

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE  
Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

**APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DEL TRANSPORTE A LAS  
CONCESIONES DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA**

**TESIS**

**Que para obtener el Grado de  
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**

**ANTONIO LUIS OTERO MENDOZA**

**QUERÉTARO, QRO.**

**1997**

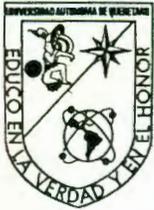
No. Adq. H60605

No. Título \_\_\_\_\_

Clas. 625.7 \_\_\_\_\_

087a \_\_\_\_\_

**BIBLIOTECA CENTRAL UAQ**  
"ROBERTO RUIZ OBREGON"



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA

APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DEL TRANSPORTE A LAS  
CONCESIONES DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA

T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA

Presenta:

ANTONIO LUIS OTERO MENDOZA

Dirigida por:

DRA. MARGARITA CAMARENA LUHRS

SINODALES:

Dra. Margarita Camarena Luhrs

Presidente

M. en I. Alfonso Rico Rodríguez

Secretario

Dr. Alberto Mendoza Díaz

Vocal

M. en C. Carlos Martner Peyrelongue

Suplente

M. en I. Mario Salgado Viveros

Suplente

M. en I. J. Jesús Hernández Espino

Director de la Facultad de Ingeniería

M. Camarena L.

Alfonso Rico Rodríguez

Alberto Mendoza Díaz

Carlos Martner Peyrelongue

Mario Salgado Viveros

Dra. Guadalupe Bernal Santos

Directora de Investigación y Estudios de Posgrado

CENTRO UNIVERSITARIO  
QUERÉTARO, QRO. JULIO DE 1997  
MÉXICO



Dedicado a la compañera  
de mi vida,  
**Dalila Xochitl**

y a mi querida hija,  
**Karla Fernanda**

Por todo el amor y  
la felicidad que  
me brindan.



# ÍNDICE GENERAL

## • CONTENIDO

- Índice general.....	I
- Índice de figuras, mapas y tablas.....	IV
• A MANERA DE PRÓLOGO.....	V
• AGRADECIMIENTOS.....	VI
• RESUMEN.....	VII
• ABSTRACT.....	VIII
• INTRODUCCIÓN.....	IX
• I.- MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO.....	1
I.1.- El entorno económico.....	2
I.2.- Características económicas de la infraestructura carretera.....	7
I.3.- Descripción del problema, hipótesis y objetivos.....	9
I.4.- Justificación y alcances.....	11
I.5.- Estado del arte.....	14
I.6.- Metodología.....	17
• II.- LAS CONCESIONES DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO.....	19
II.1.- Desregulación del transporte en México.....	19
II.1.1.- Antecedentes de la desregulación	
II.1.2.- El papel de la iniciativa privada tras la desregulación	
II.1.3.- La desregulación y el transporte carretero	
II.1.4.- Perspectivas de desarrollo de políticas desregulatorias	

II.2.- Oferta nacional de infraestructura carretera.....	30
II.2.1.- Infraestructura operada por el sector público	
II.2.2.- Infraestructura operada por el sector privado	
II.3.- Concesionamiento de autopistas de altas especificaciones.....	34
II.3.1.- Antecedentes	
II.3.2.- Bases para los proyectos de concesión	
II.3.3.- La experiencia hasta hoy	
II.3.4.- Perspectivas de desarrollo	
II.4.- Visión futura de la demanda de infraestructura carretera.....	50
II.4.1.- Mercado interno	
II.4.2.- Distribución física internacional de las mercancías	
II.4.3.- Plataformas y cadenas logísticas	
• <b>III.- SISTEMA INTEGRAL DE ADMINISTRACIÓN DE CARRETERAS CONCESIONADAS (SIACC).....</b>	<b>57</b>
III.1.- SIACC en la perspectiva nacional.....	59
III.2.- Planeación estratégica de la infraestructura carretera concesionada .....	63
III.3.- Estrategias de planeación durante la construcción de autopistas concesionadas.....	69
III.4.- Estrategias de planeación durante la operación de autopistas concesionadas.....	72
III.5.- Evaluación de proyectos en concesiones de infraestructura carretera.....	74
III.5.1.- Evaluación de proyectos durante la construcción y operación de autopistas	
III.6.- Modelos de optimización aplicables a la construcción y operación de infraestructura carretera.....	82
III.6.1.- Modelos de programación lineal	
III.6.2.- Modelos de solución de problemas de transporte	
III.6.3.- Modelos de redes	
III.6.4.- Modelos de asignación de flujos en redes	
III.6.5.- Modelos de diseño de rutas	
III.6.6.- Modelos de ubicación de instalaciones	

