

21

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS, MEJORAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CORREDOR  
MANZANILLO – ALTAMIRA BAJO UN CONCEPTO DE COSTOS DE  
OPERACIÓN VEHICULAR Y COSTOS LOGÍSTICOS**

**TESIS**

Como requisito para obtener el título de  
**Ingeniero Civil**

Presenta

**ALEJANDRO ROBERTO BRACAMONTES CAMARENA**

DIRECTOR DE TESIS

**ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS**

394048



México, D.F., Junio 2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/099/01

Señor  
**ALEJANDRO ROBERTO BRACAMONTES CAMARENA**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ANÁLISIS, MEJORAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CORREDOR MANZANILLO-ALTAMIRA  
BAJO UN CONCEPTO DE COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR Y COSTOS LOGÍSTICOS"**

- INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ESQUEMA METODOLÓGICO**
- I. MODELO DE COSTOS LOGÍSTICOS**
  - II. DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR MANZANILLO-ALTAMIRA**
  - III. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA Y COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR**
  - IV. ESCENARIOS DE TRÁNSITO Y COSTOS LOGÍSTICOS**
  - V. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA**
  - VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria a 30 de mayo de 2001.  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg

## **Agradecimientos**

### **A TANIA**

Por brindarme siempre tu amor incondicional y compartir conmigo el resto de nuestras vidas. Te amo.

### **A MIS PADRES**

Por darme su amor, apoyo y señalarme el camino durante todos estos años, pero sobre todo por siempre creer en mí. Espero que a lo largo de mi vida siempre se sientan orgullosos de mí. Gracias.

### **A MIS HERMANOS**

Por vivir conmigo tantos momentos, buenos y malos, así como por su apoyo. Recuerden que debemos estar juntos siempre para así llevar a cabo las grandes empresas que nos hemos propuesto. Gracias.

### **A PAPÁ GRANDE**

Por creer en mí y brindarme tu apoyo y tu ayuda sin pedir algo a cambio. De corazón te agradezco todos tus consejos, los cuales siempre me fueron y serán de gran utilidad. Recuerda que mis logros son logros de familia y que sin ustedes no los hubiese podido obtener. Muchas gracias Papá Grande.

### **A MI FAMILIA**

Por su cariño, apoyo y comprensión. En especial a mi abuelita y a mi primo Juan. Muchas gracias.

---

## **A MIS AMIGOS**

Por compartir conmigo tantas experiencias que permanecerán en mi memoria a lo largo de mi vida. Muchas gracias por su apoyo, consejos y amistad.

## **A FOA**

Por todas sus enseñanzas y amistad, así como por su ayuda en mi desarrollo personal, profesional y académico. Gracias al Ingeniero Reyes Juárez y al Dr. Felipe Ochoa por su apoyo y sus consejos, especialmente en el desarrollo de esta tesis.

## **A MIS MAESTROS**

Por todas sus enseñanzas. Al Ing. José Manuel Covarrubias por su amistad, enseñanzas y ayuda en la elaboración de esta tesis. A los Ingenieros Marcos Trejo y Ricardo Padilla por sus enseñanzas dentro y fuera del aula. Gran parte de mi formación como ingeniero se la debo a todos mis maestros. Muchas gracias.

## **A LA FACULTAD**

Por darme la oportunidad de formar parte de esta gran institución. Siempre la he considerado la mejor facultad del país y me siento orgulloso de haberme formado profesionalmente en ella. Al Ing. Ferrando y al Ing. López de Haro por su apoyo y ayuda. Al PARA por ayudarme en mi preparación, en especial al Ing. Castillo Tejero y a Lidia Delgado. A la DICTyG, especialmente al Ing. Moreno Pecero y a MariSylvia.

---

# Indice

Indice.....	1
<b>1. Introducción, Objetivos y Esquema Metodológico.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>4</b>
1.1.1 <i>Concepto de Logística</i> .....	6
1.1.2 <i>Cadena Logística y Cadena de Transporte</i> .....	6
1.1.3 <i>Acción Estructurante</i> <i>de la Logística sobre el Sector Transporte</i> .....	7
1.1.4 <i>Costos Logísticos y Utilidades</i> .....	7
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Esquema Metodológico.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Modelo de Costos Logísticos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Naturaleza del Modelo.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Bases Teóricas del Modelo.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Módulo de Costos Logísticos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Costos de Movimientos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Componentes del Costo Logístico.....</b>	<b>20</b>
<b>3. Diagnóstico.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Características Físicas de la Infraestructura Carretera.....</b>	<b>23</b>
3.1.1 <i>Longitud y Características Geométricas</i> .....	24
3.1.2 <i>Calificación del Estado de Conservación</i> .....	25
3.1.3 <i>Velocidad de Operación</i> .....	26
<b>3.2 Nivel de Servicio.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Caracterización de la Demanda.....</b>	<b>28</b>
3.3.1 <i>Aforo Promedio por Tramo y su Pronóstico</i> .....	29
3.3.2 <i>Composición de la Demanda</i> .....	30
3.3.3 <i>Productos Movilizados</i> .....	31

---

<b>3.4</b>	<b>Análisis Origen – Destino.....</b>	<b>32</b>
3.4.1	Análisis Origen – Destino del Tonelaje.....	33
3.4.2	Análisis Origen – Destino del Valor de la Mercancía.....	34
<b>3.5</b>	<b>Costos Logísticos del Corredor.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6</b>	<b>Comparación con el Corredor México – Nuevo Laredo.....</b>	<b>36</b>
3.6.1	Tablas Comparativas de los Indicadores y Municipios Principales.....	37
3.6.2	Nivel de Servicio.....	38
3.6.3	Comparación de los Costos Logísticos de Ambos Corredores.....	39
<b>3.7</b>	<b>Conclusiones del Diagnóstico.....</b>	<b>40</b>
<b>4.</b>	<b>Propuestas de Mejoramiento de la Infraestructura Carretera y Costos de Operación Vehicular.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Propuestas de Mejoramiento de la Infraestructura Carretera.....</b>	<b>42</b>
4.1.1	Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso en el Segmento Entronque Izquierdo a Cárdenas – Ciudad Valles.....	42
4.1.1.1	Justificación de la Instalación de un Tercer Carril de Ascenso en Carreteras de Dos Carriles.....	43
4.1.1.2	Incremento de la Velocidad con la Incorporación del Tercer Carril.....	45
4.1.2	Construcción de una Nueva Autopista de Cuota de San Lorenzo a Altamira.....	47
<b>4.2</b>	<b>Costos de Operación Vehicular.....</b>	<b>49</b>
4.2.1	Descripción del Modelo de Costos de Operación Vehicular (VOC) del Banco Mundial.....	49
4.2.2	Costos de Operación Actuales y con las Propuestas de Mejoramiento.....	52
4.2.2.1	Costos de Operación Vehicular de la Situación Actual.....	53
4.2.2.2	Costos de Operación Vehicular con la Incorporación del Tercer Carril de Ascenso.....	54
4.2.2.3	Costos de Operación Vehicular con la Construcción de la Nueva Autopista.....	55
4.2.2.4	Ahorros en Costos de Operación Vehicular.....	57

<b>5. Escenarios de Tránsito y Costos Logísticos.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Escenarios de Tránsito.....</b>	<b>58</b>
5.1.1 <i>Escenarios de Tránsito para la Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso.....</i>	<b>58</b>
5.1.2 <i>Escenarios de Tránsito para la Construcción de una Nueva Autopista.....</i>	<b>60</b>
5.1.2.1 <i>Tránsito Desviado.....</i>	<b>60</b>
5.1.2.2 <i>Tránsito Generado.....</i>	<b>67</b>
5.1.2.3 <i>Tránsito Inducido.....</i>	<b>71</b>
5.1.2.4 <i>Tránsito Total.....</i>	<b>72</b>
<b>5.2 Costos Logísticos.....</b>	<b>73</b>
<b>6. Evaluación Económica y Financiera.....</b>	<b>77</b>
<b>6.1 Evaluación Económica.....</b>	<b>77</b>
6.1.1 <i>Metodología</i>	
6.1.1.1 <i>Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso.....</i>	<b>77</b>
6.1.1.2 <i>Construcción de una Nueva Autopista.....</i>	<b>79</b>
6.1.2 <i>Beneficios Económicos.....</i>	<b>81</b>
6.1.3 <i>Inversión y Egresos.....</i>	<b>83</b>
6.1.3.1 <i>Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso.....</i>	<b>83</b>
6.1.3.2 <i>Construcción de una Nueva Autopista.....</i>	<b>84</b>
6.1.4 <i>Indicadores de Rentabilidad Económica.....</i>	<b>85</b>
<b>6.2 Evaluación Financiera.....</b>	<b>87</b>
6.2.1 <i>Generalidades y Esquema Metodológico.....</i>	<b>87</b>
6.2.2 <i>Ingresos.....</i>	<b>90</b>
6.2.3 <i>Inversión y Egresos.....</i>	<b>91</b>
6.2.4 <i>Estructura de Capital.....</i>	<b>92</b>
6.2.5 <i>Proformas Financieros.....</i>	<b>93</b>
6.2.6 <i>Indicadores de Rentabilidad Financiera.....</i>	<b>94</b>
<b>7. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>97</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>100</b>



# 1. Introducción, Objetivos y Esquema Metodológico

## 1.1 Introducción

El transporte es una parte esencial en el desarrollo de un país. Gracias a él se puede llevar a cabo el intercambio de mercancías, así como el movimiento de personas de un lugar a otro. Para poder avanzar con firmeza hacia la modernidad debemos tener una nación bien comunicada. Con la reciente firma del Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea, nuestras necesidades de transporte se incrementarán sustancialmente, debido a que en estos momentos tenemos como socios comerciales a dos de los mercados más grandes del mundo: Europa y Estados Unidos. En México es necesario ampliar y mejorar el sistema carretero y ferroviario para poder competir sanamente con estos socios comerciales. Estas mejoras y ampliaciones se deben realizar tomando en cuenta aspectos socioeconómicos y técnicos, ya que como país en desarrollo nuestros recursos económicos son escasos. Por esto en este trabajo se incorporará un concepto de evaluación basado tanto en costos de operación vehicular como en costos logísticos ya que considero importante cuantificar el impacto del mejoramiento de una carretera sobre ellos.

En México existen 10 corredores carreteros o ejes troncales principales, los cuales se pueden dividir en longitudinales y transversales.

### Longitudinales:

- México - Tijuana
- México – Pierdas Negras
- Querétaro – Cd. Juárez
- México – Chetumal
- Veracruz – Matamoros
- Tijuana – Cabo San Lucas

### Transversales:

- Acapulco – Tuxpan
- Mazatlán – Matamoros
- Manzanillo – Tampico
- Veracruz - Acapulco

El corredor que evaluaré conecta transversalmente a la República Mexicana, desde Manzanillo hasta Tampico. Este corredor es de gran importancia para el país y, por consecuencia, debe ser analizado su funcionamiento para, en su caso, proponer mejoras al mismo. Su importancia y potencialidad radica en los siguientes conceptos, entre otros:

- Conecta transversalmente al país y a tres de los principales puertos de México: Manzanillo, Tampico y Altamira.
- Incluye estados esenciales para el desarrollo futuro del país, como son: Guadalajara, Aguascalientes, San Luis Potosí y Tamaulipas.
- Dado el reciente cambio en el entorno económico con las firmas del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, y del Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea, los puertos del Pacífico, y particularmente del Golfo de México, cobrarán gran importancia.
- Para que un puerto sea eficiente, es indispensable que cuente con buenas vías de comunicación, tanto carreteras como ferroviarias.
- Actualmente, la carga cuyo origen o destino es Estados Unidos o Canadá sale o entra a la República Mexicana principalmente a través de Nuevo Laredo, ya que la infraestructura del corredor México – Nuevo Laredo se encuentra en muy buenas condiciones y, por lo tanto, no se tienen otras opciones que puedan competir eficientemente con este corredor.
- Entre otras razones, las consecuencias de esto no permiten explotar adecuadamente todo el potencial del puerto de Altamira. Dicho puerto forma parte estratégica en la decisión de las empresas de la región sobre la vía que utilizan y utilizarán en el futuro para la exportación de sus productos.
- Gran parte de la carga de exportación que pudiera utilizar el puerto de Altamira, sale a través del puerto de Houston. Los costos de envío a través de Houston son mayores que a través de Altamira (la distancia a Houston es casi el doble que la distancia a Altamira); sin embargo, una de las probables razones por las cuales las empresas utilizan el puerto norteamericano es porque la carretera para llegar a Altamira se encuentra en condiciones precarias. Si se mejorara este tramo carretero, es muy probable que algunas empresas utilicen el puerto de Altamira y por consecuencia, circulen a través de la nueva autopista.
- Los estados se beneficiarían ya que mejorarían las condiciones que pueden ofrecer a las empresas para que se establezcan en ellos. Lo cual generaría tanto empleos como ingresos vía impuestos.

### *1.1.1 Concepto de Logística*

La logística se puede definir como la disciplina que trata de formular de un modo riguroso la lógica. La significación de la logística como formulación de una lógica, y en particular de una racionalización de la conducción de flujos, conduce a la acepción moderna de la logística en la empresa como regulación de flujos físicos de mercancías.

Así, la logística es concebida como técnica de control y de gestión de flujos de materias primas y de productos, desde sus fuentes de aprovisionamiento hasta sus puntos de consumo. El análisis del costo del transporte como una componente de los costos de transferencias, revela los costos anexos, que constituyen la primera etapa hacia la elaboración de costos logísticos que engloba todos los gastos asociados a la intervención sobre los ritmos de emisión, transmisión y recepción de mercancías en las diferentes fases del aprovisionamiento, la producción y la distribución.

### *1.1.2 Cadena Logística y Cadena de Transporte*

Una cadena logística es la implantación de la logística para la realización y control de un segmento de la circulación. Así, la distribución física de los productos, y la gestión de aprovisionamiento de materiales, definen familias de cadenas logísticas.

La materialización de la circulación física de una cadena logística implica una cadena de transporte: la recepción, el acondicionamiento, la transferencia física, la recepción y la gestión del conjunto de estas operaciones, que aseguran que una mercancía se desplace entre dos puntos del espacio.

La estructuración de la cadena de transporte en términos de selección de modos y su combinación, la determinación de la calidad de servicios, la adopción de unidad de carga, la especificación del acondicionamiento de la carga, frecuencia de transferencia física (determinación de la capacidad de la cadena), y la decisión sobre el empleo de medios propios o prestatarios, son resultado de la logística de la empresa, y específicamente de la cadena logística donde la cadena de transporte se inserta.

### *1.1.3 Acción Estructurante de la Logística sobre el Sector Transporte*

Siendo que la logística aparece como un progreso técnico que las empresas emplean para atenuar los efectos de la baja en la tasa de ganancia, asegurando la implantación de acciones a nivel interno, el recurso a la división técnica, social y espacial del trabajo, y externo, el recurso de los prestatarios de transporte, su repercusión sobre el sector transporte es relevante.

La innovación logística impacta al prestador de servicios de transporte, que es obligado a adaptarse para integrar una cadena de transporte en el marco de una cadena logística, y al conjunto del aparato productivo a través de los prestadores de servicios logísticos. La empresa al externalizar las operaciones logísticas frecuentemente impulsa al prestador de servicios de transporte a realizar actividades de almacenamiento, consolidación de cargas, rupturas de cargas para distribución, etc., que luego el prestador puede ofrecer a otras empresas. Así, la logística no sólo implica una adecuación de la oferta de servicios de transporte y la creación de un mercado potencial, sino también el fomento a la producción de una nueva generación de servicios de transporte con contenido logístico. Esta acción estructurante de la logística conduce a un reagrupamiento de prestadores de servicios de transporte y a una segmentación en los subsectores moderno y tradicional.

### *1.1.4 Costos Logísticos y Utilidades*

Los costos logísticos son la frontera de las utilidades de las empresas: sobre un precio de mercado (más o menos definido elásticamente, más o menos determinado por un acuerdo entre proveedores) deben descontarse los costos de producción y logísticos para identificar la máxima utilidad potencial. Como los costos de producción generalmente han sido optimizados con la adecuación y estabilización tecnológica, en particular en la producción para consumo masivo, sólo restan los costos logísticos que pueden mejorarse y obtener mayores utilidades. Esta afirmación es particularmente importante cuando los productos tienen un valor relativo bajo, en que los costos logísticos pueden significar un alto porcentaje del valor de venta.

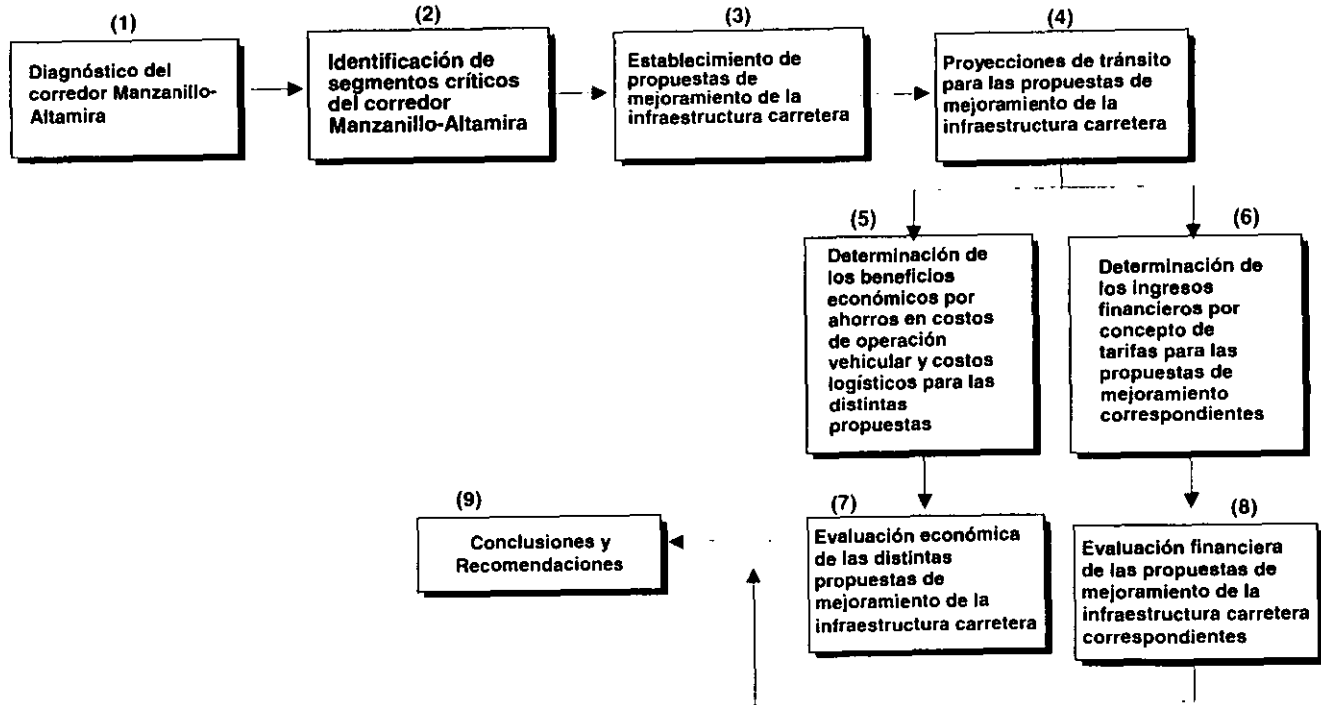
## **1.2 Objetivos**

Para el desarrollo de esta tesis se han planteado cuatro objetivo principales:

1. Evaluar la infraestructura carretera y condiciones de operación actuales del corredor Manzanillo - Altamira.
2. Establecer propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera.
3. Cuantificar los beneficios económicos en costos de operación vehicular y costos logísticos para cada propuesta de mejoramiento de la infraestructura carretera.
4. Determinar la rentabilidad económica, y en su caso financiera, las propuestas de mejoramiento.
5. Recomendar la propuesta de mejoramiento de la infraestructura carretera más adecuada.

### 1.3 Esquema Metodológico

El esquema metodológico para la realización de la tesis se sintetiza en la siguiente figura:



## 1. Diagnóstico del corredor Manzanillo – Altamira

Identificación de las características físicas y operativas del corredor Manzanillo-Altamira. Cálculo de los costos logísticos y de transporte de los productos que utilizan el corredor y comparación con el corredor México-Nuevo Laredo.

## 2. Identificación de segmentos críticos del corredor Manzanillo – Altamira

Con base en las características físicas y operativas se identifican aquellos segmentos dentro del corredor en los cuales el nivel de servicio es deficiente y por consecuencia son susceptibles a mejoras en la infraestructura carretera.

## 3. Establecimiento de propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera

Se establecen propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera considerando los segmentos antes identificados.

## 4. Proyecciones de tránsito de las propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera

Para cada una de las propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera propuestas se estudian los aforos de tránsito históricos y con base en ellos se calculan las proyecciones de tránsito futuro asignado a cada uno de ellos.

## 5. Determinación de los beneficios económicos por ahorros en costos de operación vehicular y costos logísticos para las distintas propuestas

Se calculan los costos de operación vehicular y costos logísticos, con y sin mejoramiento de la infraestructura carretera, para determinar los beneficios económicos que se presentarían para cada una de las propuestas de mejoramiento durante el horizonte de evaluación (30 años).

## 6. Determinación de los ingresos financieros por concepto de tarifas para las propuestas de mejoramiento correspondientes

Para el caso de las propuestas que involucren la construcción de una nueva autopista se calculan los ingresos por tarifas que se presentarían durante el

horizonte de evaluación (30 años). Este ingreso se calcula como el producto del aforo vehicular por la tarifa asignada por tipo de vehículo.

