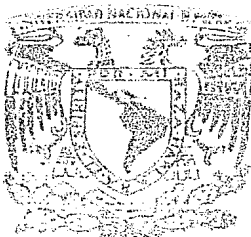


16
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Aragón"

INGENIERIA



Evaluación de la Factibilidad del Tramo Roseta, Nay. - Guadalajara, Jal. Perteneciente al Ferrocarril del Pacífico

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Ingeniero Civil

p r e s e n t a :

Jorge Abraham Millán Hurtado



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

JORGE ABRAHAM MILLAN HURTADO
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 28 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSE ANGEL LEAL GARZA, pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL TRAMO ROSETA, NAY. -GUADALAJARA, JAL. PERTENECIENTE AL FERROCARRIL DEL PACIFICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Méx., septiembre 4 de 1985.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p.- Coordinación de Ingeniería (21)
Unidad Académica
Departamento de Servicios Escolares
Asesor de Tesis

CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO 1 -----	1
1. INTRODUCCION -----	2
1.1. Generalidades sobre el Sistema Ferroviario -----	5
1.1.1. Antecedentes del Sistema Ferroviario -----	5
1.1.2. Situación Actual del Sistema Ferroviario -----	12
1.2. Antecedentes de la Ruta y Problemática Actual del Tramo por Evaluar -----	16
CAPITULO 2 -----	19
2. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL TRAMO -----	20
2.1. Geometría -----	20
2.1.1. Tramo Roseta - Tepic -----	20
2.1.2. Tramo Tepic - Guadalajara -----	22
2.2. Tráfico -----	26
2.2.1. Tráfico de Carga -----	26
2.2.2. Tráfico de Carga en el tramo en estudio -----	31
2.2.3. Tráfico de pasajeros -----	33
2.3. Operación -----	35
2.3.1. Tramo Roseta - Tepic -----	35
2.3.2. Tramo Tepic - Guadalajara -----	41
CAPITULO 3-----	46
3. ALTERNATIVAS PROPUESTAS Y SU EVALUACION -----	47
3.1. Proyección del Tráfico -----	47

3.1.1. Pronóstico del Tráfico de Carga 1983-2010 -----	47
3.1.2. Pronóstico del Tráfico de Carga para el Tramo en Estudio -----	63
3.1.3. Pronóstico del Tráfico de Pasajeros 1983-2010---	66
3.2. Alternativas Propuestas -----	68
3.2.1. Alternativa I; Comprendiendo ambos tramos estudiados -----	68
3.2.2. Alternativa II; Abarcando los tramos analizados-	78
3.2.3. Alternativa III; sólo comprende al tramo Roseta - Tepic -----	79
3.3. Inversiones con las alternativas -----	81
3.3.1. Costo de la superestructura de la vía -----	81
3.3.2. Costo de la infraestructura de la vía -----	89
3.3.3. Costo total -----	89
3.3.4. Inversión para las alternativas -----	91
3.4. Estimación de los beneficios -----	93
3.4.1. Metodología para la determinación de costos ---	93
3.4.2. Cuantificación de los beneficios -----	116
3.5. Evaluación de las alternativas -----	126
 CAPITULO 4 -----	 135
4. CONCLUSIONES -----	136

CAPITULO 5 -----	140
5. RECOMENDACIONES -----	141
APENDICES -----	143
APENDICE A -----	144
APENDICE B -----	147
BIBLIOGRAFIA -----	160

C A P I T U L O 1

INTRODUCCION

La consolidación del capitalismo como modo de producción dominante en nuestro país, en los últimos veinticinco años del - - siglo XIX, propició una serie de transformaciones de las cuales fue expresión el ferrocarril.

Efectivamente, la construcción de los ferrocarriles no se constituyó en factor que precediera al surgimiento del capital - - industrial característico de esa época a nivel mundial, sino que - - ese proceso respondió a la demanda de nuestra economía ya en movi- - miento, desempeñando entonces un papel decisivo.

En México la revolución que causó en el sistema de comuni- - caciones y transportes la construcción del ferrocarril, fue de tal magnitud, que se constituyó hasta la tercera década del presente - - siglo en el principal modo de transporte masivo.

No obstante, con el devenir de los años, su participación en el movimiento de bienes, mercancías y personas comparado con -- otros modos de transporte, ha ido disminuyendo paulatinamente a -- consecuencia del marcado deterioro en sus instalaciones e infraes- - tructura, motivado por el olvido a que ha sido sujeto en los últi- - mos años por parte del Gobierno Federal.

Referente al traslado de personas, su participación es - mínima, atendiendo alrededor del uno por ciento del tráfico generado a nivel nacional, prestando este tipo de servicio con equipos ya -

anticuados de regular funcionamiento. En el movimiento de carga, participa aproximadamente con el veinte por ciento del total nacional, movilizando grandes volúmenes de productos de bajo nivel específico pero estratégicos para el abasto popular y el desarrollo industrial, que por su naturaleza no pueden ser transportados por otros modos de transporte.

En la actualidad, las transformaciones económicas y sociales que se están operando en el país, redundan en un alza generalizada de bienes y servicios, lo que ha hecho recobrar el interés por el ferrocarril, dadas las ventajas que presenta en el consumo de combustibles y su mayor capacidad de carga, de tal forma que recientemente se ha presentado un incremento en el transporte de bienes y personas.

Esta nueva situación hace necesaria la urgente adecuación de la infraestructura ya existente a una mayor capacidad, para soportar el tránsito de trenes más largos y pesados para poder estar en condiciones de satisfacer la demanda actual y futura de transporte.

La Administración de los Ferrocarriles Nacionales de México está conciente de los cambios por efectuar, para esto ha realizado, entre otros, estudios de capacidad de la vía en aquellos tramos imitativos de sus diversas rutas, buscando soluciones acordes a sus necesidades.

Por lo antes expuesto y tratando de contribuir en la medida de las posibilidades, en el presente documento se plantea el análisis de la problemática operativa que se tiene en el tramo de vía-comprendio entre Roseta, Nay. y Guadalajara, Jal., del Ferrocarril-del Pacífico, para con esta base, proponer recomendaciones de solución que tiendan a mejorar las condiciones imperantes en dicho tramo.

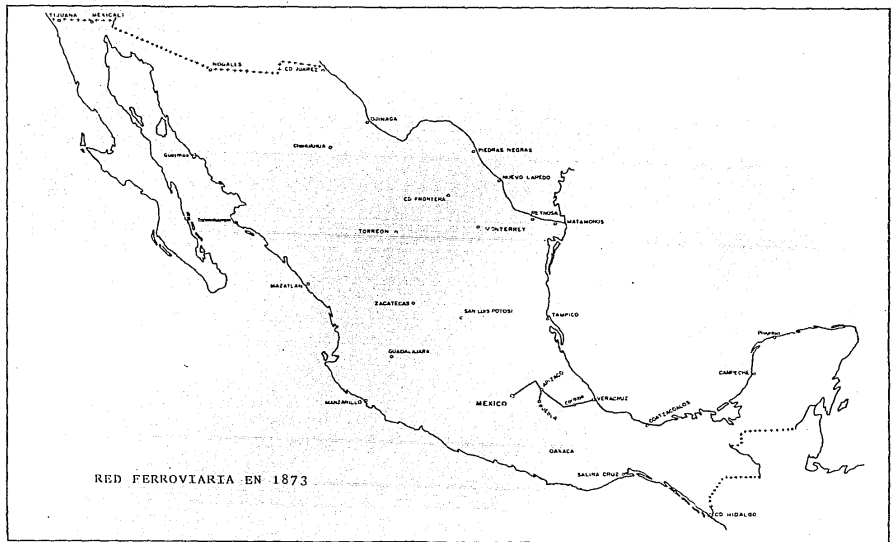
1.1. Generalidades sobre el Sistema Ferrovionario

1.1.1. Antecedentes del Sistema Ferrovionario

La historia del ferrocarril en México se inició el 22 de agosto de 1837, cuando el Presidente Anastasio Bustamante, otorgó la primera concesión para construir una vía férrea en México, que uniría la Ciudad de México con el Puerto de Veracruz. Pero a consecuencia de la difícil situación política que vivía el país en esa época y después de resolver infinidad de problemas, esta ruta fue inaugurada el 10. de enero de 1873, bajo el nombre de Ferrocarril Mexicano con una longitud de 423 kilómetros y un ramal de Apizaco a Puebla de 47 kilómetros.

En toda la línea de México a Veracruz y su ramal de Apizaco a Puebla se construyeron 10 viaductos, 150 puentes y 358 alcantarillas, señalando que el material rodante utilizado, consistía de : 26 locomotoras a vapor de varias clases, 36 coches diversos para pasajeros y 341 carros para transporte de mercancías, y el costo total de la obra en aquellos años fue de aproximadamente 27 millones de pesos.

Posteriormente, durante el mandato del General Porfirio Díaz, ciertas potencias extranjeras realizaron fuertes inversiones en la construcción de vías férreas, ésto, con el fin de facilitar las exportaciones de minerales y otras materias primas hacia sus pa



ises. Las principales rutas que en aquel entonces se habilitaron, conectaban a la capital del país con las ciudades fronterizas del norte y específicamente con el Puerto de Veracruz.

Si se observa un plano actual con la configuración de la Red Ferroviaria Nacional, nos daremos cuenta que dichas rutas aun predominan como largos corredores entre los puntos fronterizos del norte y el interior del país y hacia los principales puertos.

Cabe aclarar que en la construcción de las rutas efectuadas en aquella época, no se consideró alguna planeación ni aspectos de explotación para beneficio del país. A este respecto, significa relevante citar las observaciones hechas por el Ministro de Hacienda, Don José Ives Limantour, en su discurso ante las Cámaras Federales, el 16 de noviembre de 1908, y en el cual expresa: "La localización de las líneas deja mucho que desear, bien sea que se la considere desde el punto de vista de la renumeración de los capitales empleados en ellos, o por el lado de los intereses de las diversas regiones que atraviesan los ferrocarriles; y resentimos cada día más los inconvenientes de que se hubiese emprendido la construcción de las líneas troncales sin tener un plan general bien estudiado. Si desde un principio no se hubieran tomado en cuenta, de otro modo que como consideraciones de segundo orden, los móviles particulares de las empresas en las circunstancias especiales de cada caso, los ferrocarriles estarían explotándose hoy más económicamente en provecho de los accionistas y del público y gran número de comarcas que actualmente están aisladas, se hallarían unidas con cintas de acero al resto de la República. Trazos hechos por luga-

res difíciles con el objeto de pasar por determinadas propiedades; o viceversa, rutas escogidas por su bajo costo de construcción sin atender a las necesidades de las naciones o de los centros de producción y de consumo; líneas exageradamente desarrolladas con perjuicio de los fondos públicos, por razón de la subvención kilométrica; paralelismo de líneas en longitudes considerables y situadas a corta distancia unas de otras; ferrocarriles que comienzan en el desierto y concluyen en el mismo desierto; vías que jamás pudieron explotarse; éstos y otros varios inconvenientes se habrían entonces evitado, y los resultados pecuniarios de la explotación presentarían hoy un buen incentivo para la inversión de capitales en la construcción de nuevas líneas en lugar de ser, como está sucediendo en muchos casos, un motivo de serio desaliento ":

Apreciándose que en aquel entonces, el citado Ministro, intuía los problemas que al país le ocasionaba la falta de una programación adecuada de las obras por realizar.

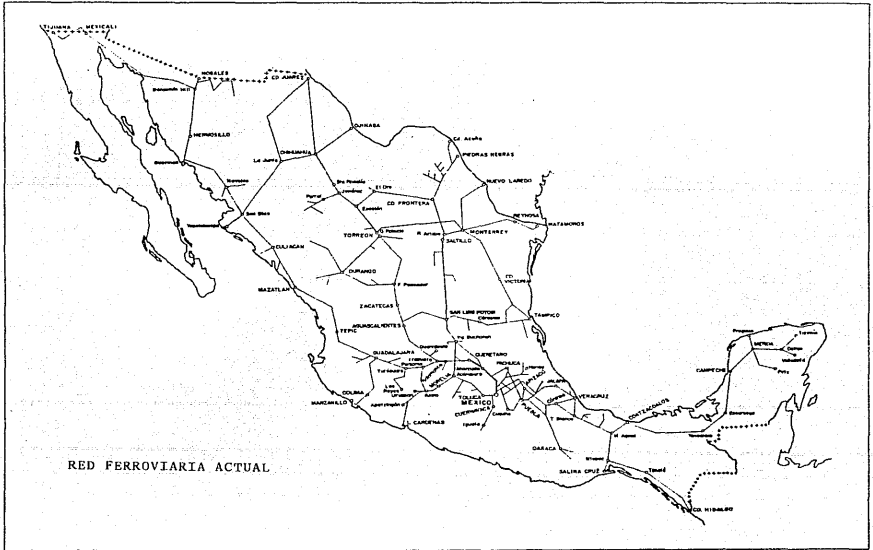
Al final del Porfiriato, México ya contaba con la mayoría de las líneas férreas hasta hoy existentes. Con el movimiento revolucionario de 1910 el desarrollo de la red ferroviaria se interrumpió, no volviendo a presentar un crecimiento importante en los años posteriores. Sin embargo, entre las obras ulteriores a la revolución destacan : La finalización en 1927 del Ferrocarril del Pacífico, que une Guadalajara, Jal. y Nogales, Son.; la terminación en 1948 de la línea Benjamín Hill - Mexicali del Ferrocarril Sonora Baja California; la conclusión en 1950 del tramo Coatzacoalcos a Campeche de los Ex-Ferrocarriles Unidos del Sureste y en noviembre-

de 1961 la inauguración de la línea troncal principal del Ferrocarril Chihuahua al Pacífico, entre Ojinaga, Chihuahua y Topolobampo, venciendo los formidables obstáculos que la Sierra Madre Occidental presentaba para realizar tal obra.

Con éstas y otras obras de menor magnitud, la red ferroviaria alcanza en la actualidad una extensión aproximada de 25,000 kilómetros.

En relación al equipo tractivo empleado al inicio del Sistema Ferroviario Nacional, éste consistía en locomotoras de vapor, las cuales fueron perfeccionadas con el paso del tiempo. Sin embargo, en los años treinta del actual siglo, hizo su aparición la locomotora diesel-eléctrica, que ofrecía grandes ventajas sobre la locomotora de vapor, principalmente por su mayor autonomía y disponibilidad, así como por la posibilidad de manejar varias de ellas con un sólo mando, aumentando considerablemente la fuerza tractiva.

En el año de 1944, fueron adquiridas algunas locomotoras diesel-eléctricas, para experimentar su comportamiento en el sistema, y hasta 1954 se proyectó la dieselización completa, misma que se continúa utilizando.



RED FERROVIARIA ACTUAL

1.1.2. Situación Actual del Sistema Ferroviario

Actualmente la Red Ferroviaria Nacional, está integrada - por cuatro empresas fusionadas en una sola administración, las cuales son :

Ferrocarriles Nacionales de México,
Ferrocarril del Pacífico, S. A. de C. V.,
Ferrocarril Chihuahua al Pacífico, S. A. de C. V. y,
Ferrocarril Sonora Baja - California, S. A. de C. V.

Cabe hacer notar que hasta hace pocos años, los Ferrocarriles Unidos del Sureste, S. A. de C. V. (Coatzacoalcos - Mérida) - formaban parte de este grupo de empresas, siendo fusionados por - Acuerdo Presidencial a Ferrocarriles Nacionales de México, el 26 de marzo de 1982, fecha de su publicación en el Diario Oficial de la - Federación, quedando las cuatro empresas antes citadas.

Referente al riel tendido en líneas troncales y ramales - del Sistema, se tomaron datos estadísticos de los propios Ferrocarriles, donde se especifica su peso, tipo y fecha de laminación, - así como la longitud de vías férreas por empresa, de acuerdo al escantillón de vía ancha (1.435 m.) o de angosta (0.914 m.), misma - que se detalla en el siguiente cuadro :

E M P R E S A	Ancho de Vía	Kms. de Vía
Ferrocarriles Nacionales de México	Normal	18,654
	Angosta	391
Ferrocarril del Pacífico, S.A. de C.V.	Normal	2,893
Ferrocarril Chihuahua al Pacífico, S.A. de C.V.	Normal	1,765
Ferrocarril Sonora - Baja California, S.A. de C.V.	Normal	714
T O T A L		<u>24,417</u>

Las líneas férreas de vía angosta pertenecientes a Ferrocarriles Nacionales de México y que se encuentran actualmente en operación son :

Oriental - Teziutlán	90 kms.
Mérida - Peto	153 kms.
Acanceh - Soquta	57 kms.

Por lo que respecta a la existencia de equipo tractivo en los Ferrocarriles Nacionales de México, cabe mencionar que hasta diciembre de 1985 se tenían 1,553 locomotoras para vía de 1.435 m.- de escantillón, y 15 locomotoras para vía angosta; el Ferrocarril del Pacífico 168 locomotoras; el Ferrocarril Chihuahua al Pacífico- 57 locomotoras, y el Ferrocarril Sonora Baja California 21 locomotoras, lo que significa un total de 1,814 locomotoras para operar en-

la Red Ferroviaria Nacional.

Del equipo de arrastre con que cuenta el Sistema Ferro --
viario Nacional, éste, está compuesto por Carros de Carga, Coches --
de Pasajeros, Coches de Express y Coches Correo, principalmente. --
En el Cuadro Estadístico 1.1. se consigna el equipo de arrastre --
existente por empresa ferroviaria.

1.2. Antecedentes de la Ruta y Problemática Actual del Tramo por Evaluar

El Ferrocarril del Pacífico en su vía troncal, tiene una extensión de 1,762 kilómetros, comunicando a la Ciudad de Guadalajara, Jal. con Nogales, Son. en la frontera con los Estados Unidos. Cuenta además con diversos ramales de los cuales destacan los tramos de Agua Prieta a Nacozari y de Agua Prieta a Cananea. Su red conecta en Guadalajara con los Ferrocarriles Nacionales de México, en sufragio con el Ferrocarril Chihuahua al Pacífico y en Benjamín Hill con el Ferrocarril Sonora Baja California.

Los orígenes del Ferrocarril del Pacífico se remontan a la construcción del Ferrocarril de Sonora, que se realizó con vía ancha y contaba con una extensión de 422 km. partiendo del Puerto de Guaymas, pasando por Hermosillo, y terminando en la frontera norte, en la Ciudad de Nogales. Por otro lado, el Ferrocarril de Nacozari, se llevó a cabo de la Ciudad de Agua Prieta a la región minera de Nacozari. La construcción de estos ferrocarriles fue realizada durante el período comprendido entre 1884 y 1904.

En 1905 la compañía del Ferrocarril Sud-Pacífico de México, inició la construcción de su troncal de Guaymas hacia el sur, hasta llegar a Mazatlán en 1909, continuándose luego a la Ciudad de Guadalajara. El 15 de abril de 1927 se terminó lo que ahora se conoce como el Ferrocarril del Pacífico, habiendo corrido el primer tren de Guadalajara a Nogales el 17 de abril del mismo año.

Aun cuando en el pasado el transporte ferroviario en la - región noroeste del país fue bastante desahogado, en la actualidad - con el incremento del tráfico, tanto de carga como de pasajeros, se hace necesario tener una mayor eficiencia, por lo que es indispensa - ble analizar los principales problemas de infraestructura, así como los de operación. Mismos que son explicados a continuación:

Los trenes que parten de la Ciudad de Nogales, Son., - -- deben vencer una pendiente de 2% en el tramo Nogales-Encina, con - una longitud de 5.4 km., por lo que se necesitan máquinas adicionales, denominadas ayudadoras, que en este tramo por lo general son - locomotoras en servicio de patio asignadas a Nogales.

A partir de la estación de Encina, Son. en el kilómetro - 10.5, el tren puede desplazarse con menor fuerza tractiva hasta lle - gar a la estación de Roseta, Nay., en el kilómetro 1437.8 en donde - es forzosa nuevamente la utilización de máquinas ayudadoras, debido a que se inicia el tramo más problemático en la operación del Ferro - carril del Pacífico, objeto del presente trabajo, con una longitud de 326.7 kilómetros, y teniendo como término la estación de Guadala - jara, Jal., en el kilómetro 1764.5 (croquis No. 1).

Continuando con el mismo orden de ideas, se menciona que - es necesario movilizar, por este tramo, grandes volúmenes de produc - tos con origen al noroeste de la República y con destino al Centro del País, principalmente a la Ciudad de México y Zona Metropolitana - na, el tránsito de trenes rumbo al sur debe vencer la fuerte pen - -

diente que existe obligando a que operen trenes muy cortos con agrupamiento de fuerza tractiva que en algunos casos llega a ser hasta de cuatro locomotoras, las cuales al regresar solas producen una alta ocupación de la vía, señalando que al transitar los trenes por esta sección se encuentran con pendientes compensadas de hasta 2.4% y altos grados de curvatura, que en algunos casos llegan a 8º, lo que trae como consecuencia una limitación de la velocidad de aproximadamente 50 km./hora para los trenes de pasajeros y a 30 km./hora para los de carga, traduciéndose en altos tiempos de recorrido, que ponen este modo de transporte terrestre en desventaja con respecto al carretero.

Por la problemática antes señalada, es imprescindible el tomar medidas tendientes a mejorar la operación, tales como aumentar la capacidad de transportación, reducir los tiempos de recorrido y los costos operativos.

CAPITULO 2

2. CARACTERISTICAS ACTUALES DEL TRAMO

Para analizar la capacidad de cualquier tramo de una línea o ruta, es necesario conocer sus principales características geométricas, de tráfico y operativas con objeto de tener información confiable y de soporte para la realización del estudio.

2.1. Geometría

La línea troncal del Ferrocarril del Pacífico desde el Puerto de Mazatlán, Sin. hasta la Ciudad de Guadalajara, Jal., para fines operativos, está dividida en dos Distritos, siendo éstos el de Mazatlán, iniciando en el Puerto y terminando en la estación de Tepic, Nay., y el de Tepic, principiando en esa ciudad y finalizando en la Ciudad de Guadalajara, Jal.

El tramo en estudio está comprendido en estos Distritos del km. A-1 437.8 al km. A-1 764.5 de la vía troncal, y debido a que la forma de operar no es igual en los Distritos mencionados, se han considerado para fines de estudio dos tramos : Roseta-Tepic y Tepic-Guadalajara.

2.1.1. Tramo Roseta - Tepic

Este tramo se localiza entre los kilómetros A-1 437.8 y A-1 490.7, con una longitud de 52.9 kilómetros, cuenta con siete estaciones, mismas que son detalladas en su ubicación y elevación

aproximada sobre el nivel del mar, a continuación.

<u>ESTACION</u>	<u>KILOMETRO</u>	<u>ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR(m.)</u>
Roseta	A- 1 437.8	90
Corte	A-1 444.0	170
Mango	A-1 454.7	395
Ignacio Borrego	A-1 460.4	520
Aguirre	A-1 468.9	700
Mora	A-1 477.8	900
Tepic	A-1 490.7	910

A partir de la estación de Roseta el trazo de la vía - - abandona la planicie, para iniciar el ascenso a la Sierra Madre - Occidental salvando infinidad de obstáculos y accidentes topográficos, lo que da lugar a un excesivo desarrollo de la vía con gran - cantidad de curvas y fuertes pendientes, tal y como se detalla en - el siguiente cuadro :

T R A M O	PENDIENTE MAXIMA COMPENSADA 1)		
	RUMBO SUR	RUMBO NORTE	CURVATURA
Roseta-Corte	2.4%	0.0%	6º
Corte-Mango	2.4%	0.0%	6º
Mango-Ignacio Borrego	2.4%	0.0%	6º
Ignacio Borrego-Aguirre	2.4%	0.0%	6º
Aguirre-Mora	2.4%	0.0%	6º
Mora-Tepic	1.5%	0.0%	4º

1) Entendiéndose por pendiente compensada, a la pendiente calculada que toma en cuenta la resistencia adicional soportada por el tren debido a la curvatura de la vía, siendo estimada a razón de 0.05% de pendiente por cada grado de curvatura.

2.1.2. Tramo Tepic - Guadalajara

Este tramo se localiza entre los kilómetros A-1 490.7 y A-1 764.5 teniendo una longitud de 273.8 kilómetros, en este tramo existe un total de 24 estaciones. La estación Guadalajara del Ferrocarril del Pacífico se localiza en el kilómetro A-1 762.0 - mientras que la de los Ferrocarriles Nacionales de México se localiza en el kilómetro A-1 764.5, las estaciones con su kilometraje y elevación aproximada en metros sobre el nivel del mar se listan a continuación :

E S T A C I O N	KILOMETRO	ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR (METROS)
PANTAL	A-1 500.5	915
COSTILLA	A-1 506.3	930
COMPOSTELA	A-1 524.0	895
BORBOLLON	A-1 533.4	885
CERRO PELON	A-1 547.0	920
CONDE	A-1 559.5	815
VALLE VERDE	A-1 573.2	785
MARQUESADO	A-1 583.2	885
AHUACATLAN	A-1 595.5	980

E S T A C I O N	KILOMETRO	ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR (METROS)
IXTLAN	A-1 606.3	1 010
GRACIA	A-1 618.5	1 170
BARRANCAS	A-1 628.0	1 290
AGUA FRIA	A-1 645.5	1 400
LA QUEMADA	A-1 657.5	1 395
MAGDALENA	A-1 665.9	1 380
CUERVO	A-1 678.5	1 305
TEQUILA	A-1 692.9	1 205
AMATITAN	A-1 705.2	1 230
ARENAL	A-1 720.1	1 370
EMPALME ORENDAIN	A-1 728.5	1 465
LA VENTA	A-1 742.3	1 590
JOCOTAN	A-1 755.5	1 625
GUADALALARA FERRO- CARRIL DEL PACIFICO	A-1 762.0	1 575
GUADALAJARA FERRO- CARRILES NACIONA- LES DE MEXICO	A-1 764.5	1 550

Las pendientes máximas compensadas y la curvatura máxima existente, rumbo sur y rumbo norte, son :

T R A M O	PENDIENTE MAXIMA COMPENSADA		CURVATURA
	RUMBO SUR	RUMBO NORTE	
TEPIC-PANTANAL	0.80%	0.85%	1°
PANTANAL-COSTILLA	0.43%	0.00%	0°30'
COSTILLA-COMPOSTELA	1.00%	1.00%	6°
COMPOSTELA-BORBOLLON	1.00%	1.00%	5°
BORBOLLON-CERRO PELON	1.00%	0.86%	6°
CERRO PELON-CONDE	0.00%	1.00%	6°
CONDE-VALLE VERDE	1.00%	1.00%	6°
VALLE VERDE-MARQUESADO	1.50%	0.00%	6°
MARQUESADO-AHUACATLAN	1.50%	0.20%	6°
AHUACATLAN-IXTLAN	0.90%	0.20%	3°
IXTLAN-GRACIA	1.50%	0.00%	4°15'
GRACIA-BARRANCAS	1.50%	0.20%	6°
BARRANCAS-AGUA FRIA	1.25%	1.00%	8°
AGUA FRIA-LA QUEMADA	1.00%	1.00%	6°
LA QUEMADA-MAGDALENA	1.25%	1.00%	0°
MAGDALENA-CUERVO	1.25%	1.00%	2°30'
CUERVO-TEQUILA	0.00%	1.00%	6°
TEQUILA-AMATITAN	1.00%	0.85%	4°
AMATITAN-ARENAL	1.27%	1.00%	6°
ARENAL-EMPALME ORENDAIN	1.50%	0.00%	6°

T R A M O	PENDIENTE MAXIMA COMPENSADA		CURVATURA
	RUMBO SUR	RUMBO NORTE	
EMPALME ORENDAIN LA VENTA	2.00%	0.63%	6º
LA VENTA-JOCOTAN	1.75%	1.53%	1º
JOCOTAN-GUADALAJARA F.C.P.	0.00%	1.56%	2º
GUADALAJARA F.C.P. GUADALAJARA FCNdeM	0.00%	1.41%	0º

Este tramo cuenta en su mayoría con pendientes máximas - compensadas que van del 1.0% al 1.5% en ambos sentidos, con excepción del tramo comprendido entre las estaciones de Empalme Orendain y La Venta, donde se tiene una pendiente máxima compensada del 2.0% rumbo al sur.

En el plano No. 1 anexo se detalla la planta y el perfil del tramo comprendido entre la estación de Roseta y la estación de Guadalajara, así como las curvas de nivel a cada 500 metros, la ubicación y kilometraje de las estaciones

2.2. Tráfico

En toda empresa de transporte, el renglón referente a su tráfico es una cuestión primordial y trascendental para el buen funcionamiento de la misma. Por tal motivo es necesario conocer y analizar diariamente su comportamiento.

Para el caso que nos ocupa, el estudio correspondiente - al movimiento de bienes y personas que se realiza sobre las líneas del Ferrocarril del Pacífico es imprescindible, para poder determinar la capacidad actual y futura de servicio en el tramo analizado.

2.2.1. Tráfico de Carga

Los análisis del tráfico de carga por lo regular se realizan utilizando la carga comercial como indicador, es decir, las toneladas netas, excluyendo lo concerniente al peso del equipo. Dentro de estos análisis, se debe considerar que cada producto movilizado tiene diferente densidad, por lo cual, el tonelaje neto por carro es distinto. Para ilustrar lo antes expuesto, a continuación se lista a manera de ejemplo, las toneladas por carro de algunos productos que se manejan en este modo de transporte.