III.7.- Mantenimiento de autopistas.....	97
III.7.1.- Antecedentes	
III.7.2.- Base de diseño	
III.7.3.- Metodología del sistema de administración de pavimentos para concesiones carreteras	
<b>• CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>• BIBLIOGRAFÍA CITADA, HEMEROGRAFÍA Y FUENTES.....</b>	<b>113</b>
<b>• ANEXOS.....</b>	<b>119</b>
ANEXO A	
ALGUNOS INDICADORES DE LA EVOLUCIÓN DE LAS EMPRESAS DE AUTOTRANSPORTE DE CARGA EN MÉXICO, EN EL PERIODO 1988 – 1993.....	A - 1
ANEXO B	
MARCO JURÍDICO DEL TRANSPORTE CARRETERO EN MÉXICO.....	B - 1
ANEXO C	
OFERTA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA.....	C - 1
ANEXO D	
POSIBLES CONCESIONES FUTURAS.....	D - 1
ANEXO E	
DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DE PROBLEMAS EN EL PROGRAMA MANAGER.....	E - 1
ANEXO F	
POLÍTICAS DE ESTABLECIMIENTO DE CUOTAS.....	F - 1

## ÍNDICE DE FIGURAS, MAPAS Y TABLAS

### • Figuras

Figura II.1.- Esquema funcional de autopistas concesionadas.....	41
Figura II.2.- Sinergia en autopistas concesionadas.....	45
Figura III.1.- Diagrama de flujo del Sistema Integral de Administración de Autopistas Concesionadas (SIACC).....	61
Figura III.2.- El proceso de planeación estratégica.....	66
Figura III.3.- El proceso de evaluación de proyectos.....	75
Figura III.4.- Caso de modelo de red en la construcción de la autopista Guadalajara – Tepic.....	89
Figura III.5.- Diagrama de flujo del Sistema Empresarial de Administración de Pavimentos (SEAP).....	105
Figura B.1.- La pirámide jurídica.....	B – 3
Figura B.2.- Marco jurídico de los transportes en México.....	B – 5

### • Mapas

Mapa C.1.- Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte.....	C – 7
Mapa D.1.- Posibles concesiones futuras.....	D - 3

### • Tablas

Tabla II.1.- Inversión privada en Infraestructura.....	25
Tabla II.2.- Longitud de carreteras pavimentadas en México.....	31
Tabla II.3.- Modernización de ejes carreteros troncales, 1997 – 2000 Obras a cargo de otros esquemas de financiamiento.....	49
Tabla III.1.- Niveles de planeación.....	65
Tabla III.2.- Elección de la producción óptima de mezcla asfáltica.....	84
Tabla III.3.- Distribución óptima de concreto con costo de transporte mínimo.....	87
Tabla III.4.- Resultados de la modelación para minimizar el costo de distribución de concreto.....	87
Tabla A.1.- Total nacional.....	A - 4
Tabla A.2.- Categoría: hombre – camión.....	A - 4
Tabla A.3.- Categoría: empresa chica.....	A - 4
Tabla A.4.- Categoría: empresa mediana.....	A - 5
Tabla A.5.- Categoría: empresa grande.....	A - 5
Tabla A.6.- Categoría: macroempresa.....	A - 6

## A MANERA DE PRÓLOGO

Cuando el camino por recorrer aparenta ser intransitable, no basta con darse por vencido y evitar el viaje; es necesario afrontar los mayores retos, ya que es en éstos donde se manifiesta la capacidad humana de solucionar problemas y donde se presentan las mayores satisfacciones tras el deber cumplido.

Para hacer transitable un camino agreste, es necesario conocer lo que se ha hecho y lo que falta por hacer y hay que determinar cómo, cuándo y con qué recursos se hará; y, desde luego, hay que trabajar; para que algún día los caminantes puedan decir: ¡Que bueno que hay camino!