#### 7. Evaluación económica de las propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera

Se realiza una evaluación económica para cada una de las propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera considerando los beneficios económicos, los gastos de operación y mantenimiento. Se obtienen los principales indicadores de rentabilidad económica como son : VPN, TIR, relación beneficio – costo (B/C)\*.

#### 8. Evaluación financiera de las propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera correspondientes

Para las propuestas que involucren la construcción de una nueva autopista se realiza una evaluación financiera considerando los ingresos tarifarios, así como los egresos por gastos de operación, administración y mantenimiento. Se calculan los principales indicadores de rentabilidad financiera: VPN, TIR, recuperación de la inversión.

#### 9. Conclusiones y Recomendaciones

Con base en las evaluaciones económica y financiera se determina la mejor opción de mejoramiento de la infraestructura carretera bajo un concepto de beneficios por los ahorros en costos logísticos y de operación vehicular, así como por la viabilidad financiera.

---

\* VPN = Valor Presente Neto  
TIR = Tasa Interna de Retorno



## **2. Modelo de Costos Logísticos (The Logistics Cost Model)**

El modelo de costos logísticos es un sistema completo, en el cual una colección de modelos y la información utilizada como insumos hacia ellos puede ser guardada y manipulada. Los modelos incluyen un modelo de elección de modo y ruta de transporte, un modelo de tamaño del envío y los modelos de nivel de servicio requeridos, los cuales producen los insumos necesarios para permitir el funcionamiento del modelo de desviación. El modelo de desviación es el "Modelo de Costos Logísticos", el cual tiene una larga historia de utilización y ha servido de diseño conceptual para otros modelos.

El "Modelo de Costos Logísticos" fue desarrollado por un equipo de investigación en el Centro de Estudios de Transporte del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) dirigido por el Dr. Paul O. Roberts, Director del Centro y profesor en la División de Sistemas de Transporte del Departamento de Ingeniería Civil<sup>1</sup>. El modelo fue diseñado como un modelo de elección discreta de modo de elección para ser utilizado con una base de datos desagregada de movimientos de carga.

### **2.1 Naturaleza Básica del Modelo**

Los modelos de demanda de viajes han sido objeto de considerable investigación desde los años 1950's cuando el desarrollo de computadoras electrónicas hizo posible utilizarlas en estudios de planeación del transporte. Los primeros modelos fueron modelos agregados. Modelos más recientes, incluyendo éste, son modelos desagregados.

Los modelos agregados predicen el comportamiento de una agregación de individuos particular que se enfrentan a una serie de condiciones de viaje promedio. Las agregaciones son típicamente sobre zonas de viajes. En el posiblemente mejor conocido modelo agregado, el modelo gravitacional de distribución, los viajes entre zonas son directamente proporcionales al número de viajes originados en cada zona de origen y terminados en cada zona de destino e

---

<sup>1</sup> Roberts, Paul O., Factors Influencing the Demand for Freight Transport, CTS Discussion Paper 8-75, M.I.T Centro de Estudios de Transporte, Cambridge, Massachusetts, Agosto 1975

inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre dos zonas. El problema con un modelo agregado es que las zonas no viajan, sino la gente y la carga. La diferencia entre viajeros dentro de una zona (con características como la propiedad de un automóvil, el ingreso, la edad, el número de hijos, etc.) puede ser más importante en la determinación de la propensión a viajar que la distancia entre zonas. Esto puede ser tratado con mayor eficiencia si se segregan viajeros dentro de la zona en grupos más o menos homogéneos y éstos son tratados separadamente. Entre más y más determinantes de la demanda son identificados, más y más grupos son necesarios para representarlos correctamente. En el caso extremo, cada unidad de viaje sería tratada individualmente; esto conduce hacia un modelo desagregado.

Los modelos desagregados utilizan las características de la unidad de viaje y las características de las alternativas disponibles para determinar cómo se realizará el viaje. Un resultado separado es obtenido para cada tomador de decisiones como una función de las variables identificadas en el modelo. Es posible utilizar el comportamiento del tomador como el soporte del razonamiento detrás del modelo. Este cálculo es típicamente llevado a cabo en cada observación en una muestra aleatoria estratificada de viajeros en el área de interés. En una muestra tal, cada observación conlleva un factor de expansión, el cual indica el número de individuos que esta observación representa en la vida real. La respuesta final se desarrolla al sumar el resultado sobre la muestra como el total.

La ventaja de utilizar una muestra desagregada es que toda la riqueza de la muestra original es preservada en vez de perderse como consecuencia de una agregación, como sucedería en un modelo agregado. Con un modelo desagregado se pueden realizar tabulaciones cruzadas con el número de viajes por tipo de viajero, tipo de transporte escogido, características del viajero, localidad, distancia, tiempo de viaje, costo o cualquier otra de las muchas otras variables típicamente disponibles en el arreglo informativo original. Las localidades se pueden volver a agregar en nuevas regiones geográficas. El tipo de producto puede ser observado a nivel sectorial o cualquier otro nivel que el usuario considere adecuado. Cuando el análisis de políticas pueda involucrar muchas variables diferentes o relaciones tenues entre variables, los modelos desagregados son de gran utilidad.

## 2.2 Base Teórica del Modelo

La teoría económica trata al transporte sólo como cualquier otro factor utilizado en la producción. La teoría de una compañía está basada en la suposición que cada firma minimiza los costos requeridos para producir una cantidad dada de mercancía. El transporte, aunque sólo es una de los factores de la producción, es algo diferente en cuanto a que no es consumido directamente, pero es un servicio utilizado sólo en el procesamiento de otros insumos o productos. Si los costos de transporte son excesivos, esto resulta en costos más altos para aquellos insumos que requieren del transporte, lo cual resulta en costos mayores para el producto entregado.

El enfoque neoclásico utilizado por los economistas en el modelado del comportamiento de los expedidores, establece que el modo y ruta de transporte utilizados son algunos de las muchos insumos utilizados por la firma en la elaboración de sus productos básicos. En su elección de insumos ellos intentan seleccionar aquel arreglo que maximice sus ganancias, utilizando más de un insumo y menos de otro. El transporte, por lo tanto, es solamente otro insumo. La firma valora cada insumo en términos de su contribución marginal a las ganancias. Para implementar el enfoque neoclásico se requiere información no sólo de los gastos de transporte de la firma, sino también sobre todos los demás insumos, incluyendo terreno, trabajo y capital. Este enfoque requiere que uno sepa qué son todos los insumos en la industria particular y cómo son utilizados en el proceso de producción. Implementar el enfoque neoclásico como una herramienta de análisis de decisiones de todos los días se convierte en algo inmanejable sin la realización de grandes procesos de simplificación. Es por esto que no se considera práctico para muchos propósitos.

Otros modelos de demanda de carga han sido explorados en la literatura. Ninguno de estos ha sido notablemente prominente por una variedad de razones. Chiang<sup>2</sup>, en su disertación doctoral provee una explicación de los problemas que están asociados con la mayoría de estos modelos agregados.

*"La mayoría de los modelos de carga existentes son correlativos en vez de ser explicativos y completamente insensibles a cambios en las medidas de niveles de servicio del transporte. Esto se debe a número de factores; primero, las*

---

<sup>2</sup> Y.S. Chiang, "A Policy Sensitive Model of Freight Demand", PhD Dissertation, Departamento de Ingeniería Civil, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1979

*limitaciones de información. La información que puede ser utilizada para realizar una estimación cuidadosa de un modelo de comportamiento desagregado de la demanda de carga es casi inexistente. Por lo cual, investigadores en el pasado han sido limitados ya sea en unir información agregada servible o en estimar un modelo agregado de demanda<sup>3</sup> o en utilizar encuestas de expedidores para estimar modelos muy limitados de la elección del expedidor<sup>4</sup>.*

*Una segunda limitación proviene de las dificultades fundamentales que la mayoría de los investigadores han experimentado al intentar aplicar teorías económicas de la demanda al análisis de la demanda de carga sin hacer suposiciones poco efectivas de simplificación. Una suposición usada frecuentemente es considerar constantes los costos de transporte. Esto es asumir que la tarifa de carga no es influenciada por la cantidad del envío. Esto hace insensible a la política del modelo a cambios en el nivel de servicio del transporte. De hecho, en la práctica las tarifas de carga son decididamente una función decreciente del tamaño del envío. Existen ahorros claros para el expedidor en envíos de gran tamaño.*

*Finalmente, el costo verdadero de transporte debería incluir costos de inventarios, así como cargas de tarifas que resulten del proceso de manejo logístico y por lo tanto también una función del tamaño del envío."*

Un segundo enfoque utilizado por economistas y otros investigadores del transporte es el asumir que los insumos requeridos en el proceso de producción son aquellos que ya son observados en el sistema de transporte. Registros individuales que incluyen estos envíos son llevados a cabo rutinariamente por los departamentos de tráfico de la mayoría de las firmas. Como Chiang apunta "Es claro que la firma es la unidad básica tomadora de decisiones en el transporte de carga." Los registros conservados por la firma incluyen las facturas de carga y el itinerario de los camiones. Cada uno de éstos es una indicación del uso del producto en el proceso de producción de un manufacturero, o el proceso de distribución de un distribuidor o un vendedor al menudeo. Diferentes proveedores, modos o tamaños de envío son alternativas posibles del movimiento observado, pero el uso del producto como insumo para el proceso de producción de una firma es tomado como fijo.

---

<sup>3</sup>Para ejemplos, Morton, (1969), Wang and Epstein (1975) y Sloss (1971)

<sup>4</sup>Para ejemplos, Miller (1972), Matematica (1969) y Watson et al. (1974)

Modelos de este tipo han sido reportados por Roberts, Chiang y Ben Akiva<sup>5</sup>, por Winston<sup>6</sup> y por otros. La filosofía que apoya la componente de desviación de estos modelos es que el receptor es el tomador de decisiones económicamente racional es que intenta minimizar el costo total de adquisición de los insumos que necesita para la producción, enviarlos al lugar en que los necesita en el proceso, almacenarlos hasta su utilización y proteger a la compañía contra una posible escasez durante el proceso. En pocas palabras, el receptor intenta minimizar los costos logísticos totales del producto entregado. Esto involucra no sólo la selección del modo de transporte a ser utilizado, sino también la selección del proveedor del producto, la elección del sistema de control del inventario, la localización de las bodegas y la estrategia general de la firma para dar servicio al mercado.

### **2.3 El Módulo de Costos Logísticos**

Los factores que influyen en la elección de modo de transporte de un expedidor son complejos y altamente interdependientes. Estos factores han sido analizados previamente en estudios conducidos por investigadores en el Instituto Tecnológico de Massachusetts<sup>7</sup>.

La investigación revela que las decisiones principales en el proceso de selección del modo de transporte son aquellas que afectan al receptor de las mercancías y no tanto al expedidor. Típicamente, el receptor es el comprador de mercancías, el expedidor es el vendedor y la pertenencia de éstas es transferida legalmente en el momento en que el envío es cargado en el vehículo. Por lo tanto, el expedidor es el "agente" del receptor en el proceso y típicamente sus deseos son realizados en cuanto al tamaño del envío y el modo de transporte. Es por esto apropiado observar al proceso como involucrando un solo tomador de decisiones, el receptor.

Los factores más importantes involucran el uso anual de un producto por un receptor. Un alto uso del producto permite al receptor solicitar grandes envíos de reemplazo y tomar ventaja de los bajos costos de transporte asociados con envíos de gran tamaño. Un alto valor del producto impone una pena mediante el capital

---

<sup>5</sup> Paul O. Roberts, Y.S. Chiang y Moshe Ben Akiva, "A Policy Sensitive Model of Freight Demand".

<sup>6</sup> Clifford Winston, Demand Model

<sup>7</sup> Paul O. Roberts with Y.S. Chiang, "Development of a Policy Sensitive Model for Forecasting Freight Demand", U.S. Department of Transportation, Assistant Secretary for Policy and International Affairs, DOT-P-30-81-04, Washington, D.C., Marzo, 1981

en inventario al ordenar más de lo que puede estar listo para utilizarse. Un exceso de inventario puede ser eludido si se ordena mercancía con mayor frecuencia con envíos de menor tamaño. Envíos pequeños de mercancía conllevan sus propias penas. El ordenar es por sí solo un proceso costoso, y si el tamaño de envío es menor que un vehículo totalmente cargado, la carga debe ser recogida por el transportador de la carga y consolidada antes del envío, posteriormente es desconsolidada y entregada a su destino final. El proceso por sí solo es costoso, algunas veces superando el costo de transportación de estación a estación.

Otras variables también pueden jugar un papel importante. La densidad de un producto influye en la decisión del vehículo, ya sea mediante "carga pesada", en cuyo caso la carga pagada es importante, o "carga ligera", en cuyo caso el volumen es más importante. La vida en estantería del producto influye en la selección del modo otorgándole una mayor importancia al tiempo en tránsito, ya que un mayor tiempo de viaje conlleva un menor tiempo disponible del producto en estantería antes de que éste caduque. Pérdidas y daños en la mercancía pueden conducir a la necesidad de utilizar envíos de emergencia. Muchas variables resultan ser importantes para el proceso.

#### ***2.4 Costo de Movimientos para el Receptor***

En el modelo, la persona responsable de tomar la decisión del modo de transporte y la ruta utilizada puede ser vista como un intento de selección del modo y tamaño del envío que minimizaría el costo logístico total de los bienes enviados al receptor. La demanda del servicio de transporte de un modo particular puede aumentar o disminuir en respuesta a cambios en el servicio o el costo, dependiendo de su impacto en el negocio propio del expedidor y otras alternativas disponibles. Sin embargo, el modelo asume que todo producto utilizado anualmente se moverá por una de las alternativas.

En el modelo, estas variables clave pueden ser agrupadas en tres grandes grupos:

1. Atributos del expedidor/receptor
- 2. Atributos de la mercancía
3. Atributos del transporte

Como se describió previamente, la variable más importante parece ser uno de los atributos del receptor, el uso anual del producto por el receptor. Claramente, el transporte marítimo y el ferrocarril son capaces de manejar envíos individuales

mayores que el camión. El envío típico de una embarcación marítima puede ser de alrededor de 1,650 toneladas, mientras que en el camión es de 22.5 toneladas y los envíos de 35 toneladas por ferrocarril son posibles. En contraste, si un expedidor debe utilizar un envío de 1,650 toneladas en vez del envío por camión de 22.5 toneladas que quisiera utilizar puede reflejarse en miles de dólares en costos de inventario no deseados. Por esto, el uso anual del producto es muy importante.

Los atributos del producto también son determinantes importantes en el comportamiento del expedidor. El producto enviado determina los requerimientos de carga y descarga, así como el tamaño máximo del envío que puede ser manejado. Éstas variables incluyen:

- Densidad (ton/m<sup>3</sup>)
- Valor por tonelada
- Vida en estantería
- Envoltura típica

Las variables que describen los atributos del nivel de servicio del transporte de los modos bajo consideración también han probado ser importantes. Éstas incluyen:

- Disponibilidad del equipo
- Distancia entre terminales
- Distancias de acceso y desalojo (en que el origen y destino del movimiento no tienen acceso directo al modo)
- Tiempo de espera
- Tiempo en tránsito
- Confiabilidad
- Experiencia en pérdidas y daños

Las distancias entre terminales, las distancias de acceso y desalojo y la disponibilidad del equipo se explican por sí mismas. A continuación se presenta una buena descripción de las otras variables:

*Tiempo de espera* – es típicamente corto. Una llamada a una de las grandes compañías de carga es muy probable que resulte en la recolección del envío el mismo día de la llamada. Este alto nivel de servicio es una de los atractivos de utilizar el camión.

La suposición que se utiliza es:

$$\text{Tiempo de espera} = 0.5 \text{ días}$$

*Tiempo en tránsito* – es afectado por muchas de las mismas variables que son importantes en el tiempo de espera, primeramente por las horas de servicio del conductor. La fórmula que se utiliza es:

$$\text{Tiempo en tránsito} = 0.2 + \text{distancia en kilómetros entre terminales}/500$$

*Confiabilidad* – La confiabilidad se calcula como una función directa del tiempo en tránsito. Cada kilómetro ofrece una posibilidad incrementada de un accidente, una llanta pinchada, un retraso por tormenta, etc. Consecuentemente, la confiabilidad se ha calculado utilizando el siguiente modelo del nivel de servicio:

$$\text{Confiabilidad} = 0.5 * \text{tiempo en tránsito}$$

*Probabilidad de Pérdidas y Daños* – la probabilidad de pérdidas y daños en el camión es comúnmente baja. Esto se debe parcialmente al hecho que el conductor es responsable de la carga de la mercancía y se encuentra continuamente con el camión. Las cifras industriales sugieren la siguiente fórmula:

$$\text{Probabilidad} = 0.01$$

Ésta y otras variables son incorporadas a la "función de utilidad del expedidor". Los modelos para estimar los niveles de los atributos del servicio son utilizados cuando la observación directa es imposible<sup>8</sup>. La opción obvia para la función de utilidad del expedidor es el costo logístico total asociado con la solicitud, transporte, inventario y uso del producto enviado. El costo logístico total es la cantidad que el expedidor intenta minimizar al seleccionar un modo de transporte sobre otro, una ruta de transporte sobre otra o un tamaño de envío sobre otro. Este enfoque ha sido utilizado en numerosos estudios sobre la desviación de rutas de transporte a lo largo de los últimos años.

---

<sup>8</sup> Paul O. Roberts "Predicting Freight Transport Level of Service Attributes," co autor con Kung Wang, M.I.T. Centro de Estudios de Transporte, Reporte CTS 79-17, Cambridge, Massachusetts, Diciembre, 1979



## **2.5 Componentes del Costo Logístico**

Los componentes incluidos en la función de costo logístico total del expedidor incluyen:

- Costo de la orden
- Capital en tránsito
- Capital en almacenaje
- Costo de almacenamiento
- Costo de carga/descarga
- Costo de transporte de provisiones de seguridad
- Pérdidas en la vida en estantería
- Costo de envíos de emergencia

Costo de la orden – involucra el costo de ordenar una solicitud. Aunque esto es altamente variable dependiendo del producto, el tamaño y complejidad de la solicitud, los costos tienden a ser lineales con respecto al mínimo de solicitudes. Típicamente, el número de serie del producto debe ser comparado con el precio de lista, la orden de compra se expide y el recibo de carga y envío deben ser verificados al momento de la entrega. Aunque el costo no es grande, el costo es mayor para más órdenes que para menos.

Costo de carga y descarga - se incurre en ellos en casi todos los movimientos. Sin embargo, en algunos casos, los costos no son pagados por el receptor, sino que son absorbidos en la tarifa de la carga. El mejor ejemplo lo constituyen los movimientos LTL, en los cuales el conductor es responsable de la carga y descarga del camión. Para el camión, el conductor es responsable por la carga y descarga, pero los costos reales son absorbidos por el expedidor, el cual frecuentemente utilizará un elevador de carga para llevar a cabo la carga de la mercancía.

Capital en tránsito – son los intereses asociados a la mercancía en movimiento. Entre mayor sea el tiempo de viajes y de mayor valor el producto, mayor será el costo. Para productos de alto valor, este costo puede ser significativo. Para productos de bajo valor como la arena y grava es casi insignificante.

Capital en almacenaje – sólo involucra los intereses asociados al tiempo en que la mercancía permanece almacenada. Esto es, en promedio, la mitad de la cantidad ordenada si el producto es utilizado continuamente y ordenado nuevamente en la conclusión del ciclo de orden. Ésta es la variable clave en la determinación del tamaño del envío, ya que un envío sobrado de un producto de alto valor económico resultará en cargos sustanciales de capital en el inventario que no es necesario inmediatamente.

Costo de almacenaje – es el costo asociado a un lugar para almacenar el producto enviado una vez que arriba a su destino. Este costo varía dependiendo del tipo de almacenamiento necesario para el producto en cuestión.

Archivo de quejas por daños y pérdidas – La probabilidad que tiene una queja de ser archivada es un insumo para cada modo. Este número es multiplicado por el costo de archivar una queja para aproximar el costo asociado a este factor.

Capital en pérdidas y daños – es típicamente más importante que el costo de archivar la queja. Cuando el valor del producto es alto y el tiempo de procesamiento y pago de la queja es grande, el capital asociado puede ser sustancial.

Costo de transporte de provisiones de seguridad – están involucrados cuando no hay confiabilidad asociada con el movimiento del producto. Inventario adicional, conocido como provisión de seguridad es típicamente transportado como protección contra la escasez del producto durante este periodo. Entre más larga sea la "cola" del ciclo de entrega, mayor será la falta de confiabilidad y más provisiones de emergencia se necesitará transportar. Ya que este inventario debe ser transportado 365 días al año y reemplazado en caso de ser utilizado, es relativamente costoso y explica por qué la confiabilidad es tan altamente valuada por los transportistas.

Costos de envíos de emergencia – se incurre en ellos cada vez que un envío de emergencia es requerido. Esto puede ocurrir cuando las pérdidas y daños causen que el producto no sea apropiado y un envío de reemplazo debe ser ordenado, o cuando un envío parezca que llegará con tanta demora que ordenar un envío pequeño por otro modo de emergencia sea menos costoso que transportar provisiones de seguridad adicionales.

Estas variables detallan los costos logísticos totales de la adquisición, envío y almacenamiento del producto como una función de estas variables y otras variables descriptivas que afectan el total. Al describir los costos del expedidor en una sola función de utilidad, los valores vinculados a estas variables en la función de utilidad pueden ser estimados econométricamente. Basados en los cálculos de los costos logísticos totales, el modo ganador, junto con sus parámetros asociados, pueden ser producidos por el modelo.