Algodón	16 Tons./Carro
Azúcar	36 Tons./Carro
Carbón	55 Tons./Góndola
Minerales	60 Tons./Góndola
Huevo y Mantequilla	12 Tons./Carro
Ganado	12 Tons./Jaula
Madera	28 Tons./Plataforma
Maíz	42 Tons./Carro
Manzana, Naranja	18 Tons./Carro
Papas	18 Tons./Carro
Plátano	11 Tons./Carro-Refrigerador
Petróleo	28 Tons./Carro-Tanque
Trigo	46 Tons./Carro
Tomate	16 Tons./Carro-Refrigerador
Mercancías en gral.	45 Tons./Carro

Referente al tráfico de carga manejado en el Ferrocarril del Pacífico cabe mencionar, que en los últimos 14 años ha crecido a una tasa promedio anual del 5.2%, al pasar de 4,081 miles de toneladas en 1971 a 8,259 en 1985. Históricamente de los productos transportados por este ferrocarril, los agrícolas son los de mayor importancia, dado que para el período de 1971 a 1985 en términos relativos, ha representado el 55.0% en promedio respecto del total transportado; correspondiendo a los industriales el segundo grupo, con una participación promedio del 29.0%

El total de productos manejados lo compone básicamente - nueve grupos, siendo éstos : Los Forestales, Agrícolas, Animales y sus Productos, Minerales, Petróleo y sus Derivados, Inorgánicos, - Productos Industriales, Menos de Carro por Entero y Materiales y - Equipo de otros Ferrocarriles.

Los volúmenes históricos transportados, así como su participación relativa, se consignan en el cuadro 2.2.1. Anexo.

De los grupos antes mencionados se realizó un muestreo - para conocer los principales productos transportados, siendo éstos:

FORESTALES	Madera corriente Madera corriente labrada Madera para pulpa
AGRICOLAS	Trigo Frijol soya Semilla de sorgo Forrajes-pastas-semillas Oleaginosas Maíz
ANIMALES Y SUS PRODUCTOS	Ganado vacuno, bovino Sebo y grasas no específicas
MINERALES	Mineral y concentrado de cobre Mineral de fierro Otros productos minerales
PETROLEO Y SUS DERIVADOS	Gas para combustible Diesel Asfalto
INORGANICOS	Sal, cal Dolomita y magnesita Piedra de yeso
INDUSTRIALES	Fertilizantes no especificados Fertilizantes amoníaco Cemento, desperdicio de fierro Azúcar, aceite y grasas vegetales

Cabe mencionar que el Ferrocarril del Pacífico atraviesa una zona netamente agrícola, entre Sonora y Sinaloa que son los principales Estados productores de trigo, cártamo, frijol, soya y semilla de algodón y ocupan relevancia, junto con los Estados de Nayarit y Jalisco, en la producción de otros productos agrícolas.

De acuerdo a lo indicado, es de considerarse que los principales productos industriales transportados se relacionan con el Sector Agrícola, siendo los fertilizantes los de mayor importancia.

FERROCARRIL DEL PACÍFICO
 EFECTIVO DE CARGA Y SU IMPORTANCIA RELATIVA POR GRUPO DE PRODUCTOS
 (RELACIONES %TAM)

CUADRO 17.2.1.1

30

AÑO	SUS PRODUCTOS				SUS RELATIVOS			INDUSTRIALES		POR CIENTO FERROCARRILES	TOTAL
	BOVEDALES	AVICOLAS	ANIMALES Y	MINERALES	PECUARIOS	INDUSTRIALES	AGRICOLAS	PAQUE DE CARGA INDUSTRIALES			
1971	38.410	2.243.875	44.873	189.741	341.181	58.117	1.113.470	45.476	0	4.581.131	100,0
	0,9%	50,9%	1,0%	4,4%	8,3%	1,3%	27,4%	1,0%	0,0%	100,0	
1972	44.144	2.131.284	53.987	151.076	337.556	49.705	1.123.214	45.841	0	4.639.410	100,0
	0,9%	52,3%	1,3%	3,7%	8,3%	1,2%	26,5%	1,2%	0,0%	100,0	
1973	36.907	2.492.227	58.433	163.984	409.475	45.218	1.213.616	48.895	0	4.576.112	100,0
	0,8%	54,2%	1,3%	3,6%	9,2%	1,0%	28,4%	1,0%	0,0%	100,0	
1974	47.131	2.755.431	51.303	207.441	463.794	52.544	1.524.640	49.143	0	5.132.477	100,0
	0,9%	53,0%	1,0%	4,0%	9,0%	1,0%	29,3%	0,9%	0,0%	100,0	
1975	54.079	3.413.375	37.320	194.133	489.184	39.019	1.513.074	42.475	0	5.881.355	100,0
	0,9%	58,3%	0,8%	3,3%	8,5%	1,0%	26,6%	0,7%	0,0%	100,0	
1976	44.335	3.466.216	46.621	171.627	479.137	111.445	1.613.941	34.724	0	6.003.906	100,0
	0,7%	57,7%	0,8%	2,8%	8,1%	1,8%	27,2%	0,6%	0,0%	100,0	
1977	34.676	3.760.485	35.315	242.256	576.413	112.363	1.872.915	36.301	0	6.950.117	100,0
	0,7%	59,3%	0,5%	3,5%	8,2%	1,7%	27,1%	0,5%	0,0%	100,0	
1978	44.337	3.393.074	52.619	271.320	529.959	93.744	1.736.955	33.254	0	6.125.064	100,0
	0,7%	51,7%	0,8%	4,3%	8,5%	1,5%	29,3%	0,5%	0,0%	100,0	
1979	42.166	2.994.841	47.226	376.243	544.783	55.275	1.951.504	32.584	12,6%	6.049.275	100,0
	0,7%	49,5%	0,7%	6,2%	9,0%	1,3%	31,4%	0,5%	12,6%	100,0	
1980	45.739	4.672.382	45.424	415.494	475.271	105.270	1.767.330	24.647	1,3%	7.210.314	100,0
	0,8%	59,1%	0,6%	5,4%	6,5%	2,2%	24,6%	0,3%	1,3%	100,0	
1981	35.819	3.743.372	33.849	719.073	371.737	147.144	1.634.217	21.265	12	5.014.887	100,0
	0,5%	51,5%	0,4%	10,8%	5,3%	2,1%	26,8%	0,3%	12,0%	100,0	
1982	29.879	4.207.445	14.862	649.734	336.036	177.716	2.081.270	23.474	2,8%	7.529.891	100,0
	0,4%	55,9%	0,2%	8,4%	4,7%	2,3%	27,6%	0,3%	2,8%	100,0	
1983	32.512	5.155.388	18.194	663.311	716.774	66.480	2.116.985	25.343	0	8.335.488	100,0
	0,3%	61,0%	0,2%	7,9%	7,9%	1,2%	24,6%	0,3%	0,0%	100,0	
1984	40.624	4.872.483	11.146	503.884	181.618	165.040	2.048.914	21.274	2,3%	8.642.254	100,0
	0,4%	56,2%	0,1%	5,7%	2,1%	1,1%	23,1%	0,2%	2,3%	100,0	
1985	34.923	4.654.469	7.688	477.684	261.283	134.810	3.359.228	19.415	2,6%	8.229.274	100,0
	0,4%	59,4%	0,1%	6,0%	2,7%	1,6%	40,7%	0,2%	2,6%	100,0	
TASA DE CRECIMIENTO DE EL PERÍODO 1971-1985	-0,7%	6,2%	-11,8%	7,2%	-3,7%	7,3%	8,2%	-5,7%		5,2%	

FUENTES: Series Estadísticas 1972-1980, Ferrocarril del Pacífico, S.A. de C.V., Departamento de Planeación.

Estadística Ferroviaria Nacional 1981 S.C.T. Dirección General de Ferrocarriles en Operación, Departamento de Pistas y Programación.

Informe Anual Estadístico, Ferrocarril del Pacífico, S.A. de C.V.

2.2.2. Tráfico de Carga en el tramo en estudio

El tráfico de carga con dirección sur que se mueve entre las estaciones de Roseta, Nay. km. A-1 437.8 y Tepic., Nay. km. A-1 490.7, ha crecido en los últimos 14 años a una tasa promedio anual del 4.1%, al pasar de 1,816.8 miles de toneladas en 1971 a 3,205.8 miles de toneladas en 1985. Así mismo, entre Tepic. Nay. km. A-1 490.7 y Guadalajara, Jal. km. A-1 764.5 los volúmenes de carga pasaron de 1,854.0 a 3,233.5 miles de toneladas, es decir, se creció a una tasa promedio anual del 4.0%.

El transporte de carga con dirección norte, ha tenido un crecimiento promedio anual del 6.3%, entre la estación de Guadalajara, Jal. y Tepic, Nay. y 5.9% entre Tepic, Nay. y Roseta, Nay. al pasar los volúmenes movilizados del primer tramo de 535.2 a 1,270.7 miles de toneladas durante el período antes referido; para el segundo tramo, de 435.2 a 1,195.3 miles de toneladas en el mismo lapso.

En el cuadro 2.2.2. Anexo, se detallan las toneladas netas y brutas por año a partir de 1971, para ambos sentidos, entre las estaciones antes mencionadas.

FERROCARRIL DEL PACIFICO
 TRAFICO DE CARGA EN EL TRAMO ROSETA,NAY.-GUADALAJARA,JAL.
 Miles de Toneladas

Cuadro 2.2.2

AÑO	S U R				N O R T E			
	Roseta-Tepic		Tepic-Guadalaajara		Guadalaajara-Tepic		Tepic-Roseta	
	Netas	Brutas	Netas	Brutas	Netas	Brutas	Netas	Brutas
1971	1,816.8	2,886.0	1,854.0	2,858.4	535.2	1,466.4	535.2	1,611.6
1972	1,699.2	2,726.4	1,724.4	2,754.0	580.8	1,647.6	580.8	1,610.4
1973	1,860.0	3,114.0	1,908.0	3,104.4	628.8	1,846.8	628.8	1,814.4
1974	2,022.0	3,235.2	2,091.6	3,358.8	784.8	2,088.0	784.8	1,939.2
1975	2,800.8	4,340.4	2,872.8	4,490.4	735.6	2,414.4	642.0	2,083.2
1976	2,799.6	4,501.2	2,847.6	4,605.6	849.6	2,580.0	746.4	2,390.4
1977	2,630.4	4,167.6	2,658.0	4,266.0	1,092.0	2,727.6	962.4	2,536.8
1978	2,314.8	3,607.2	2,371.2	3,763.2	960.0	2,496.0	822.0	2,258.4
1979	2,448.0	3,825.6	2,528.4	4,030.8	960.0	2,539.2	806.4	2,250.0
1980	3,394.8	5,211.6	3,380.4	5,274.0	784.8	2,556.0	699.6	2,377.2
1981	3,360.0	5,160.0	3,345.6	5,221.2	776.4	2,529.6	692.4	2,353.2
1982	3,205.2	4,974.0	3,172.8	4,936.8	760.8	2,912.6	741.6	2,704.8
1983	3,658.8	5,634.0	3,654.0	5,612.4	813.6	2,917.2	784.8	2,905.2
1984	3,135.3	4,966.8	3,797.3	6,015.5	1,010.6	2,760.2	1,121.4	3,062.8
1985	3,205.8	5,179.2	3,233.5	5,223.9	1,270.7	3,427.4	1,195.3	3,224.0

FUENTE: Estadística Ferroviaria Nacional 1971a1983 S.C.T. D.G.F.O.
 Departamento de Planes y Programas.

2.2.3. Tráfico de pasajeros

El tráfico de pasajeros en el Ferrocarril del Pacífico, pasó de 908 miles de pasajeros en 1971 a 1,813 miles en 1985, representando un crecimiento promedio anual del 5.1%. Para el mismo período, en pasajeros-kilómetro el crecimiento medio anual fue de 6.5%, pasando de 595.1 a 1,433.9 millones de pasajeros kilómetro.

El detalle de este tráfico se consigna a continuación :

FERROCARRIL DEL PACIFICO
TRAFICO DE PASAJEROS

A Ñ O	Miles de Pasajeros Transportados	Millones de Pasajeros Kilómetro Transportados
1971	908	595.1
1972	1 010	663.7
1973	1 137	696.6
1974	1 324	838.4
1975	1 176	829.5
1976	1 265	881.0
1977	1 704	1 154.3
1978	1 727	1 188.8
1979	1 832	1 300.7
1980	1 825	1 324.5
1981	1 792	1 312.9
1982	1 776	1 256.3
1983	1 738	1 280.1
1984	1 670	1 291.9
1985	1 813	1 433.9

De los trenes de pasajeros, cabe citar que -
esta empresa opera dos servicios diariamente, en cada dirección, -
en su troncal entre Guadalajara, Jal. y Nogales, Son. Ambos tre-
nes conectan en Benjamín Hill, Son. con trenes del Sonora - Baja -
California con destino a/o procedentes de Mexicali, B.C.N. - --
Los trenes 1 y 2 del Pacífico (El Costeño) son rápidos que efec-
túan el recorrido entre Guadalajara y Nogales en 25h25min., según
el horario, y están formados exclusivamente por Coches de Primera-
Especial y Dormitorios, indicando que estos tiempos de recorrido -
son competitivos con el autotransporte.

2.3. Operación

2.3.1. Tramo Roseta - Tepic

Número y Composición de los Trenes

En el Distrito de Mazatlán entre las estaciones de Roseta y Tepic, transitan actualmente un promedio diario de 11 trenes rumbo al sur, que incluyen 2 trenes de pasajeros, 4 trenes directos con formaciones que varían de 9 carros con 1 locomotora hasta 22 carros con 2 locomotoras y 5 trenes dobleteros con una formación media de 27 carros y 3 locomotoras; rumbo al norte, mueven en promedio 12 trenes en los que se incluyen 2 trenes de pasajeros, 3 trenes directos con formación media de 74 carros con una locomotora y 7 regresos de máquinas solas. Lo anterior hace un total de 23 trenes al día en ambas direcciones.

De los muestreos practicados, se apreció que es frecuente que en este tramo se presenten picos que varían alrededor del 13% sobre el valor promedio de trenes de carga.

Número y Capacidad de los Laderos

Para aclarar la interpretación de este punto, inicialmente se define qué son los laderos de operación; entendiéndose como aquellas secciones de vía auxiliares destinadas a permitir los encuentros y rebases de trenes en la ruta, los cuales nunca deberán ser ocupados por equipo motor o rodante con otro fin al indicado.

El tramo en cuestión cuenta con 4 laderos intermedios con capacidad suficiente para admitir las formaciones promedio que se manejan, tanto al norte como al sur.

Recientemente se construyó un ladero (Ignacio Borrego) - con capacidad de 33 unidades entre las estaciones de Mango y Aguirre. A continuación se relaciona las capacidades con que cuenta cada ladero del tramo analizado.

Laderos Km.	Tiempo de Tránsito	Capacidad de las vías auxiliares en unidades de 18 mts.
Roseta 6.3	13	94
Corte 10.7	22	71
Mango 5.3	11	77
Ignacio Borrego 8.1	17	33
Aguirre 8.9	19	107
Mora 12.9	16	70
Tepic		Patio

Capacidad actual de la vía

La capacidad máxima en trenes por día de una vía sencilla de ferrocarril, está expresa por la siguiente ecuación :

$$C_m = \frac{24 \cdot 60}{T + t} = \frac{1440}{T+t}$$

En la que :

C_m = Capacidad máxima en trenes por día

T = Tiempo de tránsito del tren más lento en el tramo - de mayor tiempo de recorrido, en minutos

t = Tiempo medio adicional al de tránsito requerido para el encuentro, en minutos

24 = Horas del día

60 = Minutos por cada hora

La expresión anterior presupone que los trenes son de tal magnitud que caben en todos los laderos de operación.

Un elemento importante de la operación, lo constituye la eficiencia en el despacho de trenes, la cual afecta sensiblemente la capacidad de operación de la vía. Esta eficiencia se ha determinado en una forma práctica, variando entre el 70 y 80% dependiendo del sistema de despacho con que se cuente, que para este caso lo significa el denominado de órdenes de tren, para el cual se tiene fijado el 70% como factor.

Considerando este factor, se tiene que la capacidad potencial de la vía será la capacidad máxima multiplicado por el factor de eficiencia en el despacho, ésto es :

$$C_p = F \cdot C_m$$

$$C_p = F \left(\frac{24 \cdot 60}{T + t} \right)$$

$$C_p = \frac{0.70 \cdot 24 \cdot 60}{T + t} = \frac{1008}{T + t}$$

Para fines prácticos la capacidad potencial utilizada es:

$$C_p = \frac{1000}{T + t}$$

Con esta base y considerando las características físicas y operativas del tramo estudiado, se tiene que el ladero Ignacio - Borrego ubicado en el km. 1 460, admite únicamente formaciones menores a las 33 unidades, si se recuerda que rumbo al norte se operan formaciones de 75 unidades, es menester analizar la capacidad de vía con y sin el ladero antes mencionado.

Sin tomar en cuenta el ladero antes citado, el tramo limitador sería de 31 minutos, mediante encuentros alternos con tiempo de espera de 10 minutos, obteniendo con estos indicadores una capacidad potencial calculada de :

$$C_p = \frac{1000}{T+t} = \frac{1000}{31+10} = 24 \text{ trenes por día}$$

Considerando en la operación el ladero mencionado, el tiempo de espera incrementaría a 15 minutos, ya que este sitio únicamente admite formaciones cortas afectando los trenes largos que se ven en la necesidad de ocupar la vía principal en cada encuentro que se suceda con los trenes cortos. La capacidad potencial sería : $C_p = \frac{1000}{22+15} = 27$ trenes por día

El número de trenes y carros que se manejan con las condiciones actuales de operación es :

Rumbo Sur :

4 trenes de hasta 12 carros = $4 \times 12 = 48$ carros

5 trenes de hasta 27 carros = $5 \times 27 = 135$ carros

Rumbo Norte :

Totales $\frac{3}{12}$ trenes de hasta 74 carros = $3 \times 74 = \frac{222}{405}$ carros

Lo que nos da un promedio diario de 12 trenes, los cuales movilizan alrededor de 405 unidades al día.

Limitaciones operativas

Las principales limitaciones operativas detectadas son:

- Es frecuente que las locomotoras de los trenes dobleteros y ayudadoras regresen solas y no en grupo o acopladas a trenes, lo que dificulta el trabajo del despachador, incrementa innecesariamente el número de trenes, complicando la operación y disminuyendo la seguridad.

- La capacidad a solamente 33 carros del ladero de Ignacio Borrego limita su utilización, haciendo eso de él principalmente para - encuentros con máquinas bajando y trenes de pasajeros. Sin - embargo, ha permitido incrementar un poco la capacidad del tramo de 24 a 27 trenes diarios.

- La mayoría de los trenes dobleteros suben la cuesta de Roseta a Tepic separados, incrementando la ocupación de la vía con estos trenes cortos.

- Las demoras por encuentro de trenes en este tramo en promedio so brepasan los 30 minutos.

2.3.2. Tramo Tepic - Guadalajara

Número y Composición de los Trenes

En este tramo perteneciente al Distrito de Tepic, corren actualmente un promedio diario de 12 trenes en ambas direcciones, que incluyen 4 trenes de pasajeros y 8 trenes de carga, presentándose picos frecuentes de un 20% sobre el promedio diario. La formación media de los trenes de carga es de 50 carros en ambas direcciones, corriéndose un 34% de trenes mayores al promedio.

Número y Capacidad de los Laderos

El distrito cuenta con 22 laderos intermedios, con distancias entre los mismos que varían de los 6.5 km. a los 17.7 km., de los cuales sólo 4 (Pantanal, Cerro Pelón, Agua Fría y Tequila) no tienen capacidad suficiente para admitir las formaciones promedio, de los que, a continuación se listan sus capacidades :

Laderos Km.	Tiempo de Tránsito	Capacidad de las vías auxiliares en unidades de 18 mts.
Tepic 9.8	10	Patio
Pantanal 5.8	7	47
Costilla 17.7	23	77
Compostela 9.4	11	63
Borbollón 13.6	18	70
Cerro Pelón 12.5	17	32
Conde 13.7	19	71
Valle Verde 10.0	15	74
Marquesado 12.3	20	85
Ahuacatlán 10.8	12	80
Ixtlán 12.2	15	79
Gracia 9.5	18	75
Barrancas 17.5	32	74
Agua Fría 12.0	23	27
La Quemada 8.4	8	76
Magdalena 12.6	18	75

Laderos Km.	Tiempo de Tránsito	Capacidad de las vías auxilia- res en unidades de 18 mts.
Cuervo 14.4	23	84
Tequila 12.3	15	49
Amatitan 14.9	21	83
Arenal 8.4	11	76
Empalme Orendáin 13.8	25	103
La Venta 13.2	14	76
Jocotan 6.5	11	77
Guadalajara F.P. 2.5	4	Patio
Guadalajara N. de M.		Patio

Capacidad actual de la vía

Tomando como base los tiempos de recorrido entre laderos se tiene que el tramo limitador con las indicaciones actuales de operación, es el situado entre Barrancas km. A-1 628.0 y La Quemada km. A-1 657.5, con un tiempo de 55 minutos y una capacidad potencial calculada de :

$$Cp = \frac{1000}{T + t}$$

$$Cp = \frac{1000}{55+10} = \frac{1000}{65} = 15 \text{ trenes por día}$$

Cabe aclarar que el ladero de Agua Fría se encuentra ubicado en medio del tramo limitador, pero solamente tiene capacidad para admitir 27 carros, por lo que únicamente se utiliza para -- encuentros con trenes de pasajeros.

La capacidad en el número de carros manejados por día -- con las condiciones actuales de operación es :

4 trenes al norte = 4 x 50 carros por tren medio = 200 carros

$\frac{4}{8}$ trenes al sur = 4 x 50 carros por tren medio = $\frac{200}{400}$ carros

Lo que representa un promedio diario de 8 trenes que -- movilizan 400 carros al día.

Limitaciones operativas

Las limitaciones operativas en este distrito son :

- El tiempo de recorrido del tramo limitador es demasiado alto, lo que reduce la capacidad potencial del tramo.

- La falta de capacidad de algunos laderos de encuentro tendrá repercusiones en un futuro cercano, ya que obligará a correr a diferentes formaciones de tren aumentando con ello el tiempo de -
encuentros.

C A P I T U L O 3

3. ALTERNATIVAS PROPUESTAS Y SU EVALUACION

3.1. Proyección del Tráfico

Los datos estadísticos del movimiento de bienes y personas por ferrocarril son de suma importancia para el conocimiento real y actualizado de su comportamiento dentro del mercado del transporte. Asimismo, son esenciales como punto de apoyo para la realización de diversos estudios ferroviarios al proporcionar los elementos suficientes que permiten programar la adquisición de equipo tractivo y de arrastre, así como el ampliar, equipar y modernizar los patios, terminales y toda obra relacionada con este modo de transporte.

Para el tema que nos ocupa, es necesario conocer el movimiento esperado sobre la línea del Ferrocarril del Pacífico, por lo que a continuación se expone la proyección del tráfico hasta el año 2010.

3.1.1. Pronóstico del Tráfico de Carga 1983-2010

De las proyecciones obtenidas por cada grupo de artículos, se encontró que en forma global el tráfico de carga en el Ferrocarril del Pacífico crecerá a una tasa promedio anual del 5.0%, de 1986 a 2010. (Ver cuadro 3.1.1. anexo)

Cabe mencionar que la mayoría de las estimaciones por artículo fueron muy conservadoras, dado que no se espera un acelerado crecimiento de gran parte de éstos, indicando que de los productos analizados los que alcanzaron mayores tasas de crecimiento en promedio anual y nivel grupo son : Los Industriales con 5.7%, - los Inorgánicos con 5.6% y los Minerales con 5.3%, presentando todos los demás productos, crecimientos menores al 5.0%.

A continuación, se muestra un esquema general de la estimación de tráfico por grupo de artículos considerados :

Productos Forestales

El tráfico de carga de los productos forestales se estima que crecerá a una tasa promedio anual del 1.2% en los próximos 14 años al pasar de 41 mil toneladas en 1986 a 54 mil en el año - 2000.

Para la estimación de los volúmenes a mover de este producto, se analizó su comportamiento histórico, observándose que su transporte ferroviario no ha variado considerablemente en los últimos años, por lo que se procedió a un filtrado exponencial de la - serie histórica, obteniéndose así el primer estimativo de pronóstico.

La proyección considera que en el año 2000 se presentará el tráfico más alto que se ha registrado históricamente, manteniéndose constante hasta el año 2010.

Productos Agrícolas

Los volúmenes a transportar del grupo de Productos Agrícolas pasarán de 4,173 miles de toneladas en 1986 a 11,202 miles en el año 2010, es decir, crecerán a una tasa promedio anual del 4.2%

Para proyectar el tráfico de los productos agrícolas, se analizó el crecimiento experimentado por los mismos en los últimos 14 años, observando un incremento promedio de alrededor del 4%, tendencia que se optó por seguir para realizar la estimación de estos productos hasta el año 2010.

Animales y sus Productos

El tráfico de carga de los Animales y sus Productos crecerá a una tasa promedio anual del 6.5% al pasar de 8 mil toneladas en 1985 a 37 mil en el año 2010.

En los últimos 20 años, el movimiento de Animales y sus Productos ha tenido una variación dentro de la faja acotada por las 40 mil y 60 mil toneladas, observándose que el transporte de estos productos tiende a desplazarse hacia el autotransporte; en el año de 1982 el tráfico de este grupo de productos se desplomó en un (-56%), al alcanzar la cifra de 14,862 toneladas transportadas, recuperándose un poco en 1983 al lograr 18,194 toneladas para nuevamente caer en los siguientes dos años, obteniendo un movimiento de 11,168 toneladas en 1984 y 7,688 en 1985.

Las cifras registradas en los últimos años, denotan la preferencia por parte de los usuarios de movilizar sus animales y productos derivados de éstos por el autotransporte, en vez de hacerlo por ferrocarril.

Tomando como referencia dicho comportamiento y considerando que con el crecimiento de la población crecen sus necesidades de transporte, se proyectó un tráfico bastante conservador, partiendo del último dato histórico y alcanzando en el año 2010 el promedio presentado durante los últimos 15 años.

Productos Minerales

El tráfico de carga de este grupo crecerá al 5.32% promedio anual, al pasar de 524 mil toneladas a 1,816 en el período 1986 - 2010.

Históricamente los Minerales hasta el año de 1978, habían tenido un crecimiento promedio anual del 5.32%, experimentando fuertes incrementos en su transporte en los años subsecuentes, siendo éstos, de 1978 a 1979 del 38.7%, de 1979 a 1980 del 71.8% y de 1980 a 1981 del 15.9%, decreciendo de 1981 a 1985 al 9.7%.

Los fuertes incrementos presentados, se debieron al aumento en el movimiento ferroviario de mineral y concentrados de cobre, carbón mineral y barita, teniendo en suma estos productos un incremento promedio anual del 650.2% durante el período de 1978 a 1981, reflejándose esto en el total del grupo.

Para realizar las estimaciones de los volúmenes a movilizar de los minerales, se aplicó la tasa histórica de crecimiento - promedio anual alcanzada hasta el año de 1978.

Petróleo y sus Derivados

Los volúmenes a transportar del petróleo y sus Derivados pasarán de 210 mil toneladas en 1986 a 600 mil toneladas a finales de la primera década del siglo XXI, ésto es, crecerá a una tasa - promedio anual del 4.5%.

El movimiento ferroviario de este grupo ha presentado en los últimos años, una tendencia decreciente, lo que motivó el realizar una estimación del tráfico partiendo de datos históricos ya conocidos, es decir, se consideró que para el año 2010, se logrará un movimiento de Petróleo y sus Derivados cercano a las 600 mil toneladas, con lo cual se obtiene para el período analizado un incremento en el tráfico bastante conservador.

Productos Inorgánicos

Se estima que los Productos Inorgánicos crecerán a una - tasa promedio anual del 5.6% al pasar de 135 mil toneladas en 1985 a 527 mil toneladas en el año 2010.

El tráfico de estos productos ha presentado en los últimos años un crecimiento bastante satisfactorio para el ferrocarril siendo que de movilizar cerca de 50 mil toneladas en 1971, en el - año de 1985 se movilizaron alrededor de 135 mil, es decir, ha cre-

cido históricamente en un promedio anual del 7.3%.

La serie histórica de este tráfico no presenta un crecimiento constante, teniendo fuertes variaciones, ya que en ciertos años ha mostrado grandes caídas pero en otros elevados crecimientos.

Partiendo de esta situación, se proyectó el tráfico para el año 2010 trazando una recta por los picos de la gráfica histórica para posteriormente suavizarla a partir del último dato histórico. La recta utilizada fue : $Y = -24,375,590.20 + 12,389.19X$

Productos Industriales

El volumen a movilizar del grupo de Industriales, se elevará de 3,359 mil toneladas a 13,382 mil toneladas en el período de 1985 a 2010, lo que representa una tasa de crecimiento promedio anual del 5.7%.

Los Productos Industriales ocupan el segundo lugar en importancia dentro del movimiento de carga, significando alrededor de un 27% del total transportado. Su comportamiento histórico presenta un crecimiento sostenido cercano al 8.0% en promedio anual, esperando alcanzar para el tráfico futuro tasas de crecimiento semejante a las logradas históricamente, y principalmente de la última década.

En el pronóstico de los volúmenes a movilizar hacia el -
año 2010, se utilizó una función de regresión exponencial, cuya -
ecuación es $Y = 2.0858 E^{-51} e^{0.0627X}$, siendo el tiempo la variable-
independiente y el tráfico la variable dependiente. La curva así
obtenida se suavizó al considerar el dato real de 1985.