“Con la mirada puesta en el porvenir, reconocemos que todo está por hacerse. La urgencia de los problemas no admite demoras ni tardanzas. Pero en México la feliz conjunción de esfuerzos del sector público y el privado trazan el gran plan de crecimiento donde todos podemos y debemos enclavarnos. La marcha del país en su desarrollo es velocísima y exige de nosotros la mayor prueba de vitalidad.”

Bernardo Quintana Arrioja<sup>1</sup>

“Los recién llegados avanzaron tirando por las riendas de sus caballos, a los que seguía una mula de carga con dos grandes cajones a cuestras. Así habían hecho la última jornada, por un camino transitable apenas para la gente de a pie...”

Gregorio López y Fuentes  
en “El Indio”

“Ralph mostró una línea retorcida que bajaba por la ladera desde la cima desnuda, una zanja entre flores que zigzagueaba y bajaba a la roca donde empezaba la cicatriz.

- Ese es el camino más rápido.”

William Golding  
en “Señor de las moscas”

“Allí, donde la isla se metía en el agua, había otra isla; una roca, casi separada, que se alzaba como un fuerte, y que desde el otro extremo de la extensión verde los enfrentaba como un desnudo y rosado bastión.”

William Golding  
en “Señor de las moscas”

---

<sup>1</sup> En el acto de recepción del Doctorado Honoris Causa de la Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México, mayo de 1970

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más sincero a Fernando Luna Rojas y al Consejo Directivo de la Fundación ICA por permitirme realizar estudios de Maestría y también a Enrique Heredia Rubio y Héctor Ovalle Favela, quienes aportaron las ideas fundamentales que marcaron el punto de partida para esta investigación.

La elaboración de este trabajo no hubiera sido posible sin la valiosa dirección de Margarita Camarena Luhrs por sus comentarios críticos que orientaron el enfoque para dar forma a las ideas expresadas en este trabajo.

Mi reconocimiento a las personas que con sus comentarios e información, enriquecieron esta investigación. Gracias a Alfonso Rico Rodríguez, Alberto Mendoza Díaz, Roberto Aguerrebere Salido, Miguel Angel Backhoff, Jorge Delgado Ramírez, Oscar Carranza Sanvicente y Juan Rodríguez Contreras por sus valiosas aportaciones, su tiempo y su atención.

A mis maestros y compañeros de la Universidad Autónoma de Querétaro y del Instituto Mexicano del Transporte, mi amistad, agradecimiento y recuerdo siempre.

Estoy en deuda con mi madre María Guadalupe Mendoza y con mis hermanos Luis Gabriel y Francisco Javier por sus enseñanzas de vida y su amistad, apoyo y confianza que han constituido un estímulo constante.

Mi agradecimiento más profundo para la realización de esta tesis y de los estudios de maestría se lo debo a mi esposa Dalila Xochitl y a mi hija Karla Fernanda, quienes son el principal estímulo para seguir adelante por el amor y por los momentos tan especiales que han dado a mi vida.

“El viajero prudente vuelve la vista de cuando en cuando al camino recorrido. No sólo por orgullo del caminante, sino para no perder la ruta”<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> *Idem.*

## RESUMEN

El problema de la administración de concesiones es uno de los principales retos que enfrentan la iniciativa privada y los gobiernos estatales dadas las condiciones económicas nacionales y la situación financiera de la mayoría de los concesionarios. La tesis que se presenta propone un sistema integral de desarrollo del negocio de concesiones.

El sistema propuesto, se sustenta en la aplicación de instrumentos de la Ingeniería del Transporte para la solución de los problemas a los que se enfrentan regularmente los concesionarios en los procesos de construcción y operación de carreteras y busca contribuir a mejorar los resultados financieros de los grupos involucrados.

En este trabajo se presentan problemas reales cuya solución se sugiere a los concesionarios, mediante la aplicación de la evaluación de proyectos, de modelos optimización de sistemas de transporte y de una propuesta de sistemas de administración de pavimentos.

## ABSTRACT

The management of concessions represents one of main challenges to the private sector and the state governments whereas the national economic conditions and the financial situation of the biggest part of the concessionaries. These research results gives an integral system of development for concession business.