### **3. Diagnóstico**

El corredor que se analizará es el Manzanillo – Tampico, el cual es de gran importancia para el país debido a que conecta transversalmente al país, particularmente a tres de los puertos de mayor importancia: Manzanillo, Tampico y Altamira. El diagnóstico del mismo se realizará tomando en cuenta los siguientes conceptos:

- 3.1. Características Físicas
- 3.2 Nivel de Servicio
- 3.3 Caracterización de la Demanda
- 3.4 Análisis Origen – Destino
- 3.5 Costos Logísticos del Corredor
- 3.6 Comparación con el Corredor México – Nuevo Laredo
- 3.7 Conclusiones del Diagnóstico

#### **3.1 Características de la Infraestructura Carretera**

A continuación se analizan las características físicas y las condiciones del corredor carretero considerando una serie de indicadores que permiten establecer un diagnóstico de las mismas. Los indicadores que se presentan son los siguientes:

- 3.1.1 Longitud y Características Geométricas
- 3.1.2 Calificación del Estado de Conservación
- 3.1.3 Velocidad de Operación

### 3.1.1 Longitud y Características Geométricas

El 41% del corredor tiene 4 carriles y el terreno es plano en un 44%, lomerío en 47% y montañoso en 9%.

Carretera / Segmento	Longitud (km)	Numero Carriles	Características Geométricas		
			Ancho de Carril	Terreno Acotamientos	(PLM)
<b>Manzanillo-Guadalajara</b>					
Manzanillo-Armería	27	4	3.5	2	P
Armería-Colima	46	4	3.5	3	P
Colima-Ent. Aeropuerto	7	4	3	3	L
Ent. Aeropuerto-Cd. Guzmán	62.4	4	3.5	3	L
Cd. Guzmán-Acatlán	85.6	4	3.5	1.5	L
Acatlán-Guadalajara	35	4	3.5	1.5	P
<b>Guadalajara-Lagos de Moreno</b>					
Guadalajara-Zapotlanejo	38	4	3.65	1.7	P
Zapotlanejo-Ent.der. Arandas	53.28	4	3.5	1	P
Ent.der. Arandas-Jalostotitlán	37.72	4	3.5	1	P
Jalostotitlán-Lagos de Moreno	61	4	3.5	1	P
<b>Lagos de Moreno-San Luis Potosí</b>					
Lagos de Moreno-Ojuelos de Jalisco	67.3	2	3.5	2	P
Ojuelos de Jalisco-Tepetate	41	2	3.5	1.5	P
Tepetate-San Luis Potosí	41	2	3.5	1.5	L
<b>San Luis Potosí-Tampico</b>					
San Luis Potosí-Ent.der. Zaragoza	23	2	3.15	0	L
Ent.der. Zaragoza-Río Verde	100	2	3.15	0	L
Río Verde-Ent.izq. Cárdenas	44	2	3.15	0	L
Ent.izq. Cárdenas-Cd. Valles	92	2	3.15	0	M
Cd. Valles-Ebano	79	2	3.5	2	L
Ebano-Ent.der. Pánuco	24	2	3.5	2	L
Ent.der. Pánuco-Tampico	35	2	3.6	0	P

Ancho de carril y acotamientos en metros.

Tipo de terreno: P=plano; L=lomerío; M=montañoso

Fuente: Análisis de la Articulación de la Red Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País. Felipe Ochoa y Asociados, 1999.

### 3.1.2 Calificación del Estado de Conservación

El segmento Lagos de Moreno-San Luis Potosí es el que presenta el mejor estado de conservación (IRI = 2.34). En promedio, el corredor tiene un IRI de

Segmento	Longitud	IRI
<b>Manzanillo-Guadalajara</b>		
Manzanillo-Armería	27.00	3.25
Armería-Colima	46.00	3.63
Colima-Ent. Aeropuerto	7.00	3.97
Ent. Aeropuerto-Cd. Guzmán	62.40	3.97
Cd. Guzmán-Acatlán	85.60	3.97
Acatlán-Guadalajara	35.00	3.97
<b>Guadalajara-Lagos de Moreno</b>		
Guadalajara-Zapotlanejo	38.00	4.04
Zapotlanejo-Ent.der. Arandas	53.28	4.07
Ent.der. Arandas-Jalostotitlán	37.72	4.07
Jalostotitlán-Lagos de Moreno	61.00	4.07
<b>Lagos de Moreno-San Luis Potosí</b>		
Lagos de Moreno-Ojuelos de Jalisco	67.30	2.34
Ojuelos de Jalisco-Tepetate	41.00	2.34
Tepetate-San Luis Potosí	41.00	2.34
<b>San Luis Potosí-Tampico</b>		
San Luis Potosí-Ent.der. Zaragoza	23.00	3.54
Ent.der. Zaragoza-Río Verde	100.00	3.54
Río Verde-Ent.izq. Cárdenas	44.00	3.54
Ent.izq. Cárdenas-Cd. Valles	92.00	3.54
Cd. Valles-Ebano	79.00	2.69
Ebano-Ent.der. Pánuco	24.00	2.69
Ent.der. Pánuco-Tampico	35.00	2.69

IRI: Índice internacional de rugosidad

Fuente: Análisis de la Articulación de la Red Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País. Felipe Ochoa y Asociados, 1999.

### 3.1.3. Velocidad de Operación

La velocidad promedio de un automóvil que circulara por el corredor sería de 74 km/h. El corredor puede dividirse en un primer segmento de Manzanillo a San Luis Potosí, en que la velocidad de generación es mucho mayor que en el segmento restante, de San Luis Potosí a Altamira ( ).

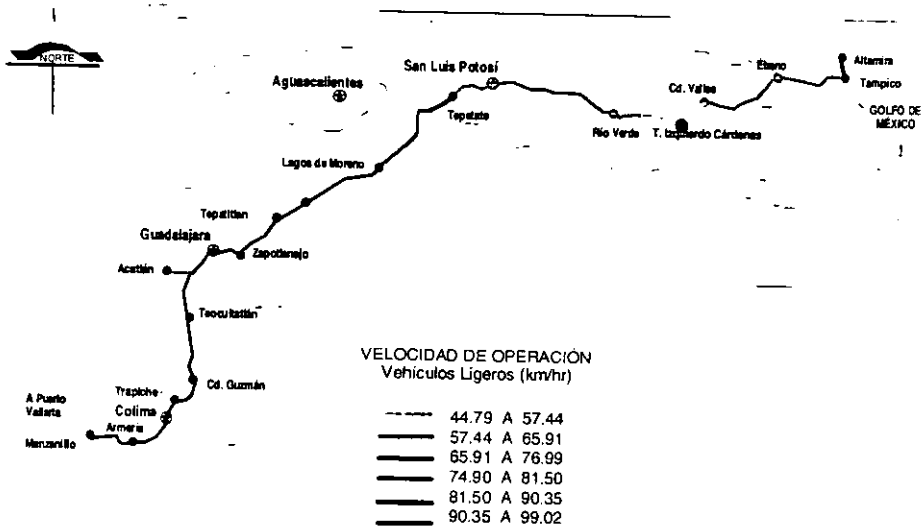
Carretera / segmento	2000		
	A	B	C
Manzanillo-Guadalajara			
Manzanillo-Armería	99.02	90.00	72.96
Armería-Colima	90.93	85.70	67.94
Colima-Ent. Aeropuerto	67.70	65.54	47.82
Ent. Aeropuerto-Cd. Guzmán	76.99	75.44	54.25
Cd. Guzmán-Acatlán	76.73	75.18	54.07
Acatlán-Guadalajara	90.19	85.00	67.38
Guadalajara-Lagos de Moreno			
Guadalajara-Zapotlanejo	96.49	90.00	71.10
Zapotlanejo-Ent.der. Arandas	97.34	90.00	71.72
Ent.der. Arandas-Jalostotitlán	98.12	90.00	72.30
Jalostotitlán-Lagos de Moreno	98.10	90.00	72.28
Lagos de Moreno-San Luis Potosí			
Lagos de Moreno-Ojuelos de Jalisco	80.20	74.92	54.87
Ojuelos de Jalisco-Tepetate	82.80	76.75	61.60
Tepetate-San Luis Potosí	60.48	58.45	46.76
San Luis Potosí-Tampico			
San Luis Potosí-Ent.der. Zaragoza	57.44	54.30	39.16
Ent.der. Zaragoza-Río Verde	62.65	60.54	48.44
Río Verde-Ent.izq. Cárdenas	61.47	59.40	47.52
Ent.izq. Cárdenas-Cd. Valles	44.79	43.61	29.47
Cd. Valles-Ebano	60.12	58.10	46.48
Ebano-Ent.der. Pánuco	59.65	57.64	46.11
Ent.der. Pánuco-Tampico	69.66	68.62	45.75

Fuente: Análisis de la Articulación de la Red Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País. Felipe Ochoa y Asociados, 1999.

De todo el corredor, el tramo Ent. Izq. Cárdenas-Ciudad Valles es el que presenta la menor velocidad de operación (44.79 km/h para vehículos ligeros).

### 3.2. Nivel de Servicio

Dos de los componentes principales del nivel de servicio de una carretera son la velocidad de operación a la cual pueden circular los vehículos, y la relación volumen/capacidad de la misma. Estas dos componentes son mutuamente dependientes, por lo cual con una de ellas podemos estimar la otra. Con base en esto, utilizaremos la velocidad para indicar el nivel de servicio de los distintos tramos del corredor.



La velocidad promedio de operación del corredor es de 77 km/h para automóviles. En la figura se puede apreciar que el tramo que presenta la menor velocidad de operación es el situado entre Río Verde y Ciudad Valles, específicamente del Entronque Izquierdo a Cárdenas hasta Ciudad Valles, con una velocidad de operación promedio de 44.79 km/h para vehículos ligeros.



### **3.3. Caracterización de la Demanda**

En esta sección se analiza la demanda del corredor carretero tomando en cuenta los volúmenes de tránsito por tipo, actuales y futuros. Asimismo, se presentan los principales productos movilizados a través del corredor. Los temas que se presentan son los que a continuación se señalan:

3.3.1 Aforo Promedio por Tramo y su Pronóstico

3.3.2 Composición de la Demanda

3.3.3 Productos Movilizados

### 3.3.1 Aforo Promedio por Tramo y su Pronóstico

El segmento Guadalajara-Lagos de Moreno presenta el mayor tránsito diario promedio anual (11,108 vehículos). En la siguiente tabla se puede apreciar que el menor tránsito diario promedio anual (TDPA) se presenta en el segmento San Luis Potosí-Tampico (TDPA = 4,757) lo cual es congruente con la topografía del segmento (lomerío y montañoso) y el número de carriles (uno por sentido).

Carretera / segmento	TDPA 2000
<b>Manzanillo-Guadalajara</b>	<b>7,851</b>
Manzanillo-Armería	4,412
Armería-Colima	11,432
Colima-Ent. Aeropuerto	11,450
Ent. Aeropuerto-Cd. Guzmán	4,261
Cd. Guzmán-Acatlán	5,322
Acatlán-Guadalajara	12,751
<b>Guadalajara-Lagos de Moreno</b>	<b>11,108</b>
Guadalajara-Zapotlanejo	9,459
Zapotlanejo-Ent.der. Arandas	11,716
Ent.der. Arandas-Jalostotitlán	8,100
Jalostotitlán-Lagos de Moreno	8,531
<b>Lagos de Moreno-San Luis Potosí</b>	<b>5,377</b>
Lagos de Moreno-Ojuelos de Jalisco	5,927
Ojuelos de Jalisco-Tepetate	5,004
Tepetate-San Luis Potosí	5,637
<b>San Luis Potosí-Tampico</b>	<b>4,757</b>
San Luis Potosí-Ent.der. Zaragoza	5,203
Ent.der. Zaragoza-Río Verde	2,757
Río Verde-Ent.izq. Cárdenas	2,843
Ent.izq. Cárdenas-Cd. Valles	2,712
Cd. Valles-Ebano	5,975
Ebano-Ent.der. Pánuco	5,594
Ent.der. Pánuco-Tampico	9,417

TDPA: Tránsito diario promedio anual.

Fuente: Análisis de la Articulación de la Red Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País. Felipe Ochoa y Asociados, 1999.

### 3.3.2 Composición de la Demanda

En promedio, aproximadamente 75% de los vehículos que circulan por el corredor son automóviles, 20% son camiones y 5% autobuses.

Carretera / segmento	Composición (%)				Composición de camiones (%)				
	A	B	C	C2	c3	c4	c5	c6	otros
<b>Manzanillo-Guadalajara</b>									
Manzanillo-Amería	76.00	10.00	14.00	12.56	3.25	3.38	3.30	0.03	0.80
Armería-Colima	75.00	5.00	20.00	12.56	3.25	3.38	3.30	0.03	0.80
Colima-Ent. Aeropuerto	71.41	5.28	23.31	12.56	3.25	3.38	3.30	0.03	0.80
Ent. Aeropuerto-Cd. Guzmán	73.00	4.00	23.00	14.30	3.60	2.00	1.80	0.00	1.10
Cd. Guzmán-Acatlán	76.00	7.00	17.00	4.60	3.50	3.30	3.80	0.10	1.90
Acatlán-Guadalajara	79.13	6.83	14.04	6.34	3.07	1.70	1.64	0.10	1.19
<b>Guadalajara-Lagos de Moreno</b>									
Guadalajara-Zapotlanejo	68.00	6.00	26.00	6.40	7.20	5.10	3.80	1.10	2.00
Zapotlanejo-Ent.der. Arandas	78.00	5.00	17.00	4.70	4.00	3.50	3.30	0.10	1.30
Ent.der. Arandas-Jalostotitlán	76.00	5.00	19.00	5.90	3.90	3.50	3.50	0.40	1.40
Jalostotitlán-Lagos de Moreno	74.00	6.00	20.00	5.50	4.90	4.40	2.50	1.20	1.20
<b>Lagos de Moreno-San Luis Potosí</b>									
Lagos de Moreno-Ojuelos de Jalisco	77.40	5.00	17.60	4.10	4.50	3.50	2.20	1.60	1.70
Ojuelos de Jalisco-Tepetate	84.00	4.70	11.00	4.20	2.70	2.20	1.70	0.20	0.50
Tepetate-San Luis Potosí	81.00	4.00	15.00	3.60	3.60	2.80	2.00	1.30	1.70
<b>San Luis Potosí-Tampico</b>									
San Luis Potosí-Ent.der. Zaragoza	81.00	4.00	15.00	3.60	3.60	2.80	2.00	1.30	1.70
Ent.der. Zaragoza-Río Verde	81.00	4.00	15.00	3.60	3.60	2.80	2.00	1.30	1.70
Río Verde-Ent.izq. Cárdenas	74.30	6.60	19.10	5.50	4.90	4.70	3.40	0.20	0.40
Ent.izq. Cárdenas-Cd. Valles	74.30	6.60	19.10	5.50	4.90	4.70	3.40	0.20	0.40
Cd. Valles-Ebano	74.30	6.60	19.10	5.50	4.90	4.70	3.40	0.20	0.40
Ebano-Ent.der. Pánuco	77.30	5.90	16.80	4.80	4.20	2.90	2.10	1.30	1.50
Ent.der. Pánuco-Tampico	77.30	5.90	16.80	4.80	4.20	2.90	2.10	1.30	1.50

A: automóviles; B: autobús; C: camión; C<sub>2</sub>: camión de 2 ejes; C<sub>3</sub>: camión de 3 ejes; C<sub>4</sub>: camión de 4 ejes; C<sub>5</sub>: camión de 5 ejes; C<sub>6</sub>: camión de 6 ejes; otros: camiones de más de 6 ejes.

Fuente: Análisis de la Articulación de la Red Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País. Felipe Ochoa y Asociados, 1999.

### 3.3.3 Productos movilizados

Los productos que circulan a través del corredor se pueden dividir según el Sistema de Clasificación de Mercancías de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en ocho categorías:

- Productos Forestales
- Productos Agrícolas
- Animales y sus Productos
- Productos Minerales
- Petróleo y sus Derivados
- Productos Inorgánicos
- Productos Industriales
- Otros Productos

#### Participación de cada Categoría dentro del Corredor

Categoría	Tonelaje		Valor de la Carga	
	ton/día	%	USD\$/día	%
Productos forestales	599	1.7	1,601,593	3.2
Productos agrícolas	6,506	18.4	2,365,450	4.8
Animales y sus productos	1,151	3.3	1,795,936	3.6
Productos minerales	888	2.5	825,877	1.7
Petróleo y sus derivados	3,983	11.3	4,660,593	9.4
Productos inorgánicos	1,322	3.7	69,558	0.1
Productos industriales	17,091	48.3	31,422,388	63.7
Otros productos	3,834	10.8	6,615,699	13.4
<b>Total</b>	<b>35,376</b>	<b>100.0</b>	<b>49,357,063</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Una aproximación a la Definición de los Principales Corredores de Transporte Terrestre en México. Instituto Mexicano del Transporte, 1997.

De la tabla se puede establecer que los productos industriales tienen la mayor participación dentro del corredor con un 48.3% en tonelaje correspondiente a un 63.7% en valor de la mercancía. A los productos industriales le siguen los productos agrícolas en tonelaje, con un 18.4% y la categoría de otros productos en valor de la mercancía, con un 13.4%.

### **3. 4. Análisis Origen - Destino**

El análisis origen – destino se realizó desde el punto de vista del tonelaje y del valor de la carga. Este análisis nos ayuda a visualizar qué tipo de movimientos se están llevando a cabo en el corredor, cuáles son los pares más importantes y qué participación tiene cada par y población dentro del corredor.

#### 3.4.1 Análisis Origen – Destino del Tonelaje

#### 3.4.2 Análisis del Origen – Destino del Valor de la Mercancía

### 3.4.1 Análisis Origen – Destino del Tonelaje

En la tabla se puede observar que Guadalajara es el origen y el destino más importante del corredor con participaciones del 28.2% y 29%, respectivamente. La ciudad de San Luis Potosí le sigue a Guadalajara como destino con una participación del 20.4%. Tampico tiene la segunda participación más importante como destino con un 26.3%. Asimismo, los pares con mayor tonelaje son Guadalajara – Tampico y Guadalajara – San Luis Potosí, todos en ambos sentidos.

#### Origen – Destino de la Carga (ton/día)

Origen	Destino											Total	Participación	
	Altamira	Armería	Ciudad Guzmán	Ciudad Valles	Colima	Ebano	Guadalajara	Lagos de Moreno	Manzanillo	Río Verde	San Luis Potosí			Tampico
Altamira				36			166		33		364		599	1.7%
Armería			4		587		221						812	2.3%
Ciudad Guzmán			5						64				69	0.2%
Ciudad Valles	147			32		292	231				30	886	1,619	4.6%
Colima	29	351			19		18	48	1,010		23	19	1,517	4.3%
Ebano				161		1				11	35		208	0.6%
Guadalajara	132	141		54	18		98	1,988	2,202	125	3,605	1,904	10,267	29.0%
Lagos de Moreno					4		573						576	1.6%
Manzanillo			720		943		1,615	59			175	9	3,520	10.0%
Río Verde			18	25		10	227				39	70	390	1.1%
San Luis Potosí	135	17		96	41	142	3,155		697		46	2,182	6,511	18.4%
Tampico			38	2,500	34		3,679		84	53	2,890	9	9,287	26.3%
<b>Total</b>	<b>443</b>	<b>509</b>	<b>786</b>	<b>2,904</b>	<b>1,645</b>	<b>446</b>	<b>9,985</b>	<b>2,095</b>	<b>4,089</b>	<b>189</b>	<b>7,207</b>	<b>5,079</b>	<b>35,376</b>	<b>100.0%</b>
<b>Participación</b>	<b>1.3%</b>	<b>1.4%</b>	<b>2.2%</b>	<b>8.2%</b>	<b>4.6%</b>	<b>1.3%</b>	<b>28.2%</b>	<b>5.9%</b>	<b>11.6%</b>	<b>0.5%</b>	<b>20.4%</b>	<b>14.4%</b>	<b>100.0%</b>	

Fuente: Una aproximación a la Definición de los Principales Corredores de Transporte Terrestre en México, Instituto Mexicano del Transporte, 1997.

### 3.4.2 Análisis Origen – Destino del Valor de la Mercancía

Respecto al valor de la mercancía, Guadalajara es el origen más importante del corredor seguida por San Luis Potosí con participaciones del 34.2% y 26.3%, respectivamente. Sin embargo, el destino más importante es Tampico, con un 31% de participación, seguido por Guadalajara con un 25.2%. Los pares con mayor movimiento en valor de mercancía son Tampico – Guadalajara, Tampico – San Luis Potosí, Guadalajara – San Luis Potosí en ambos sentidos.

#### Origen – Destino de la Carga (USD\$/día)

Origen	Destino												Total	Participación
	Altamira	Armería	Ciudad Guzmán	Ciudad Valles	Colima	Ebano	Guadalajara	Lagos de Moreno	Manzanillo	Río Verde	San Luis Potosí	Tampico		
Altamira				18,683			869,013		43,654		990,859		1,922,209	3.9%
Armería			1,465		442,223		154,250						597,938	1.2%
Ciudad Guzmán			9,192						24,215				33,407	0.1%
Ciudad Valles	5,879			26,288		270,571	394,507				152,404	639,774	1,469,424	3.0%
Colima	8,781	288,302			24,006		21,727	16,811	905,358		11,156	8,266	1,284,407	2.6%
Ebano				334,729		23				19,071	85,614		439,438	0.9%
Guadalajara	173,637	111,595		54,118	21,230		269,821	1,618,546	2,437,969	73,991	4,878,156	2,813,936	12,453,019	25.2%
Lagos de Moreno					12,262		1,395,259						1,407,521	2.9%
Manzanillo			841,590		1,337,240		2,703,221	16,218			885,883	14,722	5,798,873	11.7%
Río Verde			7,113	990		17,566	148,257				1,574	29,182	204,662	0.4%
San Luis Potosí	160,712	6,599		398,681	5,640	179,403	4,406,610		656,978		57,448	2,551,529	8,423,599	17.1%
Tampico			23,034	2,658,589	18,214		6,541,110		112,913	29,473	5,901,398	17,815	15,302,546	31.0%
<b>Total</b>	<b>348,969</b>	<b>406,497</b>	<b>882,393</b>	<b>3,492,077</b>	<b>1,860,815</b>	<b>467,563</b>	<b>18,903,775</b>	<b>1,651,575</b>	<b>4,181,106</b>	<b>122,535</b>	<b>12,964,493</b>	<b>6,075,244</b>	<b>49,367,063</b>	<b>100.0%</b>
<b>Participación</b>	<b>0.7%</b>	<b>0.8%</b>	<b>1.8%</b>	<b>7.1%</b>	<b>3.8%</b>	<b>0.9%</b>	<b>34.2%</b>	<b>3.3%</b>	<b>8.5%</b>	<b>0.2%</b>	<b>26.3%</b>	<b>12.3%</b>	<b>100.0%</b>	

Fuente: Una aproximación a la Definición de los Principales Corredores de Transporte Terrestre en México, Instituto Mexicano del Transporte, 1997.