Menos de Carro por Entero
y Materiales de otros Ferrocarriles

El tráfico de carga de este grupo, ha tenido un comporta-
miento histórico irregular alcanzando sus más bajos niveles de - -
transportación en los años cincuentas. Durante el período - - -
1971-1985 descendió a una tasa promedio anual del -5.8% al pasar de
45,476 toneladas a 19,619.

El volumen estimado a movilizar en el año 2010 se supuso-
igual al promedio obtenido de la serie histórica de 1928 a 1980, es
decir, se estima llegar a 39,977 toneladas en el año 2010 partiendo
de las 19,619 toneladas reales de 1985.

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
 GRUPO : FORESTALES

A Ñ O	Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	38,460	
1972	44,144	
1973	36,907	
1974	47,131	
1975	54,079	
1976	44,535	
1977	54,496	
1978	44,337	
1979	42,166	
1980	45,730	
1981	35,919	
1982	29,870	
1983	33,512	
1984	40,026	
1985	34,923	
1986		40,731
1987		41,586
1988		42,461
1989		43,353
1990		44,264
1995		49,114
2000		54,496
2005		54,496
2010		54,496

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
GRUPO : AGRICOLAS

A Ñ O	Miles de Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	2,264	
1972	2,131	
1973	2,482	
1974	2,756	
1975	3,414	
1976	3,467	
1977	3,960	
1978	3,303	
1979	2,997	
1980	4,023	
1981	3,763	
1982	4,207	
1983	5,156	
1984	4,872	
1985	4,005	
1986		4,173
1987		4,348
1988		4,531
1989		4,721
1990		4,920
1995		6,043
2000		7,423
2005		9,119
2010		11,202

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
 GRUPO : ANIMALES Y SUS PRODUCTOS

A Ñ O	Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	44,826	
1972	53,987	
1973	58,430	
1974	51,303	
1975	37,720	
1976	48,881	
1977	35,335	
1978	52,619	
1979	47,226	
1980	45,624	
1981	33,860	
1982	14,862	
1983	18,194	
1984	11,168	
1985	7,688	
1986		8,191
1987		8,726
1988		9,297
1989		9,904
1990		10,552
1995		14,483
2000		19,878
2005		27,284
2010		37,448

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
GRUPO : MINERALES

A Ñ O	Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	188,746	
1972	151,076	
1973	168,964	
1974	207,461	
1975	196,133	
1976	171,627	
1977	248,256	
1978	271,320	
1979	376,243	
1980	646,494	
1981	749,073	
1982	649,734	
1983	603,311	
1984	500,884	
1985	497,084	
1986		523,529
1987		551,381
1988		580,714
1989		611,608
1990		644,145
1995		834,715
2000		1'081,664
2005		1'401,673
2010		1'816,356

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
 GRUPO : PETROLEO Y SUS DERIVADOS

A Ñ O	Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	341,181	
1972	337,066	
1973	429,675	
1974	462,794	
1975	467,194	
1976	490,137	
1977	570,419	
1978	529,959	
1979	544,783	
1980	470,591	
1981	377,737	
1982	336,038	
1983	216,724	
1984	181,018	
1985	201,283	
1986		210,272
1987		219,662
1988		229,471
1989		239,719
1990		250,424
1995		311,562
2000		387,627
2005		482,261
2010		600,000

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA

GRUPO : INORGANICOS

Toneladas		
A Ñ O	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	50,117	
1972	49,708	
1973	40,218	
1974	52,546	
1975	73,070	
1976	111,245	
1977	122,360	
1978	93,946	
1979	95,275	
1980	160,278	
1981	147,164	
1982	177,716	
1983	86,048	
1984	165,048	
1985	134,840	
1986		142,393
1987		150,369
1988		158,791
1989		167,686
1990		177,078
1995		232,548
2000		305,394
2005		401,058
2010		526,689

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
GRUPO : INDUSTRIALES

A Ñ O	Miles de Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	1,108	
1972	1,223	
1973	1,313	
1974	1,507	
1975	1,518	
1976	1,638	
1977	1,893	
1978	1,797	
1979	1,902	
1980	1,795	
1981	1,884	
1982	2,081	
1983	2,196	
1984	2,870	
1985	3,359	
1986		3,550
1987		3,752
1988		3,965
1989		4,190
1990		4,429
1995		5,839
2000		7,698
2005		10,149
2010		13,382

PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA
 GRUPO : MENOS DE CARRO POR ENTERO Y MA-
TERIALES DE OTROS FERROCARRILES

A Ñ O	Toneladas	
	Tráfico Histórico	Tráfico Proyectado
1971	45,476	
1972	48,841	
1973	48,695	
1974	49,143	
1975	42,670	
1976	34,724	
1977	36,301	
1978	33,356	
1979	45,215	
1980	27,517	
1981	23,517	
1982	23,759	
1983	25,343	
1984	22,013	
1985	19,619	
1986		20,186
1987		20,769
1988		21,368
1989		21,985
1990		22,621
1995		26,081
2000		30,072
2005		34,672
2010		39,977

FERROCARRIL DEL PACIFICO
PRONOSTICO DEL TRAFICO DE CARGA POR GRUPO DE PRODUCTOS
(MILES DE TONELADAS NETAS)

CUADRO (3.1.1.)

CONCEPTO	1986	1987	1988	1989	1990	1995	2000	2005	2010	TASA DE CRECIMIENTO
FORESTALES	41	42	42	43	44	49	54	54	54	1.2%
AGRICOLAS	4,173	4,348	4,531	4,721	4,920	6,043	7,423	9,119	11,202	4.2%
ANIMALES Y SUS PRODUCTOS	8	9	9	10	11	14	20	27	37	6.6%
MINERALES	524	551	581	612	644	835	1,082	1,402	1,816	5.3%
PETROLEO Y SUS DERIVADOS	210	220	229	240	250	312	388	482	600	4.5%
INORGANICOS	142	150	159	168	177	233	305	401	527	5.6%
PRODUCTOS INDUSTRIALES	3,550	3,752	3,965	4,190	4,429	5,839	7,698	10,149	13,382	5.7%
MATERIALES DE OTROS FERROCARRILES	20	21	21	22	23	26	30	35	40	2.9%
TOTAL	8,668	9,093	9,537	10,006	10,498	13,351	17,000	21,669	27,658	5.0%

3.1.2. Pronóstico del Tráfico de Carga Para el Tramo en Estudio

El tráfico de carga neta, con dirección sur, entre las -
estaciones de Roseta, Nay. y Tepic, Nay., crecerá a una tasa prome-
dio anual del 5.0% durante el período de 1986-2010, al pasar de -
3,729 miles de toneladas a 11,993 miles.

De Tepic, Nay. a Guadalajara, Jal., los volúmenes a movi-
lizar pasarán de 3,726 miles de toneladas a 11,729 miles, durante -
el mismo período, es decir, crecerán a una tasa promedio anual del-
4.9%.

El transporte de carga con dirección norte, crecerá a -
una tasa promedio anual del 6.4%, entre la estación Guadalajara, -
Jal. y Tepic, Nay., y del 5.9% entre Tepic, Nay. y Roseta, Nay.

Para obtener las proyecciones del tráfico de carga en el -
tramo en estudio, con dirección sur, se realizó una correlación - -
histórica del tráfico total movilizado por el Ferrocarril del Pací-
fico y el tráfico movilizado únicamente en el tramo, resultando, -
para el tramo Roseta, Nay.- Tepic, Nay. una recta cuya ecuación es:
 $Y = -43.034 + 4.352E-4 X$; con un coeficiente de correlación - - -
 $r = 0.941$. Entre Tepic, Nay. y Guadalajara, Jal. la correlación -
tuvo un comportamiento lineal, obteniendo la siguiente ecuación :
 $Y = 72.621 + 0.421X$

Su coeficiente de correlación ascendió a $r = 0.942$

Para el tráfico con dirección norte, se aplicó las tasas históricas de crecimiento promedio anual obtenidas durante el período de 1971 a 1985.

Los volúmenes a movilizar de toneladas brutas, tendrán un crecimiento comparable al estimado por las toneladas netas. -- Detallados ambos movimientos en forma anual hasta 1990 y de manera quinquenal entre 1990 y 2010, en el cuadro 3.1.2. Anexo.

3.1.2. Pronóstico del Tráfico de Carga Para el Tramo en Estudio

El tráfico de carga neta, con dirección sur, entre las estaciones de Roseta, Nay. y Tepic, Nay., crecerá a una tasa promedio anual del 5.0% durante el período de 1986-2010, al pasar de 3,729 miles de toneladas a 11,993 miles.

De Tepic, Nay. a Guadalajara, Jal., los volúmenes a movilizar pasarán de 3,726 miles de toneladas a 11,729 miles, durante el mismo período, es decir, crecerán a una tasa promedio anual del 4.9%.

El transporte de carga con dirección norte, crecerá a una tasa promedio anual del 6.4%, entre la estación Guadalajara, Jal. y Tepic, Nay., y del 5.9% entre Tepic, Nay. y Roseta, Nay.

Para obtener las proyecciones del tráfico de carga en el tramo en estudio, con dirección sur, se realizó una correlación histórica del tráfico total movilizado por el Ferrocarril del Pacífico y el tráfico movilizado únicamente en el tramo, resultando, para el tramo Roseta, Nay.- Tepic, Nay. una recta cuya ecuación es: $Y = -43.034 + 4.352E-4 X$; con un coeficiente de correlación $r = 0.941$. Entre Tepic, Nay. y Guadalajara, Jal. la correlación tuvo un comportamiento lineal, obteniendo la siguiente ecuación: $Y = 72.621 + 0.421X$

Su coeficiente de correlación ascendió a $r = 0.942$

Para el tráfico con dirección norte, se aplicó las tasas históricas de crecimiento promedio anual obtenidas durante el período de 1971 a 1985.

Los volúmenes a movilizar de toneladas brutas, tendrán un crecimiento comparable al estimado por las toneladas netas. - -
Detallados ambos movimientos en forma anual hasta 1990 y de manera quinquenal entre 1990 y 2010, en el cuadro 3.1.2. Anexo.

FERROCARRIL DEL PACIFICO
 PROYECCION DEL TRAFICO DE CARGA EN EL TRAMO ROSETA, NAY, -GUADALAJARA, JAL.
 Miles de Toneladas

Cuadro 3.1.2

AÑO	Tráfico Total Lineal	S U R				N O R T E			
		Roseta-Tepic Netas	Tepic- Brutas	Tepic-Guadalajara Netas	Guadalajara- Brutas	Guadalajara-Tepic Netas	Tepic- Brutas	Tepic-Roseta Netas	Roseta- Brutas
1986	8,668	3,729	5,746	3,726	5,900	1,352	3,997	1,266	3,826
1987	9,093	3,914	6,031	3,905	6,183	1,438	4,251	1,341	4,053
1988	9,537	4,107	6,328	4,092	6,479	1,529	4,520	1,420	4,292
1989	10,006	4,311	6,643	4,290	6,793	1,627	4,810	1,504	4,546
1990	10,498	4,525	6,973	4,497	7,121	1,730	5,114	1,593	4,815
1995	13,351	5,767	8,886	5,699	9,024	2,356	6,965	2,123	6,417
2000	17,000	7,355	11,333	7,237	11,459	3,209	9,486	2,828	8,547
2005	21,669	9,387	14,464	9,205	14,575	4,369	12,916	3,769	11,391
2010	27,658	11,993	18,480	11,729	18,572	5,950	17,589	5,022	15,178

3.1.3. Pronóstico del Tráfico de Pasajeros 1983 - 2010

El tráfico de Pasajeros se ha comportado en una forma - irregular, es decir, con períodos de tendencia a la alta, y posteriormente lo presenta a la baja, pero en los últimos años aunque - se sigue presentando este fenómeno, ha experimentado un crecimiento sostenido, alcanzando un promedio anual del 5.1% de 1971 a - 1985. En lo referente a pasajeros-kilómetro su crecimiento promedio anual para el mismo período ha sido del 6.5%.

Para realizar la proyección de Pasajeros y Pasajeros kilómetro, se utilizó las tasas de crecimiento promedio anual históricas, teniendo en mente que con la modernización ferroviaria y el impulso que se le está dando en estos últimos años al Ferrocarril, éste tendrá que absorber día con día un mayor número de pasajeros a transportar. Siguiendo esta idea el Ferrocarril del Pacífico - pretende implantar un tercer tren de primera clase, pero nocturno, entre Guadalajara, Jal. y Los Mochis, Sin.

FERROCARRIL DEL PACIFICO
PROYECCION DEL TRAFICO DE PASAJEROS

A Ñ O	Miles de Pasajeros Transportados	Millones de Pasajeros Kilómetro
1986	1,905	1,526.9
1987	2,001	1,625.8
1988	2,103	1,731.3
1989	2,209	1,843.5
1990	2,321	1,963.0
1995	2,971	2,687.4
2000	3,803	3,679.0
2005	4,868	5,036.0
2010	6,232	6,895.0

3.2. Alternativas propuestas

Las alternativas propuestas para dotar de mayor capacidad a la línea y mejorar su operación son :

- I.- MODIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS OPERATIVAS Y FISICAS
- II.- INSTALACION DEL CONTROL DE TRAFICO CENTRALIZADO (C.T.C.)
- III.- RECTIFICACION DEL TRAMO ROSETA - TEPIC CON UN TRAZO DISTINTO DEL ACTUAL

Cada una de estas alternativas serán analizadas y evaluadas, con el objeto de encontrar la solución óptima a la problemática existente en los tramos considerados.

3.2.1. Alternativa I; Comprendiendo ambos tramos estudiados

Modificación de las características operativas y físicas
Tramo Roseta - Tepic

Esta alternativa contempla la utilización del tramo con las características de trazo actual, adoptando algunas modificaciones de tipo operativo y físico, tal como se anota a continuación :

- Ampliar el nuevo ladero de Ignacio Borrego a 75 carros, con objeto de permitir su utilización tanto por los trenes ascendiendo, como los de bajada que tienen mayor longitud.
- Establecer como práctica corriente el regreso, en grupo, de las locomotoras de hasta dos trenes dobleteros, tal como hoy en día se realiza en casos aislados, o bien, cuando sea posible que bajen acopladas a los trenes.

- Reducir en lo posible el movimiento de trenes cortos, como es el caso de algunos directos que suben con una sola locomotora. -- Analizando la conveniencia de contar con locomotoras de ayuda para mover más flete.
- Tratar de manejar con mayor frecuencia, hasta dos trenes dobles agrupados en el ascenso, como sucede en ocasiones.
- Incrementar la longitud de los trenes. Para ésto, será necesario realizar convenios de tipo contractual que permitan agrupar mayor caballaje por tren, por ejemplo, 6 locomotoras, de 3,000 - HP por servicio.

Vida útil en condiciones actuales

Conociendo la tendencia futura del tráfico en el tramo, es posible calcular el año de saturación de éste, considerando distintas formaciones del tren, para lo cual es necesario primeramente determinar la cantidad de trenes en la forma en que se detalla a continuación :

Tomando el año de 1986 como año de referencia para este ejemplo y considerando lo consignado en el cuadro 3.1.2. del capítulo precedente, tenemos que la estimación del tonelaje para 1986 en miles de toneladas es de :

SUR	5,746 toneladas/año
NORTE	3,826 toneladas/año

Lo que proporciona un tonelaje diario de :

SUR	15,742 toneladas/día
NORTE	10,482 toneladas/día

El movimiento dominante es rumbo sur, por lo que se toma rá este tonelaje para calcular el número de trenes que circularán por el tramo. La cantidad de trenes rumbo al norte, se obtiene - con sólo duplicar el número estimado de éstos en sentido dominante.

Si recordamos que el peso promedio bruto de las unidades es de 74.99 toneladas, el tonelaje por formación propuesta sería :

<u>FORMACIONES</u>		<u>TONELADAS BRUTAS</u>
30 carros	=	2,199.7
45 carros	=	3,324.6
60 carros	=	4,449.4
75 carros	=	5,574.3

Partiendo de estos tonelajes, se tiene que los trenes di rectos calculados son :

14 trenes de 30 carros
10 trenes de 45 carros
8 trenes de 60 carros
6 trenes de 75 carros

Si a estos resultados se adicionan los trenes fijos, que para el caso son; 4 pasajeros y 2 locales, el total de trenes -- sería :

20 trenes de 30 carros
16 trenes de 45 carros
14 trenes de 60 carros
12 trenes de 75 carros

Estos resultados se consignan en el cuadro 3.2.1., con el estimado hacia el año 2010.

Partiendo de la capacidad potencial actual de operación (24 trenes/día) y con base en los resultados consignados en el cuadro antes mencionado, se presentan a continuación las condiciones de saturación en la línea.

Primera : si se corren trenes de 30 carros con 3 locomotoras, la capacidad potencial de la línea se vería saturada aproximadamente dentro de 3 años, indicando que, actualmente se tienen problemas originados por los picos de tráfico del orden de 26% de los incrementos que a veces se dan en tránsito sobre el valor promedio diario.

Segunda : si se manejan trenes de 45 carros con 4 locomotoras, la capacidad potencial de la línea se vería saturada hacia el año 1998, pero tomando en cuenta los picos citados, la línea comenzará a presentar problemas alrededor del año 1993.

Tercera : si se logra operar trenes de 60 carros en promedio con 5 locomotoras, la capacidad potencial de la línea se vería saturada en el año 2004 aproximadamente, y comenzaría a presentar problemas hacia 1999, considerando los picos en el tránsito.

Cuarta : si fuera posible correr trenes de 75 carros, el año de saturación se daría aproximadamente en el año 2009 y presentaría problemas alrededor del año 2004.

Vida útil con las modificaciones propuestas

De lograrse la ampliación del ladero de Ignacio Borrego y considerando que los encuentros en el mencionado ladero, no tendrían que ser únicamente con formaciones cortas, la capacidad potencial de operación se vería incrementada de 24 trenes/día a - - 31 trenes/día.

En base a lo citado y de acuerdo al cuadro 3.2.1. al año de saturación para diferentes formaciones sería :

AÑO DE SATURACION	FORMACION DEL TREN
1997	30 carros
2005	45 carros
Más de 2010	60 ó 70 carros

Si adicionalmente se consideran las variaciones en el tráfico (26%), los problemas en la operación se comenzarán a presentar en el año 1991 para trenes de 30 unidades; en el año 1999 -

para formaciones de 45 carros; en el año 2005 con 60 unidades y -
finalmente en el año 2010 si se corrieran trenes de 75 carros.

Como se puede observar, a partir del breve análisis de -
capacidad, la operación mejoraría sustancialmente manejando trenes
largos y ampliando la capacidad del ladero Ignacio Borrego, sin -
embargo, será necesario comparar los costos de operación de cada -
alternativa, para lo cual, más adelante se muestra la evaluación -
económica correspondiente, a fin de contar con un mayor número de
parámetros que faciliten la decisión por alguna de las alternati--
vas propuestas.

FERROCARRIL DEL PACIFICO
DETERMINACION DEL AÑO DE SATURACION

LINEA: F.C.P.
TRAMO: ROSETA-TEPIC

Cuadro 3.2.1

AÑO	Toneladas Brutas Diarias		Número de Trenes Fijos		Trenes Directos	Total de Trenes	Trenes Directos	Total de Trenes	Trenes Directos	Total de Trenes	Trenes Directos	Total de Trenes
	MGTE	SUR	Passajeros	Locales	30 Carros	45 Carros	60 Carros	75 Carros	90 Carros	105 Carros	120 Carros	135 Carros
1986	10,482	15,742	4	2	14	20	10	16	8	14	6	12
1987	11,104	16,523	4	2	16	22	10	16	8	14	6	12
1988	11,759	17,337	4	2	16	22	10	16	8	14	6	12
1989	12,455	18,200	4	2	18	24	12	18	8	14	6	12
1990	13,192	19,104	4	2	18	24	12	18	10	16	8	14
1991	13,972	20,053	4	2	18	24	12	18	10	16	8	14
1992	14,798	21,049	4	2	20	26	14	20	10	16	8	14
1993	15,673	22,095	4	2	20	26	14	20	10	16	8	14
1994	16,599	23,193	4	2	22	28	14	20	10	16	8	14
1995	17,581	24,345	4	2	22	28	16	22	12	18	10	16
1996	18,618	25,558	4	2	24	30	16	22	12	18	10	16
1997	19,717	26,832	4	2	24	30 S-DTH	16	22	12	18	10	16
1998	20,880	28,170	4	2	26	32	18	24 S-DTH	14	20	10	16
1999	22,112	29,574	4	2	28	34	18	24	14	20	10	16
2000	23,416	31,049	4	2	28	34	20	26	14	20	10	16
2001	24,801	32,601	4	2	30	36	20	26	16	22	12	18
2002	26,268	34,231	4	2	32	38	22	28	16	22	12	18
2003	27,821	35,943	4	2	34	40	22	28	16	22	12	18
2004	29,466	37,740	4	2	34	40	24	30	18	24 S-DTH	14	20
2005	31,200	39,627	4	2	36	42	24	30 S-DTH	18	24	14	20
2006	33,052	41,617	4	2	38	44	26	32	20	26	16	22
2007	35,005	43,707	4	2	40	46	26	32	20	26	16	22
2008	37,073	45,902	4	2	42	48	28	34	22	28	16	22
2009	39,264	48,208	4	2	44	50	30	36	22	28	18	24 S-DTH
2010	41,584	50,629	4	2	46	52	30	36	24	30	18	24

S-DTH: Marca el año de saturación de la línea, operando mediante órdenes de tren en las condiciones actuales.

S-DTH: Marca el año de saturación de la línea, operando mediante órdenes de tren con las condiciones modificadas.

Tramo Tepic - Guadalajara

Continuando con el mismo orden de ideas, se plantean las modificaciones pertinentes para aumentar la capacidad en este tramo, - - siendo :

- Seleccionar un grupo de laderos con el fin de contar con un módulo limitador de 30 minutos como máximo, para realizar encuentros alternos con trenes de 75 carros.
- Ampliación conjunta de aquellos laderos del grupo que no cuenten con capacidad suficiente para admitir trenes de 75 carros.

Vida útil en condiciones actuales

Tomando en consideración la tendencia de crecimiento y - las formaciones actuales, se tiene que el tramo ya presenta problemas de saturación y cuando se presentan picos del 20% sobre el promedio, se tienen serias dificultades con las correspondientes demandas. Por lo que adquiere carácter de urgente el dotar de mayor - capacidad a la línea.

Partiendo de la capacidad actual, si se corrieran trenes de 60 carros el año de saturación se presentaría en 1990, con trenes de 75 carros la saturación ocurriría 5 años después, y si se - lograran correr trenes de 90 carros la saturación se haría presente alrededor del año de 1998, tal y como se detalla en el cuadro - 3.2.2. anexo.

Vida útil con las modificaciones propuestas

De los laderos existentes, se seleccionó un grupo de 17- de los cuales 8 deberán ampliarse a corto plazo, con la finalidad de tener un módulo limitador de 30 minutos máximo, tal como fuera antes citado. Siendo los laderos a ampliar : Compostela, Cerro - Pelón, Conde, Valle Verde, Gracia, Barrancas, Agua Fria y Tequila, los restantes que ya cuentan con capacidad suficiente son : Costilla, Marquesado, Ahuacatlán, La Quemada, Amatitan, Arenal, Orendáin y La Venta.

Conforme a lo antes mencionado, se tiene que la capacidad potencial sería de 25 trenes/día; lo que representa un 67% más que la actual.

En lo referente a la capacidad de carros manejados por día, tendríamos que ésta, se incrementaría a una cantidad cercana a los 1,500 carros/día y la vida útil rebasaría el horizonte de estudio, con formaciones de 90 y 75 carros por tren. Sin embargo, si se corrieran trenes de 60 carros, el año de saturación se presentaría en 2006 y con 45 carros se daría al final del siglo actual.

FERROCARRIL DEL PACIFICO
DETERMINACION DEL AÑO DE SATURACION

Cuadro 3.2.2

LINEA: F.C.P
RAMA: TEPIC-GUADALAJARA

AÑO	Tonelados Brutos		Bisarras	Número de Trenes Fijos		Trenes Directos	Total de Trenes	Trenes Directos		Total de Trenes	Trenes Directos		Total de Trenes	Trenes Directos		Total de Trenes
	NORTE	SUR		Pasajeros	Locales			45 Carros	60 Carros		75 Carros	90 Carros				
1986	10,951	16,164	4	2	10	16	8	14	6	12	6	12	12	6	12	12
1987	11,647	16,940	4	2	10	16 S-DTA	8	14	6	12	6	12	12	6	12	12
1988	12,384	17,751	4	2	12	18	8	14	6	12	6	12	12	6	12	12
1989	13,178	18,611	4	2	12	18	8	14	6	14	6	14	12	6	12	12
1990	14,011	19,510	4	2	12	18	10	16 S-DTA	8	14	6	12	12	6	12	12
1991	14,895	20,456	4	2	12	18	10	16	8	14	6	12	12	6	12	12
1992	15,836	21,446	4	2	14	20	10	16	8	14	6	12	12	6	12	12
1993	16,835	22,489	4	2	14	20	10	16	8	14	6	12	12	6	12	12
1994	17,890	23,589	4	2	14	20	12	18	8	14	6	12	12	6	12	12
1995	19,027	24,743	4	2	16	22	12	18	10	16 S-DTA	8	14	12	6	12	12
1996	20,252	25,933	4	2	16	22	12	18	10	16	8	14	12	6	12	12
1997	21,555	27,202	4	2	16	22	12	18	10	16	8	14	12	6	12	12
1998	22,942	28,633	4	2	18	24	14	20	10	16	8	14	12	6	12	12
1999	24,418	29,930	4	2	18	24	14	20	12	18	10	16	12	6	12	12
2000	25,989	31,395	4	2	20	26 S-DTA	14	20	12	18	10	16	12	6	12	12
2001	27,644	32,940	4	2	20	26	16	22	12	18	10	16	12	6	12	12
2002	29,404	34,555	4	2	22	28	16	22	12	18	10	16	12	6	12	12
2003	31,276	36,269	4	2	22	28	16	22	14	20	12	18	10	16	12	12
2004	33,268	38,094	4	2	24	30	18	24	14	20	12	18	10	16	12	12
2005	35,386	39,932	4	2	24	30	18	24	14	20	12	18	10	16	12	12
2006	37,641	41,915	4	2	26	32	20	26 S-DTA	16	22	14	20	12	18	10	16
2007	40,039	43,976	4	2	26	32	20	26	16	22	14	20	12	18	10	16
2008	42,570	46,181	4	2	28	34	22	28	18	24	14	20	12	18	10	16
2009	45,303	48,475	4	2	30	36	22	28	18	24	14	20	12	18	10	16
2010	48,189	50,862	4	2	32	38	24	30	18	24	14	20	12	18	10	16

S-DTA: Marca el año de saturación de la línea, operando según ordenes de tren en las condiciones actuales.

S-DTA: Marca el año de saturación de la línea, operando según ordenes de tren en las condiciones modificadas.

3.2.2. Alternativa II; Abarcando los tramos analizados

Instalación del Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.)

Se tiene la posibilidad de mejorar las capacidades de operación que se plantearon en la anterior alternativa, mediante la implantación del sistema de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.), eliminando con ésto, la actual operación que se practica a través de órdenes de tren.

La implantación de dicho sistema, obligaría a tener un grupo seleccionado de laderos, ya analizados en la primera alternativa, que cumplieran con los requerimientos operacionales del C.T.C., con lo cual la capacidad potencial que se obtendría, sería de 44 trenes por día, para el tramo Roseta a Tepic, y de 34 trenes/día entre Tepic y Guadalajara. Es pertinente aclarar, que cuando se utiliza el C.T.C., cambian los valores del factor de eficiencia en el despacho (f_e) y del tiempo de espera (t), en la expresión de capacidad potencial, siendo los nuevos valores de 0.80 para el primero y de 4 minutos para el segundo.

Con estas bases, las nuevas capacidades serían :

Para el tramo de Roseta a Tepic

$$CP = \frac{0.80 \times 24 \times 60}{22 + 4} = \frac{1,152}{26} = 44 \text{ trenes/día}$$

Para el tramo de Tepic a Guadalajara

$$CP = \frac{0.80 \times 24 \times 60}{30 + 4} = \frac{1,152}{34} = 34 \text{ trenes/día}$$

3.2.3. Alternativa III; sólo comprende al tramo Roseta - Tepic

En esta tercera alternativa únicamente se propone la rectificación del tramo Roseta - Tepic, dado que las rectificaciones que son necesarias para el tramo de Tepic a Guadalajara se involucran en un proyecto de gran embergadura que tienen contemplado los Ferrocarriles Nacionales de México, el cual consiste en librar a la Ciudad de Guadalajara del flete de paso, que representa aproximadamente el 80% del flete movido a través de la ciudad, lo que ocasiona graves problemas al operar trenes en zonas de alta densidad de tráfico de vehículos automotores y donde los asentamientos humanos han ahogado prácticamente las instalaciones ferroviarias.

Para ésto, se proyecta construir tres tramos de vía nueva que unidos a los ya existentes crearían una nueva ruta, que se originaría aproximadamente en la estación del Ferrocarril del Pacífico denominada "La Quemada" y finalizaría en "La Capilla" sobre la línea "I" de los Nacionales de México a una distancia de 28 kilómetros rumbo al sur del patio de recibo de Guadalajara. Asimismo, se pretende construir un nuevo patio a la altura de "Tlajomulco" que aunado a la nueva ruta solucionaría en gran medida los trastornos operativos que se presentan actualmente en la tan citada ciudad.

Por lo que respecta a la rectificación de Roseta a Tepic se propone la construcción de una nueva vía que ascienda a Tepic -

por una ruta diferente a la actual, reduciendo la pendiente actual de 2.4% a 1.5% y la curvatura de 6° a 4°, respectivamente.