This proposed system is supported on the application of Transport Engineering instruments to solve problems that frequently confront the concessionaries in the process of highways building ond road operation and it is looking for best financial results for the involved groups.

This research shows real problems of wich solution is presented to the concessionaries using projects assessment, transport system optimizing models and a proposed system for pavement management.

## INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del hombre como organismo vivo de orden superior se ha enfrentado a los más grandes retos y ha salido adelante aprovechando los conocimientos legados por sus antecesores y su ingenio propio. Desde entonces ha existido la necesidad de mejorar los procesos que le proporcionan sustento y comodidad como la caza, la pesca, la producción agrícola, la edificación de viviendas y el transporte entre otros. Es en este punto de la historia donde surge la Ingeniería como la capacidad humana de enfrentar y resolver los más diversos problemas.

Desde que surge el transporte como medio para efectuar otras actividades como el comercio, la humanidad ha buscado nuevas alternativas para hacerlo más eficiente mediante la aplicación de la Ingeniería, como sucedió con la invención de la rueda, con la utilización de bestias de arrastre, y con la adaptación de motores de vapor y de combustión interna a los vehículos.

En la actualidad, la necesidad de optimizar al transporte sigue vigente y se hace presente en el vertiginoso crecimiento tecnológico que se ha presentado en la materia en el último siglo, en el cual se ha desarrollado el transporte carretero con el surgimiento del automóvil, el transporte aéreo mediante la invención de los aviones y el transporte multimodal con la aplicación del contenedor como unidad de carga.

Ante las tendencias de globalización que se han desarrollado en los últimos años y teniendo en cuenta que cada día resulta más difícil bajar los precios de los procesos productivos<sup>1</sup>, la alternativa más viable está en el transporte, ya que éste representa uno de los costos más relevantes para poder colocar los productos de los países en el lugar donde se demandan.

Por lo anterior, las empresas donde se involucra un gran número de movimientos para cumplir sus fines son susceptibles a la aplicación de instrumentos que optimicen sus procesos para que de esta manera sean más competitivas y obtengan mayores beneficios.

---

<sup>1</sup> Dado que los beneficios marginales por implementar nuevos procesos tecnológicos y técnicos son cada vez menores.

Uno de los negocios que se presenta en México con estas características es el de las concesiones carreteras, ya que sus movimientos internos repercuten de manera importante en el costo total de producción; ya sea durante la construcción del proyecto o durante el periodo de recuperación de la inversión y mantenimiento.

El presente trabajo propone una estrategia integral de administración del negocio de concesiones carreteras, la cuál se basa en los instrumentos disponibles de la Ingeniería del Transporte que sean aplicables a las necesidades particulares de las empresas privadas y de los gobiernos estatales involucrados en el concesionamiento de autopistas.

Para presentar esta estrategia de manera consistente, este estudio está estructurado en tres partes principales que se muestran a continuación:

- Marco teórico metodológico
- Las concesiones de infraestructura carretera en México
- Sistema Integral de Administración de Carreteras Concesionadas

En la primera parte se muestra el entorno económico prevaleciente, las características económicas de la infraestructura carretera y las generalidades del presente trabajo; donde se incluye la descripción del problema, las hipótesis y objetivos, la justificación y alcances del estudio, el estado del arte y la metodología aplicada para la realización de la presente investigación.

En la segunda parte, se analiza el fenómeno de la desregulación; sus antecedentes, sus impactos en el transporte carretero y sus perspectivas de desarrollo; además, en este punto se define el papel de la iniciativa privada en este entorno.

También se muestra la oferta nacional de infraestructura carretera, que es operada por los sectores público y privado, destacando los montos de inversión que en esta materia han ejercido los particulares y el Estado.

Además se analizan las características del esquema de concesiones otorgadas para la construcción, operación, explotación y usufructo de infraestructura carretera en México, sus antecedentes, sus bases, la experiencia hasta hoy y sus perspectivas de desarrollo.

Por otro lado se presenta la visión futura de la demanda de infraestructura carretera en el mercado interno nacional y su repercusión en los mercados externos donde las tendencias internacionales muestran que será necesaria la aplicación de estrategias tendientes a optimizar los traslados de mercancías.