### 3.5. Costos logísticos del Corredor

Con base en la clasificación de productos anterior y la utilización del Modelo de Costos Logísticos se pueden obtener los costos logísticos y de transporte de cada uno de ellos.

<b>Categoría</b>	<b>Costo logístico (USD\$/ton-km)</b>	<b>Costo de transporte (USD\$/ton-km)</b>	<b>Costo Total (USD\$/ton-km)</b>
Productos forestales	0.0078	0.0394	0.0472
Productos agrícolas	0.0053	0.0519	0.0572
Animales y sus productos	0.0312	0.0621	0.0933
Productos minerales	0.0053	0.0402	0.0455
Petróleo y sus derivados	0.0099	0.0462	0.0561
Productos inorgánicos	0.0064	0.0526	0.0589
Productos industriales	0.0112	0.0525	0.0637

Fuente: Estimaciones con base en el modelo de costos logísticos.

Los costos logísticos mayores corresponden a la categoría de animales y sus productos debido a que son perecederos. Los productos industriales le siguen ya que tienen un valor de mercancía superior



### **3.6. Comparación con el Corredor México – Nuevo Laredo**

El corredor México – Nuevo Laredo está consolidado, es el de mayor importancia en México debido a que conecta de forma terrestre a la Ciudad de México con los Estados Unidos. Por esto, se puede utilizar como referencia para comparar la competitividad del corredor Manzanillo – Tampico. Primeramente se establecerán las características del corredor México – Nuevo Laredo, para posteriormente marcar las diferencias entre los mismos.

#### 3.6.1 Tablas Comparativas de los Indicadores y Municipios Principales

#### 3.6.2 Nivel de Servicio

#### 3.6.3 Comparación de los Costos Logísticos de Ambos Corredores

### 3.6.1 Tablas Comparativas de los Indicadores y Ciudades Principales

A continuación se presenta una tabla con algunos indicadores de ambos corredores:

Indicador	Manzanillo – Tampico	México – Nuevo Laredo
Longitud total:	1,006 km	1,146 km
Longitud de 2 carriles	590 km	392 km
Longitud de 4 o más carriles	416 km	754 km
Longitud en terreno plano	442 km	822 km
Longitud en terreno lomerío	473 km	324 km
Longitud en terreno montañoso	91 km	0 km
Vehículos – km / día	4,627,144	16,350,821
Aforo promedio	5,437 veh/día	10,136 veh/día
Velocidad de operación	77 km/h	79 km/h
Costo de operación	1.25 \$/km	1.22 \$/km
Tiempo de recorrido	13.01 horas	13.97 horas
Calificación del estado de conservación (IRI)	3.42	4.32

Fuente: Modernización del Sistema Carretero Troncal, SCT 1999.

Los municipios principales de ambos corredores junto con su población son los siguientes:

Manzanillo – Tampico		México – Nuevo Laredo	
Ciudad	Población	Ciudad	Población
Manzanillo	124,014	Distrito Federal <sup>1/</sup>	2,131,366
Colima	129,454	San Juan del Río	39,046
Guadalajara	1,647,720	Querétaro	142,444
Zapotlanejo	53,375	San Luis Potosí	151,483
Lagos de Moreno	127,949	Matehuala	16,570
San Luis Potosí	151,483	Saltillo	577,352
Río Verde	19,169	Monterrey	1,108,499
Ciudad Valles	35,072	Nuevo Laredo	310,277
Ébano	8,975		
Tampico			
<b>Total</b>	<b>2,297,211</b>	<b>Total</b>	<b>4,477,037</b>

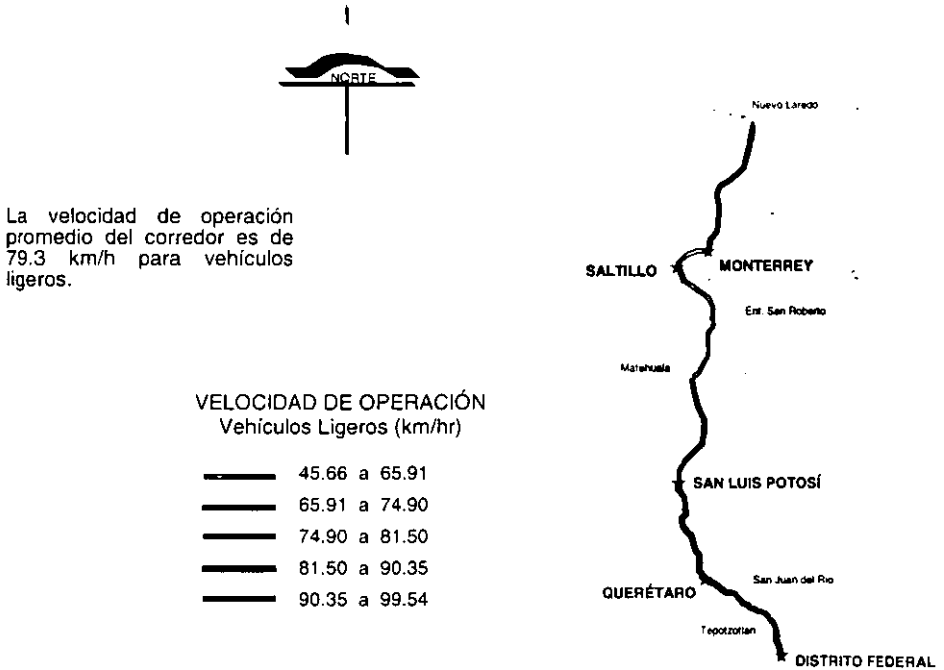
1/ Incluye la población de las dieciséis delegaciones políticas del Distrito Federal

Fuente: XII Censo general de Población y Vivienda 2000, Resultados Preliminares. INEGI 2000

La población de los principales municipios del corredor México – Nuevo Laredo es casi el doble que la del corredor Manzanillo-Tampico.

### 3.6.2 Nivel de Servicio

Partiendo del mismo razonamiento que se hizo para el caso del nivel de servicio del corredor Manzanillo – Tampico, el nivel de servicio por segmentos del corredor México – Nuevo Laredo se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Análisis de la Articulación de la Red Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País. Felipe Ochoa y Asociados, 1999.

### 3.6.3 Comparación de los Costos Logísticos de Ambos Corredores

El corredor México – Nuevo Laredo presenta en general costos logísticos y de transporte menores a los del corredor Manzanillo-Tampico debido a que el primero tiene una mejor infraestructura y se encuentra más consolidado. En el caso de los productos industriales, que son los de mayor movimiento en el corredor Manzanillo-Tampico, la diferencia es mayor al 10%. El corredor Manzanillo-Tampico presenta menores costos logísticos solamente en los productos forestales y en animales y sus productos .

Categoría	Costo Logístico (USD\$/ton-km)		Costo de Transporte (USD\$/ton-km)		Costo Total (USD\$/ton-km)	
	Manzanillo- Tampico	México-Nuevo Laredo	Manzanillo- Tampico	México-Nuevo Laredo	Manzanillo- Tampico	México-Nuevo Laredo
Productos forestales	0.0078	0.0061	0.0394	0.0474	0.0472	0.0536
Productos agrícolas	0.0053	0.0143	0.0519	0.0390	0.0572	0.0533
Animales y sus productos	0.0312	0.0467	0.0621	0.0479	0.0933	0.0945
Productos minerales	0.0053	0.0045	0.0402	0.0386	0.0455	0.0431
Petróleo y sus derivados	0.0099	0.0056	0.0462	0.0420	0.0561	0.0476
Productos inorgánicos	0.0064	0.0046	0.0526	0.0412	0.0589	0.0458
Productos industriales	0.0112	0.0142	0.0525	0.0423	0.0637	0.0565

Fuente: Estimaciones con base en el Modelo de Cortes Logísticos.

### **3.7. Conclusiones del Diagnóstico**

Con base en el análisis presentado podemos concluir lo siguiente:

- El corredor Manzanillo-Tampico presenta un tránsito diario promedio anual de aproximadamente 5,437 vehículos de 11,108 entre Guadalajara y Lagos de Moreno y un mínimo de 9,757 centro San Luis Potosí y Tampico. Cabe destacar que en este segundo segmento es donde se tienen las condiciones topográficas más desfavorables, lo cual podría ser una de las razones que explican esta disminución.
- En el caso de las velocidades de operación, en promedio se tiene 72 km/h y al igual que con el tránsito diario promedio anual, las mayores velocidades se presentan entre Manzanillo y San Luis Potosí, mientras que entre San Luis Potosí y Tampico la velocidad es considerablemente menor. Esto se debe tanto a las desfavorables condiciones topográficas como a que sólo se tiene un carril por sentido en este segmento.
- Solamente el 41% del corredor es de 4 carriles, el resto es de 2 carriles. Asimismo, el 44% del terreno es plano, el 47% es lomerío y el 9% es montañoso. En el terreno plano y lomerío donde se tienen 4 carriles en los tramos montañosos se tienen únicamente 2 carriles, lo cual desfavorece significativamente el nivel de servicio.
- El corredor es susceptible a mejorarse en su infraestructura física. Los tramos comprendidos entre Lagos de Moreno y Tampico son los de mayor potencial de mejorarse debido a que sus velocidades de operación son las menores de todo el corredor.
- En particular, el tramo con menor velocidad de operación (45 km/h para vehículos ligeros) es del entronque izquierdo a Cárdenas hasta Ciudad Valles. Dicho tramo tiene una topografía montañosa, una longitud de 92 km, y un tránsito diario promedio anual de 2,712 vehículos presentándose por consecuencia el menor nivel de servicio del corredor.
- Las principales ciudades del corredor, tanto en volumen de carga como en valor de la misma, son Guadalajara, San Luis Potosí y Tampico, formando entre ellos los pares origen – destino más importantes.
- Comparando al corredor Manzanillo-Tampico con el corredor México-Nuevo Laredo, se tiene lo siguiente:

- El tránsito diario promedio anual del corredor México-Nuevo Laredo es aproximadamente el doble que el del corredor Manzanillo-Tampico, ya que el primero presenta una mayor demanda al representar el principal punto de entrada de mercancías a la República Mexicana provenientes de Estados Unidos.
- Dos terceras partes del corredor México-Nuevo Laredo son carreteras de 4 o más carriles, mientras que sólo el 41% de las carreteras del corredor Manzanillo-Tampico son de 4 carriles.
- En cuanto a la topografía del terreno, el 72% del corredor México-Nuevo Laredo es plano y el 28% lomerío sin presentarse terreno montañoso, en tanto que para el corredor Manzanillo-Tampico solamente el 44% es plano, con un 47% de lomerío y un 9% montañoso, lo cual implica que las inversiones en el mejoramiento y/o ampliamiento de la infraestructura carretera es menos costosa en el caso del corredor México-Nuevo Laredo.
- El corredor México-Nuevo Laredo presenta una velocidad de operación mayor (79 km/h) que la del corredor Manzanillo-Tampico (72 km/ h), lo cual se puede explicar debido a las condiciones topográficas más favorables para el primer corredor y el mayor número de carriles del mismo.
- En general, los costos logísticos y de transporte del corredor México-Nuevo Laredo son menores, debido a que su infraestructura se encuentra en mejores condiciones físicas y a que está más consolidado.
- A lo largo del corredor México-Nuevo Laredo habitan 4.5 millones de personas, mientras que en los municipios del corredor Manzanillo-Tampico viven 2.3 millones de personas, por lo cual la demanda del primer corredor es mayor que la del segundo.
- El corredor México-Nuevo Laredo tiene mejores condiciones, en general, que el corredor Manzanillo – Tampico, lo cual podría explicar, entre otras razones, que sea utilizado como el principal medio de internación de mercancías al país, superando al puerto de Altamira.

## **4. Mejoramiento de la Infraestructura Carretera y Costos de Operación Vehicular**

En este apartado se plantean y analizan las propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera con base en las conclusiones del diagnóstico del corredor. Asimismo, se cuantificarán los costos de operación vehicular actuales y bajo las condiciones de las propuestas de mejoramiento.

### ***4.1 Propuestas de Mejoramiento de la Infraestructura Carretera***

En la publicación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes "Modernización del Sistema Carretero Troncal 1999" se enuncia que se requiere modernizar los tramos San Luis Potosí- Ciudad Valles y Ciudad Valles – Tampico, lo cual es congruente con el diagnóstico realizado en el capítulo anterior.

A continuación se plantean dos propuestas para mejorar el funcionamiento del corredor:

1. La incorporación de un tercer carril de ascenso en el segmento Entronque Izquierdo a Cárdenas – Ciudad Valles (el más crítico del corredor).
2. La construcción de una nueva autopista de cuota de San Lorenzo a Altamira.

Al mejorar la infraestructura carretera, o construir una nueva autopista, aumentarían las velocidades de operación, disminuirían los tiempos de recorrido, los costos de operación y los costos logísticos asociados.

#### ***4.1 1 Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso en el Segmento Entronque Izquierdo a Cárdenas – Ciudad Valles***

Para la construcción de un tercer carril de ascenso primeramente se debe revisar si se cumplen las condiciones necesarias que lo justifiquen. Posteriormente se determinan las mejoras que se presentarían tanto en velocidad como en tiempo.

#### *4.1.1.1 Justificación de la Instalación de un Tercer Carril de Ascenso en Carreteras de Dos Carriles*

En la publicación del Instituto Mexicano del Transporte "Desarrollo de Normas para el Proyecto del Tercer Carril de Ascenso en Carreteras de Dos Carriles" se establece que aquellos tramos con pendiente longitudinal simple o compuesta, igual o superior al 3% y longitud mayor a 800 m, con un tránsito diario promedio anual (TDPA) entre 1,500 y 8,000 pueden considerarse candidatos a ser mejorados mediante la incorporación de un tercer carril de ascenso.

El Manual de Capacidad y el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras y Vialidades Urbanas de la "American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO" establecen que se justifica la instalación de un tercer carril de ascenso, desde un punto de vista económico, cuando se cumplen los siguientes tres requisitos:

- a) La intensidad del tránsito en el sentido de ascenso sobre la rampa excede 200 vehículos por hora.
- b) La intensidad de los camiones que suben por la rampa excede los 20 camiones por hora.
- c) Se produce una de las siguientes condiciones:
  - c.1) el nivel de servicio es E o F en el tramo
  - c.2) la reducción de uno o dos niveles de servicio entre el segmento de aproximación y el inclinado, o
  - c.3) el camión típico pesado (de relación peso/potencia característica igual a 135 kg/hp) reduce su velocidad en 16 km/h o más.



Para el establecimiento del nivel de servicio se utilizará la siguiente tabla:

Niveles de Servicio	Velocidad Media de Ascenso (km/h)
A	$\geq 65$
B	$\geq 60$
C	$\geq 55$
D	$\geq 50$
E	$\geq 45.5$
F	$< 45.5$

Fuente: Análisis de Capacidad para Rampas de Carreteras Mexicanas de Dos Carriles, Instituto Mexicano del Transporte

Al analizar si el tramo en estudio cumple con estos requisitos para ser considerado como candidato a ser mejorado mediante la incorporación de un tercer carril de ascenso. Se obtienen los siguientes resultados:

Condición a Cumplir	Parámetro Necesario	Tramo en Estudio	Cumple
Longitud	800 m	92 km	Sí
Pendiente	3%	Montañoso (6-8%)	Sí
TDPA	1,500-8,000	2,712	Sí
Intensidad del tránsito en el sentido de ascenso <sup>1/</sup>	200 veh/h	271 veh/h	Sí
Intensidad de camiones que suben por la rampa <sup>2/</sup>	20 camiones/h	52 camiones/h	Sí
Nivel de servicio	E o F	E	Sí

1/ Suponiendo que en la hora de máxima demanda la intensidad del tránsito se obtiene dividiendo el TDPA (2,712) entre 10.

2/ Los camiones representan el 19.10% del TDPA.

El tramo en estudio cumple con los requisitos necesarios para ser considerado como candidato a mejorarse con la incorporación de un carril de ascenso.

#### 4.1.1.2 Incremento de la Velocidad con la Incorporación del Tercer Carril

En la incorporación de un tercer carril de ascenso se deben considerar los niveles de servicios existente y deseado. Estos dos niveles de servicio tienen sus correspondencias en velocidad media de recorrido (VME y VMD). A partir de estas velocidades puede calcularse la ganancia deseada de velocidad ( $GVD = VMD - VME$ ). El cociente (COC) de la velocidad media después de ampliar todo el tramo con tercer carril y la velocidad media existente puede calcularse utilizando la siguiente ecuación generada a partir de mediciones directas en campo:

$$COC = \left[ \frac{11.8}{(VME - 30)^{0.01633}} \right] - 10$$

en donde,

COC = cociente entre la velocidad después de ampliar con un tercer carril todo el tramo y la velocidad media existente.

VME = velocidad media existente (km/h)

La ecuación anterior es válida para VME entre 35 y 100 km/h.

Asimismo, mediante la siguiente expresión, puede obtenerse la ganancia de velocidad correspondiente:

$$GVT = (COC - 1) * VME$$

en donde,

GVT = ganancia de velocidad resultante de instalar la ampliación a todo lo largo del tramo (km/h)

COC y VME, como se definieron anteriormente.

Finalmente, la longitud total por ampliar (LA) puede calcularse mediante la siguiente expresión lineal:

$$LA = (L * GVD) / GVT$$

en donde,

LA = longitud total por ampliar en el sentido considerado (km)

L = longitud del tramo (km)

GVD = ganancia deseada en velocidad (km/h)

GVT = ganancia de velocidad resultante de instalar la ampliación a todo lo largo del tramo (km/h)

En este caso en particular se tendría:

VME = 44 km/h (correspondiente a un nivel de servicio E)

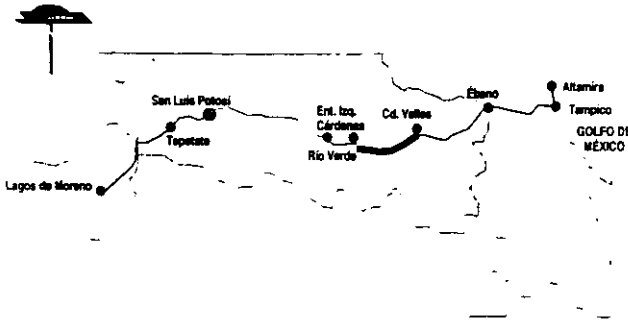
COC = 1.302

GVT = 13.299

El mejor nivel de servicio esperado con la longitud del segmento (92 km) se presentaría si la longitud por ampliar fuese igual a la longitud de dicho segmento. Para que esto se presente se debe cumplir que  $GVD = GVT$ . Dado que GVT está determinada por la velocidad media existente y es igual a 13.299 km/h, la ganancia máxima deseada tendría el mismo valor. Por lo cual la velocidad máxima deseada sería de 57.3 km/h, correspondiente a un nivel de servicio C.

Con la incorporación del tercer carril a lo largo de los 92 km se tendría un incremento de velocidad en dicho segmento de 13 km/h. Sin embargo, para tener una idea más clara del impacto global de esta mejoría se calculó el incremento en la velocidad promedio del tramo San Luis Potosí – Tampico al incorporar el tercer carril ya que éste se encuentra dentro de este tramo. La velocidad promedio aumentaría de 58 km/h a 62 km/h, es decir 4 km/h. Esto convertido en tiempo sería equivalente a un ahorro de 27 minutos.

## Incorporación del tercer carril de ascenso



Longitud (km)	Velocidad de Operación Promedio <sup>1</sup> (km/h)	Ahorro en el Tiempo <sup>2</sup> (minutos)
92	62	27

- 1/ Corresponde a la velocidad de operación promedio del tramo San Luis Potosí – Tampico al incorporar el tercer carril.  
 2/ Corresponde al ahorro en el tiempo al recorrer el tramo San Luis Potosí – Tampico al incorporar el tercer carril.

### 4.1.2 Construcción de una Nueva Autopista de Cuota de San Lorenzo a Altamira.

Este escenario considera la construcción de una nueva autopista de cuota de San Luis Potosí a Altamira con una longitud total de 311 km. Dicha autopista tendría las siguientes características.

Tipo	A2
Ancho de calzada (m)	7.00
Ancho de corona (m)	12.00
Acotamientos (m)	2.50
Bombeo (%)	2
Longitud (km)	311

Al construir una nueva autopista se obtienen mejoras en la velocidad de operación, en la distancia recorrida y por consecuencia en el tiempo de recorrido. Asimismo, todo esto se traduce en ahorros en costos de operación y costos logísticos. Los beneficios indirectos de una nueva autopista incluyen el establecimiento de nuevos centros tanto industriales como de población, el mejoramiento de la red carretera nacional, una comunicación más eficientes entre ciudades, entre otros, los cuales deben ser evaluados a detalle para determinar su impacto en la región, en el o los estados involucrados y en el país, respectivamente.