Este proyecto contempla la construcción de 84 kilómetros por un trazo distinto del actual, iniciando 13 kilómetros antes de la estación de Roseta, ésto es, comenzaría la nueva línea en el kilómetro 1 422 aproximadamente, para entroncar nuevamente en el - kilómetro 1 506, este recorrido aportaría 7 kilómetros adicionales, pero se obtendría un gran beneficio en la operación dado que se reduciría la pendiente máxima en un 38% y la curvatura en un 33%.

El detalle de esta ruta propuesta se muestra con línea - punteada en el plano No. 1.

3.3. Inversiones con las alternativas

En esta parte del presente documento, se analizarán en forma general los costos necesarios para llevar a cabo las obras de infraestructura que se requiere con cada una de las alternativas.

Dado que con las tres alternativas propuestas es indispensable el construir tramos de vía, se procedió a calcular en una forma aproximada el costo por kilómetro de vía nueva a precios de 1986, el cual se detalla más adelante.

3.3.1. Costo de la superestructura de la vía

Como primer paso, se determinó el costo de la superestructura de la vía, consignando lo relativo a su costo directo e indirecto, presentando al final un cuadro que resume los resultados obtenidos.

Costo directo

El costo directo de vía que se analiza en el presente estudio, se compone de tres grandes conceptos : Materiales, mano de obra y equipo.

Este último concepto, se subdivide a su vez en :

Operarios de la maquinaria de vía y depreciación de la maquinaria de vía.

Los costos directos por kilómetro de vía, de cada uno de estos conceptos se presentan en los cuadros que aparecen a continuación.

COSTO DIRECTO POR KILOMETRO DE LOS MATERIALES DE VIA

CONCEPTO	CANTIDAD POR KILOMETRO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Riel nuevo de 115 Lbs./Yda.	114.095	Tonelada	167,700	19,133,732
Durmientes de concreto	1,666.000	Unidad	17,482	29,125,012
Cajinetes	3,332.000	Unidad	200	666,400
Grapas elásticas No. 7	6,664.000	Unidad	515	3,431,960
Ferros 5L	6,664.000	Unidad	444	2,958,816
Flecos de hule de 6 mm.	3,332.000	Unidad	470	1,566,040
Soldadura aluminotérmica	21.000	Aplicaciones	10,370	217,770
Herrajes de cambio No. 10	0.200	Unidad	6,720,000	1,344,000
Juegos de madera para cambio No. 10	0.200	Unidad	500,000	100,000
Balasto	1,000.000	Metro cubico	1,800	1,800,000
TOTAL				60,343,730
				=====

COSTO DIRECTO POR KILOMETRO DE LA MANO DE OBRA DE VIA

CONCEPTO	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	SUELDO MENSUAL CON PRESTACIONES	TOTAL	TOTAL POR KILOMETRO
Ingeniero residente	1	203,060	285,096	3,421,155	42,764
Inspector de materiales	1	109,515	153,758	1,845,102	23,064
Mayordomo general	1	82,436	115,740	1,388,875	17,361
Mayordomo de cuadrilla	5	44,912	63,057	3,783,421	47,293
Reparador de via	125	43,523	61,106	91,658,806	1,145,735
Motorista	2	47,093	66,118	1,586,829	19,835
TOTAL				103,684,188	1,296,052

COSTO DIRECTO POR KILOMETRO DE LOS OPERARIOS DE LA MAQUINARIA DE VIA

CONCEPTO	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	SUELDO MENSUAL CON PRESTACIONES	TOTAL	TOTAL POR KILOMETRO
Grúa de vía	1	51,995	73,001	876,008	10,950
Ayudante	1	45,703	64,167	770,001	9,625
Multicalzadora-Niveladora	1	58,847	82,621	991,456	12,393
Ayudante	1	54,202	76,100	913,199	11,415
Alineadora de vía	1	58,847	82,621	991,456	12,393
Ayudante	1	59,402	83,401	1,000,808	12,510
Reguladora de balasto	1	54,266	76,189	914,272	11,428
Ayudante	1	45,703	64,167	770,001	9,625
Compactadora de balasto	1	54,266	76,189	914,272	11,428
Ayudante	1	45,703	64,167	770,001	9,625
Abanderados	6	44,975	63,145	4,546,413	56,830
TOTAL				13,457,886	168,224

DEPRECIACION POR KILOMETRO DE LA MAQUINARIA DE VIA

CONCEPTO	CANTIDAD	VIDA UTIL (AÑOS)	PRECIO UNITARIO	TOTAL	DEPRECIACION TOTAL	DEPRECIACION POR KILOMETRO
Grúa de vía	1	18	76,067,000	76,067,000	4,225,944	52,824
Multicalzadora-Niveladora	1	10	120,764,675	120,764,675	12,076,468	150,956
Alineadora de vía	1	5	74,313,020	74,313,020	14,862,604	185,783
Reguladora de balasto	1	7	53,320,800	53,320,800	7,617,257	95,216
Compactadora de balasto	1	7	53,320,800	53,320,800	7,617,257	95,216
Desatornilladora de plonchuela	2	4	2,900,000	4,000,000	1,000,000	12,500
Desclavadora	2	4	6,136,100	12,272,200	3,068,050	38,351
Atornilladora desatorn. de fijación	1	4	1,662,810	1,662,810	415,703	5,196
Toladro de durmiente	2	4	5,314,800	10,629,600	2,657,400	33,218
Clavadora	2	4	7,626,050	15,252,100	3,813,025	47,663
TOTAL				421,603,005	57,353,708	716,921

Costo indirecto

Los costos indirectos en toda obra, son los gastos generales que ejerce la empresa constructora para la realización de cierta obra. Los conceptos de costo indirecto se pueden clasificar en cinco grandes bloques, que son :

- a) Administración central
- b) Administración de obra
- c) Financiamientos
- d) Finanzas, seguros, etc.
- e) Imprevistos

El cálculo de estos costos se puede analizar y estimar dentro del mismo orden de aproximación que los costos directos, pero por su naturaleza misma se ha determinado en forma estadística que se pueden manejar porcentos de costo relacionados con el costo directo y la magnitud de la obra, sin tener grandes desviaciones de las mismas, por tal motivo, se aplican los siguientes porcentajes de indirectos :

<u>Concepto</u>	<u>Variación</u>
Administración central	3% - 8%
Administración de obra	5% - 20%
Financiamientos	0% - 5%
Finanzas y seguros	1% - 5%
Imprevistos	2% - 20%
Costo indirecto	11% - 58%

Para el caso de vía nueva se consideró un costo indirecto de alrededor del 30%.

Costo total por kilómetro de la superestructura de la vía

Concepto

Costo directo	<u>62,524,927</u>
Materiales	60,343,730
Mano de obra	1,296,052
Operarios, maquinaria de vía	168,224
Depreciación maquinaria de vía	716,921
Costo indirecto	
30% del costo directo total	<u>18,757,478</u>
COSTO TOTAL	<u>81,282,405</u>

3.3.2. Costo de la infraestructura de la vía

La infraestructura de la vía comprende las obras de terracería, es decir, la construcción de terraplenes, la realización de cortes donde son necesarios, la erección de obras de arte, de puentes y de túneles, entre otras.

El costo directo e indirecto de la infraestructura de vía para fines prácticos se estima en un 60% del costo directo de la superestructura, lo que nos proporciona un costo por kilómetro de infraestructura de aproximadamente 37.5 millones de pesos.

3.3.3. Costo total

A los costos anteriormente calculados se les incrementa un porcentaje correspondiente a las obras de radiocomunicación y edificación de estaciones, lo cual generalmente representa un 15% del costo total de la superestructura e infraestructura de la vía, aplicando el mencionado porcentaje, tenemos que el costo global de un kilómetro de vía nueva para el año de 1986 es de aproximadamente 136.6 millones de pesos, como a continuación se detalla :

Costo total por kilómetro de vía

Concepto

Superestructura	<u>81,282,405</u>
Infraestructura	<u>37,514,956</u>
Radiocomunicación y edificación de terminales	<u>17,819,604</u>
TOTAL	<u>136,616,965</u>

Con base en estos costos, se está en posibilidades de -
determinar los montos de inversión que serán necesarios para lle--
var a cabo cada una de las alternativas propuestas, los cuales -
serán tratados a continuación.

3.3.4. Inversión para las alternativas

Primera alternativa

Como se recordará, en la primera alternativa únicamente se proponen modificaciones físicas y operativas en la línea, por tal motivo, el costo de las mejoras físicas que se realizarían en el tramo Roseta - Tepic, solo comprende la ampliación del ladero - Ignacio Borrego, de 33 unidades de capacidad a 75. Esto representaría un monto de inversión de alrededor de los 95 millones de pesos.

En lo referente al tramo Tepic-Nay. a Guadalajara, Jal., la proposición contempla la ampliación de los laderos de Compostela, Cerro Pelón, Conde, Valle Verde, Gracia, Barrancas, Agua Fria y Tequila, lo cual requeriría la necesidad de hacer una inversión cercana a los 420 millones de pesos.

Segunda alternativa

La instalación del sistema de señalización denominado - Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.) se presenta como segunda alternativa, la cual debe de ser realizada posteriormente a las mejoras físicas que se hayan llevado a cabo en la vía.

Con respecto al costo de instalación de dicho sistema se estima un monto cercano a los 30 millones de pesos por kilómetro - de vía señalizado, esta cifra es actualmente utilizada por los Fe-

rocarriles Nacionales de México en la elaboración de sus presupuestos y evaluaciones sobre el sistema C.T.C.

Partiendo de lo antes citado, se obtiene un monto de inversión aproximado a los \$1,590 millones en el tramo de Roseta a Tepic y de \$8,214 millones de Tepic a Guadalajara.

Cabe mencionar, que en caso de realizarse esta alternativa, se deberá estudiar la conveniencia de instalar el sistema C.T.C. desde Mazatlán, por ser la estación donde se origina el distrito de operación que involucra al tramo de Roseta a Tepic. En este caso particular y para fines de comparación de costos, se toma únicamente el monto mencionado anteriormente para este tramo.

Tercera alternativa

En esta alternativa que involucra únicamente al tramo de Roseta a Tepic, se construirá una nueva vía con una longitud aproximada de 84 kilómetros; para lo cual, se necesitaría una inversión aproximada de 11,476 millones de pesos para realizar dicha obra.

3.4. Estimación de los beneficios

3.4.1. Metodología para la determinación de costos

En los estudios de evaluación económica que se llevan a cabo en los Ferrocarriles Nacionales de México, se aplica una metodología propia para la determinación de los beneficios por mejoras en las líneas férreas, esta metodología fue utilizada en el presente estudio para la determinación de los beneficios, la cual será explicada a base de apartados en los siguientes párrafos.

En el inciso 3.4.2. aparecen los cuadros de cálculo de la metodología, por lo que se recomienda, para una mejor comprensión se consulten dichos cuadros, donde se detalla el número y referencia de los apartados explicados a continuación :

No. 1, Ref. A. Tonelaje diario de referencia

En este apartado de la metodología, se requiere el tonelaje diario bruto que transita en el tramo por evaluar. Dicho tonelaje será dato histórico o de pronóstico, dependiendo del año en que se realiza la evaluación.

No. 2, Ref. B. Longitud del tramo en kilómetros

Como el nombre lo indica, en este segundo punto se consigna el kilometraje del tramo por evaluar.

No. 3, Ref. C. Tonelaje del tren

A partir de este punto y hasta el punto 12, el análisis se practica, por lo general, en el sentido dominante del flete, - realizando el mismo proceso para el sentido contrario a partir - del inciso 13.

En este tercer apartado se detalla la formación propues- ta para el tren y el tonelaje bruto por arrastrar. Expresando - la formación de la siguiente manera : $5 \times 3000 + 59 + 1$; enten- - diéndose como un tren formado por 59 unidades de arrastre y un - cabús, remolcado por 5 locomotoras de 3,000 H.P. de potencia; lo- que proporciona un peso de 4,450.0 toneladas brutas por tren, al- considerar que cada unidad tiene un peso bruto promedio de 75 to- neladas y el cabús de 25.

No. 4, Ref. D. Pendiente de cálculo

En este inciso se detallan las pendientes gobernadoras- y media compensadas, recordando que el término "compensada" se re- fiere a aquella pendiente que incluye la resistencia a que está - sujeta el tren debido a la curvatura de la vía, siendo ésta a ra- zón de 0.05 por ciento de pendiente por cada grado de curvatura.

Ahora bien, la pendiente gobernadora es la máxima pen- - diente que se da en el tramo y la media es aquella que resulta de relacionar la suma de todas las elevaciones que se dan en el sen-

tido de análisis entre la distancia de las mismas.

No. 5, Ref. E. Velocidad de cálculo mínima y media

A partir del número de locomotoras propuesto, se establecen preliminarmente las velocidades mínima y media a la que debe de transitar el tren, teniendo como limitante una velocidad mínima de 20 kilómetros en régimen continuo para locomotoras diesel-eléctricas, ya que por abajo de dicha velocidad se tiene el riesgo de sobrecalentamiento en los motores.

En lo referente a la velocidad media, su valor estará afectado por la relación existente entre la fuerza tractiva útil de las locomotoras y la resistencia de los carros, es decir, será la velocidad promedio que puede alcanzar el tren con la formación propuesta.

No. 6, Ref. F. Fuerza tractiva útil

La fuerza tractiva útil para arrastre que se calcula en este apartado, se fundamenta en la teoría de la dinámica de trenes, de la cual se obtiene la ecuación que se aplica en la determinación de la fuerza tractiva, y que se expresa en los siguientes términos : $FTU = FT - WL[R_P + RS(N - 1) + 10GP(N)]$

El desarrollo y explicación de la anterior expresión algebraica se localiza en el apéndice B, correspondiente al segundo capítulo de este trabajo.

La ecuación anterior proporciona la fuerza de arrastre-necesaria en kilogramos para mover un tren en diversos grados de-pendiente, pero como los requerimientos de esta ecuación son va--riados, se optó por realizar una tabulación donde aparecen las -fuerzas tractivas útiles de arrastre para grados de pendiente que varía entre 0.25% y 5.0%, con incrementos del 0.05% y para veloci--dades entre 25 y 70 kilómetros/Hora con incrementos de 5 km./hr.-Asimismo, en esta tabulación se utilizó un peso de locomotora de-165 toneladas, un área frontal de 11 metros cuadrados. El cálcu--lo se practicó para dos locomotoras de 3,000 H.P. y 6 ejes, por -lo que a la cifra que proporcione la tabulación será necesario el multiplicarla por 2 si la formación consiste de 4 locomotoras, pe--ro si la formación del tren solamente necesita una locomotora el--valor tabulado será multiplicado por 0.50. Con este procedimien--to se obtiene el valor de la fuerza tractiva para diferente núme--ro de locomotoras, por ejemplo; si tenemos una pendiente goberna--dora de 2.40% y una velocidad mínima propuesta de 25 km./Hr. en -el tramo de Roseta a Tepic, con estos datos se encuentra que la -tabla proporciona una fuerza tractiva útil, para arrastre, de --45,586 kilogramos, pero como nuestra formación propuesta incluye--cinco locomotoras, la fuerza útil sería de $45,586 \times 2.5 = 113,965.0$ kilogramos. (ver apéndice B)

No. 7, Ref. G. resistencia de cien carros cargados

Aplicando los conceptos de la dinámica de trenes, se -procede a calcular la resistencia, tomando como base una formación

de 100 carros, de acuerdo con la siguiente ecuación :

$$RTC = 52.6 + 0.008V^2 + WC [0.65 + 0.014V + 10GP]$$

Donde las variables son : La velocidad propuesta para el tren; la pendiente en la cual se va a calcular y el peso promedio de los carros a utilizar.

Para la determinación de la resistencia de cien carros, también se procedió a tabular en la misma forma que en el inciso anterior, con las mismas variaciones en el grado de pendiente y en la velocidad (ver apéndice B)

No. 8, Ref. H. Carros arrastrados

Con la fuerza tractiva calculada en el punto 6 y con la resistencia de los cien carros del punto anterior, se obtiene el número de carros que pueden ser arrastrados, al relacionar ambos conceptos, expresándolo de la siguiente forma : $NC = \frac{FTU}{RTC} \times 100$

El resultado que se obtenga de aplicar la anterior relación deberá de ser lo más cercano a la formación propuesta, en caso contrario, se deberá de modificar la velocidad propuesta en el inciso 5 de esta metodología hasta que en forma reiterativa se llegue a un resultado cercano al número de carros propuesto.

No. 9, Ref. I. Velocidad resultante

La velocidad resultante es aquella que se obtiene de la

relación entre el número de carros obtenidos en el inciso anterior y el número de carros propuestos en el tercer inciso, el resultado que proporciona dicha relación se multiplica por la velocidad del punto cinco para encontrar finalmente la velocidad a la que puede transitar el tren con el número de carros propuesto.

No. 10, Ref. J. Velocidad máxima por horario

Como la velocidad resultante es una velocidad teórica, se debe considerar que en todo tramo o línea existe en las normas de operación (horarios) una velocidad máxima, la cual nunca deberá ser rebasada por razones de seguridad.

No. 11, Ref. K. Porcentaje de carga de las locomotoras

En este concepto se indica en qué porcentaje será usada la fuerza tractiva de las locomotoras propuestas, el cual siempre deberá de ser menor o igual al 100%.

No. 12, Ref. L. Tiempo de tránsito

Partiendo de la longitud del tramo y conforme al máximo de velocidad con que se puede transitar, se obtiene el tiempo que le lleva al tren en recorrer la distancia del tramo analizado.

No. 13, Ref. M. Tonelaje del tren

A partir de este punto, se procede a calcular para el sentido contrario al dominante, los mismos conceptos que ya fueron obtenidos en los anteriores incisos. Esto se hará siempre y cuando existan pendientes de ascenso en el contrasentido, en caso de no existir éstas y presentar el tramo un descenso sostenido, simplemente se corregirá respecto al horario el tiempo de tránsito, y la fuerza tractiva útil representará únicamente un 10%, que es el por ciento de fuerza que se emplea en estos casos para ir frenando el tren.

Si fuera el caso, se iniciaría este treceavo punto con la obtención del tonelaje bruto del tren, el cual será una proporción del tonelaje bruto del tren en el sentido dominante. Dicha proporción estará dada por la relación existente entre los tonelajes brutos diarios, los cuales se consignan en el primer punto de esta metodología.

No. 14, Ref. N. Pendiente y velocidad media

La pendiente media será calculada del mismo modo que en el punto 4 y la velocidad tendrá un valor propuesto para inicio de los cálculos.

No. 15, Ref. P. Fuerza tractiva a la pendiente media

Se calcula de la misma forma que en el No. 6, Ref. F.

No. 16, Ref. Q. Resistencia de 100 carros cargados

La resistencia será calculada de igual manera que en el punto 7, Ref. G., pero con la salvedad de que el peso promedio - bruto por carro será el obtenido en base al tonelaje bruto por - tren que se calculó en el inciso 13, ésto es, se partirá de la - misma formación propuesta para el tren en el sentido dominante, - que al igualarla con el peso bruto del tren en el sentido contra- rio se tendrá como incógnita únicamente el peso promedio por uni- dad de arrastre , el cual deberá tener un valor menor al consegui do en el sentido dominante, por la razón de que en el contrasenti do regresa un mayor número de carros vacíos.

No. 17, Ref. R. Carros arrastrados

Se procede a calcular el número de carros en la misma - forma que el punto 8, Ref. H.

No. 18, Ref. S. Velocidad media corregida

La velocidad media resultante para este sentido, será - la proporcionada por el producto del resultado de la relación - entre los carros calculados en el punto anterior y el número de - carros propuestos en el punto 3, y la velocidad que se supuso en-

el inciso 14 de esta metodología.

No. 19, Ref. T. Tiempo de tránsito

El tiempo de tránsito que se pide en este apartado es - el corregido con respecto al horario, es decir, se deben de ajustar los tiempos a la velocidad mínima calculada y/o la que indica el horario.

No. 20, Ref. U. Porciento de carga de las locomotoras

Este concepto es similar al mencionado en el inciso 11- de la presente metodología, variando sólo la velocidad media de - cálculo, que para este punto será la obtenida en el apartado 18.

No. 21, Ref. V. Número de trenes directos

En este apartado se consigna el número de trenes directos de carga que transitan por el tramo, para obtener los mismos- se relaciona el tonelaje diario del sentido dominante que se de- terminó en el primer punto entre el tonelaje que proporciona un - tren calculado en el punto 3. El resultado nos indicará cuántos trenes son posibles transitar en el sentido dominante que al mul- tiplicarse por dos, nos da un resultado final de la cantidad de - trenes en el tramo para ambos sentidos, aclarando que el número - de trenes siempre deberá de ser un valor par.

No. 22, Ref. W. Número de canales fijos

El número de canales fijos se refiere a la cantidad de trenes que circulan por el tramo y que están establecidos en el horario correspondiente, como los pasajeros, mixtos, locales y unitarios.

No. 23, Ref. X. Número de canales iniciales y finales

El número de canales iniciales, es la suma de los trenes directos más los trenes fijos de horario, y los canales finales, son los trenes directos que circularán hacia el último año del horizonte analizado, incluyendo también los fijos.

No. 24, Ref. Y. Canales para la capacidad proyecto de vía

A los trenes iniciales y finales se les aplica un factor de holgura, generalmente del 20%, para proteger la capacidad vehicular del tramo y no quedar totalmente ajustados en los procedimientos posteriores.

No. 25, Ref. Z. Módulo necesario entre laderos

En este punto se determina, mediante la fórmula de la capacidad potencial, el tiempo en horas que será necesario entre laderos para controlar los trenes finales, obtenidos en el inciso 24.

No. 26, Ref. a. Número de laderos necesarios

A partir del tiempo de tránsito antes estimado y el módulo necesario entre laderos, se obtiene el número de laderos necesarios en el tramo estudiado.

No. 27, Ref. b. Horario resultante para la capacidad final

Con el número de laderos anteriormente determinado, se obtiene el tiempo total necesario para encuentros, mismo que al ser sumado al tiempo de tránsito resulta el horario para los canales finales.

No. 28, Ref. c. Horario inicial

El tiempo necesario para encuentros, se afecta por la relación existente entre los canales iniciales y finales, mismo que sumado al tiempo de tránsito da como resultado el horario para los canales iniciales.

No. 29, Ref. d. Horario medio

El horario medio es simplemente el valor medio obtenido de los dos horarios anteriormente determinados.

No. 30, Ref. e. Tiempo de esperas adicionales

En este punto, se anotará el tiempo que pierde el tren a causa de cambios de tripulación y locomotoras, órdenes de tren,

inspección de tren, etc.

No. 31, Ref. f. Horario medio para cálculo de costos

Es la suma del horario medio y los tiempos de esperas adicionales.

No. 32, Ref. g. Tiempo transitando/holgando

Los tiempos de tránsito obtenidos tanto al norte como al sur restados del horario medio calculado da como resultado los tiempos de transitado y holgado para cada tramo y rumbo.

No. 33, Ref. h. Horario medio transitando/holgando

Este horario medio es el promedio de los tiempos norte y sur en las condiciones de holgado y en tránsito.

No. 34, Ref. i. Porcentaje de carga media de la fuerza

En este punto se consigna el promedio de carga de la fuerza obtenido para cada rumbo en los puntos 11 y 20 de esta metodología.

A partir del punto 35 se integran a esta metodología, los conceptos de costos de operación que proporcionan como resultado final el ahorro que se obtiene por tonelada bruta entre la alternativa propuesta comparándola contra la existente.

A continuación se explica cada uno de los costos particulares que conforman el costo total de operación.

Los conceptos principales que intervienen en el costo directo de un tren son los siguientes :

- a) Costo de amortización de la fuerza motriz necesaria para un -
adecuado tránsito del tren en la línea, considerando el tiempo normal de horario del tren en función del trafico probable.
- b) Costo relativo de amortización de carros, considerando la proporción relativa de manejo en terminales por unidad de tiempo.
- c) Costo de la tripulación correspondiente al tren considerado, -
incluyendo las prestaciones directas del personal de la misma y los factores de ajuste, distancia y tiempo.
- d) Costo de la proporción correspondiente a reparaciones de locomotoras y carros por tipo de línea y por unidad de tiempo.
- e) Costo del consumo de combustible y lubricantes tanto en el --
tránsito efectivo, como en las esperas normales de encuentros y/o rebases.

A continuación se analiza a manera de ejemplo cada uno de los conceptos antes anotados en el tramo Tepic - Guadalajara, únicamente considerando la condición de Control de Tráfico Centralizado.

a) Costo de amortización de la fuerza

Si se tiene que el valor futuro (s) de una cantidad presente (p), al final de (n) períodos a interés (i) está representado por la fórmula :

$$S = P(1+i)^n \quad (1)$$

Este mismo valor futuro representado mediante una serie de pagos al final de un período (R) queda expresado de la siguiente manera :

$$S = R \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (2)$$

A partir de esta ecuación podemos escribir :

$$R = S \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (3)$$

Si sabemos que $S = P(1+i)^n$

$$R = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (4)$$

Para el caso de la amortización de la fuerza motriz por hora, la fórmula a partir de la ecuación anterior (4) será :

$$\text{Can} = \frac{\text{Frf}}{\text{Fun}} \times \frac{\text{Ccl} \times i/100(1+i/100)^n}{365 \times 24 \left[(1+i/100)^n - 1 \right]} \quad (5)$$

Donde :

Can = Costo de amortización de la fuerza

Frf = Es el factor que considera la fuerza adicional que se requiere para que las locomotoras puedan desprenderse del servicio de transportación para recibir la atención que requieran en talleres. En operación normal es de 1.15

Fun = Factor de utilización normal, es el factor que considera todo el tiempo en que la locomotora no está conectada a un tren, sino simplemente en disponibilidad. Se considera que un ferrocarril regularmente manejado puede obtener factores de utilización de fuerza del 60%.

Ccl = Costo de compra original de la locomotora
 i = Tasa de rendimiento del capital invertido
 n = Número de años de la vida útil de la locomotora

Aplicando la anterior ecuación para el caso en estudio y considerando los siguientes valores, tenemos :

Si $Ccl = 1,300,000$ dólares

$i = 12\%$

$n = 20$ años

$Frf = 1.15$

$Fun = 0.60$

$$Can = \frac{1.15 \times 1,300,000 \times 0.12(1+0.12)^n}{0.60 \quad 365 \times 24 \left[(1+0.12)^n - 1 \right]}$$

$$Can = 1.9167 \times \frac{1,300,000 \times 1.1576}{8,760 \quad 8.6463}$$

$$Can = 1.9167 \times \frac{1,504,880}{75,741,588}$$

$$Can = 1.9167 \times 19.8686$$

$$Can = 38.08 \text{ us/hora}$$

Si aplicamos un tipo de cambio de 700 pesos por cada dólar, el costo de amortización de la fuerza motriz en pesos por hora será de : $Can = 26,656.0$ \$/hora

b) Costo de amortización de carros

El costo de amortización de carros tiene generalmente una base de cálculo similar al de las locomotoras. Siendo ésta:

$$Cac = \frac{cc(1+i/100)^n i/100}{365 \times 24 [(1+i/100)^n - 1]}$$

En donde :

Cac = Costo de amortización de los carros

cc = Costo de compra de carros promedio

Si sabemos que el costo medio de una unidad de arrastre es de : 26,400,000 pesos

$$Cac = \frac{26,400,000(1+12/100)^{20} 12/100}{365 \times 24 [(1+12/100)^{20} - 1]}$$

$$Cac = \frac{30,559,456.51}{75,741.53} = 403.47 \text{ pesos/hora}$$

c) Costo por pago de tripulación

El costo directo de tripulación comprende los salarios normales de todo el personal del tren, incluyendo las prestaciones directas que el personal recibe y los sobrecostos generados por situaciones especiales contractuales.

Para ésto, se obtiene el costo total de la tripulación por hora a partir de la siguiente expresión:

$$CHT = \frac{CTT}{365 \text{ NTD} \times \text{TTE}}$$

En la que :

CHT = Costo por hora de tripulación

CTT = Costo total anual por tripulación en trenes

NTD = Número de trenes directos por día

TTE = Tiempo de tránsito y encuentros

365 = Días del año

De esta expresión, para el tramo de Tepic a Guadalajara que es tomado como ejemplo, se conoce :

NTD = 8 trenes directos

TTE = 10.34 horas

Quedando únicamente como incógnita CTT, el cual se obtiene de la siguiente forma :

CTT = CKL x FA

Donde :

CKL = Costo anual por kilometraje

FA = Factor de inclusión de prestaciones directas, que se calcula de acuerdo a :

$$FA = \frac{1.3CKL + CSD + CVT}{CKL}$$

En la que :

CSD = Costo anual por pago séptimo día a tripulaciones

CVT = Pago anual por concepto de vacaciones a tripulaciones

1.3 = Representa el 30% de protección por otros pagos no considerados aquí, como fondo de ahorro, que representa por sí sólo el 15%

Para cuantificar el costo anual por kilometraje CKL, se utiliza la siguiente expresión :

CKL = 365(160 + 2KA)NTD x CKT

Donde :

KA = Es el kilometraje adicional a los 160 kilómetros que son pagados por jornada

CKT = Cuota de tripulación por kilómetro, la cual es obtenida de la siguiente manera :

Tomando la formación propuesta para el tramo de Tepic a Guadalajara, con 4 locomotoras y 60 carros, la tripulación necesaria y cuota por kilómetro, de acuerdo al tabulador de los ferrocarriles, es :

<u>Puesto</u>	<u>Cuota \$/Km.</u>
2 maquinistas	66.2904
2 ayudantes de maquinistas	53.7004
1 conductor	29.4393
4 garroteros	<u>99.9748</u>
	CKT = 249.4049 \$/Km.

y KA será :

KA = 273.8-160 = 113.80 Km.

