de trenes, máquinas y equipos de vía, tales como: bandera de los árboles de cambio; placas de aproximación de inicio al sistema CST, a estaciones o cruceros; placas de límites de patio; placas de velocidad; placas de precaución, etc.

Supervisor responsable.- Oficial designado para ejecutar un programa de trabajo.

Tara.- Peso del vehículo (vagón) con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros ni carga y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios.

Tcma.- Tasa de crecimiento media anual.

TEU (Twenty foot Equivalent Unit: Unidad Equivalente a Veinte Pies).- Unidad de medida como indicador del transporte de contenedores normalizado de 20 pies (6.1 m), siendo una caja metálica de tamaño estandarizado que puede ser transferido fácilmente entre diferentes formas de transporte tales como buques, trenes y camiones. Existiendo de igual forma contenedores de 45, 48 y 53 pies (Containerisation International, 1996). (Martner, 2008: 25)

Tolva de engranes.- Caja que cubre el piñón del motor de tracción y la corona del eje motriz para protegerlos del polvo y la humedad, donde se almacena la grasa para su lubricación.

Tramo CST.- Longitud determinada de vía principal delimitada al inicio y terminación por medio de señales fijas, colocadas al lado de la vía; cuya ubicación se precisa en el "Horario" con un nombre.

Tren de Trabajo.- Tren utilizado para labores de conservación y/o construcción de la vía férrea y sus estructuras.

Tren Extra.- Tren que no tiene fecha de salida y que puede formarse en cualquier momento atendiendo la demanda de carga.

Tren Regular.- Un tren que tiene itinerario y fecha de operación definidos.

Tren.- Una maquina o motor, o más de una maquina o motores acoplados con carros o sin ellos.

Transporte Multimodal.- En este tipo de transporte es posible transportar carga por medios multimodales (ferrocarril, marítimo, autotransporte y aéreo) a granel, con o sin contenedores o efectuar operaciones de transporte multimodal regional.

Trasporte Intermodal.- Es la articulación entre diferentes modos de transporte (ferrocarril, marítimo, autotransporte y aéreo) utilizando una única medida de carga (generalmente contenedores), a fin de realizar más rápida y eficazmente las operaciones de trasbordo de materiales y mercancías.

Velocidad restrictiva.- La que debe desarrollar un tren, máquina o equipo de vía para detenerse antes de la mitad de la distancia libre visible de otro tren, máquina, carro, equipo de vía, cambio mal alineado, señales de parada, una obstrucción o cualquier condición de peligro y que en ningún caso será mayor de 20 kilómetros por hora.

Velocímetro.- Dispositivo colocado en la cabina de la locomotora, el cual sirve para indicar la velocidad de la misma.

Vía principal.- Vía férrea que se extiende a través de patios en y entre estaciones, cuyo uso y ocupación por trenes y equipos de vía requiere de la autorización del despachador. Dentro de los Límites de Patio existe vía principal, la cual podrá ser ocupada observando la Regla 171 de este reglamento.

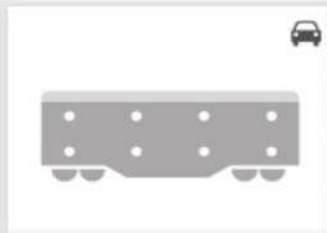
Equipo de Arrastre Convencional en México, EE.UU. y Canadá.

El diagrama superior muestra un plano de un vagón de arrastre etiquetado como 'AUTOMAX' con un ícono de automóvil en la esquina superior derecha. Debajo del diagrama hay una barra de selección con 'AUTOMÓVILES' seleccionado. La sección principal muestra una fotografía de un vagón 'AUTOMAX' en un patio ferroviario. A la derecha de la foto se encuentra una tabla de especificaciones técnicas:


Longitud con coples	44.2 mts
Ancho	3.25 mts
Altura	6.14 mts
Capacidad automotriz máxima	22 unidades

En este tipo de equipo movemos autos, teniendo una máxima capacidad de 25 unidades.

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>




BINIVEL




AUTOMÓVILES

BINIVEL




En este tipo de equipo movemos autos, SUV y camionetas.

Longitud con coples	28.60 mts
Altura	3.25 mts
Altura	5.80 mts
Capacidad automotriz máxima	10 unidades




TRINIVEL



AUTOMÓVILES

TRINIVEL



En este tipo de equipo movemos autos, teniendo una máxima capacidad de 24 unidades.

Longitud con coples	28.6 mts
Ancho	3.25 mts
Altura	5.80 mts
Capacidad automotriz máxima	15 unidades

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>



CARRO TANQUE 43'



LÍQUIDOS

CARRO TANQUE 43'



Longitud	12.3 mts
Longitud con coples	13.3 mts
Altura	4.8 mts
Capacidad	66,525 lt
Peso neto sin carga	37.19 ton

En este tipo de equipo movemos líquidos, principalmente químicos como: sosa cáustica, amoníaco, combustóleo, aceites, ácido sulfúrico, entre otros.



CONTENEDOR 53'



CARGA GENERAL


CONTENEDOR 53'




Longitud	16.1 mts
Altura	2.7 mts
Ancho	2.63 mts
Capacidad de carga	22,000 ton

En este tipo de equipo movemos cualquier tipo de carga, pero se enfoca principalmente a productos terminados (autopartes, cerveza, alimentos, electrodomésticos).