En este caso, el trazo de la nueva autopista fue proporcionado por la Dirección General de Carreteras Federales perteneciente a la Subsecretaría de Infraestructura. Los ahorros en distancia corresponderían a 82 km y en tiempo a 120 minutos. La velocidad de operación promedio de los automóviles a lo largo de la nueva autopista sería de 102 km/h.

### Autopista San Lorenzo – Altamira



Longitud (km)	Velocidad de operación promedio (km/h)	Ahorro en el tiempo (minutos)	Ahorro en distancia (km)
311	102	120	82

## **4.2 Costos de Operación Vehicular**

Cada propuesta de mejoramiento de la infraestructura carretera disminuirá los costos de operación de los vehículos que transitan a través de ellas. En este apartado se calcularán dichos costos para posteriormente cuantificar los ahorros correspondientes. Primeramente se describe el modelo de costos de operación vehicular (VOC) del Banco Mundial, así como los insumos utilizados para su utilización.

### **4.2.1 Descripción del Modelo de Costos de Operación Vehicular (VOC) del Banco Mundial**

Las variables que afectan el costo de operación de un vehículo en una ruta dada pueden ser divididas en tres grandes grupos:

1. Atributos del camino, que incluyen las características geométricas y superficiales de la ruta, por ejemplo, alineación vertical y horizontal, ancho del camino e irregularidades en la superficie del mismo (rugosidad).
2. Atributos del vehículo, que incluyen características físicas y operacionales del mismo, por ejemplo, el peso, la carga máxima, la potencia del motor, el diseño de la suspensión y el número de horas en operación por año.
3. Factores regionales, que incluyen características económicas, sociales, tecnológicas e institucionales de la región, por ejemplo, el límite de velocidad de la región, los precios del combustible, los precios de vehículos nuevos, autopartes y mano de obra, el estado de desarrollo tecnológico, la capacitación del conductor, así como actitudes del conductor.

Con base en estudios realizados por el Banco Mundial en Kenia, la región del Caribe, Brasil e India se construyó el Modelo de Costos de Operación Vehicular (VOC) el cual considera el consumo de combustible, el costo de capital del vehículo, el desgaste de los neumáticos, la mano de obra del operador (conductor), el consumo de lubricantes, el tiempo de los pasajeros, la mano de obra del mantenimiento y costos indirectos asociados para cuantificar los costos de operación vehicular.

Los insumos necesarios para su utilización incluyen características de la carretera, del vehículo: sus componentes (neumáticos) y su utilización, así como algunos costos unitarios. A continuación se desglosan los insumos necesarios.

*Características de la carretera:*

1. Tipo de superficie
2. Rugosidad promedio (IRI) (m/km)
3. Pendiente media ascendente (%)
4. Pendiente media descendente (%)
5. Proporción de viaje ascendente (%)
6. Curvatura horizontal promedio (grados/km)
7. Sobreelevación promedio (peralte)
8. Altitud del terreno (m)
9. Número efectivo de carriles

*Características del vehículo:*

1. Peso del vehículo vacío (kg)
2. Carga útil (kg)
3. Potencia máxima en operación (HP métrico)
4. Potencia máxima del freno (HP métrico)
5. Velocidad deseada (km/h)
6. Coeficiente aerodinámico de arrastre (adimensional)
7. Área frontal proyectada (m<sup>2</sup>)
8. Velocidad calibrada del motor (RPM)
9. Factor de eficiencia energética (adimensional)
10. Factor de ajuste de combustible (adimensional)

*Características de los neumáticos:*

1. Número de llantas por vehículo (#)
2. Volumen de hule utilizable por llanta (dm<sup>3</sup>)
3. Costo de renovación / costo de llanta nueva (fracción)
4. Máximo número de renovaciones (adimensional)
5. Coeficiente de desgaste (10E<sup>-3</sup> dm<sup>3</sup>/kJ)

*Datos sobre la utilización del vehículo:*

1. Número de km conducidos por año (km)
2. Número de horas conducidas por año (horas)
3. Índice de utilización horaria (fracción)
4. Vida útil promedio de servicio
5. Edad del vehículo en kilómetros (km)
6. Número de pasajeros por vehículo (#)

*Costos unitarios:*

1. Precio del vehículo nuevo (\$)
2. Costo del combustible (\$/litro)
3. Costo de los lubricantes (\$/litro)
4. Costo por llanta nueva (\$/llanta)
5. Tiempo de los operarios (\$/hora)
6. Tiempo de los pasajeros (\$/hora)
7. Mano de obra de mantenimiento (\$/hora)
8. Retención de la carga (\$/hora)
9. Tasa de interés anual (%)
10. Costos indirectos por vehículos-km (\$)

Con base en lo anterior, se obtiene la expresión para el cálculo del costo de operación vehicular dependiendo de los siguientes factores:

- a) Tipo de terreno.- plano, lomerío o montañoso
- b) Tipo de vehículo (auto, autobús, C2, C6 o camión ligero)
- c) Velocidad de operación promedio
- d) Estado de conservación de la carretera

$$C_{ij} = c_1 + \frac{c_2}{v_{ij}} + c_3 * r$$



en donde,

$C_{ij}$  = costo de operación vehicular del vehículo  $i$  en el tipo de terreno  $j$  (\$/km)

$C_1, C_2, C_3$  = coeficientes dependientes del tipo de vehículo y del tipo de terreno

$V_{ij}$  = velocidad de operación promedio del vehículo  $i$  en el tipo de terreno  $j$  (km/h)

$r$  = índice internacional de rugosidad del terreno

Los coeficientes  $c_1$ ,  $c_2$  y  $c_3$  se obtienen de la siguiente tabla:

PARÁMETROS:	Auto	Autobús	C2	C6	Camión Ligeró
<b>TERRENO PLANO</b>					
C1 [\$/Km]	1.761979172	5.047054511	2.768756598	10.318968176	1.730028434
C2 [\$/hr]	53.98602341	121.4900267	61.05560515	101.5689803	86.41978022
C3 [\$/Km/IRI]	0.133540234	0.186773641	0.388241557	0.69791863	0.123379789
<b>TERRENO LOMERÍO</b>					
C1 [\$/Km]	1.920154333	5.989437282	3.93254039	13.58457928	2.178136234
C2 [\$/hr]	53.3731232	118.777598	57.41050889	92.27599144	84.2584556
C3 [\$/Km/IRI]	0.132879722	0.198918426	0.399588108	0.718835852	0.122934826
<b>TERRENO MONTAÑOSO</b>					
C1 [\$/Km]	2.241410544	7.57415513	5.394748394	18.70892683	2.97341155
C2 [\$/hr]	51.43086303	113.962743	53.14358532	79.55749405	79.75056524
C3 [\$/Km/IRI]	0.130749819	0.216089595	0.412636131	0.75412905	0.12064501

#### 4.2.2 Costos de Operación Actuales y con las Propuestas de Mejoramiento

Para poder medir el efecto en los costos de operación tanto de la incorporación del tercer carril como la construcción de la nueva autopista se realizará la comparación de los mismos en el tramo San Luis Potosí – Altamira.

#### 4.2.2.1 Costos de Operación Vehicular de la Situación Actual

Utilizando la expresión de costos de operación vehicular y los coeficientes anteriores, el tipo de terreno, el índice de rugosidad internacional y la velocidad de operación de cada vehículo descritas en el capítulo del diagnóstico, se calculan los costos de operación vehicular de cada tramo por tipo de vehículo.

Tramo	Longitud (km)	No. de carriles	Terreno	IRI	Situación Actual			Costos de Operación "A" (\$/km)	Costos de Operación "B" (\$/km)	Costos de Operación "C" (\$/km)
					Velocidad de operación "A" (km/h)	Velocidad de operación "B" (km/h)	Velocidad de operación "C" (km/h)			
San Luis Potosí-Ent. der. Zaragoza	23	2	L	3.54	57.44	54.3	39.16	3.3197	8.8810	6.8131
Ent. der. Zaragoza-Río Verde	100	2	L	3.54	62.65	60.54	48.44	3.2425	8.6556	6.5323
Río Verde-Ent. Izq. Cárdenas	44	2	L	3.54	61.47	59.4	47.52	3.2588	8.6932	6.5552
Ent. Izq. Cárdenas-Cd. Valles	92	2	M	3.54	44.79	43.61	29.47	3.8525	10.9523	8.6588
Cd. Valles-Ébano	79	2	L	2.69	60.12	58.1	46.48	3.1654	8.5689	6.2426
Ébano-Ent. Der. Pánuco	24	2	L	2.69	59.65	57.64	46.11	3.1724	8.5852	6.2525
Ent. der. Pánuco-Tampico	35	2	P	2.69	69.66	68.62	75.75	2.8962	7.3200	4.6191
Tampico-Altamira	24	2	P	2.69	69.66	68.62	75.75	2.8962	7.3200	4.6191
<b>Costo de operación vehicular promedio</b>								<b>3.3147</b>	<b>8.9663</b>	<b>6.6763</b>

P = plano

L = lomerío

M = montañoso

Los costos de operación promedio actuales del tramo San Luis Potosí – Altamira son \$3.3147/km, \$8.9663/km y \$6.6763/km para automóviles, autobuses y camiones, respectivamente.

#### 4.2.2.2 Costos de Operación Vehicular con la Incorporación del Tercer Carril de Ascenso

Con la incorporación de un tercer carril de ascenso, la rugosidad del pavimento disminuiría y las velocidades de operación aumentarían provocando un decremento en los costos de operación vehicular respectivos.

Tramo	Longitud (km)	No. de carriles	Terreno	IRI	Incorporación de un tercer carril de ascenso			Costos de Operación "A" (\$/km)	Costos de Operación "B" (\$/km)	Costos de Operación "C" (\$/km)
					Velocidad de operación "A" (km/h)	Velocidad de operación "B" (km/h)	Velocidad de operación "C" (km/h)			
San Luis Potosí-Ent. der. Zaragoza	23	2	L	3.54	57.44	54.3	39.16	3.3197	8.8810	6.8131
Ent. der. Zaragoza-Río Verde	100	2	L	3.54	62.65	60.54	48.44	3.2425	8.6556	6.5323
Río Verde-Ent. Izq. Cárdenas	44	2	L	3.54	61.47	59.4	47.52	3.2588	8.6932	8.5552
<b>Ent. Izq. Cárdenas-Cd. Valles</b>	<b>92</b>	<b>3</b>	<b>M</b>	<b>2</b>	<b>57.30</b>	<b>55.79</b>	<b>44.30</b>	<b>3.4005</b>	<b>10.0490</b>	<b>7.4197</b>
Cd. Valles-Ébano	79	2	L	2.69	60.12	58.1	46.48	3.1654	8.5689	6.2426
Ébano-Ent. Der. Pánuco	24	2	L	2.69	59.65	57.64	46.11	3.1724	8.5852	6.2525
Ent. der. Pánuco-Tampico	35	2	P	2.69	69.66	68.62	75.75	2.8962	7.3200	4.6191
Tampico-Altamira	24	2	P	2.69	69.66	68.62	75.75	2.8962	7.3200	4.6191
<b>Costo de operación vehicular promedio</b>								<b>3.2159</b>	<b>8.7689</b>	<b>6.4055</b>

P = plano

L = lomerío

M = montañoso

Dichos costos disminuirían en un 11.7%, 8.2% y 14.3% para los automóviles, autobuses y camiones, respectivamente en el tramo del tercer carril (Entronque izquierdo a Cárdenas - Ciudad Valles). Sin embargo, al considerar todo el segmento San Luis Potosí - Altamira, los costos de operación vehicular disminuirían 3.0%, 2.2% y 4.1% para los automóviles, autobuses y camiones, respectivamente.

#### 4.2.2.3 Costos de Operación con la Construcción de la Nueva Autopista

De acuerdo con las siguientes características de la nueva autopista, los costos de operación promedio de la misma se calculan a continuación.

##### **Características Generales de la Nueva Autopista**

Tipo	A2
Ancho de calzada (m)	7.00
Ancho de corona (m)	12.00
Acotamientos (m)	2.50
Bombeo (%)	2
Longitud (km)	311
IRI	2.0
Velocidad promedio (km/h)	60
Terreno plano (%)	8.7
Terreno lomerío (%)	61.7
Terreno montañoso (%)	29.6

Aunado a la nueva autopista se debe considerar para el cálculo de los costos de operación del tramo San Luis Potosí – Altamira, el segmento San Luis Potosí – San Lorenzo, lugar donde inicia la nueva autopista, con una longitud de 58 km.

Los costos de operación vehicular se reducirían en 13.7%, 9.7% y 11.5% para automóviles, autobuses y camiones, respectivamente en el tramo San Luis Potosí – Altamira al construir una nueva autopista.

Tramo	Longitud (km)	No. de carriles	Terreno	IRI	Construcción de una nueva autopista			Costos de Operación "A" (\$/km)	Costos de Operación "B" (\$/km)	Costos de Operación "C" (\$/km)
					Velocidad de operación "A" (km/h)	Velocidad de operación "B" (km/h)	Velocidad de operación "C" (km/h)			
San Luis Potosí – San Lorenzo	58	2	L	3.5	60.50	58.50	46.80	3.2674	8.7160	6.5578
San Lorenzo – Altamira	311	2	P: 8.7% L: 61.7% M: 29.6%	2.0	101.8	96.3	69.5	2.7852	7.9768	5.7859
<b>Costo de operación vehicular promedio</b>								<b>2.8610</b>	<b>8.0930</b>	<b>5.9073</b>

#### 4.2.2.4 Ahorros en Costos de Operación

Al multiplicar los costos de operación vehicular obtenidos en los apartados anteriores para cada propuesta de mejoramiento, los cuales tienen como unidades \$/km, por la longitud de cada tramo, en km, se obtienen los costos de operación vehicular expresados en \$ por tipo de vehículo. Posteriormente, comparándolos con la situación actual se obtienen los ahorros por tipo de vehículo en costos de operación vehicular para cada propuesta de mejoramiento de la infraestructura carretera.

#### **Ahorros en los Costos de Operación Vehicular por Tipo de Vehículo para las Propuestas de Mejoramiento**

Tipo de vehículo	Escenarios	
	Incorporación de un tercer carril	Construcción de una nueva autopista
Automóviles (\$)	41.59	339.79
Autobuses (\$)	83.10	788.50
Camiones (\$)	114.0	630.94

Estos ahorros representan a aquellos que se presentarían por cada automóvil, autobús y camión que circularía a través del tercer carril de ascenso o en la nueva autopista. Para la propuesta que contempla la construcción de una nueva autopista los ahorros serían considerablemente mayores que con la incorporación de un tercer carril.

## 5. Escenarios de Tránsito y Costos Logísticos

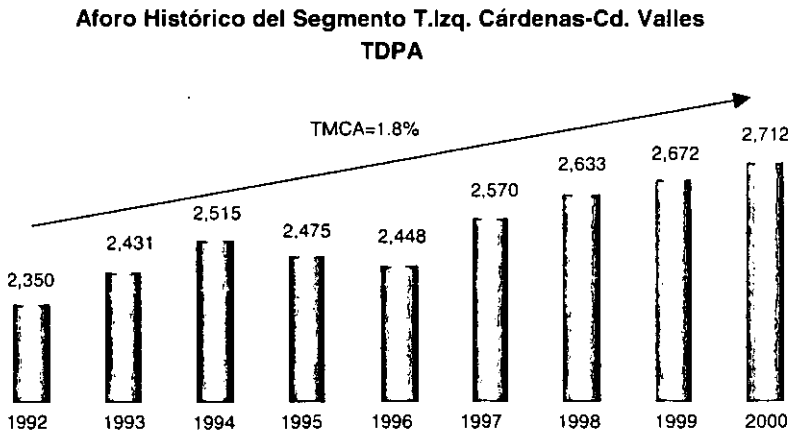
En este capítulo primeramente se realizan proyecciones del tránsito para ambas propuestas de mejoramiento. Posteriormente se cuantifican los costos logísticos actuales y los que se presentarían bajo las condiciones de las propuestas de mejoramiento planteadas anteriormente.

### 5.1 Escenarios de Tránsito

Las proyecciones del tránsito para cada propuesta se realizarán con un horizonte de 30 años, utilizando los aforos históricos correspondientes para cada propuesta de mejoramiento y correlaciones entre el tránsito y el Producto Interno Bruto nacional.

#### 5.1.1 Escenarios de Tránsito para la Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso

Con base en la publicaciones "Datos Viales" de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se conocen los aforos históricos del segmento Entronque Izquierdo a Cárdenas – Cd. Valles, el cual ha crecido con una tasa media de crecimiento anual de 1.8%, alcanzando un valor de 2,712 vehículos en el 2000.



TMCA = tasa media de crecimiento anual

TDPA = Tránsito diario promedio anual

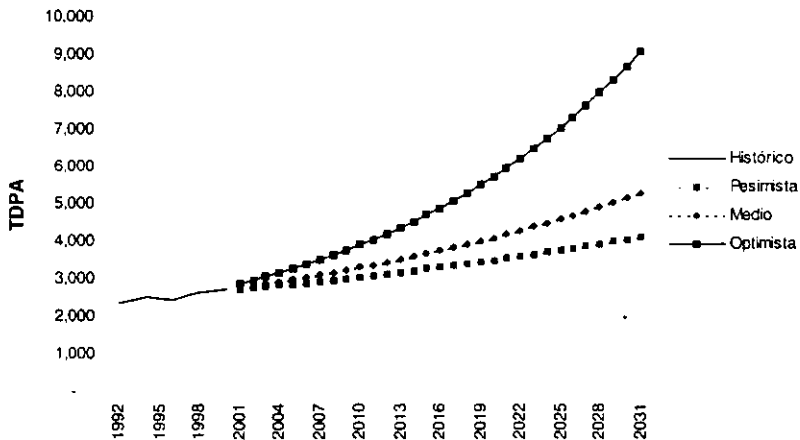
Fuente: Datos Viales, Subsecretaría de Infraestructura, SCT

Para la realización de las proyecciones se utilizó una correlación lineal de mínimos cuadrados con un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.78$  entre el desarrollo del TDPA y el del Producto Interno Bruto Nacional. Este coeficiente indica que la correlación es aceptable, una correlación perfecta tendría un coeficiente de correlación  $R^2 = 1$

Posteriormente, se consideraron tres escenarios del crecimiento futuro del Producto Interno Bruto denominados Pesimista, Medio y Optimista, con tasas de crecimiento anual del 2%, 3% y 5%, respectivamente.

Finalmente, se realizaron las proyecciones del PIB y consecuentemente el TDPA futuro del segmento T. Izquierdo Cárdenas – Cd. Valles.

**Escenarios del Pronóstico de Tránsito para la Incorporación del Tercer Carril**



TDPA = Tránsito diario promedio anual



### 5.1.2 Escenarios de Tránsito para la Construcción de una Nueva Autopista

Existen tres componentes de tránsito que deben ser considerados en este escenario.

1. Tránsito desviado: es el tránsito que utilizaría la nueva autopista y que anteriormente utilizaba la carretera libre San Luis Potosí - Tampico.
2. Tránsito generado: es el tránsito que utilizaría la nueva autopista y que es generado por la presencia de los puertos de Altamira y Tampico.
3. Tránsito inducido: es el tránsito que utilizaría la nueva autopista y que es inducido por la presencia de futuras industrias que se establecerían en la zona.

#### 5.1.2.1 Tránsito Desviado

El problema a afrontar es el de una distribución de flujos ante diferentes condiciones de dificultad entre dos tipos de cauces posibles: uno en el cual se paga (de peaje o cuota) y otro en el que no se paga (libre). El tránsito puede ir por la carretera libre o la de cuota y se inclina por una u otra según la facilidad que encuentre, representada en este caso por el contraste entre la cuota que tiene que pagar y el costo operativo que le representa el recorrido por ambas alternativas de la carretera.

Para llegar a una función que permita establecer la utilidad del usuario por uno u otro recorrido y modelar su preferencia, se recurrirá a un modelo binomial, conocido como "Binary Logit". La forma de este tipo de modelos que se empleará es la siguiente:

donde:

$$Pr_n(i) = \frac{1}{1 + e^{[k_1 + k_2(C_i + r_i - C_j - r_j)]}}$$

$n$ , es el tomador de la decisión;

$i$ , representa la alternativa de cuota;

$j$ , representa la alternativa libre;

$C_i$ , es el costo de operación por la alternativa de cuota;

$C_j$ , es el costo de operación por la alternativa libre;

$T_i$ , es la tarifa que deberá pagar el tomador de la decisión en la alternativa de cuota;

$T_j$ , es igual a cero, ya que corresponde a la tarifa por la alternativa libre;

$e$ , es el número de Euler igual a 2.7182;

$k_1$  y  $k_2$ , son constantes de ajuste del modelo.

La probabilidad  $Pr_n(i)$  es igual a la fracción  $Fr(i)$  del tránsito que se va por la carretera de cuota (alternativa  $i$ ), por lo que la ecuación anterior queda de la siguiente manera (incorporando también que  $T_j$  es igual a cero):

$$Fr(i) = \frac{1}{1 + e^{[k_1 + k_2(C_i + T_i - C_j)]}}$$

El término  $(C_i + T_i - C_j)$  en el exponente en la expresión que aparece en el denominador de la ecuación anterior corresponde a la diferencia de costos totales entre ambas alternativas.

Este modelo estadístico se alimentó con datos reales provenientes del reparto de flujos vehiculares (alternativa libre y alternativa de cuota) de 30 autopistas mexicanas, con objeto de determinar el valor de las constantes  $k_1$  y  $k_2$  que mejor representaran al conjunto. Para cada autopista analizada se tomó en cuenta el número de vehículos de los cinco tipos bajo estudio, C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4, que comprendieron prácticamente la totalidad de los vehículos de carga (más del 95%).

C2.- camión de carga de dos ejes, sencillo el delantero y dual el trasero.