Sustituyendo los valores anteriormente estimados para encontrar CKL, tenemos :

CKL = 365 $\left[160 + 2(113.80) \right] 8 \times 249.4049$

CKL = \$ 282,274,470.6

Retomando el cálculo de FA, falta conocer los pagos por séptimo día CSD y vacaciones CVT, que son calculados de acuerdo a la siguiente :

CSD = 9730 x NTD x TDT x CKT

Donde :

TDT = Número total de distritos

CSD = 9730 x 8 x 1 x 249.4049

CSD = \$ 19,413,677.42

CVT = 37.92 x DTD x NTD x CKT

Donde :

DTD = Distancia total a recorrer por los trenes directos

DTD = 273.8 km.

CVT = 37.92 x 273.8 x 8 x 249.4049

CVT = \$ 20,715,563.01

Por lo que FA es :

$$FA = \frac{1.3(282,274,470.6) + 19,413,677.42 + 20,715,563.01}{282,274,470.6}$$

$$FA = 1.4422$$

$$CTT = 1.4422 \times 282,274,470.6$$

$$CTT = \$ 407,086,052.2$$

$$CTH = \frac{407,086,062.2}{365 \times 8 \times 10.34}$$

$$CTH = 13,482.88 \text{ \$/Hora}$$

d) Costo por reparaciones adicionales de locomotoras y carros

El costo de locomotoras y equipo rodante por reparaciones adicionales es un costo que varía de acuerdo con la longitud del tren corrido y el tipo de desarrollo de línea.

La expresión utilizada para el costo de este concepto es :

$$CRA = CRL \times FRL \times PMHP \times NLC + CRC \left(\frac{FRL \times NCT}{50} \right)^2$$

Donde :

CRA = Costo de las reparaciones adicionales por tren en pesos por hora

CRL = Costo de referencia para locomotoras. \$ 18 por cada 1000-HP-Hora

FRL = Factor de referencia de la línea, es el valor que relaciona el desgaste que se ocasiona en la vía a diferentes grados de pendiente, el cual se detalla en el cuadro 3.4.1. anexo.

PMHP = Potencia de las locomotoras en miles de caballos

NLC = Número de locomotoras conectadas

NCT = Número de carros arrastrados por el tren

CRC = Costo de referencia por unidad de carro \$ 8 por carro-hora

Aplicando estos conceptos de costos en el tramo de - -
Tepic a Guadalajara en una pendiente media de 0.90% en la direc--
ción dominante del flete, se tiene :

$$\text{CRA} = 18 \times 0.96 \times 3 \times 4 + 8 \frac{0.96(60)^2}{50}$$

$$\text{CRA} = 207.36 + 552.96$$

$$\text{CRA} = 760.32 \text{ \$/hora}$$

e) Costo por consumo de combustible y lubricantes

El costo por consumo de combustible considera dos aspectos principales :

El primero comprende la condición de tránsito a plena -
carga y el segundo la condición de holgando. La ecuación utiliza
da en ambas condiciones es :

$$\text{CCL} = (\text{LHC} \times \text{TTR} + \text{LHH} \times \text{TES})(\text{CRC} + \text{CRL}/\text{RCL})$$

En la que :

CCL = Costo total de combustible y lubricante

LHC = Litros consumidos por hora a plena carga para el tipo de locomotora de que se trate

TTR = Tiempo de tránsito del tren computado para la pendiente media del tramo : horas

LHH = Litros consumidos por hora en condiciones de holgando

TES = Tiempo de espera por encuentros y demora : horas

CRC = Costo de referencia usado para combustible en pesos por litro

RCL = Relación de consumo combustible lubricante (para locomotoras diesel, RCL = 130)

CRL = Costo de referencia usado para lubricantes en pesos por litro

Para el costo a plena carga TTR = 1 hora y TES = 0 y se tendría el siguiente costo de combustibles y lubricantes por hora-transitada :

$$CCL = (LHC \times 1 + LHH \times 0)(CRC + CRL/RCL)$$

$$CCL = LHC(CRC + CRL/RCL)$$

Si el consumo de combustible en litros por hora de una locomotora de 3,000 H.P. a plena carga es de 720 litros/hora a un precio de 0.85 dólares/galón¹⁾ y si se maneja en forma práctica que el costo del lubricante es 5 veces el costo del combustible, tenemos que :

$$CCL = 720(0.225 + 1.25/130)$$

$$CCL = 720(0.2337)$$

$$CCL = 168.23 \text{ us/hora}$$

$$CCL = 117,784.80 \text{ \$/hora}$$

Para el costo en la situación de holgando, TTR = 0 y -

$$TES = 1 \text{ hora}$$

$$CCL = LHH(CRC + CRL/RCL)$$

Si sabemos que el consumo de combustible en litros por hora de una locomotora de 3,000 H.P. en la situación de holgando es de 24 litros/hora, tenemos que :

$$CCL = 24(0.225 + 1.125/130)$$

$$CCL = 24(0.2337)$$

$$CCL = 5.6 \text{ us/hora}$$

$$CCL = 3,926.16 \text{ \$/hora}$$

1) 1 Galón (U.S.A.) = 3.785 litros

Integración de los costos

Considerando todos los conceptos enumerados en los puntos anteriores, se determinan los costos por hora para la forma -- ción utilizada, como sigue :

Costo por cada hora-tren transitando

Este costo se compone por la suma de los costos siguientes :

- Amortización de la fuerza
- Amortización de los carros
- Pago de tripulación por hora media de ruta
- Reparaciones adicionales
- Consumo de combustible y lubricante en la condición de tránsito

Costo por cada hora-tren holgando

Para este concepto se utilizan los mismos conceptos -- anteriormente definidos, variando únicamente el consumo de combustible y lubricante de la condición de tránsito a la de holgando..

Conocidos los costos totales por hora de tren en la condición de transitando y holgando, se está en posibilidades de obtener : el costo por tramo para las mismas condiciones; el costo total del tren por tramo, y dividiendo este último costo entre el -- promedio del tonelaje bruto a mover, se determina el costo de la -- tonelada bruta para cada tramo analizado.

RELACION DE VALORES

Cuadro 3.4.1

PENDIENTE MEDIA / COSTO RELATIVO POR TON.BRU.-KM.

0.10 0.75	0.70 0.90	1.30 1.10	1.90 1.36	2.50 1.68	3.10 2.08	3.70 2.53
0.20 0.78	0.80 0.93	1.40 1.13	2.00 1.40	2.60 1.75	3.20 2.14	3.80 2.63
0.30 0.80	0.90 0.96	1.50 1.17	2.10 1.46	2.70 1.80	3.30 2.23	3.90 2.73
0.40 0.82	1.00 1.00	1.60 1.23	2.20 1.51	2.80 1.86	3.40 2.30	4.00 2.80
0.50 0.85	1.10 1.03	1.70 1.26	2.30 1.56	2.90 1.93	3.50 2.38	4.10 2.91
0.60 0.88	1.20 1.06	1.80 1.33	2.40 1.61	3.00 2.00	3.60 2.46	4.20 3.00

3.4.2. Cuantificación de beneficios

Para cuantificar los beneficios en los tramos Roseta - Tepic y Tepic - Guadalajara, se elaboró un análisis de costos de operación aplicando la metodología anteriormente descrita y presentando los resultados en los cuadros que a continuación aparecen :

Beneficios con la instalación de C.T.C.

En el análisis de los beneficios con la instalación del Sistema de Señales C.T.C. se consideró para ambos tramos un tren de 60 carros de 74.99 toneladas brutas cada uno y un cabús con - 25.00 toneladas de tara, lo que proporciona un peso promedio bruto del tren de 4,449 toneladas en el sentido dominante, requi- - riendo tanto en la situación actual como en la operación median- te C.T.C., de 5 locomotoras de 3,000 H.P. cada una entre Roseta- y Tepic y 4 locomotoras de la misma potencia entre Tepic y Guada- lajara.

Los resultados obtenidos, indican que para la condición actual el tiempo promedio de recorrido de Roseta a Guadalajara - sería de 13.04 horas (sin considerar el patio de Tepic, Nay.), - representando un costo de \$ 1,278.52 por tonelada bruta maneja - da. Por otro lado, con la instalación del C.T.C., el tiempo - promedio de recorrido alcanzaría las 10.14 horas y un costo de - \$ 1,156.63 por tonelada bruta, lo cual nos produciría comparati- vamente un ahorro en tiempo de 2.90 horas y de \$ 121.89 por tonelada bruta manejada.

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE BENEFICIOS

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRANOS A SEHALIZAR

Hoja No. 1

No.	R E F	CONCEPTO	REFERENCIAS DE ORIGEN O CALCULO	Roseta a Tepic O.T	Tepic o Guadalajara O.T	Roseta o Tepic C.T.C	Tepic o Guadalajara C.T.C
1	A	Tonelaje diario de referencia (Año de 1986)	Estimado S Estimado N	15,743 10,482	16,164 10,951	15,743 10,482	16,164 10,951
2	B	Longitud del tramo (Kilómetros)	Actual	53.0	273.8	53.0	273.8
3	C	Tonelaje del tren Ruaba sur	Propuesto (T.B.)	(1) 5*3000+ 60.0	(2) 4*3000+ 60.0	5*3000+ 60.0	4*3000+ 60.0
				4,449.4	4,449.4	4,449.4	4,449.4
4	D	Pendiente Gober. y media Ruaba sur	Gobernadora Media	2.40% 1.70%	2.00% 0.90%	2.40% 1.70%	2.00% 0.90%
5	E	Vel. de cálculo Mínima y media Ruaba sur	Calculadas (km/hr)	25.0 35.0	25.0 45.0	25.0 35.0	25.0 45.0
6	F	Fza.tract.a las pend.gob y med Ruaba sur	Calculadas	113,965.0 81,122.8	93,812.0 52,954.4	113,965.0 81,122.8	93,812.0 52,954.4
7	G	Resist. de 100 carros cargados Ruaba sur	Calculada	193,235.0 142,271.9	163,239.0 83,969.7	193,235.0 142,271.9	163,239.0 83,969.7
8	H	Carros arrastrados Ruaba sur	F H = --- \$100 G	59 57	57 63	59 57	57 63
9	I	Vel. corregidas Mínima y Media Ruaba sur	H I = --- *Evc No.c.	24.6 33.3	23.8 47.3	24.6 33.3	23.8 47.3
10	J	Velocidad máxima por horario	Actual (Km/hr)	30.6	36.6	30.6	36.6
11	K	X de carga de la fza. tract. Ruaba sur	J (3) K = --- \$100 Ia	92%	78%	92%	78%

DECLARACIONES Y NOTAS

- No.c. = Número de carros por tren.
- (1).- Formacion utilizada = 5 Locomotoras de 3,000 H.P con 59 carros de 74.99 Ton/Carro mas un cabús de 25 Ton. Proporcionan 4,449.4 Toneladas Brutas de arrastre por Tren.
- (2).- Formacion utilizada = 4 Locomotoras de 3,000 H.P con 59 carros de 74.99 Ton/Carro mas un cabús de 25 Ton. Proporcionan 4,449.4 Toneladas Brutas de arrastre por Tren.
- (3).- $J/I > 1$ entonces $K = 100\%$

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRAMOS A SENALIZAR							Hoja No. 2	
12	L	Tiempo de tránsito (hrs) Ruabo sur	$L = \frac{B}{I_m}$ (4)	1,73	7,48		1,73	7,48
13	M	Tonelaje del tren Ruabo norte	$H = \frac{Acont}{ADoa} \cdot K$	2,963	3,014 (5)		2,963	3,014 (5)
14	H	Pend. media y vel. de cdic. Ruabo norte	Calculadas (Ka./Hr.) (X)	BAJADA	0,60% 65,0		BAJADA	0,60% 65,0
15	P	Fuerza tractiva a la pend. med. Ruabo norte	Calculada	BAJADA	33,165,6		BAJADA	33,165,6
16	Q	Resist. de 100 carros cargados Ruabo norte	Calculada	BAJADA	47,192,7		BAJADA	47,192,7
17	R	Carros arrastrados Ruabo norte	$R = \frac{P}{Q} \cdot 100$	BAJADA	70		BAJADA	70
18	S	Vel. media corregida Ka/hr Ruabo norte	$S = \frac{R}{Nvc} \cdot No.c.$	BAJADA	75,8		BAJADA	75,8
19	T	Tiempo de tránsito (hrs) Ruabo norte	Corregido Respecto a Horario	1,73	7,48		1,73	7,48
20	U	% de carga de la fza. tract. Ruabo norte	$U = \frac{J}{S} \cdot 100$ (6)	10%	48%		10%	48%
21	V	No. de trenes Directos	$V = \frac{ADoa}{C} \cdot 2$	8	8		8	8
22	W	Número de Canales fijos	(7)	6	6		6	6
23	X	No. de canales Iniciales Finales	$XI = V + W$ $XF = (8)$	14 26	14 26		14 26	14 26
24	Y	Canales para la capacidad proyectada de la vía	$YI = (W/0,8) \cdot W$ $YF = (CfF/0,8) \cdot W$	16 30	16 30		16 30	16 30
DECLARACIONES Y NOTAS			(4).- $K < 100\%$ entonces $L = B/J$					
			(5).- $(60 \cdot X) + 25 = 3,014,6$; $X = 49,82$					
			(6).- Cuando $J/S \geq 1$ entonces $U = 100\%$					
			(7).- Pasajeros, Mixtos, Locales y Unitarios					
			(8).- Determinados a partir del Tonelaje Bruto a movilizar					
			Cff.- Canales fijos finales					

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRAMOS A SEÑALIZAR							Hoja No. 3
25	Z	Módulo necesario entre laderos	(9) Horas	0.39	0.39	0.57	0.57
26	a	Número de laderos necesarios	$a=L/Z+1$	6	20	4	14
27	b	Horario resultante para la capacidad final	$b=L/(a*t)/60$ Horas	2.73	10.81	2.00	8.41
28	c	Horario Inicial	(10) Horas	2.26	9.27	1.87	7.98
29	d	Horario Medio	$d=(b+c)/2$ Horas	2.50	10.04	1.94	8.20
30	e	Tiempo de esperas adicionales	Ordenes de Tren Horas	0.20	0.30	-	-
31	f	Horario Medio para cálculo de costos	$f=d+e$ Horas	2.70	10.34	1.94	8.20
32	g	Tiempo Transitando/ Holgando	S	1.73/0.97	7.48/2.86	1.73/0.21	7.48/0.72
			N	1.73/0.97	7.48/2.86	1.73/0.21	7.48/0.72
33	h	Horario Medio Transitando/ Holgando		1.73/0.97	7.48/2.86	1.73/0.21	7.48/0.72
34	i	Porcentaje de carga medio de la fuerza	$i=(K+U)/2$	51%	63%	51%	63%
35	j	Costo de amortización de fuerza	\$/Hora	133,280.20	106,624.20	133,280.20	106,624.20
36	k	Costo de amortización de carros	\$/Hora	24,208.20	24,208.20	24,208.20	24,208.20
37	l	Costo por pago de tripulación	\$/Hora	11,940.74	13,482.88	14,928.74	17,001.59
DECLARACIONES Y NOTAS							
(9).- Con D.T. $Z=(1000/YF-10)/60$				Con C.T.C. $Z=(1152/YF-4)/60$			
t= Tiempo de espera para encuentro en laderos.							
(10).- $c=L+(XI/XF)[(a*t)/60]$							

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRAMOS A SENALIZAR							Hoja No. 4
38	m	Costo por reparaciones adicionales	\$/Hora	1,065.96	760.32	1,065.96	760.32
39	n	Costo por cons. de comb. y lub. Trans./Holgando	(11)\$/Hora	300,351.24	296,817.70	300,351.24	296,817.70
			H	19,630.80	15,704.64	19,630.80	15,704.64
40	p	Costo total por hora Trans./Holgando	\$/Hora	470,846.34	441,893.30	473,834.34	445,412.01
			H	190,125.90	160,780.24	193,113.90	164,298.95
41	q	Costo por Tramo Trans./Holgando	\$	814,564.17	3,305,361.88	819,733.41	3,331,681.83
			H	184,422.10	459,831.49	40,553.92	118,295.24
42	r	Costo total por tramo por tren	\$	998,986.27	3,765,193.37	860,287.33	3,449,977.07
43	s	Costo de la Tonelada Bruta por tren	$s=r/L(C+H)/2J$ \$/T.B.	269.54	1,008.98	232.12	924.51
44	t	Ahorro con C.T.C	\$/T.B.			121.89	
DECLARACIONES Y NOTAS							
(11).- Ajustado al costo internacional							

Beneficios con la rectificación de Roseta a Tepic

En el análisis de los beneficios que proporcionaría la construcción de una ruta del km.-1 422 al km.-1 506, se consideró un tren de 60 carros con un peso similar al trabajado en el análisis con C.T.C., modificando la cantidad de locomotoras de acuerdo al tramo en que se aplicaron, ésto es, para la situación actual se dividió el análisis en dos tramos, siendo éstos, del km.-1 422 a Roseta y de Roseta al km.-1 506, esta división se hizo por existir marcadas diferencias topográficas entre los dos tramos, por lo que las locomotoras necesarias fueron de 2 unidades de 3,000 H.P. en el primer tramo, y de 5 locomotoras en el segundo tramo.

Para la situación del proyecto, se analizó de punta a punta, por contar con pendientes constantes y semejantes grados de curvatura, requiriendo una fuerza tractiva de 4 locomotoras de 3,000 H.P. para arrastrar un tren de 60 carros.

De los resultados que arrojó el análisis tratado, se tiene que en la condición actual el tiempo promedio para recorrer del km.-1 422 al km.-1 506 es de 3.61 horas con un costo por tonelada bruta de \$ 327.49, y en lo referente a la nueva ruta se calculó un tiempo promedio de 3.70 horas con un costo de \$ 293.91 por tonelada bruta transportada, de lo cual se infiere que por la nueva ruta se necesitan 0.09 horas más que en la ruta actual, pero con un ahorro de \$ 33.58 por tonelada bruta

METEOROLOGIA PARA LA EVALUACION DE BENEFICIOS						
DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRANOS A RECTIFICAR						Hoja No. 1
No.	R	CONCEPTO	REFERENCIAS DE ORIGEN DE CALCULO	Km.-1,422 a Roseto	Roseta al Km.-1,506	Km.-1,422 al Km.-1,506
1	A	TonELAJE diario de referencia (Año de 1986)	Estimado S	15,743	15,743	15,743
2	B	Longitud del tramo (Kilómetros)	Actual y Proyecto	16.0	61.0	84.0
3	C	TonELAJE del tren Ruaba sur	Propuesto (T.B.)	2*3000+60 4,449.4	5*3000+60 4,449.4	4*3000+60 4,449.4
4	D	Pendiente Gber. y media Ruaba sur	Gobernadora Media	0.50% 0.35%	2.40% 1.70%	1.50% 1.30%
5	E	Vel. de cálculo Mínima y media Ruaba sur	Calculadas (km/hr)	40.0 45.0	25.0 35.0	30.0 35.0
6	F	Fza. tract. a las pend. gob y med Ruaba sur	Calculadas	31,569.7 28,292.2	113,965.0 81,122.8	79,100.4 67,539.2
7	G	Resist. de 100 carros cargados Ruaba sur	Calculada	53,108.8 42,725.2	193,235.0 142,271.9	126,488.9 112,275.9
8	H	Carros arrastrados Ruaba sur	F H = ---- *100 G	59 66	59 57	63 60
9	I	Vel. corregidas Mínima y Media Ruaba sur	H I = ---- *Evc No.c.	39.3 49.5	24.6 33.3	31.5 35.0
10	J	Velocidad máxima por horario	Actual (Km/hr)	48.3	39.0	50.0
11	K	% de carga de la fza. tract. Ruaba sur	J (1) K = ---- *100 Ia	98%	100%	100%
DECLARACIONES Y NOTAS						
No.c. = Número de carros por tren. = 60						
(1).- J/I > 1 entonces K = 100%						

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRAMOS A RECTIFICAR						Hoja No. 2
12	L	Tiempo de tránsito (hrs) Ruabo sur	$L = \frac{B}{J}$ B (2) Im	0,33	1,83	2,40
13	M	Tonelaje del tren Ruabo norte	$M = \frac{Acont}{ADom} * C$	2,963	(3) 2,963	2,963
14	N	Pend. media y vel. de calc. Ruabo norte	Calculadas (X) (Km./Hr.)	0,25X 65,0	BAJADA	BAJADA
15	P	Fuerza tractiva a la pend. med. Ruabo norte	Calculada	19,262.5	BAJADA	BAJADA
16	Q	Resist. de 100 carros cargados Ruabo norte	Calculada	28,521.8	BAJADA	BAJADA
17	R	Carros arrastrados Ruabo norte	$R = \frac{P}{Q} * 100$	67	BAJADA	BAJADA
18	S	Vel. media corregida Km/hr Ruabo norte	$S = \frac{R}{Nvc} * Nvc$ No.c.	72.6	BAJADA	BAJADA
19	T	Tiempo de tránsito (hrs) Ruabo norte	Corregido Respecto a Horario	0,33	1,56	1,68
20	U	% de carga de la fza.tract. Ruabo norte	$U = \frac{J}{S} * 100$	67X	10X	10X
21	V	No. de trenes Directos	$V = \frac{ADom}{C} * 2$	8	8	8
22	W	Número de Canales fijos	(5)	6	6	6
23	X	No. de canales Iniciales Finales	$XI = V + W$ $XF = (6)$	14 26	14 26	14 26
24	Y	Canales para la capacidad proyectada de la via	$YI = (V/0,8) * W$ $YF = Cff/(0,8) * W$	16 30	16 30	16 30
ACLARACIONES Y NOTAS			(2).- $K < 100\%$ entonces $L = B/J$			
			(3).- $(60 * X) + 25 = 2,963$; X = 48,96			
			(4).- Cuando $J/S > 1$ entonces $U = 100\%$			
			(5).- Pasajeros, Mixtos, Locales y Unitarios			
			(6).- Determinados a partir del Tonelaje Bruto a movilizar			
			Cff.- Canales fijos finales			

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRAMOS A RECTIFICAR						Hoja No. 3
25	Z	Módulo necesario entre laderos	(7) Horas	0.39	0.39	0.39
26	a	Número de laderos necesarios	$a=L/Z+1$	2	6	7
27	b	Horario resultante para la capacidad final	$b=L\{a\}/60$ Horas	0.66	2.83	3.57
28	c	Horario Inicial	(8) Horas	0.62	2.71	3.42
29	d	Horario Medio	$d=(b+c)/2$ Horas	0.64	2.77	3.50
30	e	Tiempo de esperas adicionales	Ordenes de Tren Horas	-	0.20	0.20
31	f	Horario Medio para cálculo de costos	$f=d+e$ Horas	0.64	2.97	3.70
32	g	Tiempo Transitando/ Holgando	S	0.33/0.31	1.83/1.14	2.40/1.30
			N	0.33/0.31	1.56/1.41	1.68/2.02
33	h	Horario Medio Transitando/ Holgando		0.33/0.31	1.70/1.28	2.04/1.66
34	i	Porcentaje de carga media de la fuerza	$i=(K+U)/2$	83%	55%	55%
35	j	Costo de amortización de fuerza	\$/Hora	53,312.00	133,280.20	106,624.20
36	k	Costo de amortización de carros	\$/Hora	24,208.20	24,208.20	24,208.20
37	l	Costo por pago de tripulación	\$/Hora	9,648.59	14,232.88	12,780.70

DECLARACIONES Y NOTAS

(7).- $\text{Con } 0.T, Z=(1000/YF-10)/60$

t= Tiempo de espera para encuentro en laderos.

(8).- $c=L\{X1/XF\}[(a\&t)/60]$

DATOS DE LINEA PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE TRAMOS A RECTIFICAR							Hoja No. 4
38	m	Costo por reparaciones adicionales	\$/Hora	554.04	1,065.96		871.20
39	n	Costo por cons. de camb. y lub. Trans./Holgando	(9)*/Hora	195,522.77	323,908.20		259,126.56
			H	7,852.32	19,630.80		15,704.64
40	p	Costo total por hora Trans./Holgando	*/Hora	283,245.60	496,695.44		403,610.86
			H	95,575.15	122,418.04		160,188.94
41	q	Costo por Tramo Trans./Holgando	\$	93,471.05	844,382.25		823,366.15
			H	29,628.30	246,295.09		265,913.64
42	r	Costo total por tramo por tren	\$	123,099.35	1,090,677.34		1,089,279.79
43	s	Costo de la Tonelada Bruta por tren	$s=r/[C(H)/23$ */T.B.	33.21	294.28		293.91
44	t	Ahorro con la rectificacion	*/T.B.				33.58
DECLARACIONES Y NOTAS							
(9).- Ajustado al costo internacional							

3.5. Evaluación de las alternativas

En la evaluación de las alternativas, se realizó un análisis económico-financiero aplicando el procedimiento de la tasa interna de retorno (TIR), para ambos proyectos.

La evaluación de la instalación del sistema de señales C.T.C. entre Roseta y Guadalajara, se practicó con base en el ahorro obtenido en el subcapítulo anterior, el cual resultó de 121.89 pesos por tonelada bruta, al operar los trenes mediante el sistema de C.T.C. Determinadas las toneladas brutas a movilizar por el tramo, se cuantificaron los beneficios directos de operación abarcando hasta el año de 1990, fecha en la cual, se satura el tramo con trenes de 60 carros.

A partir del año 1991 y hasta el año 2008, punto final del horizonte económico por evaluar, se determinaron los beneficios por tráfico derivado, que son aquellos beneficios que pierde el ferrocarril al traspasarlos al autotransporte por no contar con la capacidad física suficiente para absorber la demanda creciente del movimiento de productos. Para la obtención de esta fuente de beneficios, se compararon las tarifas ferroviarias respecto a las del autotransporte, resultando una diferencia de \$ 1,715.43 miles por tonelada bruta movida.

Con los beneficios obtenidos en la forma antes descrita, y con la inversión requerida de \$ 9,804 millones, distribuidos en los primeros dos años 1987 y 1988, se obtuvo que para un período de recuperación de 20 años, el proyecto de la instalación del C.T.C. es altamente rentable al obtener una tasa interna de retorno (TIR) del 36.33%.

Análisis económico de la instalación del C.T.C. en el tramo de -
Roseta - Guadalajara

(MILLONES)

A Ñ O	INVERSION TOTAL	BENEFICIOS DE OPERACION	BENEFICIOS POR TRAFICO	BENEFICIOS TOTALES
1987	4,902			-4,902.00
1988	4,902			-4,902.00
1989		1,414.29		1,414.29
1990		1,491.31		1,491.32
1991		1,491.32	1,188.52	2,679.84
1992		1,491.32	2,466.11	3,937.43
1993		1,491.32	3,769.24	5,260.56
1994		1,491.32	5,170.31	6,661.63
1995		1,491.32	6,649.31	8,140.63
1996		1,491.32	8,218.65	9,709.97
1997		1,491.32	9,874.77	11,366.09
1998		1,491.32	11,624.78	13,116.10
1999		1,491.32	13,473.97	14,965.29
2000		1,491.32	15,427.67	16,918.99
2001		1,491.32	17,498.28	18,989.60
2002		1,491.32	19,685.78	21,177.10
2003		1,491.32	21,997.28	23,488.60
2004		1,491.32	24,439.85	25,931.17
2005		1,491.32	27,002.34	28,513.66
2006		1,491.32	29,762.48	31,253.80
2007		1,491.32	32,656.72	34,148.04
2008		1,491.32	35,713.92	37,205.24

ANALISIS ECONOMICO DE LA INSTALACION DEL C.T.C. EN EL TRAMO DE
ROSETA A GUADALAJARA

AÑO	MILLONES DE PESOS COSTO	BENEFICIO	BENEFICIO N E T O	FACTOR	S A L D O ACTUALIZADO	BALANCE
1987	4902.00	0.00	-4902.00	1.0000	-4902.00	-4902.00
1988	4902.00	0.00	-4902.00	0.7335	-3595.76	-8497.76
1989	0.00	1414.29	1414.29	0.5381	760.98	-7736.78
1990	0.00	1491.32	1491.32	0.3947	588.60	-7148.18
1991	0.00	2679.84	2679.84	0.2895	775.85	-6372.33
1992	0.00	3937.43	3937.43	0.2124	836.18	-5536.15
1993	0.00	5260.56	5260.56	0.1558	819.47	-4716.68
1994	0.00	6661.63	6661.63	0.1143	761.20	-3955.48
1995	0.00	8140.63	8140.63	0.0838	682.33	-3273.15
1996	0.00	9709.97	9709.97	0.0615	597.00	-2676.15
1997	0.00	11366.09	11366.09	0.0451	512.60	-2163.55
1998	0.00	13116.10	13116.10	0.0331	433.90	-1729.65
1999	0.00	14965.29	14965.29	0.0243	363.15	-1366.50
2000	0.00	16918.99	16918.99	0.0178	301.16	-1065.34
2001	0.00	18989.60	18989.60	0.0131	247.94	-817.39
2002	0.00	21177.10	21177.10	0.0096	202.83	-614.57
2003	0.00	23488.60	23488.60	0.0070	165.02	-449.55
2004	0.00	25931.17	25931.17	0.0052	133.63	-315.92
2005	0.00	28513.66	28513.66	0.0038	107.79	-208.13
2006	0.00	31253.80	31253.80	0.0028	86.66	-121.47
2007	0.00	34148.04	34148.04	0.0020	69.46	-52.02
2008	0.00	37205.24	37205.24	0.0015	55.51	3.49

TASA INTERNA DE RETORNO 36.33 %

TASA %	RELACION BENEFICIO/COSTO	VALOR PRESENTE	AÑO DE RECUPERACION
27	1.79	6962.00	11
28	1.67	5876.14	11
29	1.56	4896.33	11
30	1.46	4010.42	12
31	1.37	3207.83	12
32	1.29	2479.32	13
33	1.21	1816.83	14
34	1.14	1213.27	15
35	1.08	662.45	17
36	1.02	158.89	20
37	0.96	-302.21	
38	0.91	-725.12	
39	0.87	-1113.58	
40	0.82	-1470.95	
41	0.79	-1800.19	
42	0.75	-2103.92	
43	0.71	-2384.52	
44	0.68	-2644.06	
45	0.65	-2884.44	

Para la evaluación de la rectificación en el tramo de Roseta a Tepic se consideró un período de recuperación de 30 - - años, con una inversión de \$ 11,476 millones, distribuida en los primeros cuatro años de la siguiente forma : en 1987, \$ 1,721 millones, en 1988, \$ 2,295, en 1989, \$ 4,820, y finalmente en 1990, \$ 2,640 millones.