Por último se presenta la parte medular del trabajo donde se propone la aplicación de un Sistema Integral de Administración de Carreteras Concesionadas (SIACC), basado en instrumentos de la Ingeniería del Transporte que permite mejorar los resultados financieros de las empresas y de los gobiernos estatales involucrados.

En este punto se analiza la aplicación del SIACC en la perspectiva nacional y se presenta a la planeación estratégica de las concesiones como el punto medular de la propuesta, de donde se desprende la aplicación de la evaluación de proyectos, de la optimización de sistemas de transporte y de sistemas de administración de pavimentos a los procesos de planeación de obra, construcción y operación de las concesiones desde la perspectiva de desarrollo integral de negocios. En este entorno se proponen estrategias de planeación y de evaluación de proyectos aplicables durante la construcción y operación de autopistas y se presentan los modelos de optimización de sistemas de transporte pertinentes a los requerimientos particulares de las concesiones.

Por último se presenta en esta parte del trabajo una propuesta estratégica de administración de pavimentos con sus antecedentes, su base de diseño y su metodología de aplicación.

Posteriormente en la parte final de la investigación se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes y los anexos necesarios para ampliar las referencias y conocimientos de los temas tratados.

Se tiene la certeza de que el contenido de este trabajo y la esencia de la estrategia propuesta son relevantes, por lo que resultará interesante para las personas vinculadas al negocio de las concesiones de infraestructura carretera, para los investigadores públicos y privados que estudian a la infraestructura del transporte en México y para los constructores y operadores de infraestructura en general, quienes encontrarán en el presente escrito una motivación para desarrollar nuevas investigaciones relacionadas con sus intereses particulares.



# I.- MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO

## I.1.- ANTECEDENTES

La participación de la iniciativa privada en la construcción y operación de la infraestructura del transporte en México, se ha incrementado en los últimos años y se espera que continúe con esta tendencia.

Este incremento en la participación del sector privado no es fortuito. Existe una gran cantidad de factores que han forzado al gobierno nacional mexicano a disminuir su control hegemónico sobre el sector transporte, que tradicionalmente había concentrado.

Estos cambios de política han sido muy repentinos para la iniciativa privada que no tenía experiencia en la operación de infraestructura del transporte adquiriéndola sobre la marcha; y que en gran medida no ha podido aprovechar en su magnitud los conocimientos técnicos disponibles de la Ingeniería del Transporte para optimizar, dadas las circunstancias nacionales prevalecientes, los procesos de construcción y operación inherentes a las concesiones y obtener con esto, un mayor beneficio.

Para determinar cualitativa y cuantitativamente las estrategias a seguir por la iniciativa privada involucrada en la construcción y operación de autopistas concesionadas, es necesario definir, de lo general a lo particular, el entorno que propicia la generación del esquema de concesiones y las características económicas de la infraestructura carretera. El presente capítulo analiza esos elementos que constituyen la base para el desarrollo de este trabajo.

### I.1.1.- El entorno económico

Las políticas económicas internacionales están encaminadas a la globalización de mercados a través de grupos de países con acuerdos comerciales y arancelarios. En muchos casos, para que dichos acuerdos sean benéficos, es requerido un transporte moderno, que satisfaga las necesidades del exportador para ser competitivo en los mercados internacionales.

El medio de transporte idóneo para un servicio se elige por diversos factores como puntualidad, seguridad y organización comercial nacional o internacional, estos juegan con frecuencia un papel más relevante que el precio<sup>1</sup>, debido en gran medida a las tendencias globales de disminución de inventarios y a los sistemas de "Justo a Tiempo".

En 1995, las exportaciones representaban el 25% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y en 1996 ascendieron a cerca de 100 mil millones de dólares; además, aportaron el 50% de los empleos generados en ese año.

A pesar de eso, en 1996 la mayoría de las exportaciones nacionales se concentraron en sólo 500 empresas y el 80% de las exportaciones se canalizaron a Estados Unidos<sup>2</sup>, ambos puntos muestran que las condiciones exportadoras nacionales podrían caer estrepitosamente si por alguna razón, el consumo norteamericano decayera, como ha sucedido en los últimos años con embargos comerciales creados en beneficio de productores estadounidenses.