C3.- camión de carga de eje sencillo delantero y eje tandem trasero.

T3S2.- camión de carga articulado con tractor de tres ejes y remolque con eje tandem trasero.

T3S3.- camión de carga articulado con tractor de tres ejes y remolque con eje triple trasero.

T3S2R4.- camión de carga doblemente articulado con tractor de tres ejes y dos remolques, el primero con eje tandem trasero y el segundo con 2 ejes en tandem, uno delantero y el otro trasero.

Con este conjunto de datos se utilizó un modelo computacional estadístico de regresión lineal múltiple para la ecuación anterior, con el objeto de obtener los valores de  $k_1$  y  $k_2$  óptimos como representación del conjunto de datos. La siguiente ecuación se obtuvo con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.75:

$$Fr(i) = \frac{1}{1 + e^{[1.2 + 0.03(C_i + T_i - C_j)]}}$$

donde:

$C_i$  y  $C_j$  son los costos de operación vehicular promedio incurridos por dichos vehículos por las alternativas de cuota y libre, respectivamente.

$T_i$  es la tarifa promedio cobrada a los vehículos de carga que circulan por la alternativa de cuota.

De esta manera, se obtiene un valor general que representa la fracción de *vehículos de carga* que tomará una alternativa de cuota en el caso mexicano, según sea la cuota que se aplique y de acuerdo con los costos de operación vehicular en ambos recorridos.

La ecuación anterior, con los valores de  $k_1$  y  $k_2$  recién obtenidos y conocidos los costos de operación por el proyecto de la ruta de cuota y por la alternativa libre que exista (calculados a partir del estado de esas carreteras), permite definir qué fracción de los *vehículos de carga* usará la nueva carretera de cuota.

Finalmente, para valorar las fracciones de automóviles y autobuses que optarán por la autopista se puede utilizar la siguiente expresión. Esta ecuación fue generada a partir de un análisis similar al ya descrito para los camiones de carga.

$$Fab(i) = \frac{1}{1 + e^{[-0.24 + 0.026(C_i + T_i - C_j)]}}$$

donde:

$Fab(i)$ , es la fracción de los automóviles o los autobuses que optarán por la autopista (del total que incide al sistema formado por las dos alternativas);

$C_i$ , es el costo de operación por la alternativa de cuota para los automóviles o los autobuses, según se desee;

Cj, es el costo de operación por la alternativa libre; y  
 Ti, es la tarifa a pagar por los automóviles o los autobuses.

Al multiplicar los costos de operación vehicular obtenidos en el punto 4.2 Costos de Operación Vehicular, por la longitud de la nueva autopista y de la carretera actual se obtienen dichos costos para toda la longitud de la nueva autopista y de la carretera actual, respectivamente.

### Costos de Operación Vehicular (\$)

Tipo de Vehículo	Alternativa libre	Autopista de cuota
A	1,396	1,056
B	3,755	2,986
Promedio A y B	1,515	1,152
C	2,811	2,180

Los costos de operación "Promedio A y B" de la tabla anterior se calcularon con base en la distribución de los automóviles y autobuses en la carretera actual.

Para el establecimiento de la tarifa de la nueva autopista, se utilizará una tarifa promedio de la zona en la que estaría situada la misma.

### Tarifas Unitarias Promedio de la Zona (\$/km)

Tipo de Vehículo	Tarifa Unitaria Promedio de la Zona (\$/km)
A	0.89
B	1.63
Promedio A y B	0.93
C (promedio)	1.79
Camión (2, 3, 4 ejes)	1.63
Camión (5, 6 ejes)	1.93
Camión (7, 8, 9 ejes)	3.14

Fuente: Unidad de Autopistas de Cuota, Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Las tarifas para el promedio de los automóviles y autobuses, así como para el promedio de los camiones se calcularon con base en la distribución de automóviles, autobuses y camiones de la carretera actual, descritos en el diagnóstico.

### Tarifa de la Nueva Autopista (\$)

Tipo de Vehículo	Distancia (km)	Tarifa Unitaria Promedio (\$/km)	Tarifa de la Autopista (\$)
A	311	0.89	277
B	311	1.63	507
Promedio A y B	311	0.93	288
C	311	1.79	557

Con base en los costos de operación de la carretera libre y la de cuota, así como las tarifas promedio se puede calcular el porcentaje de automóviles, autobuses y camiones que se desviarían de la carretera de cuota para utilizar la nueva autopista.

Para el caso de los camiones:

$$Fr(i) = \frac{1}{1 + e^{[1.2 + 0.03(2180 + 557 - 2811)]}}$$

$$Fr(i) = 0.735$$

Para el caso de los automóviles y autobuses:

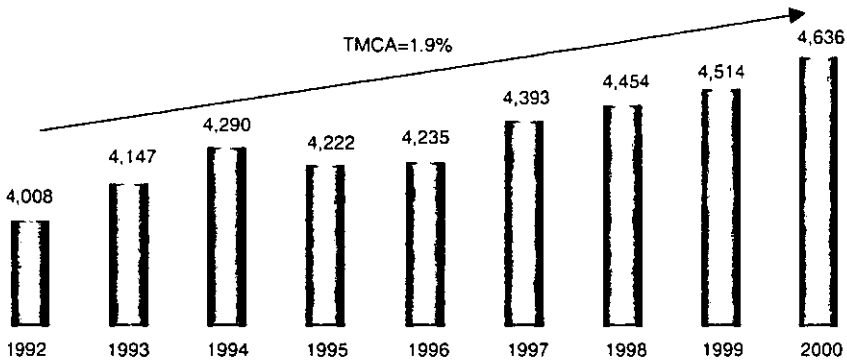
$$Fab(i) = \frac{1}{1 + e^{[-0.24 + 0.026(1,152 + 288 - 1,515)]}}$$

$$Fab(i) = 0.741$$

El siguiente paso es la cuantificación del TDPA del segmento San Luis Potosí-Tampico por tipo de vehículo para posteriormente multiplicarlo por estos factores y así obtener el tránsito desviado de la nueva autopista.

El TDPA histórico del segmento San Luis Potosí – Tampico ha crecido con una tasa media de crecimiento anual del 1.9% alcanzando un valor de 4,636 vehículos en el año 2000.

### Aforo Histórico del Segmento San Luis Potosí - Tampico TDPA



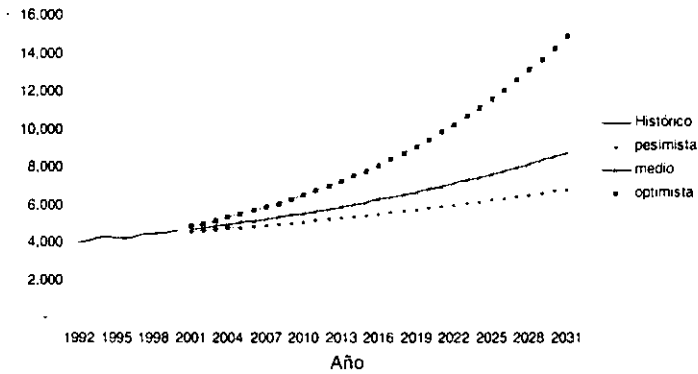
TMCA= tasa media de crecimiento anual

TDPA= tránsito diario promedio anual

Fuente: Datos Viales, Subsecretaría de Infraestructura, SCT

Al igual que en el caso de la incorporación del tercer carril de ascenso, se realizó una correlación entre el desarrollo del TDPA y el Producto Interno Bruto Nacional. La regresión, de tipo lineal de mínimos cuadrados, dio como resultado un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.81$ , el cual confirma que efectivamente existe una correlación confiable entre ambas variables. Para las proyecciones del TDPA en el segmento San Luis Potosí – Tampico se consideraron los mismos tres escenarios del crecimiento del PIB, el pesimista, con un crecimiento anual del 2%, el medio, con un crecimiento del 3% y el optimista, con un crecimiento anual del 5%. A continuación se muestran las proyecciones para los tres escenarios.

## Escenarios de Tránsito del Segmento SLP-Tampico



TDPA = Tránsito diario promedio anual

Como se mencionó anteriormente el tránsito desviado para la nueva autopista se obtiene al multiplicar los factores de asignación antes calculados por el tránsito proyectado del segmento San Luis Potosí - Tampico, para cada uno de los escenarios de crecimiento descritos. Para efectos de este análisis se considerará un periodo de 2 años en la construcción de la autopista comenzando en el 2001, por lo cual en el año 2003 comenzaría la operación de la misma. La siguiente tabla muestra el tránsito desviado hacia la nueva autopista para distintos cortes en el tiempo:

## Tránsito Desviado Asignado a la Nueva Autopista (TDPA)

Periodo	Escenarios		
	Pesimista	Medio	Optimista
2003	3,501	3,608	3,835
2010	3,819	4,125	4,844
2015	4,076	4,566	5,807
2020	4,359	5,077	7,036
2030	5,016	6,356	10,608

TDPA = Tránsito diario promedio anual

### 5.1.2.2 Tránsito Generado

El tránsito generado se debe a la presencia de los puertos de Altamira y Tampico. Uno de los principales beneficios de la nueva autopista sería una mejor conexión con dichos puertos. Por lo mismo, es necesario tomar en cuenta la influencia de los mismos en el tránsito de la autopista, la cual se puede inferir con la información de los anuarios estadísticos del movimiento de carga a través de dichos puertos. Estos anuarios reportan el origen y/o destino de la carga tanto de importación como de exportación para los puertos mexicanos.

La carga que transita a través de los puertos se puede dividir en seis categorías:

1. General Suelta
2. General Contenerizada
3. Granel Agrícola
4. Granel Mineral
5. Petróleo y sus Derivados
6. Otros Fluidos

De estas seis categorías tanto el granel agrícola como el granel mineral utilizan casi en su totalidad el ferrocarril como medio de transporte, por lo cual no se considerarán en este análisis. En el caso del petróleo y sus derivados, así como otros fluidos utilizan ductos o ferrocarril como medio de transporte, por lo cual tampoco se considerarán en este análisis. Por lo tanto, la carga general suelta y contenerizada es la potencial para utilizar el autotransporte y consecuentemente la autopista.

#### Distribución de la Carga General Suelta y Contenerizada por Modo de Transporte

Modo de Transporte	Carga General Suelta	Carga General Contenerizada
Autotransporte	38.8%	88.0%
Ferrocarril	61.2%	12.0%

Fuente: Problemática de la Operación Ferroviaria en el Puerto de Altamira: Análisis, Implicaciones y Propuestas. Grupo de Economistas Asociados (GEA)



Considerando que la mayor parte de la carga general suelta y de la carga general contenerizada es industrial y utilizando una estimación del promedio nacional de toneladas por camión de 14.39 toneladas para este tipo de carga se obtienen los camiones equivalentes anuales y diarios.

### Camiones Equivalentes en el Puerto de Altamira

Estado	General Suelta (ton)		General Contenerizada(ton)		Toneladas por Autotransporte	Ton/camión	Camiones Anuales Equivalentes
	Autotransporte	Ferrocarril	Autotransporte	Ferrocarril			
Coahuila	1,942	3,064	34,240	4,669	36,182	14.394	2,514
Nuevo León	17,923	28,271	20,618	2,812	38,542	14.394	2,678
Querétaro	-	-	41	6	41	14.394	3
San Luis Potosí	1,786	2,816	2,096	286	3,882	14.394	270
Jalisco	-	-	18,484	2,521	18,484	14.394	1,285
Guanajuato	10,705	16,886	2,760	376	13,465	14.394	936
Durango	667	1,052	368	50	1,035	14.394	72
Sonora	176	277	16	2	192	14.394	14
Chihuahua	-	-	259	35	259	14.394	18
Aguascalientes	-	-	237	32	237	14.394	17
Sinaloa	-	-	5	1	5	14.394	1
<b>Suma</b>	<b>33,199</b>	<b>52,366</b>	<b>79,124</b>	<b>10,790</b>	<b>112,324</b>		<b>7,808</b>

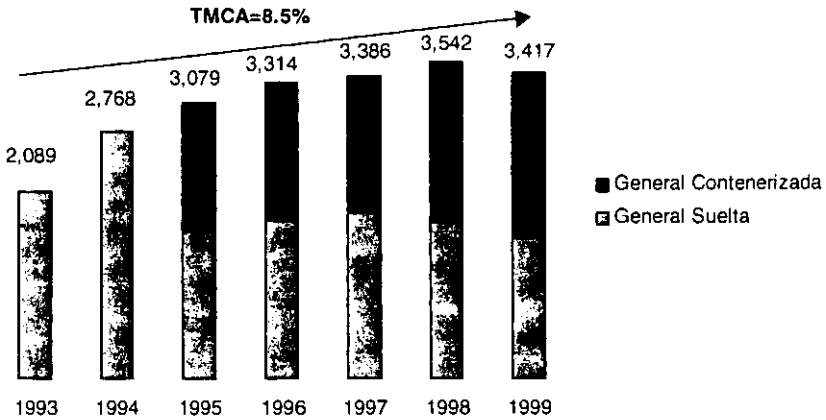
### Camiones Equivalentes en el Puerto de Tampico

Estado	General Suelta (ton)		General Contenerizada(ton)		Toneladas por Autotransporte	Ton/camión	Camiones Anuales Equivalentes
	Autotransporte	Ferrocarril	Autotransporte	Ferrocarril			
Coahuila	75,652	119,328	128	18	75,781	14.394	5,265
Nuevo León	136,962	216,033	23,065	3,145	160,027	14.394	11,118
Querétaro	353	556	119	16	471	14.394	33
San Luis Potosí	64,361	101,519	8,303	1,132	72,664	14.394	5,049
Jalisco	10,068	15,881	14,619	1,993	24,687	14.394	1,716
Guanajuato	3,296	5,198	907	124	4,203	14.394	292
Durango	306	482	2	0	308	14.394	22
Sonora	0	0	0	0	0	14.394	0
Chihuahua	0	0	2	0	2	14.394	1
Aguascalientes	116	184	480	65	596	14.394	42
Sinaloa	0	0	0	0	0	14.394	0
Zacatecas	1,426	2,249	0	0	1,426	14.394	93
Colima	1,552	2,448	57	8	1,609	14.394	99
Michoacán	66	105	215	29	281	14.394	17
<b>Suma</b>	<b>294,159</b>	<b>463,982</b>	<b>47,896</b>	<b>6,531</b>	<b>342,054</b>	<b>14.394</b>	<b>23,747</b>

La suma de los camiones anuales equivalentes de los puertos de Altamira y Tampico en 1999 es de 31,555, correspondientes a 86 camiones diarios. El crecimiento del tránsito correspondiente a ambos puertos se realizará con base en el crecimiento histórico del movimiento de la carga general suelta y general contenerizada a través de ellos.

El movimiento histórico conjunto de la carga general suelta y general contenerizada en ambos puertos presenta una tasa media de crecimiento anual del 8.5%.

**Movimiento Histórico de Carga General Suelta y General Contenerizada en los Puertos de Altamira y Tampico (miles de toneladas)**



TMCA: tasa media de crecimiento anual

Fuente: Anuario Estadístico. Movimiento de Carga, Pasajeros y Buques. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. SCT 1999.

Utilizando esta tendencia histórica de crecimiento se calculan las proyecciones futuras del TDPA de camiones.

**Tránsito Generado para la Nueva Autopista**

Periodo	TDPA (camiones)
2003	120
2010	213
2015	321
2020	484
2030	1,098

TDPA: Tránsito diario promedio anual

### 5.1.2.3 Tránsito Inducido

Esta componente del tránsito se debe a la presencia futura de industrias en la zona. Se utilizará un índice de generación de viajes por hectárea en una zona industrial. Este índice se obtuvo del Centro de Estudios de Transporte de los Estados Unidos de Norteamérica y es equivalente a 7.59 viajes generados/hectárea/día. Asimismo, se considerará un crecimiento de la zona industrial de 11 hectárea/año, tomando como base al Parque Industrial "Bernardo Quintana" de la ciudad de Querétaro.

Suponiendo que la construcción de la nueva autopista comience en el 2001 con una duración de 2 años, el tránsito inducido no comenzaría ese mismo año. Tomando en cuenta un periodo adicional de 1 año para el comienzo del desarrollo industrial, el tránsito inducido comenzaría en el año 2004. A continuación se presenta la proyección del tránsito inducido para diferentes cortes en el tiempo el cual se obtiene al multiplicar el número de hectáreas por año por el índice de generación de viajes;

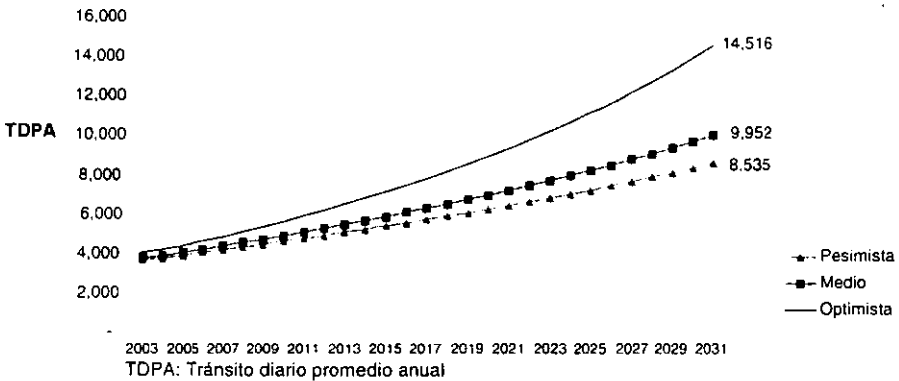
<b>Periodo</b>	<b>TDPA</b>
2005	83
2010	501
2015	918
2020	1,336
2030	2,171

TDPA: Tránsito diario promedio anual

### 5.1.2.4 Tránsito Total

El tránsito total asignado a la nueva autopista sería la suma del tránsito desviado, generado e inducido. En el año de inicio de operaciones de la autopista (2003) se presentarían TDPA de 3,621, 3,728 y 3,955 vehículos para los escenarios pesimista, medio y optimista, respectivamente. La siguiente gráfica muestra las proyecciones para el horizonte de evaluación de la nueva autopista.

**Pronóstico de Tránsito Asignado a la Nueva Autopista**



## **5.2 Costos Logísticos**

En este apartado se analizan los costos logísticos actuales del segmento San Luis Potosí – Altamira, bajo los escenarios de mejoramiento de la infraestructura carretera y los ahorros en cada uno de ellos.

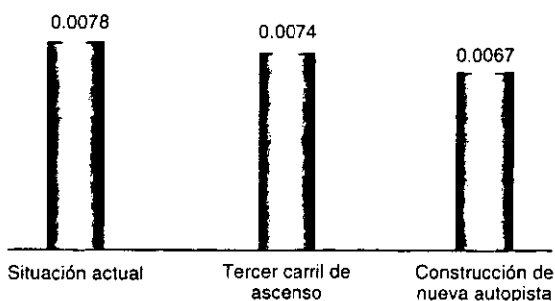
Para el análisis de costos logísticos se utilizó una base de datos proporcionada por el Instituto Mexicano del Transporte, la cual contiene movimientos origen - destino de todo el país. Estos movimientos incluyen la siguiente información:

- Ciudad o Población de origen
- Ciudad o Población de destino
- Tipo de vehículo (C2, C3, T3S2, etc.)
- Tipo de carga
- Toneladas
- Valor de la carga (en USD\$)

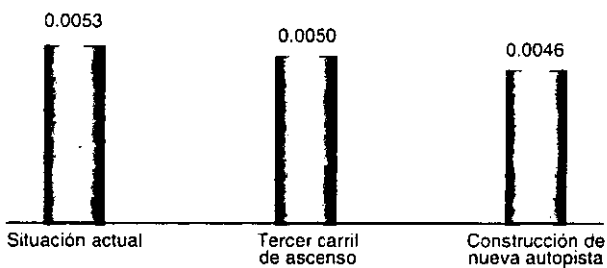
De dicha base de datos se seleccionaron los registros que involucraban al segmento carretero donde se ubicaría el tercer carril de ascenso (T. Izquierdo Cárdenas – Cd. Valles) y/o al segmento carretero relacionado con la nueva autopista. (San Luis Potosí / San Lorenzo – Altamira).

El análisis se realiza para cada una de las categorías de productos antes mencionadas.