Los beneficios directos de operación se determinaron a partir de 1991 y como año de saturación con trenes de 60 carros, se estimó el año de 2004. Los cálculos para los beneficios de tráfico derivado, se realizaron para el período del año 2005 al 2020, fin del horizonte de análisis.

Para este proyecto, inicialmente se realizó su evaluación económica considerando únicamente los beneficios directos de la operación, resultando una tasa interna de retorno del - - 5.57%, con la cual no se logra ni siquiera pagar intereses de la inversión tasadas al 12% anual. Por tal motivo, se optó en -- incluir los beneficios por tráfico derivado, resultando con esta variación, que nuestro proyecto presenta una rentabilidad del - 16.80%, lo cual indica una aceptable condición para invertir en la rectificación.

Ambos análisis, se presentan en los cuadros anexos.

Análisis económico de la rectificación en el tramo de Roseta a Tepic

(MILLONES)

AÑO	INVERSION TOTAL	BENEFICIOS DE OPERACION	BENEFICIOS TOTALES
1987	1,721.00		-1,721.00
1988	2,295.00		-2,295.00
1989	4,820.00		-4,820.00
1990	2,640.00		-2,640.00
1991		433.38	433.38
1992		457.22	457.22
1993		482.31	482.31
1994		508.87	508.87
1995		536.91	536.91
1996		566.66	566.66
1997		598.06	598.06
1998		631.24	631.24
1999		666.29	666.29
2000		703.33	703.33
2001		742.59	742.59
2002		784.06	784.06
2003		827.88	827.88
2004		874.19	874.19
2005		923.15	923.15
2006		975.10	975.10
2007		1,029.97	1,029.97
2008		1,087.93	1,087.93
2009		1,149.51	1,149.51
2010		1,214.29	1,214.29
2011		1,282.72	1,282.72
2012		1,355.02	1,355.02
2013		1,431.38	1,431.38
2014		1,512.04	1,512.04
2015		1,597.23	1,597.23
2016		1,687.26	1,687.26
2017		1,782.33	1,782.33
2018		1,882.80	1,882.80
2019		1,988.88	1,988.88
2020		2,100.97	2,100.97

ANALISIS ECONOMICO DE LA RECTIFICACION EN EL TRAMO DE
ROSETA A TEPIC

AÑO	MILLONES DE PESOS COSTO	BENEFICIO	BENEFICIO NETO	FACTOR	SALDO ACTUALIZADO	BALANCE
1987	1721.00	0.00	-1721.00	1.0000	-1721.00	-1721.00
1988	2295.00	0.00	-2295.00	0.9472	-2173.89	-3894.89
1989	4820.00	0.00	-4820.00	0.8972	-4324.72	-8219.61
1990	2640.00	0.00	-2640.00	0.8499	-2243.73	-10463.34
1991	0.00	433.38	433.38	0.8050	348.89	-10114.45
1992	0.00	457.22	457.22	0.7626	348.66	-9765.79
1993	0.00	482.31	482.31	0.7223	348.39	-9417.41
1994	0.00	508.87	508.87	0.6842	348.17	-9069.23
1995	0.00	536.91	536.91	0.6481	347.97	-8721.26
1996	0.00	566.66	566.66	0.6139	347.87	-8373.39
1997	0.00	598.06	598.06	0.5815	347.78	-8025.61
1998	0.00	631.24	631.24	0.5508	347.70	-7677.91
1999	0.00	666.29	666.29	0.5218	347.64	-7330.27
2000	0.00	703.33	703.33	0.4942	347.60	-6982.67
2001	0.00	742.59	742.59	0.4681	347.64	-6635.03
2002	0.00	784.06	784.06	0.4434	347.68	-6287.35
2003	0.00	827.88	827.88	0.4200	347.74	-5939.61
2004	0.00	874.19	874.19	0.3979	347.82	-5591.79
2005	0.00	923.15	923.15	0.3769	347.91	-5243.88
2006	0.00	975.10	975.10	0.3570	348.10	-4895.77
2007	0.00	1029.97	1029.97	0.3382	348.29	-4547.49
2008	0.00	1087.93	1087.93	0.3203	348.47	-4199.02
2009	0.00	1149.51	1149.51	0.3034	348.77	-3850.25
2010	0.00	1214.29	1214.29	0.2874	348.98	-3501.27
2011	0.00	1282.72	1282.72	0.2722	349.19	-3152.08
2012	0.00	1355.02	1355.02	0.2579	349.41	-2802.67
2013	0.00	1431.38	1431.38	0.2443	349.62	-2453.05
2014	0.00	1512.04	1512.04	0.2314	349.83	-2103.21
2015	0.00	1597.23	1597.23	0.2192	350.04	-1753.17
2016	0.00	1687.26	1687.26	0.2076	350.26	-1402.91
2017	0.00	1782.33	1782.33	0.1966	350.47	-1052.43
2018	0.00	1882.80	1882.80	0.1863	350.69	-701.74
2019	0.00	1988.88	1988.88	0.1764	350.90	-350.84
2020	0.00	2100.97	2100.97	0.1671	351.12	0.28

TASA INTERNA DE RETORNO 5.57 %

TASA %	RELACION BENEFICIO/COSTO	VALOR PRESENTE	AÑO DE RECUPERACION
3	1.55	5990.32	26
4	1.30	3198.44	29
5	1.10	1022.86	32
6	0.93	-680.08	
7	0.80	-2018.47	
8	0.69	-3074.04	
9	0.61	-3908.99	

Análisis económico de la rectificación en el tramo de Roseta a Tepic.

AÑO	(MILLONES)			
	INVERSION TOTAL	BENEFICIOS DE OPERACION	BENEFICIOS POR TRAFICO	BENEFICIOS TOTALES
1987	1,721			-1,721
1988	2,295			-2,295
1989	4,820			-4,820
1990	2,640			-2,640
1991		433.38		433.38
1992		457.22		457.22
1993		482.31		482.31
1994		508.87		508.87
1995		536.91		536.91
1996		566.66		566.66
1997		598.06		598.06
1998		631.24		631.24
1999		666.29		666.29
2000		703.33		703.33
2001		742.59		742.59
2002		784.06		784.06
2003		827.88		827.88
2004		874.19		874.19
2005		874.19	2,501.10	3,375.29
2006		874.19	5,154.87	6,029.06
2007		874.19	7,957.88	8,832.07
2008		874.19	10,918.71	11,792.90
2009		874.19	14,064.81	14,939.00
2010		874.19	17,373.88	18,248.07
2011		874.19	20,869.92	21,744.11
2012		874.19	24,563.24	25,437.43
2013		874.19	28,404.13	29,338.32
2014		874.19	32,584.59	33,458.78
2015		874.19	36,936.64	37,810.83
2016		874.19	41,535.71	42,409.90
2017		874.19	46,392.09	47,266.28
2018		874.19	51,524.66	52,398.85
2019		874.19	56,943.70	57,817.89
2020		874.19	62,669.80	63,543.99

ANALISIS ECONOMICO DE LA RECTIFICACION EN EL TRAMO DE
ROSETA A TEPIC

AÑO	MILLONES DE PESOS COSTO	BENEFICIO	BENEFICIO N E T O	FACTOR	S A L D O ACTUALIZADO	BALANCE
1987	1721.00	0.00	-1721.00	1.0000	-1721.00	-1721.00
1988	2295.00	0.00	-2295.00	0.8561	-1964.81	-3685.81
1989	4820.00	0.00	-4820.00	0.7330	-3532.84	-7218.66
1990	2640.00	0.00	-2640.00	0.6275	-1656.61	-8875.26
1991	0.00	433.38	433.38	0.5372	232.82	-8642.44
1992	0.00	457.22	457.22	0.4599	210.29	-8432.15
1993	0.00	482.31	482.31	0.3938	189.91	-8242.24
1994	0.00	508.87	508.87	0.3371	171.54	-8070.69
1995	0.00	536.91	536.91	0.2886	154.96	-7915.74
1996	0.00	566.66	566.66	0.2471	140.01	-7775.72
1997	0.00	598.06	598.06	0.2115	126.51	-7649.21
1998	0.00	631.24	631.24	0.1811	114.32	-7534.89
1999	0.00	666.29	666.29	0.1550	103.31	-7431.58
2000	0.00	703.33	703.33	0.1327	93.36	-7338.22
2001	0.00	742.59	742.59	0.1136	84.39	-7253.84
2002	0.00	784.06	784.06	0.0973	76.28	-7177.55
2003	0.00	827.88	827.88	0.0833	68.96	-7108.59
2004	0.00	874.19	874.19	0.0713	62.34	-7046.25
2005	0.00	3375.29	3375.29	0.0611	206.07	-6840.19
2006	0.00	6029.06	6029.06	0.0523	315.12	-6525.06
2007	0.00	8832.07	8832.07	0.0447	395.22	-6129.85
2008	0.00	11792.90	11792.90	0.0383	451.78	-5678.06
2009	0.00	14939.00	14939.00	0.0328	489.97	-5188.09
2010	0.00	18248.07	18248.07	0.0281	512.39	-4675.70
2011	0.00	21744.11	21744.11	0.0240	522.72	-4152.98
2012	0.00	25437.43	25437.43	0.0206	523.53	-3629.45
2013	0.00	29338.32	29338.32	0.0176	516.94	-3112.52
2014	0.00	33458.78	33458.78	0.0151	504.72	-2607.79
2015	0.00	37810.83	37810.83	0.0129	488.31	-2119.48
2016	0.00	42409.90	42409.90	0.0111	468.91	-1650.58
2017	0.00	47266.28	47266.28	0.0095	447.41	-1203.16
2018	0.00	52398.85	52398.85	0.0081	424.64	-778.53
2019	0.00	57817.89	57817.89	0.0069	401.14	-377.38
2020	0.00	63543.99	63543.99	0.0059	377.44	0.06

TASA INTERNA DE RETORNO

16.80 %

TASA %	RELACION BENEFICIO/COSTO	VALOR PRESENTE	AÑO DE RECUPERACION
14	1.68	6305.07	28
15	1.39	3554.68	29
16	1.16	1396.92	32
17	0.97	-299.75	
18	0.81	-1636.37	
19	0.69	-2690.83	
20	0.59	-3523.42	

C A P I T U L O 4

4. CONCLUSIONES

De los análisis practicados en este documento, se derivan las siguientes conclusiones :

- a) Respecto del grado de ocupación de la línea, se obtuvo que el tramo de Roseta a Tepic se encuentra operando al 50% de su capacidad potencial en número de trenes por día; y el tramo de Tepic a Guadalajara opera al 80%.
- b) Con base en la estimación del tráfico que en el futuro se moverá por la línea, se determinó: que el tramo de Roseta - Tepic afrontará serios problemas de saturación en un período no mayor de 3 a 4 años de continuar las prácticas operativas - - actuales. El tramo de Tepic - Guadalajara ya presenta problemas de saturación, sobre todo cuando se producen incrementos en el flete de aproximadamente el 20%.
- c) Las disposiciones contractuales que limitan la potencia total de las locomotoras, que es posible asignar por tren, obligan a que la operación en el tramo Roseta - Tepic se realice a base de trenes cortos, principalmente rumbo al sur, lo que aunado al regreso de locomotoras de ayuda solas, origina la rápida saturación de este tramo.
- d) De las alternativas analizadas, para aumentar la capacidad de la línea en el tramo Roseta - Tepic, se derivan las siguientes observaciones :

- El realizar convenios sindicales para permitir mayores agrupamientos de fuerza tractiva por tren, por ejemplo hasta de 6 locomotoras de 3,000 H.P. cada una, haría factible el movimiento de trenes rumbo sur con formación de 60 carros, tal como se analizó en este estudio, lo que sumado a la conveniencia de regresar las locomotoras de ayuda acopladas a los trenes rumbo norte o en su defecto agrupadas; y a la ampliación de la capacidad del ladero de Ignacio Borrego a 75 carros, daría como resultado una prolongación en la vida útil del tramo por un período estimado de 26 años, sin embargo, si se consideran picos en el flete de hasta el 30% por sobre el promedio diario de trenes de carga, nuestra vida útil se acortaría a un período de aproximadamente 20 años a partir de 1986.
- Con la ampliación del ladero Ignacio Borrego, la instalación del sistema de Control de Tráfico Centralizado (C.T.C.), y considerando las prácticas operativas seguidas actualmente, la vida útil del tramo se prolongaría hasta aproximadamente el año 2006, reduciéndose hasta aproximadamente el año 2000, con picos del 30% sobre el promedio de trenes de carga.
- En caso de llevarse a cabo convenios para permitir mayores agrupamientos de fuerza tractiva por tren, como se indicó anteriormente, la vida útil del tramo con la instalación del C.T.C. y con trenes de 60 carros, rebasaría el horizonte de estudio presentándose la saturación a finales de la segunda década del próximo siglo, y considerando los picos en el tráfico de trenes del 30% la saturación se daría alrededor del año 2014.

- De practicarse el proyecto de rectificación del tramo para reducir la pendiente y curvatura actuales de 2.40% y a 1.50% y de 6º a 4º respectivamente, la vida útil del tramo, en caso de operar trenes de 60 carros en vía sencilla, mediante órdenes de tren, sería de aproximadamente 26 años y de 36 años si se instala C.T.C., con la ventaja de utilizar menor fuerza tractiva en comparación con los anteriores planteamientos.

Una opción benéfica para el movimiento de los trenes sería el de utilizar la vía actual para el movimiento de los trenes rumbo al norte y la rectificación para los trenes al sur, operando como vía doble. En este caso, la vida útil del tramo sería por lo menos de 55 años.

- El análisis económico que se preparó indica que el proyecto de rectificación es una buena opción, cuya inversión es rentable con un período de recuperación de 30 años, y una tasa interna de retorno del 16.80%.

e) Las observaciones que se desprenden de las opciones estudiadas para incrementar la capacidad de la línea en el tramo Tepic - Guadalajara, son las siguientes :

- La reducción del módulo limitador entre laderos a un máximo de 30 minutos, mediante la ampliación de 8 laderos, permitirá incrementar la capacidad de la línea en 67%, con lo cual la vida útil de la misma, sería de aproximadamente 19 años, operando con órdenes de tren.

- La instalación de C.T.C. en el tramo, en adición a la ampliación de laderos considerada en el punto anterior, prolongaría la vida útil de la línea por un período de 27 años aproximadamente.

C A P I T U L O 5

5. RECOMENDACIONES

A partir de las condiciones expuestas, se plantean las recomendaciones correspondientes, abarcando cada uno de los tramos estudiados, siendo las siguientes :

a) Tramo Roseta - Tepic

- Programar la ampliación del ladero de Ignacio Borrego, con capacidad mínima para 75 carros de 18 metros, el cual debe de entrar en operación a más tardar en el año de 1987.
- Analizar la posibilidad de establecer convenios que permitan mayores agrupamientos de fuerza tractiva por tren, para operar en forma similar a como se hace en la División Jalapa de los Nacionales de México, lugar donde se manejan trenes con 6 loco motoras de 3,000 H.P. cada una, intercaladas en grupos de dos unidades.
- Realizar un programa de mantenimiento permanente de la vía, para evitar aguachinamiento de la misma por los escurrimientos que se presentan en la zona.
- De convenir el manejo de mayores agrupamientos de fuerza tractiva, como se citó antes, programar la instalación de sistema C.T.C. y diferir la construcción del nuevo trazo proyectado.
- De no convenir que los trenes se manejen con mayores agrupamientos de fuerza, deberá entonces programarse la construcción del nuevo trazo proyectado, para que entre en operación a más tardar a principios de 1992.

b) Tramo Tepic - Guadalajara

- Programar la ampliación de los laderos de Compostela, Cerro Pelón, Conde, Valle Verde, Gracia, Barrancas, Agua Fria y Tequila, para admitir trenes de 75 carros de 18 metros, los que deberán estar en servicio en 1987.
- Programar la instalación de un sistema C.T.C., que entre en operación a partir de 1992, llevando a cabo previamente las ampliaciones de los laderos ya mencionados.

APENDICES

APENDICE A

Para llevar a cabo los estimativos del tráfico de carga del Ferrocarril del Pacifico, se utilizaron diversos criterios, apoyados éstos en modelos matemáticos, los cuales se detallan a continuación :

FILTRADO EXPONENCIAL

El filtrado exponencial de una serie estadística, es utilizado cuando se requiere que los valores más recientes tengan mayor peso que los antiguos.

Siendo h_n el movimiento histórico en el último año (el más reciente) y h_1 el primero (el más antiguo), se tiene :

$$hf = \left[hn(1-1/n)^0 + hn-1(1-1/n)^1 + hn-2(1-1/n)^2 + hn-3(1-1/n)^3 + \dots + h1(1-1/n)^{n-1} \right] \left[\frac{1}{n} \left[1 - (1-1/n)^n \right] \right]$$

Donde : hf será el filtrado exponencial

RECTA DE MINIMOS CUADRADOS

La recta de mínimos cuadrados, es utilizada para realizar regresiones lineales al correlacionar dos variables, siendo una de ellas dependiente de la otra.

La ecuación de la recta es :

$$y = a + bx$$

y sus ecuaciones normales son :

$$\sum y = an + b\sum x$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2$$

resolviendo el sistema de ecuaciones tenemos :

Despojando a de la primera ecuación

$$a = \left[\frac{\sum y - b\sum x}{n} \right] \dots (1)$$

Sustituyendo a de la segunda ecuación

$$\sum xy = \left(\frac{\sum y - b\sum x}{n} \right) \sum x + b\sum x^2$$

$$\sum xy = \left(\frac{\sum y\sum x - b(\sum x)^2}{n} \right) + b\sum x^2$$

$$\sum xy = \left(\frac{\sum y\sum x}{n} \right) - \left(\frac{b(\sum x)^2}{n} \right) + b\sum x^2$$

$$\sum xy - \left(\frac{\sum y\sum x}{n} \right) = b \left(-\frac{(\sum x)^2}{n} + \sum x^2 \right)$$

$$b = \left(\frac{\sum xy - \frac{\sum y\sum x}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \right)$$

Encontrando el valor de la pendiente.

Sustituyendo el valor encontrado de b en (1)

$$a = \left[\frac{\sum y - \sum x \left[\frac{\sum xy - \frac{\sum y\sum x}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \right]}{n} \right]$$

$$a = \left[\frac{\sum y - \frac{\sum x\sum xy - \sum y(\sum x)^2}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \right] / n$$

$$a = \left[\frac{\sum y\sum x^2 - \sum y(\sum x)^2/n - \sum x\sum xy + \sum y(\sum x)^2/n}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \right] / n$$

$$a = \left(\frac{\sum y\sum x^2 - \sum x\sum xy}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \right)$$

Encontrando el valor de la ordenada al origen

El coeficiente de correlación (r), que mide qué tan bien la recta de regresión de mínimos cuadrados se ajusta a los datos, tiene como ecuación práctica :

$$r = \frac{(n\sum xy - \sum x\sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Si $r = 1$, ésto nos indica que existe una correlación lineal perfecta entre las variables.

CURVA DE MINIMOS CUADRADOS PARA AJUSTE EXPONENCIAL

La ecuación de una curva exponencial está dada por :

$$y = ae^{bx}$$

Aplicando logaritmos

$$\ln y = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

La pendiente es :

$$b = (\sum x \ln y - \ln y \sum x / n) / (\sum x^2 - (\sum x)^2 / n)$$

La ordenada de origen es :

$$\ln a = (\sum \ln y \sum x^2 - \sum x \sum \ln y) / (n \sum x^2 - (\sum x)^2)$$

y finalmente el coeficiente de correlación será :

$$r = (n \sum x \ln y - \sum x \sum \ln y) / \sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum \ln y^2 - (\sum \ln y)^2)}$$

APENDICE BAPLICACION DE LA DINAMICA DE TRENES
PARA EL CASO EN ESTUDIO

Las fórmulas aquí utilizadas fueron obtenidas del Modelo Matemático para el Análisis de Costos, comprendido en el "Análisis de Alternativas de Inversión en el Sistema de Transportes de Colombia", correspondiente al Informe del Programa de Inversiones de Transportes de la Universidad de Harvard.

Para encontrar el número de carros por tren, se utiliza una expresión donde interviene la fuerza tractiva útil, el porcentaje de carros cargados y vacíos y la resistencia promedio por tipo de carro cargado o vacío.

Para nuestro caso utilizaremos la condición más crítica presentada en un tren, por lo que el porcentaje de los carros cargados será igual a cien, y el de los vacíos será cero. - -
Asimismo, se manejará un tipo de carro promedio.

Se obtuvieron 74.99 toneladas brutas ponderadas promedio por carro, las cuales fueron calculadas en base al movimiento de carros de carga del Ferrocarril del Pacífico durante 1985, tal como se detalla a continuación :

Tipo de carro	Capacidad de Carga	Número de Unidades	% de Ponderación	Toneladas Brutas	Toneladas Brutas Ponderadas
Furgón	50 Tons.	1,738	0.30	64.45	19.34
Furgón	70 Tons.	1,928	0.34	87.90	29.89
Refrigerador	70 Tons.	360	0.06	50.23	3.01
Plataforma	50 Tons.	71	0.01	63.50	0.64
Plataforma P.B.	70 Tons.	392	0.07	85.66	6.00
Jaula	50 Tons.	104	0.02	39.18	0.78
Tanque	70 Tons.	230	0.04	88.44	3.54
Góndola	50 Tons.	432	0.08	63.50	5.08
Tolva cerrada	70 Tons.	359	0.06	84.30	5.06
Tolva abierta	70 Tons.	131	0.02	82.30	1.65
O t r o s		1,016	-	-	-
T O T A L		<u>6,761</u>	<u>100.00</u>		<u>74.99</u>

Para el cálculo del número de carros arrastrados, considerando las variables antes mencionadas, se utiliza la siguiente expresión :

$$NC = \frac{FTU}{RTC} \dots (1)$$

Donde :

NC = Número de carros por tren

FTU = Fuerza tractiva útil en kilogramos

RTC = Resistencia total por carro cargado, o fuerza tractiva requerida para mover el carro cargado en kilogramos

La fuerza tractiva útil disponible para el arrastre de carros, está expresada por :

$$FTU = FT - WL [RP + RS(N-1) + 10 GP(N)] \dots (2)$$

Donde :

FT = Fuerza tractiva; en kilogramos

WL = Peso de la locomotora; en toneladas métricas

RP = Resistencia al rodamiento en tangentes y a nivel, para la primera locomotora; en kilogramos por tonelada métrica

RS = Resistencia al rodamiento en tangente y a nivel para cada una de las locomotoras sucesivas a la primera; en kilogramos por tonelada métrica

N = Número de locomotoras conectadas al tren

GP = Grado de pendiente máxima; en porciento

FT, RP y RS son variables calculadas, mientras WL, N y GP son datos obtenidos de cada caso en particular

La fuerza tractiva depende de la potencia de las locomotoras y de la velocidad del tren que arrastra, siendo su ecuación :

$$FT = \frac{274 \times 0.82 \times P \times N}{V} \dots (3)$$

Donde :

0.82 = Factor de eficiencia

P = Potencia de una locomotora en H. P.

N = Número de locomotoras conectadas al tren

V = Velocidad en kilómetros por hora

Las resistencias al rodamiento en tangente a nivel para la primera locomotora y por cada locomotora sucesiva están expresadas por las ecuaciones siguientes, cuya diferencia se debe a que la primera locomotora encuentra mayor resistencia al

aire que las locomotoras que le suceden.

$$RP = 0.65 + 13n/WL + 0.01V + \frac{0.0046A V^2}{WL} \dots (4)$$

$$RS = 0.65 + 13n/WL + 0.01V + \frac{0.001A V^2}{WL}$$

Donde :

n = Número de ejes de la locomotora

WL = Peso de la locomotora en toneladas métricas

A = Area de la sección transversal de la locomotora en metros --
cuadrados

0.65 + 13n/WL, representa la resistencia en los muñones

0.01V, representa la resistencia entre la rueda y el riel

$\frac{0.0046A V^2}{WL}$ ó $\frac{0.001A V^2}{WL}$, representa la resistencia del aire y -
la inercia

Hasta el momento, se ha determinado el numerador de la ecuación referente al número de carros (1), y el denominador, que es la resistencia total de carros, está precisado por :

$$RTC = 52.6 + 0.008V^2 + Wc [0.65 + 0.014V + 10GP] \dots (6)$$

Donde :

Wc = Peso combinado del carro en toneladas métricas

V = Velocidad en kilómetros por hora

GP = Grado de pendiente del tramo en por ciento. Para nuestro caso, el peso combinado del carro (Wc), serán las toneladas -
brutas ponderadas promedio por carro

Para facilitar los cálculos concernientes a la dinámica de trenes en cierta situación dada, y con base en el modelo anteriormente expuesto, se realizó el cálculo de la fuerza tractiva - útil de arrastre de 2 locomotoras de 3,000 H.P. y 6 ejes, para un rango de velocidad entre 25 y 70 kms./Hora, en múltiplos de 5 - -

Kms./Hora, asimismo, el grado de pendiente varió de 0.25% a 5.00% incrementándose ésta en un 0.25%. Los resultados obtenidos se - consignan en la tabla A.

Por lo que corresponde al equipo de arrastre, se efec-- tuó un cálculo similar al de locomotoras, con los mismos rangos - de velocidad y pendiente, considerando un tren formado por 100 ca rros, obteniendo así, la fuerza tractiva requerida para moverlo.- Los resultados se detallan en la tabla B.