Por lo anterior, es necesario diversificar mercados, por ejemplo, se tiene un saldo comercial desfavorable con los países del este asiático, las exportaciones a Japón en 1996 tuvieron un monto total aproximado de 1,550 Millones de Dólares<sup>3</sup>, cifra mínima de las exportaciones totales consignadas (1.5%).

---

<sup>1</sup> Rico R., Alfonso, Mendoza D., Alberto, Jiménez S., Elías y Mayoral, G., Emilio, Un análisis de reparto modal de carga entre carretera y ferrocarril, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, Publicación Técnica N° 76, 1995, 1ª ed. p. 1.

<sup>2</sup> Datos proporcionados por Blanco, Herminio, Secretario de Comercio y Fomento Industrial al inaugurar el IV Congreso de Comercio Exterior Mexicano. Fuente: Periódico "El Financiero", 7 de Noviembre de 1996, p. 20 - 22.

<sup>3</sup> *Idem.*

La participación de la iniciativa privada en la operación de la infraestructura carretera puede favorecer la diversificación de mercados a través de modificaciones de la infraestructura y/o del mejoramiento de los niveles generales de servicio, además las autopistas concesionadas hacen posible que los autotransportistas obtengan ahorros importantes por costos de operación y puedan ofrecer mejores tarifas a los usuarios, de manera que accedan con mayor oportunidad a mercados que antes les era imposible atender, en gran medida por los elevados costos de transporte.

Desafortunadamente, en México la mayoría de los autotransportistas no se han podido adaptar rápidamente a la desregulación y su control de costos de operación es muy limitado, por lo que prefieren en muchos casos seguir trasladando las cargas por las carreteras libres; sin embargo, la reducción de costos terminará por convencer a los operadores del autotransporte de utilizar autopistas de cuota, tal y como ocurrió hace décadas con la autopista México - Cuernavaca, la cual en sus primeros años de operación tenía como sus principales usuarios a los turistas y que ahora maneja importantes volúmenes de carga durante todo el año.

Hay que recordar que regularmente, las modificaciones en el tamaño y en las características de la infraestructura, provienen de variaciones de la demanda<sup>4</sup>. En México pueden distinguirse tres etapas que incidieron en una forma diferente en el proceso de construcción de infraestructura carretera: el "boom" petrolero, la actividad turística y el crecimiento del comercio con Estados Unidos. Estos procesos, en adición al aumento de la deuda nacional, han reforzado las tendencias "hacia afuera", que pueden favorecer al aparato productivo nacional y a la infraestructura del transporte por medio del incremento de su demanda de movimientos de exportación<sup>5</sup>, debido a la poca estabilidad que ha mostrado el mercado interno ante los recurrentes periodos de recesión.

---

<sup>4</sup> Documento inédito, Camarena Luhrs, Margarita y Salgado Viveros, Mario "Situación y perspectivas de la infraestructura del transporte" de la Dirección de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Qro., Méx., 1995, p. 7.

<sup>5</sup> Para hacer análisis más profundos del entorno económico nacional e internacional, es recomendable usar la revista: International Financial Statistics, E.U., Agosto de 1996, Publicada por el Fondo Monetario Internacional (FMI).

En los países industrializados, es donde ha ocurrido históricamente el mayor progreso científico y tecnológico del transporte. En México, así como en todos los países en desarrollo, se deben tomar los modelos de actuación que a juicio de los países sean aplicables a sus requerimientos y recursos particulares y generar parámetros comparativos en el contexto de las condiciones de su transporte interno, con relación al de los países altamente desarrollados.

Estos países industrializados tienen, por lo regular, balanzas comerciales positivas y sus volúmenes de exportaciones, que son principalmente manufacturas, son considerables. Esto ha hecho que la demanda de servicios de transporte sea cada día más sofisticada.

Bajo el esquema privado del transporte en el contexto internacional, algunos grandes autotransportistas han organizado sus tráficos a través de plataformas logísticas para captar mayor carga<sup>6</sup>, las plataformas logísticas son instalaciones puntuales que realizan diversas actividades encaminadas a eficientar las cadenas de transporte y que proporcionan servicios diversos que van desde el transporte mismo, hasta operaciones finales de producción, almacenaje, documentación y asesoría entre otros.