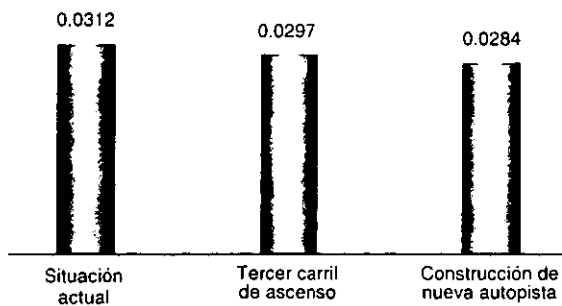
### Productos Forestales (USD\$/ton-km)



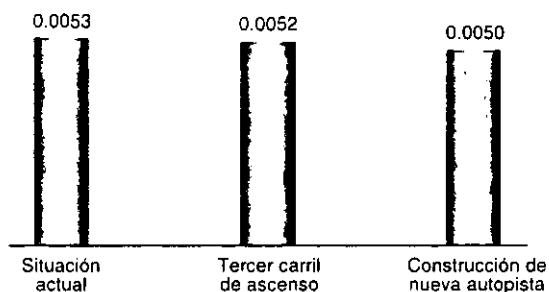
### Productos Agrícolas (USD\$/ton-km)



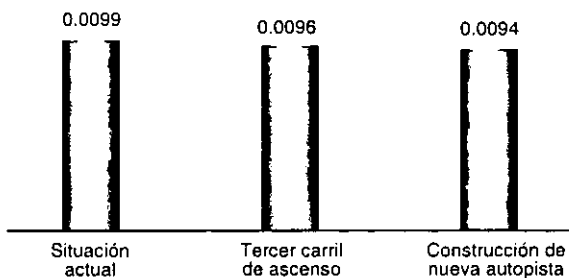
### Animales y sus Productos (USD\$/ton-km)



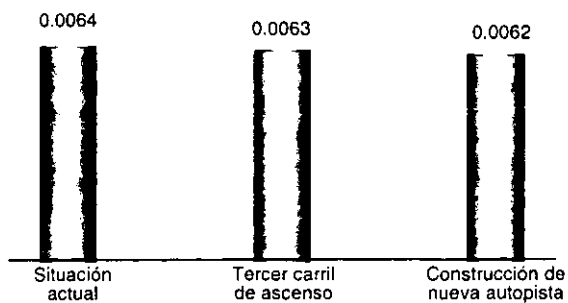
### Productos Minerales (USD\$/ton-km)



### Petróleo y sus Derivados (USD\$/ton-km)

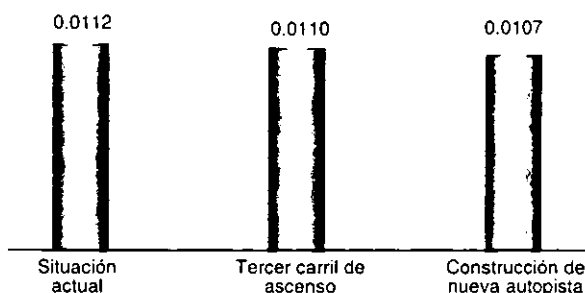


### Productos Inorgánicos (USD\$/ton-km)





### Productos Industriales (USD\$/ton-km)



Las cifras anteriores se encuentran expresadas en ton-km, por lo cual para conocer los ahorros en cada uno de los escenarios es necesario multiplicarlas tanto por el tonelaje como por la distancia registradas en cada movimiento. Para la propuesta de construcción de una nueva autopista, los ahorros se deben multiplicar por el factor de asignación de camiones calculado en el punto 5.1.2.1 referente al tránsito desviado del capítulo Escenarios de Tránsito, ya que no todos los camiones que actualmente circulan por la carretera San Luis Potosí – Altamira utilizarían la nueva autopista.

### Ahorros en Costos Logísticos (USD\$)

Categoría	Incorporación de un tercer carril de ascenso	Construcción de una nueva autopista
Productos Forestales	20,688	75,271
Productos Agrícolas	80,840	247,198
Animales y sus Productos	57,003	198,327
Productos Minerales	1,444	12,245
Petróleo y sus Derivados	23,927	134,368
Productos Inorgánicos	1,692	22,405
Productos Industriales	176,241	1,321,829
<b>Ahorro Total</b>	<b>361,835</b>	<b>2,011,644</b>

Los ahorros que se presentarían en el año 2001 serían de 361,835 USD\$ y 2,011,644 USD\$, que traducidos a moneda nacional, utilizando un tipo de cambio de 9.5 pesos mexicanos por dólar, alcanzarían \$3,437,435 y \$19,110,618 para los escenarios de la incorporación del tercer carril de ascenso y la construcción de una nueva autopista, respectivamente.

## **6. Evaluación Económica y Financiera**

En este capítulo se realiza la evaluación económica para las dos propuestas de mejoramiento de la infraestructura carretera y la evaluación financiera para la propuesta de construcción de una nueva autopista. Para la incorporación del tercer carril de ascenso no se realizará una evaluación financiera ya que no se cobraría cuota alguna por su utilización.

### **6.1 Evaluación Económica**

A continuación se presentan la metodología, consideraciones e insumos necesarios para realizar la evaluación económica del proyecto, así como los resultados obtenidos. Los temas a tratar son los siguientes:

6.1.1 Metodología

6.1.2 Beneficios Económicos

6.1.3 Inversión y Egresos

6.1.4 Indicadores de Rentabilidad Económica

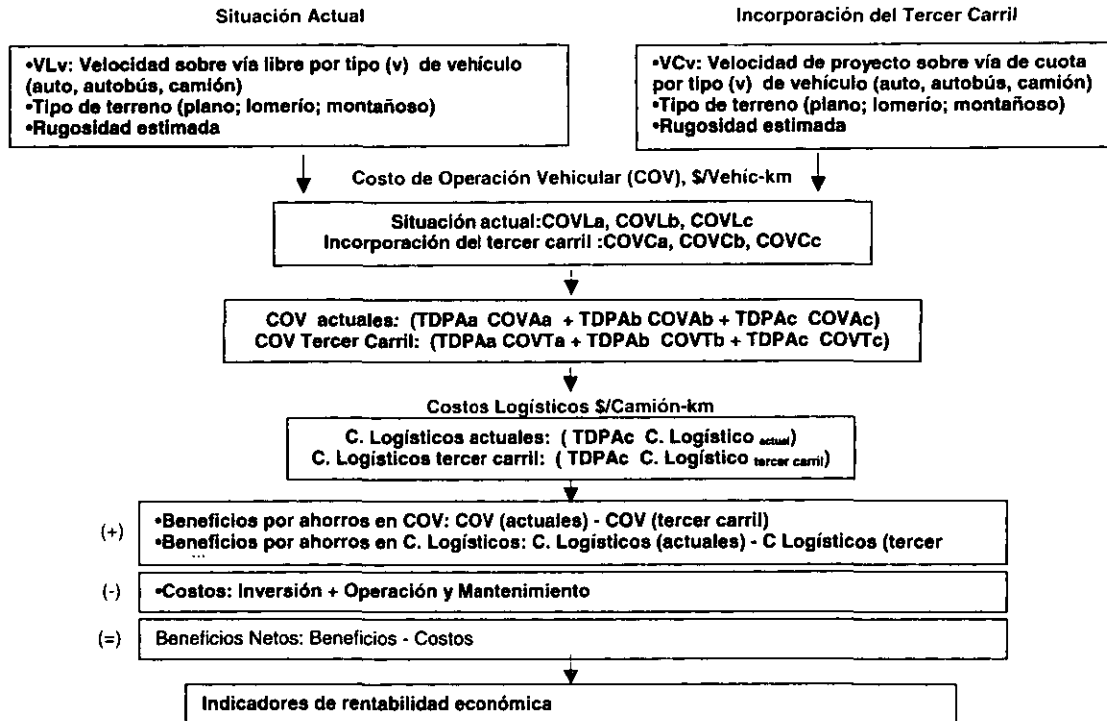
#### *6.1.1 Metodología*

La metodología utilizada para cada uno de las propuestas de mejoramiento es distinta ya que las características de las mismas lo son.

##### *6.1.1.1 Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso*

Para la determinación de los beneficios económicos del tercer carril de ascenso se tomó como base el tránsito actual del segmento en estudio. Se consideraron las condiciones físicas y de operación actuales, así como las que se tendrían con la incorporación del tercer carril de ascenso. Con base en ellas se determinaron los costos de operación actuales y con la incorporación del tercer carril mediante el modelo VOC, por tipo de vehículo para todos los años en el horizonte de evaluación del proyecto. Posteriormente se calcularon los costos logísticos actuales y con la incorporación del tercer carril con el Modelo de Costos Logísticos para posteriormente determinar los ahorros en los mismos. Con las estimaciones del flujo vehicular a lo largo del proyecto se calcularon los beneficios económicos correspondientes. Estos beneficios económicos incluyen los ahorros en costos de operación vehicular y en costos logísticos.

El siguiente esquema ilustra la metodología utilizada en la evaluación económica de la incorporación del tercer carril de ascenso:

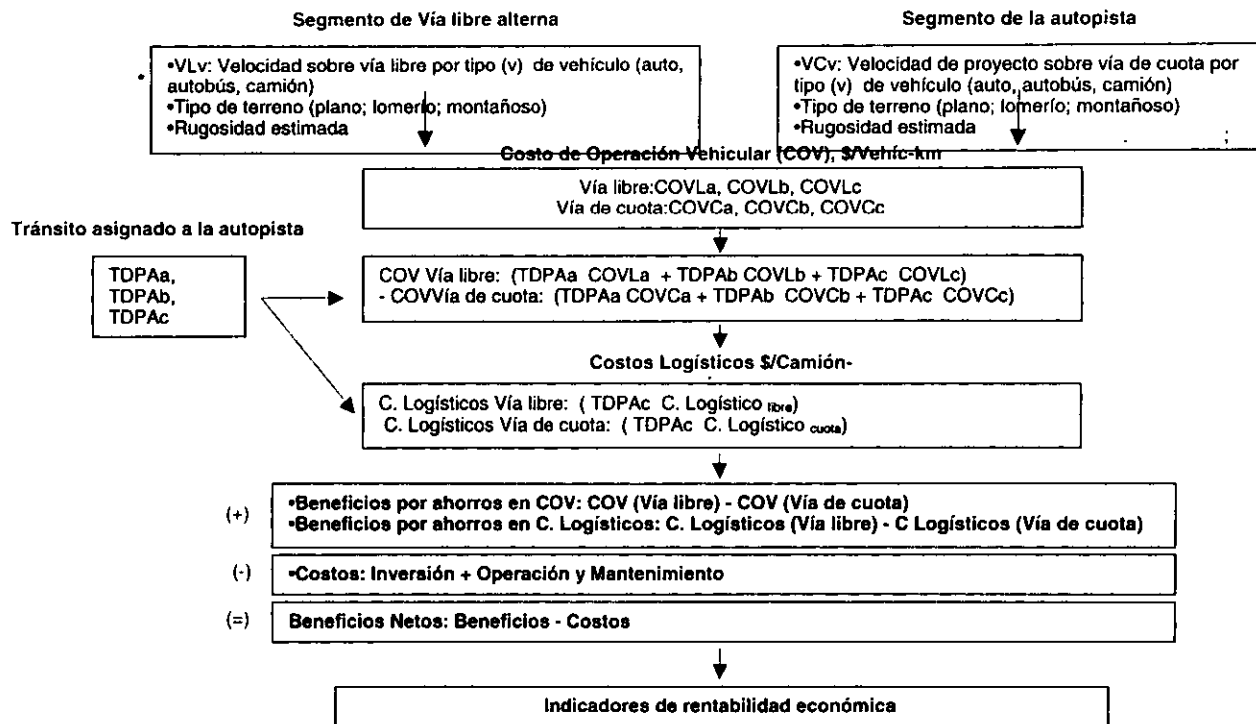


Fuente: Estudio de Asignación y Pronóstico de Tránsito, Evaluación Económica y Financiera del Tramo Aeropuerto Hermanos Serdán Entronque Autopista México Veracruz ubicada en la Ciudad de Puebla, Felipe Ochoa y Asociados 2000

### *6.1.1.2 Construcción de una Nueva Autopista*

Para determinar los beneficios económicos de la nueva autopista se tomaron como base principal, el tránsito de la carretera San Luis Potosí – Altamira, las asignaciones de tránsito para la nueva autopista y los pronósticos del proyecto determinados en los estudios correspondientes, asimismo, se consideraron las condiciones físicas y de operación de la carretera actual. Con base en las condiciones de la carretera actual se determinaron los ahorros en los costos de operación mediante el modelo VOC, por tipo de vehículo para cada año del horizonte de la evaluación, en la situación sin proyecto y con proyecto. Adicionalmente, mediante la utilización del Modelo de Costos Logísticos se calcularon los costos logísticos actuales y los que se presentarían con el proyecto para posteriormente determinar los ahorros en los mismos. Mediante los flujos respectivos se determinaron los correspondientes beneficios. Los beneficios anuales corresponden a los ahorros en costos de operación y costos logísticos de los vehículos.

A continuación se presenta el esquema metodológico ilustrativo para la evaluación económica de la nueva autopista:



Fuente: Estudio de Asignación y Pronóstico de Tránsito, Evaluación Económica y Financiera del Tramo Aeropuerto Hermanos Serdán Entronque Autopista México Veracruz ubicada en la Ciudad de Puebla, Felipe Ochoa y Asociados 2000

### 6.1.2 Beneficios Económicos

Para ambas propuestas se calcularon los costos de operación vehicular y los costos logísticos actuales y bajo las condiciones de mejoramiento en los capítulos 5 y 6, respectivamente. Posteriormente, con base en el tránsito pronosticado para cada escenario se calcularon los ahorros tanto en costos de operación vehicular como en costos logísticos. Los beneficios anuales para cada escenario corresponden a dichos ahorros. En las siguientes tablas se muestran para cada propuesta de mejoramiento y escenario de pronóstico los beneficios estimados para diferentes cortes en el tiempo.

#### **Beneficios Económicos para la Incorporación del Tercer Carril de Ascenso (millones de pesos)**

Periodo	Escenario Pesimista			Escenario Medio			Escenario Optimista		
	Total	Ahorros COV	Ahorros C. Logísticos	Total	Ahorros COV	Ahorros C. Logísticos	Total	Ahorros COV	Ahorros C. Logísticos
2002	<b>61.86</b>	58.38	3.48	<b>63.42</b>	59.85	3.57	<b>66.69</b>	62.94	3.75
2005	<b>64.26</b>	60.65	3.61	<b>67.21</b>	63.43	3.78	<b>73.65</b>	69.51	4.14
2010	<b>68.61</b>	64.75	3.86	<b>74.33</b>	70.15	4.18	<b>87.78</b>	82.84	4.94
2020	<b>78.70</b>	74.27	4.43	<b>92.15</b>	86.97	5.18	<b>128.82</b>	121.58	7.24
2030	<b>91.00</b>	85.88	5.12	<b>116.10</b>	109.57	6.53	<b>195.67</b>	184.67	11.00

Los beneficios económicos para la incorporación del tercer carril oscilarían en el año de inicio de operaciones entre 62 y 67 millones de pesos, dependiendo del escenario.

Para el caso de la construcción de la nueva autopista se considerará una “curva de aprendizaje” de los usuarios, es decir, no todos los automóviles proyectados para utilizarla lo realizarían al inicio de operaciones de la misma, por lo cual se multiplicará dicha proyección por un factor de 0.6 para el año 2003, otro de 0.9 para el 2004 y 1.0 para años posteriores.

### **Beneficios Económicos para la Construcción de una Nueva Autopista (millones de pesos)**

Periodo	Escenario Pesimista			Escenario Medio			Escenario Optimista		
	Total	Ahorros COV	Ahorros C. Logísticos	Total	Ahorros COV	Ahorros C. Logísticos	Total	Ahorros COV	Ahorros C. Logísticos
2003	<b>350.40</b>	334.87	15.53	<b>360.54</b>	344.61	15.93	<b>382.03</b>	365.26	16.76
2005	<b>616.53</b>	588.82	27.70	<b>641.38</b>	612.70	28.68	<b>695.64</b>	664.84	30.80
2010	<b>738.09</b>	703.79	34.30	<b>786.31</b>	750.13	36.18	<b>899.61</b>	859.00	40.61
2020	<b>1,026.92</b>	974.41	52.52	<b>1,140.23</b>	1,083.29	56.95	<b>1,449.17</b>	1,380.15	69.02
2030	<b>1,425.85</b>	1,342.04	83.81	<b>1,637.25</b>	1,545.18	92.07	<b>2,037.65</b>	2,189.38	118.27

En este caso los beneficios económicos para el año de inicio de operaciones (2003) oscilarían entre 350 y 382 millones de pesos.

### *6.1.3 Inversión y Egresos*

#### *6.1.3.1 Incorporación del Tercer Carril de Ascenso*

##### *Inversión*

La inversión para esta propuesta se basó en el "Manual de Diseño Geométrico del Tercer Carril de Ascenso para Carreteras Mexicanas de Dos Carriles" publicado por el Instituto Mexicano del Transporte. El monto de la misma sería de 2.61 millones de pesos/km, que corresponden a 240.31 millones de pesos por todo el segmento carretero. Esta inversión incluye señalamiento vertical, supervialetas centrales, vialetas separadoras de carriles y marcas reflejantes sobre el pavimento. Considera la ampliación del camino a 3.5 m con carpeta de 10 cm de espesor y capa subrasante y base de 30 cm cada una. El corte / terraplén (C/T) es de 4 metros para el terreno montañoso. Se consideró que la construcción tendría una duración de 1 año.

##### *Gastos de operación*

Los gastos de operación del tercer carril de ascenso se calcularon a partir de un monto por km/año, el cual se estimó en 78 mil pesos/km/año (no incluye IVA) este gasto se basó en datos de operación de carreteras con características similares.

##### *Gastos de conservación y mantenimiento*

El costo de conservación rutinaria se estimó en 90 mil pesos/anuales/km y de 0.4% y 0.85% de la inversión como costos de mantenimiento preventivo y mayor, respectivamente. Estos costos no incluyen IVA y se estimaron de acuerdo con información de otras autopistas ya en operación, tomando en cuenta las características físicas y los volúmenes de tránsito.



### *6.1.3.2 Construcción de una Nueva Autopista*

#### *Inversión*

La estimación de la inversión se realizó con base en los "Costos Promedio de Infraestructura Carretera" publicados por la Dirección General de Planeación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. La inversión corresponde a una autopista A2 con un valor por kilómetro de 9,72 millones de pesos/km, que equivale a un monto total de 3,022 millones para los 311 km de la nueva autopista. Se consideró que la construcción tendría una duración de 2 años, con montos de inversión del 30% y 70% para el primer y segundo año, respectivamente.

#### *Gastos de operación*

Los gastos de operación de la nueva autopista en proyecto se calcularon a partir de un monto por km/año, el cual se estimó en 78 mil pesos/km/año (no incluye IVA) este gasto se basó en datos de operación de carreteras con características similares.

#### *Gastos de conservación y mantenimiento*

El costo de conservación rutinaria se estimó en 80 mil pesos/ anuales/km y de 0.4% y 0.85% de la inversión como costos de mantenimiento preventivo y mayor, respectivamente. Estos costos no incluyen IVA y se estimaron de acuerdo con información de otras autopistas ya en operación, tomando en cuenta las características físicas y los volúmenes de tránsito.

### *Gastos de administración y personal*

Se consideró un monto anual de 3 mil pesos por kilómetro como gastos de administración, que incluyen gastos como: papelería, agua, teléfono, etc. Adicionalmente, se consideraron los honorarios del personal fiduciario equivalentes a 2 personas con un sueldo promedio de \$10,000 mensuales, así como 2 administradores y 1 contador con sueldos de \$10,000 más 41% de prestaciones.

#### *6.1.4 Indicadores de Rentabilidad Económica*

En función de los beneficios del proyecto, el monto de las inversiones y los gastos de mantenimiento se calcularon los principales indicadores de rentabilidad económica en un periodo de evaluación de 30 años y a una tasa anual de descuento del 12%.

#### **Incorporación de un Tercer Carril de Ascenso**

<b>Escenario</b>	<b>VPN 30 años @12%</b>	<b>Beneficios VP 30 años @12%</b>	<b>Costos VP 30 años @12%</b>	<b>VP Inversión</b>	<b>TIR @ 30 años</b>	<b>B/C "</b>
Pesimista	218.40	491.94	58.98	214.56	23.8%	1.80
Medio	261.31	534.85	58.98	214.56	25.2%	1.96
Optimista	370.55	644.09	58.98	214.56	28.3%	2.35

Cifras en millones de pesos

1/ Incluye a la inversión

VP= Valor Presente

VPN= Valor Presente Neto

TIR= Tasa Interna de Retorno

Para la incorporación del tercer carril de ascenso el VPN sería positivo para todos los escenarios, obteniéndose tasas internas de retorno (TIR) oscilando entre el 23.8% y el 28.3%. Por lo cual se considera económicamente rentable.

## Construcción de una Nueva Autopista

Escenario	VPN 30 años @12%	Beneficios VP 30 años @12%	Costos VP 30 años @12%	VP Inversión	TIR @ 30 años	B/C <sup>1/</sup>
Pesimista	1,787.2	4,609.0	325.9	2,495.8	18.8%	1.63
Medio	2,125.4	4,947.2	325.9	2,495.8	19.7%	1.75
Optimista	2,989.3	5,811.0	325.9	2,495.8	21.9%	2.06

Cifras en millones de pesos

1/ Incluye a la inversión

VP= Valor Presente

VPN= Valor Presente Neto

TIR= Tasa Interna de Retorno

En este caso, la tasa interna de retorno (TIR) oscilaría entre 18.8% y 21.9%, con VPN positivos en todos los casos, por lo cual también se puede considerar económicamente rentable.

## **6.2 Evaluación Financiera**

Como se mencionó anteriormente la evaluación financiera únicamente se realizará para el escenario de la construcción de una nueva autopista debido a que en el escenario de la incorporación del tercer carril de ascenso no se cobraría cuota alguna por su uso.

Con base en los escenarios de tránsito propuestos anteriormente, los ingresos, egresos e inversiones necesarias se realiza la evaluación financiera para un horizonte de operación de 30 años. En este capítulo se presentan la metodología utilizada, proformas financieros, así como los principales indicadores financieros. Se desarrollarán los siguientes temas:

### 6.2.1 Generalidades y Esquema Metodológico

### 6.2.2 Ingresos

### 6.2.3 Inversión y Egresos

### 6.2.4 Estructura de Capital

### 6.2.5 Proformas Financieros

### 6.2.6 Indicadores de Rentabilidad Financiera

#### *6.2.1 Generalidades y Esquema Metodológico*

Para cada escenario de tránsito se realizó la evaluación financiera mediante un modelo basado en los siguientes aspectos y parámetros:

Los ingresos del proyecto se calculan como el producto de las tarifas unitarias por tipo de vehículo promedio de la nueva autopista, por las proyecciones de tránsito para cada uno de los escenarios.

La inversión y los costos de conservación y mantenimiento se estimaron con precios derivados de otras autopistas ya en operación.

Los costos de operación, administración, personal operativo, se estimaron también con base en otros proyectos carreteros.

Se realizó una evaluación para un periodo de concesión máximo de 30 años, incluyendo el periodo de construcción (2 años), a partir del 2001 y concluyendo en el 2030.