LOCOMOTORAS
FUERZA TRACTIVA UTIL PARA ARRASTRE EN KILOGRAMOS
(2 LOCOMOTORAS DE 3000 H.P. & EJES)

TABLA A

Feso de la Locomotora: 165 Toneladas Area frontal de la Locomotora: 11 Metros cuadrados

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0.25	52,681.0	43,675.2	37,234.1	32,394.7	28,622.2	25,595.6	23,110.6	21,030.9	19,262.5	17,737.8
0.30	52,516.0	43,510.2	37,069.1	32,229.7	28,457.2	25,430.6	22,945.6	20,865.9	19,097.5	17,572.8
0.35	52,351.0	43,345.2	36,904.1	32,064.7	28,292.2	25,265.6	22,780.6	20,700.9	18,932.5	17,407.8
0.40	52,186.0	43,180.2	36,739.1	31,899.7	28,127.2	25,100.6	22,615.6	20,535.9	18,767.5	17,242.8
0.45	52,021.0	43,015.2	36,574.1	31,734.7	27,962.2	24,935.6	22,450.6	20,370.9	18,602.5	17,077.8
0.50	51,856.0	42,850.2	36,409.1	31,569.7	27,797.2	24,770.6	22,285.6	20,205.9	18,437.5	16,912.8
0.55	51,691.0	42,685.2	36,244.1	31,404.7	27,632.2	24,605.6	22,120.6	20,040.9	18,272.5	16,747.8
0.60	51,526.0	42,520.2	36,079.1	31,239.7	27,467.2	24,440.6	21,955.6	19,875.9	18,107.5	16,582.8
0.65	51,361.0	42,355.2	35,914.1	31,074.7	27,302.2	24,275.6	21,790.6	19,710.9	17,942.5	16,417.8
0.70	51,196.0	42,190.2	35,749.1	30,909.7	27,137.2	24,110.6	21,625.6	19,545.9	17,777.5	16,252.8
0.75	51,031.0	42,025.2	35,584.1	30,744.7	26,972.2	23,945.6	21,460.6	19,380.9	17,612.5	16,087.8
0.80	50,866.0	41,860.2	35,419.1	30,579.7	26,807.2	23,780.6	21,295.6	19,215.9	17,447.5	15,922.8
0.85	50,701.0	41,695.2	35,254.1	30,414.7	26,642.2	23,615.6	21,130.6	19,050.9	17,282.5	15,757.8
0.90	50,536.0	41,530.2	35,089.1	30,249.7	26,477.2	23,450.6	20,965.6	18,885.9	17,117.5	15,592.8
0.95	50,371.0	41,365.2	34,924.1	30,084.7	26,312.2	23,285.6	20,800.6	18,720.9	16,952.5	15,427.8
1.00	50,206.0	41,200.2	34,759.1	29,919.7	26,147.2	23,120.6	20,635.6	18,555.9	16,787.5	15,262.8
1.05	50,041.0	41,035.2	34,594.1	29,754.7	25,982.2	22,955.6	20,470.6	18,390.9	16,622.5	15,097.8
1.10	49,876.0	40,870.2	34,429.1	29,589.7	25,817.2	22,790.6	20,305.6	18,225.9	16,457.5	14,932.8
1.15	49,711.0	40,705.2	34,264.1	29,424.7	25,652.2	22,625.6	20,140.6	18,060.9	16,292.5	14,767.8
1.20	49,546.0	40,540.2	34,099.1	29,259.7	25,487.2	22,460.6	19,975.6	17,895.9	16,127.5	14,602.8
1.25	49,381.0	40,375.2	33,934.1	29,094.7	25,322.2	22,295.6	19,810.6	17,730.9	15,962.5	14,437.8
1.30	49,216.0	40,210.2	33,769.1	28,929.7	25,157.2	22,130.6	19,645.6	17,565.9	15,797.5	14,272.8
1.35	49,051.0	40,045.2	33,604.1	28,764.7	24,992.2	21,965.6	19,480.6	17,400.9	15,632.5	14,107.8
1.40	48,886.0	39,880.2	33,439.1	28,599.7	24,827.2	21,800.6	19,315.6	17,235.9	15,467.5	13,942.8
1.45	48,721.0	39,715.2	33,274.1	28,434.7	24,662.2	21,635.6	19,150.6	17,070.9	15,302.5	13,777.8
1.50	48,556.0	39,550.2	33,109.1	28,269.7	24,497.2	21,470.6	18,985.6	16,905.9	15,137.5	13,612.8
1.55	48,391.0	39,385.2	32,944.1	28,104.7	24,332.2	21,305.6	18,820.6	16,740.9	14,972.5	13,447.8
1.60	48,226.0	39,220.2	32,779.1	27,939.7	24,167.2	21,140.6	18,655.6	16,575.9	14,807.5	13,282.8
1.65	48,061.0	39,055.2	32,614.1	27,774.7	24,002.2	20,975.6	18,490.6	16,410.9	14,642.5	13,117.8
1.70	47,896.0	38,890.2	32,449.1	27,609.7	23,837.2	20,810.6	18,325.6	16,245.9	14,477.5	12,952.8
1.75	47,731.0	38,725.2	32,284.1	27,444.7	23,672.2	20,645.6	18,160.6	16,080.9	14,312.5	12,787.8
1.80	47,566.0	38,560.2	32,119.1	27,279.7	23,507.2	20,480.6	17,995.6	15,915.9	14,147.5	12,622.8
1.85	47,401.0	38,395.2	31,954.1	27,114.7	23,342.2	20,315.6	17,830.6	15,750.9	13,982.5	12,457.8
1.90	47,236.0	38,230.2	31,789.1	26,949.7	23,177.2	20,150.6	17,665.6	15,585.9	13,817.5	12,292.8
1.95	47,071.0	38,065.2	31,624.1	26,784.7	23,012.2	19,985.6	17,500.6	15,420.9	13,652.5	12,127.8
2.00	46,906.0	37,900.2	31,459.1	26,619.7	22,847.2	19,820.6	17,335.6	15,255.9	13,487.5	11,962.8
2.05	46,741.0	37,735.2	31,294.1	26,454.7	22,682.2	19,655.6	17,170.6	15,090.9	13,322.5	11,797.8
2.10	46,576.0	37,570.2	31,129.1	26,289.7	22,517.2	19,490.6	17,005.6	14,925.9	13,157.5	11,632.8
2.15	46,411.0	37,405.2	30,964.1	26,124.7	22,352.2	19,325.6	16,840.6	14,760.9	12,992.5	11,467.8
2.20	46,246.0	37,240.2	30,799.1	25,959.7	22,187.2	19,160.6	16,675.6	14,595.9	12,827.5	11,302.8
2.25	46,081.0	37,075.2	30,634.1	25,794.7	22,022.2	18,995.6	16,510.6	14,430.9	12,662.5	11,137.8
2.30	45,916.0	36,910.2	30,469.1	25,629.7	21,857.2	18,830.6	16,345.6	14,265.9	12,497.5	10,972.8
2.35	45,751.0	36,745.2	30,304.1	25,464.7	21,692.2	18,665.6	16,180.6	14,100.9	12,332.5	10,807.8
2.40	45,586.0	36,580.2	30,139.1	25,299.7	21,527.2	18,500.6	16,015.6	13,935.9	12,167.5	10,642.8
2.45	45,421.0	36,415.2	29,974.1	25,134.7	21,362.2	18,335.6	15,850.6	13,770.9	12,002.5	10,477.8

Peso de la Locomotora:		165 Tonelados			Area frontal de la locomotora:			11 Metros cuadrados		
GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0.05	53,341.0	44,335.2	37,894.1	33,054.7	29,282.2	26,255.6	23,770.6	21,690.9	19,922.5	18,397.8
0.10	53,176.0	44,170.2	37,729.1	32,889.7	29,117.2	26,090.6	23,605.6	21,525.9	19,757.5	18,232.8
0.15	53,011.0	44,005.2	37,564.1	32,724.7	28,952.2	25,925.6	23,440.6	21,360.9	19,592.5	18,067.8
0.20	52,846.0	43,840.7	37,399.1	32,559.7	28,787.2	25,760.6	23,275.6	21,195.9	19,427.5	17,902.8
0.25	52,681.0	43,675.2	37,234.1	32,394.7	28,622.2	25,595.6	23,110.6	21,030.9	19,262.5	17,737.8
0.30	52,516.0	43,510.2	37,069.1	32,229.7	28,457.2	25,430.6	22,945.6	20,865.9	19,097.5	17,572.8
0.35	52,351.0	43,345.2	36,904.1	32,064.7	28,292.2	25,265.6	22,780.6	20,700.9	18,932.5	17,407.8
0.40	52,186.0	43,180.2	36,739.1	31,899.7	28,127.2	25,100.6	22,615.6	20,535.9	18,767.5	17,242.8
0.45	52,021.0	43,015.2	36,574.1	31,734.7	27,962.2	24,935.6	22,450.6	20,370.9	18,602.5	17,077.8
0.50	51,856.0	42,850.2	36,409.1	31,569.7	27,797.2	24,770.6	22,285.6	20,205.9	18,437.5	16,912.8
0.55	51,691.0	42,685.2	36,244.1	31,404.7	27,632.2	24,605.6	22,120.6	20,040.9	18,272.5	16,747.8
0.60	51,526.0	42,520.2	36,079.1	31,239.7	27,467.2	24,440.6	21,955.6	19,875.9	18,107.5	16,582.8
0.65	51,361.0	42,355.2	35,914.1	31,074.7	27,302.2	24,275.6	21,790.6	19,710.9	17,942.5	16,417.8
0.70	51,196.0	42,190.2	35,749.1	30,909.7	27,137.2	24,110.6	21,625.6	19,545.9	17,777.5	16,252.8
0.75	51,031.0	42,025.2	35,584.1	30,744.7	26,972.2	23,945.6	21,460.6	19,380.9	17,612.5	16,087.8
0.80	50,866.0	41,860.2	35,419.1	30,579.7	26,807.2	23,780.6	21,295.6	19,215.9	17,447.5	15,922.8
0.85	50,701.0	41,695.2	35,254.1	30,414.7	26,642.2	23,615.6	21,130.6	19,050.9	17,282.5	15,757.8
0.90	50,536.0	41,530.2	35,089.1	30,249.7	26,477.2	23,450.6	20,965.6	18,885.9	17,117.5	15,592.8
0.95	50,371.0	41,365.2	34,924.1	30,084.7	26,312.2	23,285.6	20,800.6	18,720.9	16,952.5	15,427.8
1.00	50,206.0	41,200.2	34,759.1	29,919.7	26,147.2	23,120.6	20,635.6	18,555.9	16,787.5	15,262.8
1.05	50,041.0	41,035.2	34,594.1	29,754.7	25,982.2	22,955.6	20,470.6	18,390.9	16,622.5	15,097.8
1.10	49,876.0	40,870.2	34,429.1	29,589.7	25,817.2	22,790.6	20,305.6	18,225.9	16,457.5	14,932.8
1.15	49,711.0	40,705.2	34,264.1	29,424.7	25,652.2	22,625.6	20,140.6	18,060.9	16,292.5	14,767.8
1.20	49,546.0	40,540.2	34,099.1	29,259.7	25,487.2	22,460.6	19,975.6	17,895.9	16,127.5	14,602.8
1.25	49,381.0	40,375.2	33,934.1	29,094.7	25,322.2	22,295.6	19,810.6	17,730.9	15,962.5	14,437.8
1.30	49,216.0	40,210.2	33,769.1	28,929.7	25,157.2	22,130.6	19,645.6	17,565.9	15,797.5	14,272.8
1.35	49,051.0	40,045.2	33,604.1	28,764.7	24,992.2	21,965.6	19,480.6	17,400.9	15,632.5	14,107.8
1.40	48,886.0	39,880.2	33,439.1	28,599.7	24,827.2	21,800.6	19,315.6	17,235.9	15,467.5	13,942.8
1.45	48,721.0	39,715.2	33,274.1	28,434.7	24,662.2	21,635.6	19,150.6	17,070.9	15,302.5	13,777.8
1.50	48,556.0	39,550.2	33,109.1	28,269.7	24,497.2	21,470.6	18,985.6	16,905.9	15,137.5	13,612.8
1.55	48,391.0	39,385.2	32,944.1	28,104.7	24,332.2	21,305.6	18,820.6	16,740.9	14,972.5	13,447.8
1.60	48,226.0	39,220.2	32,779.1	27,939.7	24,167.2	21,140.6	18,655.6	16,575.9	14,807.5	13,282.8
1.65	48,061.0	39,055.2	32,614.1	27,774.7	24,002.2	20,975.6	18,490.6	16,410.9	14,642.5	13,117.8
1.70	47,896.0	38,890.2	32,449.1	27,609.7	23,837.2	20,810.6	18,325.6	16,245.9	14,477.5	12,952.8
1.75	47,731.0	38,725.2	32,284.1	27,444.7	23,672.2	20,645.6	18,160.6	16,080.9	14,312.5	12,787.8
1.80	47,566.0	38,560.2	32,119.1	27,279.7	23,507.2	20,480.6	17,995.6	15,915.9	14,147.5	12,622.8
1.85	47,401.0	38,395.2	31,954.1	27,114.7	23,342.2	20,315.6	17,830.6	15,750.9	13,982.5	12,457.8
1.90	47,236.0	38,230.2	31,789.1	26,949.7	23,177.2	20,150.6	17,665.6	15,585.9	13,817.5	12,292.8
1.95	47,071.0	38,065.2	31,624.1	26,784.7	23,012.2	19,985.6	17,500.6	15,420.9	13,652.5	12,127.8
2.00	46,906.0	37,900.2	31,459.1	26,619.7	22,847.2	19,820.6	17,335.6	15,255.9	13,487.5	11,962.8
2.05	46,741.0	37,735.2	31,294.1	26,454.7	22,682.2	19,655.6	17,170.6	15,090.9	13,322.5	11,797.8
2.10	46,576.0	37,570.2	31,129.1	26,289.7	22,517.2	19,490.6	17,005.6	14,925.9	13,157.5	11,632.8
2.15	46,411.0	37,405.2	30,964.1	26,124.7	22,352.2	19,325.6	16,840.6	14,760.9	12,992.5	11,467.8
2.20	46,246.0	37,240.2	30,799.1	25,959.7	22,187.2	19,160.6	16,675.6	14,595.9	12,827.5	11,302.8
2.25	46,081.0	37,075.2	30,634.1	25,794.7	22,022.2	18,995.6	16,510.6	14,430.9	12,662.5	11,137.8
2.30	45,916.0	36,910.2	30,469.1	25,629.7	21,857.2	18,830.6	16,345.6	14,265.9	12,497.5	10,972.8
2.35	45,751.0	36,745.2	30,304.1	25,464.7	21,692.2	18,665.6	16,180.6	14,100.9	12,332.5	10,807.8
2.40	45,586.0	36,580.2	30,139.1	25,299.7	21,527.2	18,500.6	16,015.6	13,935.9	12,167.5	10,642.8
2.45	45,421.0	36,415.2	29,974.1	25,134.7	21,362.2	18,335.6	15,850.6	13,770.9	12,002.5	10,477.8
2.50	45,256.0	36,250.2	29,809.1	24,969.7	21,197.2	18,170.6	15,685.6	13,605.9	11,837.5	10,312.8
2.55	45,091.0	36,085.2	29,644.1	24,804.7	21,032.2	18,005.6	15,520.6	13,440.9	11,672.5	10,147.8

RESISTENCIA EN KILOGRAMOS, QUE PRESENTA UN TREN DE 100 CARROS

TABLA B

Peso Promedio: 74,99

HOJA 1

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0.25	32,006.5	32,751.4	33,536.4	34,361.3	35,226.2	36,131.2	37,076.1	38,061.0	39,085.9	40,150.9
0.30	35,756.0	36,500.9	37,285.9	38,110.8	38,975.7	39,880.7	40,825.6	41,810.5	42,835.4	43,900.4
0.35	39,505.5	40,250.4	41,035.4	41,860.3	42,725.2	43,630.2	44,575.1	45,560.0	46,584.9	47,649.9
0.40	43,255.0	43,999.9	44,784.9	45,609.8	46,474.7	47,379.7	48,324.6	49,309.5	50,334.4	51,399.4
0.45	47,004.5	47,749.4	48,534.4	49,359.3	50,224.2	51,129.2	52,074.1	53,059.0	54,083.9	55,148.9
0.50	50,754.0	51,498.9	52,283.9	53,108.8	53,973.7	54,878.7	55,823.6	56,808.5	57,833.4	58,898.4
0.55	54,503.5	55,248.4	56,033.4	56,858.3	57,723.2	58,628.2	59,573.1	60,558.0	61,582.9	62,647.9
0.60	58,253.0	58,997.9	59,782.9	60,607.8	61,472.7	62,377.7	63,322.6	64,307.5	65,332.4	66,397.4
0.65	62,002.5	62,747.4	63,532.4	64,357.3	65,222.2	66,127.2	67,072.1	68,057.0	69,081.9	70,146.9
0.70	65,752.0	66,496.9	67,281.9	68,106.8	68,971.7	69,876.7	70,821.6	71,806.5	72,831.4	73,896.4
0.75	69,501.5	70,246.4	71,031.4	71,856.3	72,721.2	73,626.2	74,571.1	75,556.0	76,580.9	77,645.9
0.80	73,251.0	73,995.9	74,780.9	75,605.8	76,470.7	77,375.7	78,320.6	79,305.5	80,330.4	81,395.4
0.85	77,000.5	77,745.4	78,530.4	79,355.3	80,220.2	81,125.2	82,070.1	83,055.0	84,079.9	85,144.9
0.90	80,750.0	81,494.9	82,279.9	83,104.8	83,969.7	84,874.7	85,819.6	86,804.5	87,829.4	88,894.4
0.95	84,499.5	85,244.4	86,029.4	86,854.3	87,719.2	88,624.2	89,569.1	90,554.0	91,578.9	92,643.9
1.00	88,249.0	88,993.9	89,778.9	90,603.8	91,468.7	92,373.7	93,318.6	94,303.5	95,328.4	96,393.4
1.05	91,998.5	92,743.4	93,528.4	94,353.3	95,218.2	96,123.2	97,068.1	98,053.0	99,077.9	100,142.9
1.10	95,748.0	96,492.9	97,277.9	98,102.8	98,967.7	99,872.7	100,817.6	101,802.5	102,827.4	103,892.4
1.15	99,497.5	100,242.4	101,027.4	101,852.3	102,717.2	103,622.2	104,567.1	105,552.0	106,576.9	107,641.9
1.20	103,247.0	103,991.9	104,776.9	105,601.8	106,466.7	107,371.7	108,316.6	109,301.5	110,326.4	111,391.4
1.25	106,996.5	107,741.4	108,526.4	109,351.3	110,216.2	111,121.2	112,066.1	113,051.0	114,075.9	115,140.9
1.30	110,746.0	111,490.9	112,275.9	113,100.8	113,965.7	114,870.7	115,815.6	116,800.5	117,825.4	118,890.4
1.35	114,495.5	115,240.4	116,025.4	116,850.3	117,715.2	118,620.2	119,565.1	120,550.0	121,574.9	122,639.9
1.40	118,245.0	118,989.9	119,774.9	120,599.8	121,464.7	122,369.7	123,314.6	124,299.5	125,324.4	126,389.4
1.45	121,994.5	122,739.4	123,524.4	124,349.3	125,214.2	126,119.2	127,064.1	128,049.0	129,073.9	130,138.9
1.50	125,744.0	126,488.9	127,273.9	128,098.8	128,963.7	129,868.7	130,813.6	131,798.5	132,823.4	133,888.4
1.55	129,493.5	130,238.4	131,023.4	131,848.3	132,713.2	133,618.2	134,563.1	135,548.0	136,572.9	137,637.9
1.60	133,243.0	133,987.9	134,772.9	135,597.8	136,462.7	137,367.7	138,312.6	139,297.5	140,322.4	141,387.4
1.65	136,992.5	137,737.4	138,522.4	139,347.3	140,212.2	141,117.2	142,062.1	143,047.0	144,071.9	145,136.9
1.70	140,742.0	141,486.9	142,271.9	143,096.8	143,961.7	144,866.7	145,811.6	146,796.5	147,821.4	148,886.4
1.75	144,491.5	145,236.4	146,021.4	146,846.3	147,711.2	148,616.2	149,561.1	150,546.0	151,570.9	152,635.9
1.80	148,241.0	148,985.9	149,770.9	150,595.8	151,460.7	152,365.7	153,310.6	154,295.5	155,320.4	156,385.4
1.85	151,990.5	152,735.4	153,520.4	154,345.3	155,210.2	156,115.2	157,060.1	158,045.0	159,069.9	160,134.9
1.90	155,740.0	156,484.9	157,269.9	158,094.8	158,959.7	159,864.7	160,809.6	161,794.5	162,819.4	163,884.4
1.95	159,489.5	160,234.4	161,019.4	161,844.3	162,709.2	163,614.2	164,559.1	165,544.0	166,568.9	167,633.9
2.00	163,239.0	163,983.9	164,768.9	165,593.8	166,458.7	167,363.7	168,308.6	169,293.5	170,318.4	171,383.4
2.05	166,988.5	167,733.4	168,518.4	169,343.3	170,208.2	171,113.2	172,058.1	173,043.0	174,067.9	175,132.9
2.10	170,738.0	171,482.9	172,267.9	173,092.8	173,957.7	174,862.7	175,807.6	176,792.5	177,817.4	178,882.4
2.15	174,487.5	175,232.4	176,017.4	176,842.3	177,707.2	178,612.2	179,557.1	180,542.0	181,566.9	182,631.9
2.20	178,237.0	178,981.9	179,766.9	180,591.8	181,456.7	182,361.7	183,306.6	184,291.5	185,316.4	186,381.4
2.25	181,986.5	182,731.4	183,516.4	184,341.3	185,206.2	186,111.2	187,056.1	188,041.0	189,065.9	190,130.9
2.30	185,736.0	186,480.9	187,265.9	188,090.8	188,955.7	189,860.7	190,805.6	191,790.5	192,815.4	193,880.4
2.35	189,485.5	190,230.4	191,015.4	191,840.3	192,705.2	193,610.2	194,555.1	195,540.0	196,564.9	197,629.9
2.40	193,235.0	193,979.9	194,764.9	195,589.8	196,454.7	197,359.7	198,304.6	199,289.5	200,314.4	201,379.4
2.45	196,984.5	197,729.4	198,514.4	199,339.3	200,204.2	201,109.2	202,054.1	203,039.0	204,063.9	205,128.9
2.50	200,734.0	201,478.9	202,263.9	203,088.8	203,953.7	204,858.7	205,803.6	206,788.5	207,813.4	208,878.4

Peso Promedio: 74.99

HOJA 2

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
2.55	204,483.5	205,228.4	206,013.4	206,838.3	207,703.2	208,608.2	209,553.1	210,538.0	211,562.9	212,627.9
2.60	208,233.0	208,977.9	209,762.9	210,587.8	211,452.7	212,357.7	213,302.6	214,287.5	215,312.4	216,377.4
2.65	211,982.5	212,727.4	213,512.4	214,337.3	215,202.2	216,107.2	217,052.1	218,037.0	219,061.9	220,126.9
2.70	215,732.0	216,476.9	217,261.9	218,086.8	218,951.7	219,856.7	220,801.6	221,786.5	222,811.4	223,876.4
2.75	219,481.5	220,226.4	221,011.4	221,836.3	222,701.2	223,606.2	224,551.1	225,536.0	226,560.9	227,625.9
2.80	223,231.0	223,975.9	224,760.9	225,585.8	226,450.7	227,355.7	228,300.6	229,285.5	230,310.4	231,375.4
2.85	226,980.5	227,725.4	228,510.4	229,335.3	230,200.2	231,105.2	232,050.1	233,035.0	234,059.9	235,124.9
2.90	230,730.0	231,474.9	232,259.9	233,084.8	233,949.7	234,854.7	235,799.6	236,784.5	237,809.4	238,874.4
2.95	234,479.5	235,224.4	236,009.4	236,834.3	237,699.2	238,604.2	239,549.1	240,534.0	241,558.9	242,623.9
3.00	238,229.0	238,973.9	239,758.9	240,583.8	241,448.7	242,353.7	243,298.6	244,283.5	245,308.4	246,373.4
3.05	241,978.5	242,723.4	243,508.4	244,333.3	245,198.2	246,103.2	247,048.1	248,033.0	249,057.9	250,122.9
3.10	245,728.0	246,472.9	247,257.9	248,082.8	248,947.7	249,852.7	250,797.6	251,782.5	252,807.4	253,872.4
3.15	249,477.5	250,222.4	251,007.4	251,832.3	252,697.2	253,602.2	254,547.1	255,532.0	256,556.9	257,621.9
3.20	253,227.0	253,971.9	254,756.9	255,581.8	256,446.7	257,351.7	258,296.6	259,281.5	260,306.4	261,371.4
3.25	256,976.5	257,721.4	258,506.4	259,331.3	260,196.2	261,101.2	262,046.1	263,031.0	264,055.9	265,120.9
3.30	260,726.0	261,470.9	262,255.9	263,080.8	263,945.7	264,850.7	265,795.6	266,780.5	267,805.4	268,870.4
3.35	264,475.5	265,220.4	266,005.4	266,830.3	267,695.2	268,600.2	269,545.1	270,530.0	271,554.9	272,619.9
3.40	268,225.0	268,969.9	269,754.9	270,579.8	271,444.7	272,349.7	273,294.6	274,279.5	275,304.4	276,369.4
3.45	271,974.5	272,719.4	273,504.4	274,329.3	275,194.2	276,099.2	277,044.1	278,029.0	279,053.9	280,118.9
3.50	275,724.0	276,468.9	277,253.9	278,078.8	278,943.7	279,848.7	280,793.6	281,778.5	282,803.4	283,868.4
3.55	279,473.5	280,218.4	281,003.4	281,828.3	282,693.2	283,598.2	284,543.1	285,528.0	286,552.9	287,617.9
3.60	283,223.0	283,967.9	284,752.9	285,577.8	286,442.7	287,347.7	288,292.6	289,277.5	290,302.4	291,367.4
3.65	286,972.5	287,717.4	288,502.4	289,327.3	290,192.2	291,097.2	292,042.1	293,027.0	294,051.9	295,116.9
3.70	290,722.0	291,466.9	292,251.9	293,076.8	293,941.7	294,846.7	295,791.6	296,776.5	297,801.4	298,866.4
3.75	294,471.5	295,216.4	296,001.4	296,826.3	297,691.2	298,596.2	299,541.1	300,526.0	301,550.9	302,615.9
3.80	298,221.0	298,965.9	299,750.9	300,575.8	301,440.7	302,345.7	303,290.6	304,275.5	305,300.4	306,365.4
3.85	301,970.5	302,715.4	303,500.4	304,325.3	305,190.2	306,095.2	307,040.1	308,025.0	309,049.9	310,114.9
3.90	305,720.0	306,464.9	307,249.9	308,074.8	308,939.7	309,844.7	310,789.6	311,774.5	312,799.4	313,864.4
3.95	309,469.5	310,214.4	310,999.4	311,824.3	312,689.2	313,594.2	314,539.1	315,524.0	316,548.9	317,613.9
4.00	313,219.0	313,963.9	314,748.9	315,573.8	316,438.7	317,343.7	318,288.6	319,273.5	320,298.4	321,363.4
4.05	316,968.5	317,713.4	318,498.4	319,323.3	320,188.2	321,093.2	322,038.1	323,023.0	324,047.9	325,112.9
4.10	320,718.0	321,462.9	322,247.9	323,072.8	323,937.7	324,842.7	325,787.6	326,772.5	327,797.4	328,862.4
4.15	324,467.5	325,212.4	326,007.4	326,822.3	327,687.2	328,592.2	329,537.1	330,522.0	331,546.9	332,611.9
4.20	328,217.0	328,961.9	329,746.9	330,571.8	331,436.7	332,341.7	333,286.6	334,271.5	335,296.4	336,361.4
4.25	331,966.5	332,711.4	333,496.4	334,321.3	335,186.2	336,091.2	337,036.1	338,021.0	339,045.9	340,110.9
4.30	335,716.0	336,460.9	337,245.9	338,070.8	338,935.7	339,840.7	340,785.6	341,770.5	342,795.4	343,860.4
4.35	339,465.5	340,210.4	341,005.4	341,820.3	342,685.2	343,590.2	344,535.1	345,520.0	346,544.9	347,609.9
4.40	343,215.0	343,959.9	344,744.9	345,569.8	346,434.7	347,339.7	348,284.6	349,269.5	350,294.4	351,359.4
4.45	346,964.5	347,709.4	348,494.4	349,319.3	350,184.2	351,089.2	352,034.1	353,019.0	354,043.9	355,108.9
4.50	350,714.0	351,458.9	352,243.9	353,068.8	353,933.7	354,838.7	355,783.6	356,768.5	357,793.4	358,858.4
4.55	354,463.5	355,208.4	356,003.4	356,818.3	357,683.2	358,588.2	359,533.1	360,518.0	361,542.9	362,607.9
4.60	358,213.0	358,957.9	359,742.9	360,567.8	361,432.7	362,337.7	363,282.6	364,267.5	365,292.4	366,357.4
4.65	361,962.5	362,707.4	363,492.4	364,317.3	365,182.2	366,087.2	367,032.1	368,017.0	369,041.9	370,106.9
4.70	365,712.0	366,456.9	367,241.9	368,066.8	368,931.7	369,836.7	370,781.6	371,766.5	372,791.4	373,856.4
4.75	369,461.5	370,206.4	371,001.4	371,816.3	372,681.2	373,586.2	374,531.1	375,516.0	376,540.9	377,605.9
4.80	373,211.0	373,955.9	374,740.9	375,565.8	376,430.7	377,335.7	378,280.6	379,265.5	380,290.4	381,355.4
4.85	376,960.5	377,705.4	378,490.4	379,315.3	380,180.2	381,085.2	382,030.1	383,015.0	384,039.9	385,104.9
4.90	380,710.0	381,454.9	382,239.9	383,064.8	383,929.7	384,834.7	385,779.6	386,764.5	387,789.4	388,854.4
4.95	384,459.5	385,204.4	386,009.4	386,814.3	387,679.2	388,584.2	389,529.1	390,514.0	391,538.9	392,603.9
5.00	388,209.0	388,953.9	389,738.9	390,563.8	391,428.7	392,333.7	393,278.6	394,263.5	395,288.4	396,353.4