En Estados Unidos se han desarrollado múltiples mejoras tecnológicas que han beneficiado al transporte carretero en diversas áreas, y en conjunción con una acertada renovación de equipo, han permitido disminuir los costos de traslado de bienes y personas.

El autotransporte en Estados Unidos se ha visto presionado por otros modos que compiten por el mercado de servicios de transporte, lo que no ocurre en México, donde el autotransporte domina el mercado, en gran medida por la ausencia de oferta ferroviaria; sin embargo, con el concesionamiento de vías férreas, esta situación puede modificarse en favor del ferrocarril, como ocurrió en Estados Unidos. Basta decir, por ejemplo, que basándose en trenes unitarios y puentes terrestres, han logrado aumentar su velocidad promedio a 38 km/hr; mientras que en México, la velocidad media del ferrocarril es de sólo 18 km/hr<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> **Betanzo Q., Eduardo**, Hacia un sistema nacional de plataformas logísticas, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, Publicación técnica N° 64, 1995, 1ª ed., p. 9.

<sup>7</sup> **Rico R., Alfonso, Mendoza D., Alberto, Jiménez S., Elías y Mayoral, G., Emilio**, Un análisis de reparto modal de carga entre carretera y ferrocarril *Op. Cit.*, p. 29.

Los puentes terrestres de Estados Unidos están formados por sistemas de vías que permiten utilizar la doble estiba y que por lo regular se utilizan para el movimiento de contenedores. Los carros del sistema de doble estiba están integrados por múltiples plataformas articuladas, de piso deprimido, bajo peso y altura, cada una de las cuales puede mover 4 TEU's<sup>8</sup> o más, dependiendo de la capacidad de los carros de recibir contenedores de mayor longitud. Además de incrementar la capacidad de carga, el sistema de doble estiba permite menores requerimientos de fuerza motriz, menor daño a las mercancías y reducción considerable del flete promedio por contenedor<sup>9</sup>.

El sistema ferroviario estadounidense no ha crecido mucho sino hasta los últimos años, por ejemplo en 1987 movilizaba el 37% del total de la carga manejada en ese país y en descenso, ese volumen representaba sólo el 10% del ingreso total del sector; mientras que el autotransporte, con sólo el 25% de la carga manejada, concentraba el 76.4% del ingreso generado<sup>10</sup>.

Las estrategias empleadas por los empresarios estadounidenses se encaminaron a aumentar el volumen de carga transportada a través de la racionalización de la operación, la diversificación del mercado y la prestación de servicios integrales<sup>11</sup>. Estas categorías de acciones fueron seguidas tras la desregulación y han dado buenos resultados, ya que el cierre del ferrocarril hubiera representado una importante pérdida de beneficios nacionales. Para 1991 el ferrocarril logró mantenerse con el 37.4% de la carga manejada<sup>12</sup> y se había vuelto sensible a los incentivos del mercado, inclusive hizo contratos por importantes volúmenes de carga a largo plazo.

El autotransporte también compite en los Estados Unidos con el transporte aéreo, ya que varias aerolíneas aprovechan sus espacios de carga en sus viajes de costa a costa y evitan regresos "en vacío", otorgando cuotas preferenciales a mudanzas u otras cargas, bajo el sistema de "sujeto a disponibilidad", el cual asegura que la carga llegará antes de lo que lo haría por autotransporte.

<sup>8</sup> TEU es una unidad equivalente a un contenedor de 20'x 20'x 8' (3,200 pies cúbicos).

<sup>9</sup> Ver con más detalle estrategias ferroviarias norteamericanas en: **Cortés Papi, Claude**, La revolución de los ferrocarriles y el transporte intermodal en América del Norte, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, Documento técnico N° 16, 1995, 1ª ed:

- Reducción de costos de operación p. 55.
- Política comercial p. 62.
- Reorganización de las empresas p. 67.

<sup>10</sup> *Ibid.*, p. 19.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 23.

<sup>12</sup> *Ibid.*, p. 29.

El transporte aéreo también tiene ventaja sobre el autotransporte en el sentido del valor de la carga, ya que el volumen de carga transportada por avión, expresado en toneladas y comparado con el total transportado por cualquier vía, es una porción muy pequeña; pero considerando el valor de los productos transportados, supera el 30% del valor total mundial.<sup>13</sup> En general, el transporte aéreo de pasajeros y de carga, generó en 1994 el 1% del PIB mundial<sup>14</sup>.