Se consideró la aplicación del Impuesto al Valor Agregado (IVA), el Impuesto Sobre la Renta (ISR) y la Participación de los Trabajadores en las Utilidades (PTU).

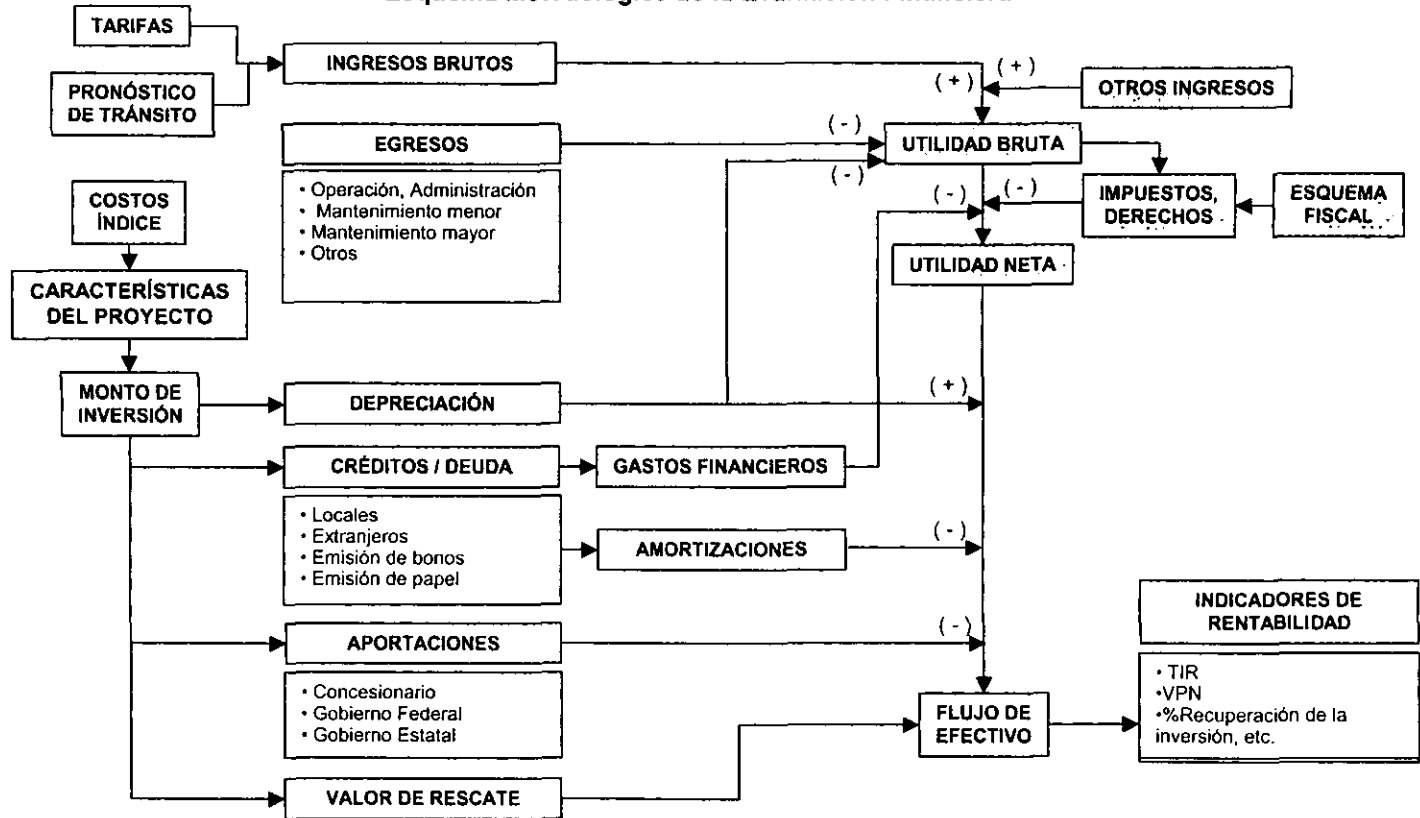
Las tarifas utilizadas corresponden a las tarifas promedio de la zona en la que estaría inmersa la nueva carretera.

Se consideró un apalancamiento del 20% de la inversión total, vía créditos de la banca comercial y de desarrollo, a diferentes periodos y tasas reales de interés.

Se incluye la elaboración de dos proformas financieras: estado de resultados y usos y aplicación de recursos.

El esquema metodológico utilizado es el que se ilustra a continuación:

### Esquema Metodológico de la Evaluación Financiera



Fuente: Estudio de Asignación y Pronóstico de Tránsito, Evaluación Económica y Financiera del Tramo Aeropuerto Hermanos Serdán Entronque Autopista México Veracruz ubicada en la Ciudad de Puebla, Felipe Ochoa y Asociados 2000

### 6.2.2 Ingresos

Los ingresos de operación provenientes de las tarifas se obtuvieron mediante el producto del tránsito asignado por la tarifa. Esta tarifa varía dependiendo del tipo de vehículo.

#### Tarifas de la Nueva Autopista

Tipo de Vehículo	Tarifa (\$)
A	277
B	451
C2	451
C3	451
C4	451
C5	534
C6	534
C7	869
C8	869
C9	869

Las tarifas fueron estimadas con base en la tarifa promedio de la región

Para cada escenario se presentan los ingresos para el año de inicio de operaciones, así como para diferentes cortes en el tiempo pesos. Al igual que en la evaluación económica se considerará una "curva de aprendizaje" de los usuarios, es decir, no todos los automóviles proyectados para utilizarla lo realizarían al inicio de operaciones de la misma, por lo cual se multiplicará dicha proyección por un factor de 0.6 para el año 2003, otro de 0.9 para el 2004 y 1.0 para años posteriores. Estos ingresos oscilan en el año de inicio de operaciones entre millones de pesos, mientras que para el año 2030 entre millones de

### Ingresos Tarifarios (millones de pesos)

Periodo	Escenarios		
	Pesimista	Medio	Optimista
2003	261.34	268.94	285.06
2005	459.54	478.18	518.86
2010	549.30	585.45	670.41
2020	760.63	845.58	1,077.23
2030	1,047.88	1,206.39	1,709.05

Los ingresos tarifarios oscilarían para el año de inicio de operaciones entre 261 y 285 millones de pesos, dependiendo del escenario considerado.

#### 6.2.3 Inversión y Egresos

La inversión, gastos de operación, gastos conservación y mantenimiento y los gastos de administración y personal son los mismos que se consideraron en la evaluación económica.

#### *Impuestos*

Se consideró el cobro y pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA), para los ingresos, los egresos y las inversiones, señalando su aplicación durante el análisis. Se elaboró una tabla complementaria para estimar el IVA a favor de los ingresos que compensaría el pago del impuesto de la inversión. Adicionalmente, se estimó la Participación de los Trabajadores de las Utilidades (PTU) igual al 10% y el Impuesto Sobre la Renta (ISR) igual al 34%, ambos respecto a los resultados operativos menos los gastos y productos financieros y restando la depreciación.

#### *Depreciación*

La depreciación se calculó de acuerdo a los años de la concesión de la autopista en estudio (30 años). Esta se estimó linealmente durante todo el periodo de concesión, a lo largo del cual se depreciaría el total de la inversión, sin IVA, incluyendo las afectaciones.



### 6.2.4 Estructura de Capital

El proyecto contará con un apalancamiento del 40% y una aportación de capital del 60% de las inversiones necesarias.

El crédito se solicitará a una institución bancaria comercial extranjera, en dólares.

#### Características del Crédito

Concepto	Tipo de Institución	Monto de los Créditos		Tasa de interés del crédito	Tiempo de amortización del crédito.
		Millones de \$	Millones de USD		
Crédito total		604.40	63.62		
Institución Internacional	Banca comercial	604.40	63.62	9.6%	10 años

El tipo de cambio se consideró en 9.5 pesos m.n. por dólar.

La estructura de las aportaciones del capital son las siguientes:

#### Características del Capital (Millones de \$)

Concepto	Tipo de Inversionista	Monto de los Inversionistas		Tasa Interna de Retorno Esperada (Real)	
		Millones de \$	Part.		
Total de Inversionistas		2,417.6	100%	Promedio	3.0%
Inversionista 1	Gobierno de San Luis Potosí	967.04	40%		0%
Inversionista 2	Gobierno Federal	967.04	40%		0%
Inversionista 3	Constructor	241.7	10%		15%
Inversionista 4	Capitalista	241.7	10%		15%

### 6.2.5 Proformas Financieros

En este apartado se presenta una síntesis de cada uno de los proformas financieros, estado de resultados y estado de fuentes y usos de recursos

#### *Estado de resultados*

El estado de resultados inicia cuando entra en operación la autopista (2003). En éste se incluye el desglose de los ingresos y de los egresos de operación, que incluyen el pago de intereses, los productos financieros y la depreciación, así como el cálculo de los impuestos (PTU e ISR), obteniéndose el resultado neto del ejercicio. del IVA a favor, proveniente del IVA pagado de la inversión, para realizar una compensación al impuesto generado por los ingresos. Acompañado al estado de resultados se encuentra el cálculo del IVA a favor, proveniente del IVA pagado de la inversión, para realizar una compensación al impuesto generado por los ingresos.

#### **Resumen del Estado de Resultados (cifras en millones de pesos)**

<b>Concepto</b>	<b>Año</b>				
	<b>2003</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
Ingresos operativos	233.9	415.8	509.1	735.3	1,049.0
Egresos operativos	50.9	50.9	50.9	50.9	64.0
Gastos y productos financieros	54.5	18.8	(18.7)	(42.7)	(60.6)
Depreciación	80.6	80.6	80.6	80.6	80.6
Impuestos	21.1	116.9	174.4	284.5	424.6
Resultado del ejercicio	26.9	148.7	222.0	362.0	540.4

Corresponde al escenario medio. No incluye I.V.A:

## Fuentes y Usos de Recursos

En el proforma de fuentes y usos de recursos se presentan los flujos de recursos financieros, según su procedencia y aplicación. Este se inicia cuando se otorga la concesión, incluyendo el periodo de construcción, dentro de éste se incorporan los pagos del IVA, las inversiones, los ingresos y los gastos, incluyendo asimismo, los pagos de capital de los créditos contratados y acumulando cada año los resultados del ejercicio anterior. Las cifras de ingresos y egresos provienen en su mayoría del estado de resultados adicionando las aportaciones de los inversionistas y el pago de los créditos.

### Resumen de las Fuentes y Usos de Recursos (cifras en millones de pesos)

Concepto	Año				
	2003	2005	2010	2020	2030
Flujo del ejercicio anterior	(48.1)	145.6	1,418.2	4,966.5	10,148.5
Aportaciones de capital y deuda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ingresos operativos	268.9	478.2	585.5	845.6	1,206.4
Adquisición de activos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
IVA pagado	7.5	7.5	51.6	110.3	157.4
Gastos de operación	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3
Disponibilidad	65.7	429.8	1,745.5	5,409.1	10,769.5
Flujo del ejercicio	(8.1)	348.5	1,711.3	5,409.1	10,769.5

Corresponde al escenario medio.

#### 6.2.6 Indicadores de Rentabilidad Financiera

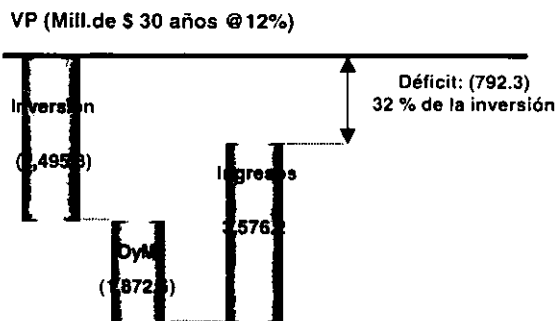
Con base en los ingresos tarifarios, el monto de las inversiones y los gastos de operación, administración, conservación y mantenimiento, así como los gastos y productos financieros e impuestos, se obtuvieron los indicadores de rentabilidad financiera para un horizonte de operación de 30 años y una tasa anual de descuento del 12% en términos reales. Estos indicadores señalan que el proyecto presentaría VPN negativos con tasas internas de retorno (TIR) que oscilan entre 8.5% y 10.7%. La recuperación de la inversión podría alcanzar hasta un 93%.

## Indicadores de Rentabilidad Financiera (cifras en millones de pesos)

Escenario	VPN 30 años @12%	Ingresos VP 30 años @12%	Egresos VP 30 años @12%	VP Inversión	TIR @ 30 años	Plazo Mínimo de Concesión (años)	Recuperación de la inversión
Pesimista	(792.3)	3,576.2	1,872.6	2,495.8	8.5%	30	82%
Medio	(659.5)	3,841.1	2,004.7	2,495.8	9.2%	30	85%
Optimista	(322.1)	4,517.7	2,343.9	2,495.8	10.7%	30	93%

Considerando estos indicadores de rentabilidad financiera, el estado de resultados y las fuentes y usos de recursos la construcción de la nueva autopista podría ser financieramente rentable al aportar el 32%, 26% o 13% de la inversión para los escenarios pesimista, medio y optimista, respectivamente.

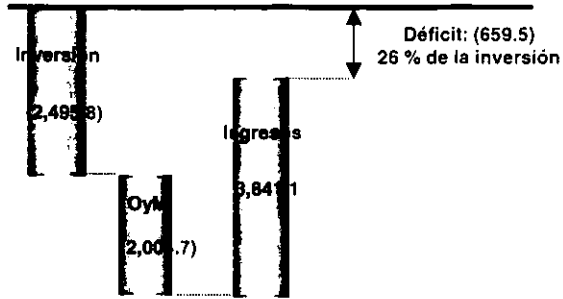
### Escenario Pesimista



O y M: Operación y Mantenimiento

## Escenario Medio

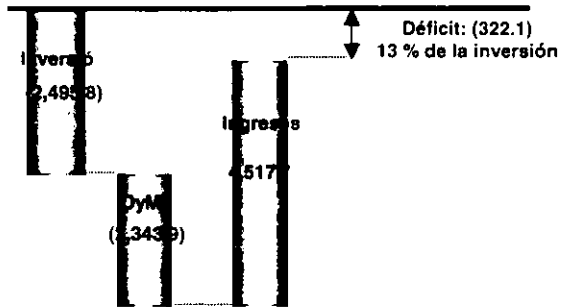
VP (Mill.de \$ 30 años @12%)



O y M: Operación y Mantenimiento

## Escenario Optimista

VP (Mill.de \$ 30 años @12%)



O y M: Operación y Mantenimiento

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

- El diagnóstico del corredor Manzanillo - Altamira señala que éste es susceptible de mejoras en su infraestructura carretera.
- Existen segmentos cuya mejora reduciría los costos de operación vehicular y los costos logísticos, por ejemplo, Lagos de Moreno – Tampico.
- En general, los Costos Unitarios Logísticos y de Transporte del autotransporte son mayores para el corredor Manzanillo - Altamira que para el corredor México-Nuevo Laredo debido a que las condiciones de la infraestructura carretera son mejores para el segundo.
- Para el mejoramiento de la infraestructura carretera se consideraron dos propuestas:
  - Incorporación de un tercer carril de ascenso en el segmento Entronque Izquierdo a Cárdenas – Ciudad Valles.
  - Construcción de una nueva autopista en el segmento San Lorenzo – Altamira.
- La proyección del tránsito para la incorporación de la infraestructura carretera se realizó mediante una regresión lineal de mínimos cuadrados entre el aforo histórico y el PIB nacional con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 0.78.

- En el caso de la proyección del tránsito de la propuesta de construcción de una nueva autopista se dividió éste en tres componentes: tránsito desviado, tránsito generado y tránsito inducido. Para el tránsito desviado se utilizó un modelo logit binomial basado en costos de operación vehicular y tarifas que se cobrarían por tipo de vehículo para determinar el porcentaje del tránsito actual que utilizaría la nueva autopista. Para el tránsito generado se utilizaron índices de generación de viajes para zonas industriales, así como tasas anuales de crecimiento de dichas zonas. Para el tránsito inducido se estimó el número de vehículos con origen o destino en los puertos de Altamira y Tampico para determinar su incremento futuro con base en el incremento de carga de dichos puertos.
- Ambas propuestas serían económicamente rentables ya que los beneficios cubrirían el monto de la inversión y los gastos de operación y mantenimiento a lo largo del horizonte de evaluación. Para el escenario de la incorporación del tercer carril de ascenso se tendrían tasas internas de retorno (TIR) que oscilarían entre 23.8% y 28.3%, con relaciones beneficio – costo (B/C) entre 1.80 y 2.35, mientras que en el caso de la construcción de la nueva autopista la TIR oscilaría entre 18.8% y 21.9% con relaciones beneficio – costo (B/C) entre 1.63 y 2.06.
- El análisis financiero se realizó únicamente para la propuesta de construcción de una nueva autopista ya que en la incorporación del tercer carril de ascenso no se cobraría una cuota por su utilización. Las tarifas que se utilizaron para dicho análisis son las tarifas promedio de la zona de la autopista. Este propuesta sería financieramente rentable si se aportara entre el 39% y el 13% de la inversión, ya que los ingresos tarifarios no serían suficientes para cubrir la inversión y los egresos operativos, aunque en los proformas financieros se muestra que si se tendría un flujo positivo de dinero a partir del año 2005.

- Ambas propuestas de mejoramiento serían positivas para el corredor Manzanillo – Altamira ya que económicamente serían rentables. Desde el punto de vista financiero, el escenario de la construcción de la nueva autopista podría llevarse a cabo debido a que una aportación del 13% de la inversión (escenario de tránsito asignado optimista) correspondiente a 322 millones de pesos tendría posibilidad de realizarse por parte de los gobiernos estatales y el gobierno federal.
- Considero que la construcción de la nueva autopista sería mejor para el funcionamiento del corredor debido a que su duración sería mayor que la incorporación de un tercer carril de ascenso. Sin embargo, considerando que la inversión es considerablemente mayor, si no se contara con esa cantidad de dinero, la incorporación del tercer carril de ascenso sería satisfactoria.
- Para tomar la decisión de la construcción de una nueva autopista se deben realizar estudios más detallados de campo de origen – destino, así como de disponibilidad al uso y pago de la autopista ya que éstos reflejan de mejor manera la realidad.
- Como se menciona en la introducción, existen 3 corredores transversales además del corredor Manzanillo – Tampico: Acapulco – Veracruz, Acapulco – Tuxpan, Mazatlán – Matamoros y Veracruz – Acapulco, los cuales podrían ser objeto de mejoramiento. En el primero de éstos, prácticamente todo el trayecto se realiza en autopista y el puerto de Veracruz tendrá problemas para crecer en el futuro. En el segundo corredor, el puerto de Tuxpan no tiene la suficiente profundidad para recibir embarcaciones de gran calado, como las que actualmente transportan contenedores. En el tercer corredor, si se mejorara se impulsaría indirectamente al puerto de Brownsville, localizado al norte de Matamoros, lo cual mermaría e potencial de crecimiento del puerto de Altamira. Por lo tanto, el corredor Manzanillo – Tampico representa la mejor opción para ser sujeto de mejoramiento de su infraestructura carretera.



## Referencias

Felipe Ochoa y Asociados *"Análisis de la Articulación Carretera Troncal en los Principales Nodos del Sistema Intermodal del País"*, México 1999.

Felipe Ochoa y Asociados *"Estudio de Asignación y Pronóstico de Tránsito, Evaluación Económica y Financiera del Tramo Aeropuerto Hermanos Serdán Entronque Autopista México Veracruz Ubicado en la Ciudad de Huejotzingo, Puebla"*, México 2000.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Análisis de Capacidad para Rampas en Carreteras Mexicanas de Dos Carriles"*, Querétaro, Querétaro 1993.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Factibilidad Económica de la Instalación del Tercer Carril de Ascenso en Rampas de Carreteras Mexicanas de Dos Carriles"*, Querétaro, Querétaro 1993.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Desarrollo de Normas para el Proyecto del Tercer Carril de Ascenso en Carreteras de Dos Carriles"*, Querétaro, Querétaro 1993.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras"*, Querétaro, Querétaro 1991.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Una Aproximación a la Definición de los Principales Corredores de Transporte Terrestre en México (Basada en Información Origen – Destino del Autotransporte y Ferrocarril)"*, San Fandila, Querétaro 1997.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Criterios para Establecer la Cuota Óptima en una Autopista de Cuota"*, Querétaro, Querétaro 1995.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Identificación de las Mercancías Movidas por los Principales Corredores de Transporte Terrestre Mexicanos"*, Querétaro, Querétaro 1997.

Instituto Mexicano del Transporte, *"Logística: Una Visión Sistémica"*, Querétaro, Querétaro 1995.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *"Modernización del Sistema Carretero Troncal"*, México 1999.

Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, SCT, "*Anuario Estadístico. Movimiento de Carga, Pasajeros y Buques*", México 1999.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, "*Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa*", México 1999.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, "*XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Resultados Preliminares*", México 2000.

Grupo de Economistas y Asociados "*Problemática de la Operación Ferroviaria en el Puerto de Altamira: Análisis, Implicaciones y Propuestas*", México 1999.

Thawat Watanatada et al, "*Vehicle Speeds and Operating Costs*", The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington D.C. 1987.

Andrew Chesher et al, "*Vehicle Operating Costs: Evidence from Developing Countries*", The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 1987.

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 1994*", México 1994

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 1995*", México 1995

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 1996*", México 1996

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 1997*", México 1997

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 1998*", México 1998

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 1999*", México 1999

Subsecretaría de Infraestructura, SCT, "*Datos Viales 2000*", México 2000

Paul H. Wright et al, "*Transportation Engineering Planning and Design*" John Wiley & Sons E.U.A. 1989.

Secretaría de Obras Públicas, "*Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*", México 1976.