RESISTENCIA EN KILOGRAMOS, QUE PRESENTA UN TREN DE 100 CARROS

TABLA B

Peso Proseodio: 49.82

HOJA 1

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0.25	23,177.0	23,765.7	24,374.5	25,023.2	25,712.0	26,440.7	27,209.4	28,018.2	28,866.9	29,755.7
0.30	25,688.0	26,256.7	26,865.5	27,514.2	28,203.0	28,931.7	29,700.4	30,509.2	31,357.9	32,246.7
0.35	28,179.0	28,747.7	29,356.5	30,005.2	30,694.0	31,422.7	32,191.4	33,000.2	33,848.9	34,737.7
0.40	30,670.0	31,238.7	31,847.5	32,496.2	33,185.0	33,913.7	34,682.4	35,491.2	36,339.9	37,228.7
0.45	33,161.0	33,729.7	34,338.5	34,987.2	35,676.0	36,404.7	37,173.4	37,982.2	38,830.9	39,719.7
0.50	35,652.0	36,220.7	36,829.5	37,478.2	38,167.0	38,895.7	39,664.4	40,473.2	41,321.9	42,210.7
0.55	38,143.0	38,711.7	39,320.5	39,969.2	40,658.0	41,386.7	42,155.4	42,964.2	43,812.9	44,701.7
0.60	40,634.0	41,202.7	41,811.5	42,460.2	43,149.0	43,877.7	44,646.4	45,455.2	46,303.9	47,192.7
0.65	43,125.0	43,693.7	44,302.5	44,951.2	45,640.0	46,368.7	47,137.4	47,946.2	48,794.9	49,683.7
0.70	45,616.0	46,184.7	46,793.5	47,442.2	48,131.0	48,859.7	49,628.4	50,437.2	51,285.9	52,174.7
0.75	48,107.0	48,675.7	49,284.5	49,933.2	50,622.0	51,350.7	52,119.4	52,928.2	53,776.9	54,665.7
0.80	50,598.0	51,166.7	51,775.5	52,424.2	53,113.0	53,841.7	54,610.4	55,419.2	56,267.9	57,156.7
0.85	53,089.0	53,657.7	54,266.5	54,915.2	55,604.0	56,332.7	57,101.4	57,910.2	58,758.9	59,647.7
0.90	55,580.0	56,148.7	56,757.5	57,406.2	58,095.0	58,823.7	59,592.4	60,401.2	61,249.9	62,138.7
0.95	58,071.0	58,639.7	59,248.5	59,897.2	60,586.0	61,314.7	62,083.4	62,892.2	63,740.9	64,629.7
1.00	60,562.0	61,130.7	61,739.5	62,388.2	63,077.0	63,805.7	64,574.4	65,383.2	66,231.9	67,120.7
1.05	63,053.0	63,621.7	64,230.5	64,879.2	65,568.0	66,296.7	67,065.4	67,874.2	68,722.9	69,611.7
1.10	65,544.0	66,112.7	66,721.5	67,370.2	68,059.0	68,787.7	69,556.4	70,365.2	71,213.9	72,102.7
1.15	68,035.0	68,603.7	69,212.5	69,861.2	70,550.0	71,278.7	72,047.4	72,856.2	73,704.9	74,593.7
1.20	70,526.0	71,094.7	71,703.5	72,352.2	73,041.0	73,769.7	74,538.4	75,347.2	76,195.9	77,084.7
1.25	73,017.0	73,585.7	74,194.5	74,843.2	75,532.0	76,260.7	77,029.4	77,838.2	78,686.9	79,575.7
1.30	75,508.0	76,076.7	76,685.5	77,334.2	78,023.0	78,751.7	79,520.4	80,329.2	81,177.9	82,066.7
1.35	77,999.0	78,567.7	79,176.5	79,825.2	80,514.0	81,242.7	82,011.4	82,820.2	83,668.9	84,557.7
1.40	80,490.0	81,058.7	81,667.5	82,316.2	83,005.0	83,733.7	84,502.4	85,311.2	86,159.9	87,048.7
1.45	82,981.0	83,549.7	84,158.5	84,807.2	85,496.0	86,224.7	87,093.4	87,802.2	88,650.9	89,539.7
1.50	85,472.0	86,040.7	86,649.5	87,298.2	87,987.0	88,715.7	89,484.4	90,293.2	91,141.9	92,030.7
1.55	87,963.0	88,531.7	89,140.5	89,789.2	90,478.0	91,206.7	91,975.4	92,784.2	93,632.9	94,521.7
1.60	90,454.0	91,022.7	91,631.5	92,280.2	92,969.0	93,697.7	94,466.4	95,275.2	96,123.9	97,012.7
1.65	92,945.0	93,513.7	94,122.5	94,771.2	95,460.0	96,188.7	96,957.4	97,766.2	98,614.9	99,503.7
1.70	95,436.0	96,004.7	96,613.5	97,262.2	97,951.0	98,679.7	99,448.4	100,257.2	101,105.9	101,994.7
1.75	97,927.0	98,495.7	99,104.5	99,753.2	100,442.0	101,170.7	101,939.4	102,748.2	103,596.9	104,485.7
1.80	100,418.0	100,986.7	101,595.5	102,244.2	102,933.0	103,661.7	104,430.4	105,239.2	106,087.9	106,976.7
1.85	102,909.0	103,477.7	104,086.5	104,735.2	105,424.0	106,152.7	106,921.4	107,730.2	108,578.9	109,467.7
1.90	105,400.0	105,968.7	106,577.5	107,226.2	107,915.0	108,643.7	109,412.4	110,221.2	111,069.9	111,958.7
1.95	107,891.0	108,459.7	109,068.5	109,717.2	110,406.0	111,134.7	111,903.4	112,712.2	113,560.9	114,449.7
2.00	110,382.0	110,950.7	111,559.5	112,208.2	112,897.0	113,625.7	114,394.4	115,203.2	116,051.9	116,940.7
2.05	112,873.0	113,441.7	114,050.5	114,699.2	115,388.0	116,116.7	116,885.4	117,694.2	118,542.9	119,431.7
2.10	115,364.0	115,932.7	116,541.5	117,190.2	117,879.0	118,607.7	119,376.4	120,185.2	121,033.9	121,922.7
2.15	117,855.0	118,423.7	119,032.5	119,681.2	120,370.0	121,098.7	121,867.4	122,676.2	123,524.9	124,413.7
2.20	120,346.0	120,914.7	121,523.5	122,172.2	122,861.0	123,589.7	124,358.4	125,167.2	126,015.9	126,904.7
2.25	122,837.0	123,405.7	124,014.5	124,663.2	125,352.0	126,080.7	126,849.4	127,658.2	128,506.9	129,395.7
2.30	125,328.0	125,896.7	126,505.5	127,154.2	127,843.0	128,571.7	129,340.4	130,149.2	131,097.9	131,986.7
2.35	127,819.0	128,387.7	128,996.5	129,645.2	130,334.0	131,062.7	131,831.4	132,640.2	133,488.9	134,377.7
2.40	130,310.0	130,878.7	131,487.5	132,136.2	132,825.0	133,553.7	134,322.4	135,131.2	135,979.9	136,868.7
2.45	132,801.0	133,369.7	133,978.5	134,627.2	135,316.0	136,044.7	136,813.4	137,622.2	138,470.9	139,359.7
2.50	135,292.0	135,860.7	136,469.5	137,118.2	137,807.0	138,535.7	139,304.4	140,113.2	140,961.9	141,850.7

Peso Promedio: 49.82

HOJA 2

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
2.55	137,783.0	138,351.7	138,960.5	139,609.2	140,298.0	141,026.7	141,795.4	142,604.2	143,452.9	144,341.7
2.60	140,274.0	140,842.7	141,451.5	142,100.2	142,789.0	143,517.7	144,286.4	145,095.2	145,943.9	146,832.7
2.65	142,765.0	143,333.7	143,942.5	144,591.2	145,280.0	146,008.7	146,777.4	147,586.2	148,434.9	149,323.7
2.70	145,256.0	145,824.7	146,433.5	147,082.2	147,771.0	148,499.7	149,268.4	150,077.2	150,925.9	151,814.7
2.75	147,747.0	148,315.7	148,924.5	149,573.2	150,262.0	150,990.7	151,759.4	152,568.2	153,416.9	154,305.7
2.80	150,238.0	150,806.7	151,415.5	152,064.2	152,753.0	153,481.7	154,250.4	155,059.2	155,907.9	156,796.7
2.85	152,729.0	153,297.7	153,906.5	154,555.2	155,244.0	155,972.7	156,741.4	157,550.2	158,398.9	159,287.7
2.90	155,220.0	155,788.7	156,397.5	157,046.2	157,735.0	158,463.7	159,232.4	160,041.2	160,889.9	161,778.7
2.95	157,711.0	158,279.7	158,888.5	159,537.2	160,226.0	160,954.7	161,723.4	162,532.2	163,380.9	164,269.7
3.00	160,202.0	160,770.7	161,379.5	162,028.2	162,717.0	163,445.7	164,214.4	165,023.2	165,871.9	166,760.7
3.05	162,693.0	163,261.7	163,870.5	164,519.2	165,208.0	165,936.7	166,705.4	167,514.2	168,362.9	169,251.7
3.10	165,184.0	165,752.7	166,361.5	167,010.2	167,699.0	168,427.7	169,196.4	170,005.2	170,853.9	171,742.7
3.15	167,675.0	168,243.7	168,852.5	169,501.2	170,190.0	170,918.7	171,687.4	172,496.2	173,344.9	174,233.7
3.20	170,166.0	170,734.7	171,343.5	171,992.2	172,681.0	173,409.7	174,178.4	174,987.2	175,835.9	176,724.7
3.25	172,657.0	173,225.7	173,834.5	174,483.2	175,172.0	175,900.7	176,669.4	177,478.2	178,326.9	179,215.7
3.30	175,148.0	175,716.7	176,325.5	176,974.2	177,663.0	178,391.7	179,160.4	179,969.2	180,817.9	181,706.7
3.35	177,639.0	178,207.7	178,816.5	179,465.2	180,154.0	180,882.7	181,651.4	182,460.2	183,308.9	184,197.7
3.40	180,130.0	180,698.7	181,307.5	181,956.2	182,645.0	183,373.7	184,142.4	184,951.2	185,799.9	186,688.7
3.45	182,621.0	183,189.7	183,798.5	184,447.2	185,136.0	185,864.7	186,633.4	187,442.2	188,290.9	189,179.7
3.50	185,112.0	185,680.7	186,289.5	186,938.2	187,627.0	188,355.7	189,124.4	189,933.2	190,781.9	191,670.7
3.55	187,603.0	188,171.7	188,780.5	189,429.2	190,118.0	190,846.7	191,615.4	192,424.2	193,272.9	194,161.7
3.60	190,094.0	190,662.7	191,271.5	191,920.2	192,609.0	193,337.7	194,106.4	194,915.2	195,763.9	196,652.7
3.65	192,585.0	193,153.7	193,762.5	194,411.2	195,100.0	195,828.7	196,597.4	197,406.2	198,254.9	199,143.7
3.70	195,076.0	195,644.7	196,253.5	196,902.2	197,591.0	198,319.7	199,088.4	199,897.2	200,745.9	201,634.7
3.75	197,567.0	198,135.7	198,744.5	199,393.2	200,082.0	200,810.7	201,579.4	202,388.2	203,236.9	204,125.7
3.80	200,058.0	200,626.7	201,235.5	201,884.2	202,573.0	203,301.7	204,070.4	204,879.2	205,727.9	206,616.7
3.85	202,549.0	203,117.7	203,726.5	204,375.2	205,064.0	205,792.7	206,561.4	207,370.2	208,218.9	209,107.7
3.90	205,040.0	205,608.7	206,217.5	206,866.2	207,555.0	208,283.7	209,052.4	209,861.2	210,709.9	211,598.7
3.95	207,531.0	208,099.7	208,708.5	209,357.2	210,046.0	210,774.7	211,543.4	212,352.2	213,200.9	214,089.7
4.00	210,022.0	210,590.7	211,199.5	211,848.2	212,537.0	213,265.7	214,034.4	214,843.2	215,691.9	216,580.7
4.05	212,513.0	213,081.7	213,690.5	214,339.2	215,028.0	215,756.7	216,525.4	217,334.2	218,182.9	219,071.7
4.10	215,004.0	215,572.7	216,181.5	216,830.2	217,519.0	218,247.7	219,016.4	219,825.2	220,673.9	221,562.7
4.15	217,495.0	218,063.7	218,672.5	219,321.2	220,010.0	220,738.7	221,507.4	222,316.2	223,164.9	224,053.7
4.20	219,986.0	220,554.7	221,163.5	221,812.2	222,501.0	223,229.7	230,998.4	224,807.2	225,655.9	226,544.7
4.25	222,477.0	223,045.7	223,654.5	224,303.2	224,992.0	225,720.7	226,489.4	227,298.2	228,146.9	229,035.7
4.30	224,968.0	225,536.7	226,145.5	226,794.2	227,483.0	228,211.7	229,080.4	229,889.2	230,737.9	231,626.7
4.35	227,459.0	228,027.7	228,636.5	229,285.2	229,974.0	230,702.7	231,471.4	232,280.2	233,128.9	234,017.7
4.40	229,950.0	230,518.7	231,127.5	231,776.2	232,465.0	233,193.7	233,962.4	234,771.2	235,619.9	236,508.7
4.45	232,441.0	233,009.7	233,618.5	234,267.2	234,956.0	235,684.7	236,453.4	237,262.2	238,110.9	238,999.7
4.50	234,932.0	235,500.7	236,109.5	236,758.2	237,447.0	238,175.7	238,944.4	239,753.2	240,601.9	241,490.7
4.55	237,423.0	237,991.7	238,600.5	239,249.2	239,938.0	240,666.7	241,435.4	242,244.2	243,092.9	243,981.7
4.60	239,914.0	240,482.7	241,091.5	241,740.2	242,429.0	243,157.7	243,926.4	244,735.2	245,583.9	246,472.7
4.65	242,405.0	242,973.7	243,582.5	244,231.2	244,920.0	245,648.7	246,417.4	247,226.2	248,074.9	248,963.7
4.70	244,896.0	245,464.7	246,073.5	246,722.2	247,411.0	248,139.7	248,908.4	249,717.2	250,565.9	251,454.7
4.75	247,387.0	247,955.7	248,564.5	249,213.2	249,902.0	250,630.7	251,399.4	252,208.2	253,056.9	253,945.7
4.80	249,878.0	250,446.7	251,055.5	251,704.2	252,393.0	253,121.7	253,890.4	254,699.2	255,547.9	256,436.7
4.85	252,369.0	252,937.7	253,546.5	254,195.2	254,884.0	255,612.7	256,381.4	257,190.2	258,038.9	258,927.7
4.90	254,860.0	255,428.7	256,037.5	256,686.2	257,375.0	258,103.7	258,872.4	259,681.2	260,529.9	261,418.7
4.95	257,351.0	257,919.7	258,528.5	259,177.2	259,866.0	260,594.7	261,363.4	262,172.2	263,020.9	263,909.7
5.00	259,842.0	260,410.7	261,019.5	261,668.2	262,357.0	263,085.7	263,854.4	264,663.2	265,511.9	266,400.7

RESISTENCIA EN KILOGRAMOS, QUE PRESENTA UN TREN DE 100 CARROS

TABLA B

Peso Promedio: 48.97

HOJA 1

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0.25	22,899.5	23,462.3	24,065.1	24,707.9	25,390.7	26,113.5	26,876.2	27,679.0	28,521.8	29,404.6
0.30	25,348.0	25,910.8	26,513.6	27,156.4	27,839.2	28,562.0	29,324.7	30,127.5	30,970.3	31,853.1
0.35	27,796.5	28,359.3	28,962.1	29,604.9	30,287.7	31,010.5	31,773.2	32,576.0	33,418.8	34,301.6
0.40	30,245.0	30,807.8	31,410.6	32,053.4	32,736.2	33,459.0	34,221.7	35,024.5	35,867.3	36,750.1
0.45	32,693.5	33,256.3	33,859.1	34,501.9	35,184.7	35,907.5	36,670.2	37,473.0	38,315.8	39,198.6
0.50	35,142.0	35,704.8	36,307.6	36,950.4	37,633.2	38,356.0	39,118.7	39,921.5	40,764.3	41,647.1
0.55	37,590.5	38,153.3	38,756.1	39,398.9	40,081.7	40,804.5	41,567.2	42,370.0	43,212.8	44,095.6
0.60	40,039.0	40,601.8	41,204.6	41,847.4	42,530.2	43,253.0	44,015.7	44,818.5	45,661.3	46,544.1
0.65	42,487.5	43,050.3	43,653.1	44,295.9	44,978.7	45,701.5	46,464.2	47,267.0	48,109.8	48,992.6
0.70	44,936.0	45,498.8	46,101.6	46,744.4	47,427.2	48,150.0	48,912.7	49,715.5	50,558.3	51,441.1
0.75	47,384.5	47,947.3	48,550.1	49,192.9	49,875.7	50,598.5	51,361.2	52,164.0	53,006.8	53,889.6
0.80	49,833.0	50,395.8	50,998.6	51,641.4	52,324.2	53,047.0	53,809.7	54,612.5	55,455.3	56,338.1
0.85	52,281.5	52,844.3	53,447.1	54,089.9	54,772.7	55,495.5	56,258.2	57,061.0	57,903.8	58,786.6
0.90	54,730.0	55,292.8	55,895.6	56,538.4	57,221.2	57,944.0	58,706.7	59,509.5	60,352.3	61,235.1
0.95	57,178.5	57,741.3	58,344.1	58,986.9	59,669.7	60,392.5	61,155.2	61,958.0	62,800.8	63,683.6
1.00	59,627.0	60,189.8	60,792.6	61,435.4	62,118.2	62,841.0	63,603.7	64,406.5	65,249.3	66,132.1
1.05	62,075.5	62,638.3	63,241.1	63,883.9	64,566.7	65,289.5	66,052.2	66,855.0	67,697.8	68,580.6
1.10	64,524.0	65,086.8	65,689.6	66,332.4	67,015.2	67,738.0	68,500.7	69,303.5	70,146.3	71,029.1
1.15	66,972.5	67,535.3	68,138.1	68,780.9	69,463.7	70,186.5	70,949.2	71,752.0	72,594.8	73,477.6
1.20	69,421.0	69,983.8	70,586.6	71,229.4	71,912.2	72,635.0	73,397.7	74,200.5	75,043.3	75,926.1
1.25	71,869.5	72,432.3	73,035.1	73,677.9	74,360.7	75,083.5	75,846.2	76,649.0	77,491.8	78,374.6
1.30	74,318.0	74,880.8	75,483.6	76,126.4	76,809.2	77,532.0	78,294.7	79,097.5	79,940.3	80,823.1
1.35	76,766.5	77,329.3	77,932.1	78,574.9	79,257.7	79,980.5	80,743.2	81,546.0	82,388.8	83,271.6
1.40	79,215.0	79,777.8	80,380.6	81,023.4	81,706.2	82,429.0	83,191.7	83,994.5	84,837.3	85,720.1
1.45	81,663.5	82,226.3	82,829.1	83,471.9	84,154.7	84,877.5	85,640.2	86,443.0	87,285.8	88,168.6
1.50	84,112.0	84,674.8	85,277.6	85,920.4	86,603.2	87,326.0	88,088.7	88,891.5	89,734.3	90,617.1
1.55	86,560.5	87,123.3	87,726.1	88,368.9	89,051.7	89,774.5	90,537.2	91,340.0	92,182.8	93,065.6
1.60	89,009.0	89,571.8	90,174.6	90,817.4	91,500.2	92,223.0	92,985.7	93,788.5	94,631.3	95,514.1
1.65	91,457.5	92,020.3	92,623.1	93,265.9	93,948.7	94,671.5	95,434.2	96,237.0	97,079.8	97,962.6
1.70	93,906.0	94,468.8	95,071.6	95,714.4	96,397.2	97,120.0	97,882.7	98,685.5	99,528.3	100,411.1
1.75	96,354.5	96,917.3	97,520.1	98,162.9	98,845.7	99,568.5	100,331.2	101,134.0	101,976.8	102,859.6
1.80	98,803.0	99,365.8	99,968.6	100,611.4	101,294.2	102,017.0	102,779.7	103,582.5	104,425.3	105,308.1
1.85	101,251.5	101,814.3	102,417.1	103,059.9	103,742.7	104,465.5	105,228.2	106,031.0	106,873.8	107,756.6
1.90	103,700.0	104,262.8	104,865.6	105,508.4	106,191.2	106,914.0	107,676.7	108,479.5	109,322.3	110,205.1
1.95	106,148.5	106,711.3	107,314.1	107,956.9	108,639.7	109,362.5	110,125.2	110,928.0	111,770.8	112,653.6
2.00	108,597.0	109,159.8	109,762.6	110,405.4	111,088.2	111,811.0	112,573.7	113,376.5	114,219.3	115,102.1
2.05	111,045.5	111,608.3	112,211.1	112,853.9	113,536.7	114,259.5	115,022.2	115,825.0	116,667.8	117,550.6
2.10	113,494.0	114,056.8	114,659.6	115,302.4	115,985.2	116,708.0	117,470.7	118,273.5	119,116.3	119,999.1
2.15	115,942.5	116,505.3	117,108.1	117,750.9	118,433.7	119,156.5	119,919.2	120,722.0	121,564.8	122,447.6
2.20	118,391.0	118,953.8	119,556.6	120,199.4	120,882.2	121,605.0	122,367.7	123,170.5	124,013.3	124,896.1
2.25	120,839.5	121,402.3	122,005.1	122,647.9	123,330.7	124,053.5	124,816.2	125,619.0	126,461.8	127,344.6
2.30	123,288.0	123,850.8	124,453.6	125,096.4	125,779.2	126,502.0	127,264.7	128,067.5	128,910.3	129,793.1
2.35	125,736.5	126,299.3	126,902.1	127,544.9	128,227.7	128,950.5	129,713.2	130,516.0	131,358.8	132,241.6
2.40	128,185.0	128,747.8	129,350.6	129,993.4	130,676.2	131,399.0	132,161.7	132,964.5	133,807.3	134,690.1
2.45	130,633.5	131,196.3	131,799.1	132,441.9	133,124.7	133,847.5	134,610.2	135,413.0	136,255.8	137,138.6
2.50	133,082.0	133,644.8	134,247.6	134,890.4	135,573.2	136,296.0	137,058.7	137,861.5	138,704.3	139,587.1

Peso Promedio: 48.97

HOJA 2

GRADO DE PENDIENTE	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA									
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
2.55	135,530.5	136,073.3	136,696.1	137,338.9	138,021.7	138,744.5	139,507.2	140,310.0	141,152.8	142,035.6
2.60	137,979.0	138,541.8	139,144.6	139,787.4	140,470.2	141,193.0	141,955.7	142,758.5	143,601.3	144,484.1
2.65	140,427.5	140,990.3	141,593.1	142,235.9	142,918.7	143,641.5	144,404.2	145,207.0	146,049.8	146,932.6
2.70	142,876.0	143,438.8	144,041.6	144,684.4	145,367.2	146,090.0	146,852.7	147,655.5	148,498.3	149,381.1
2.75	145,324.5	145,887.3	146,490.1	147,132.9	147,815.7	148,538.5	149,301.2	150,104.0	150,946.8	151,829.6
2.80	147,773.0	148,335.8	148,938.6	149,581.4	150,264.2	150,987.0	151,749.7	152,552.5	153,395.3	154,278.1
2.85	150,221.5	150,784.3	151,387.1	152,029.9	152,712.7	153,435.5	154,198.2	155,001.0	155,843.8	156,726.6
2.90	152,670.0	153,232.8	153,835.6	154,478.4	155,161.2	155,884.0	156,646.7	157,449.5	158,292.3	159,175.1
2.95	155,118.5	155,681.3	156,284.1	156,926.9	157,609.7	158,332.5	159,095.2	159,898.0	160,740.8	161,623.6
3.00	157,567.0	158,129.8	158,732.6	159,375.4	160,058.2	160,781.0	161,543.7	162,346.5	163,189.3	164,072.1
3.05	160,015.5	160,578.3	161,181.1	161,823.9	162,506.7	163,229.5	163,992.2	164,795.0	165,637.8	166,520.6
3.10	162,464.0	163,026.8	163,629.6	164,272.4	164,955.2	165,678.0	166,440.7	167,243.5	168,086.3	168,969.1
3.15	164,912.5	165,475.3	166,078.1	166,720.9	167,403.7	168,126.5	168,889.2	169,692.0	170,534.8	171,417.6
3.20	167,361.0	167,923.8	168,526.6	169,169.4	169,852.2	170,575.0	171,337.7	172,140.5	172,983.3	173,866.1
3.25	169,809.5	170,372.3	170,975.1	171,617.9	172,300.7	173,023.5	173,786.2	174,589.0	175,431.8	176,314.6
3.30	172,258.0	172,820.8	173,423.6	174,066.4	174,749.2	175,472.0	176,234.7	177,037.5	177,880.3	178,763.1
3.35	174,706.5	175,269.3	175,872.1	176,514.9	177,197.7	177,920.5	178,683.2	179,486.0	180,328.8	181,211.6
3.40	177,155.0	177,717.8	178,320.6	178,963.4	179,646.2	180,369.0	181,131.7	181,934.5	182,777.3	183,660.1
3.45	179,603.5	180,166.3	180,769.1	181,411.9	182,094.7	182,817.5	183,580.2	184,383.0	185,225.8	186,108.6
3.50	182,052.0	182,614.8	183,217.6	183,860.4	184,543.2	185,266.0	186,028.7	186,831.5	187,674.3	188,557.1
3.55	184,500.5	185,063.3	185,666.1	186,308.9	186,991.7	187,714.5	188,477.2	189,280.0	190,122.8	191,005.6
3.60	186,949.0	187,511.8	188,114.6	188,757.4	189,440.2	190,163.0	190,925.7	191,728.5	192,571.3	193,454.1
3.65	189,397.5	189,960.3	190,563.1	191,205.9	191,888.7	192,611.5	193,374.2	194,177.0	195,019.8	195,902.6
3.70	191,846.0	192,408.8	193,011.6	193,654.4	194,337.2	195,060.0	195,822.7	196,625.5	197,468.3	198,351.1
3.75	194,294.5	194,857.3	195,460.1	196,102.9	196,785.7	197,508.5	198,271.2	199,074.0	199,916.8	200,799.6
3.80	196,743.0	197,305.8	197,908.6	198,551.4	199,234.2	199,957.0	200,719.7	201,522.5	202,365.3	203,248.1
3.85	199,191.5	199,754.3	200,357.1	200,999.9	201,682.7	202,405.5	203,168.2	203,971.0	204,813.8	205,696.6
3.90	201,640.0	202,202.8	202,805.6	203,448.4	204,131.2	204,854.0	205,616.7	206,419.5	207,262.3	208,145.1
3.95	204,088.5	204,651.3	205,254.1	205,896.9	206,579.7	207,302.5	208,065.2	208,868.0	209,710.8	210,593.6
4.00	206,537.0	207,099.8	207,702.6	208,345.4	209,028.2	209,751.0	210,513.7	211,316.5	212,159.3	213,042.1
4.05	208,985.5	209,548.3	210,151.1	210,793.9	211,476.7	212,199.5	212,962.2	213,765.0	214,607.8	215,490.6
4.10	211,434.0	211,996.8	212,599.6	213,242.4	213,925.2	214,648.0	215,410.7	216,213.5	217,056.3	217,939.1
4.15	213,882.5	214,445.3	215,048.1	215,690.9	216,373.7	217,096.5	217,859.2	218,662.0	219,504.8	220,387.6
4.20	216,331.0	216,893.8	217,496.6	218,139.4	218,822.2	219,545.0	220,307.7	221,110.5	221,953.3	222,836.1
4.25	218,779.5	219,342.3	219,945.1	220,587.9	221,270.7	221,993.5	222,756.2	223,559.0	224,401.8	225,284.6
4.30	221,228.0	221,790.8	222,393.6	223,036.4	223,719.2	224,442.0	225,204.7	226,007.5	226,850.3	227,733.1
4.35	223,676.5	224,239.3	224,842.1	225,484.9	226,167.7	226,890.5	227,653.2	228,456.0	229,298.8	230,181.6
4.40	226,125.0	226,687.8	227,290.6	227,933.4	228,616.2	229,339.0	230,101.7	230,904.5	231,747.3	232,630.1
4.45	228,573.5	229,136.3	229,739.1	230,381.9	231,064.7	231,787.5	232,550.2	233,353.0	234,195.8	235,078.6
4.50	231,022.0	231,584.8	232,187.6	232,830.4	233,513.2	234,236.0	234,998.7	235,801.5	236,644.3	237,527.1
4.55	233,470.5	234,033.3	234,636.1	235,278.9	235,961.7	236,684.5	237,447.2	238,250.0	239,092.8	239,975.6
4.60	235,919.0	236,481.8	237,084.6	237,727.4	238,410.2	239,133.0	239,895.7	240,698.5	241,541.3	242,424.1
4.65	238,367.5	238,930.3	239,533.1	240,175.9	240,858.7	241,581.5	242,344.2	243,147.0	243,989.8	244,872.6
4.70	240,816.0	241,378.8	241,981.6	242,624.4	243,307.2	244,030.0	244,792.7	245,595.5	246,438.3	247,321.1
4.75	243,264.5	243,827.3	244,430.1	245,072.9	245,755.7	246,478.5	247,241.2	248,044.0	248,886.8	249,769.6
4.80	245,713.0	246,275.8	246,878.6	247,521.4	248,204.2	248,927.0	249,689.7	250,492.5	251,335.3	252,218.1
4.85	248,161.5	248,724.3	249,327.1	249,969.9	250,652.7	251,375.5	252,138.2	252,941.0	253,783.8	254,666.6
4.90	250,610.0	251,172.8	251,775.6	252,418.4	253,101.2	253,824.0	254,586.7	255,389.5	256,232.3	257,115.1
4.95	253,058.5	253,621.3	254,224.1	254,866.9	255,549.7	256,272.5	257,035.2	257,838.0	258,680.8	259,563.6
5.00	255,507.0	256,069.8	256,672.6	257,315.4	257,998.2	258,721.0	259,483.7	260,286.5	261,129.3	262,012.1

BIBLIOGRAFIA

- La Empresa de los Ferrocarriles Nacionales de México
Ferrocarriles Nacionales de México
Dirección de Administración y Métodos del Instituto de Capacitación
México, D.F. 1979
- El Ferrocarril, sus Orígenes, Importancia y Desarrollo
Ing. Alfonso Hernández Lozano
Ferrocarriles Nacionales de México
- Estudio Profundo y Programa a largo plazo de los Ferrocarriles-Mexicanos
México, D.F., abril de 1982
- Metodología para la Evaluación de beneficios en la operación de trenes por mejoras en la línea
Ferrocarriles Nacionales de México, Subgerencia de Planeación y Organización, Unidad de Evaluación de Proyectos
- Estadística Ferroviaria Nacional 1971-1983
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
México, D.F. 1983
- Series Estadísticas 1928-1980
Ferrocarril del Pacífico, S.A. de C.V.
Departamento de Planeación
Guadalajara, Jal. octubre de 1981
- Riel tendido en líneas troncales y ramales del sistema especificando su peso, tipo y fecha de laminación
Ferrocarriles Nacionales de México, Departamento de Vía y Estructuras. México, D.F. 1985
- Informe Anual Estadístico 1984, 1985
Ferrocarriles Nacionales de México
México, D.F.
- Informe Anual Estadístico 1984, 1985
Ferrocarril del Pacífico, S.A. de C.V.
Guadalajara, Jal.
- Horario No. 11 División de Sinaloa
Ferrocarril del Pacífico, S.A. de C.V.
Guadalajara, Jal., junio de 1985
- Cartas topográficas F 13-8, F 13-11, F 13-12 1:250 000 CETENAL.
S.P.P. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional