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>




FURGÓN 50'




CARGA GENERAL

FURGÓN 50'




Longitud	15.2 mts.
Longitud con coples	16.5 mts.
Altura	5.1 mts
Capacidad	139.54 m ³
Peso neto sin carga	28 ton

En este tipo de equipo movemos cualquier tipo de carga como; autopartes, cerveza, alimentos, electrodomésticos.




FURGÓN 60'



CARGA GENERAL


FURGÓN 60'




Longitud	18.5 mts
Longitud con coples	20.7 mts
Altura	4.8 mts
Capacidad	121.37 m ³
Peso neto sin carga	34.1 ton

En este tipo de equipo movemos cualquier tipo de carga: papel sanitario, producto terminado, láminas de triplay , bote de aluminio, entre otros.

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>




GÓNDOLA




GRANEL

GÓNDOLA




Longitud	15.8 mts
Longitud con coples	17.4 mts
Altura	2.87 mts
Capacidad	90 a 100 ton
Peso neto sin carga	29.7 ton

En este tipo de equipo movemos distintos productos a granel: minerales, carbón, metales, chatarra, entre otros.




GÓNDOLA MULTIUSOS



GRANEL

GÓNDOLA MULTIUSOS



Longitud	15.8 mts
Longitud con coples	17.4 mts
Altura	2.5 mts
Capacidad	70.96 m ³ .
Peso neto sin carga	30.4 ton

En este tipo de equipo movemos distintos productos a granel: minerales, carbón, metales, chatarra, sorgo.

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>


GÓNDOLA CUBIERTA


GRANEL

GÓNDOLA CUBIERTA



Longitud	13.3 mts
Longitud con coples	15.3 mts
Altura	4.1 mts
Capacidad carga	85 ton

Este tipo de equipo está acondicionado con cuneros y tapas para la carga de rollos de lámina rolada en frío y caliente para la industria automotriz.


TOLVA GRANELERA JUMBO


GRANEL

TOLVA GRANELERA JUMBO



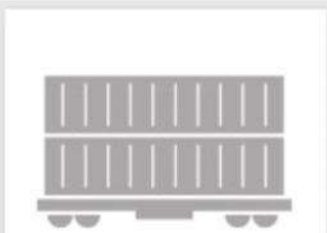
Longitud	15.8 mts
Longitud con coples	18.3 mts
Altura	4.7 mts
Capacidad	147 m ³
Peso neto sin carga	28.3 ton
Capacidad de carga neta	101.7 ton

En este tipo de equipo movemos principalmente productos agrícolas a granel: maíz, trigo, azúcar, entre otros.


Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>

Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres

Página 129




MAXI STACK III







CARGA GENERAL

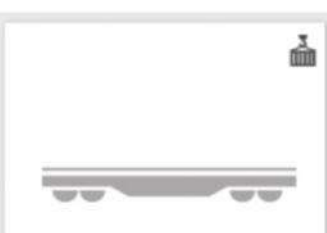
PLATAFORMA INTERMODAL MAXI STACK III (DOBLE ESTIBA)



En este tipo de equipo movemos contenedores ya sean de 20', 40' o 53'.

Longitud de cinco unidades:	89 mts
Longitud por unidad:	17.8 mts
Altura sin contenedores:	3.3 mts
Capacidad de carga:	266 ton
Peso neto sin carga:	98.4 ton

-  AUTOMÓVILES
-  LÍQUIDOS
-  GRANEL
-  CARGA GENERAL
- CONTENEDOR 53'
- FURGÓN 50'




PLATAFORMA



CARGA GENERAL

PLATAFORMA MULTIUSOS



En este tipo de equipo movemos material suelto (troncos, bloques, etc.).

Longitud:	18.2 mts
Capacidad de carga:	70 ton
Peso neto sin carga:	30 ton

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>



TOLVA ABIERTA



GRANEL

TOLVA ABIERTA



Longitud	17.6 mts
Longitud con coples	20.8 mts
Altura	4.25 mts
Capacidad	91 ton
Peso neto sin carga	27.4 ton

En este tipo de equipos movemos minerales y carbón a granel.



TOLVA GRANELERA



GRANEL

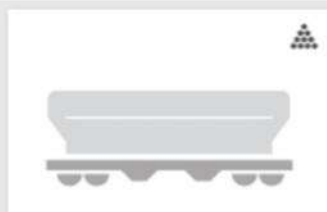
TOLVA GRANELERA




Longitud	15.8 mts
Longitud con coples	18.3 mts
Altura	4.4 mts
Capacidad	128 m ³
Peso neto sin carga	28.4 ton
Capacidad de carga neta	92 ton

En este tipo de equipo movemos: maíz, trigo, canola, sorgo, frijol, arroz y semillas, todos ellos a granel. También se mueven fertilizantes en este tipo de equipo.

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>




TOLVA CEMENTERA



GRANEL

TOLVA CEMENTERA



Longitud	12 mts
Longitud con coples	12.5 mts
Altura	4.6 mts
Capacidad	90 ton
Peso neto sin carga	25.4 ton

En este tipo de equipo movemos cemento a granel.

Fuente: <http://www.ferromex.com.mx/>