Es necesario que los autotransportistas mexicanos tengan en cuenta que estas condiciones podrían ya no ser ajenas, por lo que deben tener un control estricto sobre sus costos de operación y buscar las alternativas de infraestructura carretera que les sean más convenientes.

En los países industrializados, el proceso desregulatorio ha sido lento, lo que ha hecho que la iniciativa privada se adapte a esos cambios paulatinos con relativa facilidad, sin menoscabo de su competitividad.

En México ha ocurrido lo contrario al desregular el transporte en menos de una década, cuando en otros países ha llevado varias, lo que ha desfavorecido a las micro y pequeñas empresas de autotransporte, quienes presentan mayores carencias estructurales y por lo tanto resienten más las presiones de la apertura a la competencia y a la contracción de la actividad económica, como se puede verificar en el Anexo A con algunos de los indicadores de la evolución de empresas del autotransporte en los últimos años.<sup>15</sup> En todos los casos, los cambios deben tener el precedente de una reglamentación adecuada, y no a la inversa como ha acontecido en ocasiones en México.

---

<sup>13</sup> López Zavala, Jesús Medios de transporte internacional, México, D.F., México, Banco de Comercio Exterior (BANCOMEXT), 1995, 1ª ed., p. 29.

<sup>14</sup> "1994 annual results" en Revista Air Transport World, E.U., Febrero de 1995, p. 26.

<sup>15</sup> Ver en el Anexo A el extracto del documento inédito: Rico G., Oscar A., y Aguerrebere S., Roberto, "Algunos indicadores de la evolución de empresas de autotransporte de carga en México, en el periodo 1988 - 1993"; ponencia presentada en la trigésima octava conferencia anual del Foro de Investigación del Transporte en San Antonio, Texas, E.U., IMT y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Octubre de 1996.

### I.1.2.- Características económicas de la infraestructura carretera

La construcción de la infraestructura del transporte resulta inaccesible para pequeñas empresas constructoras; esto, debido principalmente a que para participar en concursos de obra pública es necesario contar con un mínimo de equipo propio y de capital contable, que satisfagan los requerimientos del proyecto. Esta situación se hace más aguda para obras de mayor envergadura como son, por lo regular, las de infraestructura carretera.

Esto es debido a que las inversiones requeridas en esos casos son muy cuantiosas y los sobrecostos generados por incumplimientos o demoras pueden incluso “evaporar” los beneficios del proyecto.

Los altos costos de construcción representan una característica económica ineludible de la infraestructura del transporte, debido a los importantes volúmenes de movimiento de tierras y del equipo y mano de obra especializados que son requeridos.

De la misma manera, hay otras características económicas de la infraestructura carretera, tales como larga vida útil, ningún uso alternativo e inclusive tendencias monopólicas en su construcción y operación. Estas características hacen que el estudio técnico requiera ampliarse.

Los altos costos para su creación que requieren grandes inversiones, grandes periodos de operación y la posibilidad de obtener economías de escala si se toma en cuenta la indivisibilidad y el desarrollo tecnológico del transporte<sup>16</sup>, han hecho que la infraestructura del transporte haya sido desarrollada al menos en el presente siglo por entidades gubernamentales.

Se presenta una economía de escala, cuando después de ajustar óptimamente todos los “insumos”, puede reducirse el costo unitario por mantenimiento u operación de la infraestructura ampliando la misma o utilizando mejores instrumentos tecnológicos<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> Camarena Luhrs, Margarita y Salgado Viveros, Mario, *Op. Cit.*, p. 4.

<sup>17</sup> El término “economías de escala” es utilizado mayormente para describir procesos productivos.

Ver Gould, John P. y Lazear, Edward P. “Teoría microeconómica”, México, D.F., México, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1994, 3ª ed. en español, pp. 333 – 335.

Por otra parte, es necesario recordar que la infraestructura del transporte y el transporte mismo no son el fin, sino el medio para desarrollar otras actividades como el comercio, la producción y el traslado recreativo por mencionar algunas; inclusive, algunas encuestas realizadas muestran que el propio hecho de la existencia de infraestructura del transporte no es suficiente para ocasionar cambios significantes en el desarrollo de las regiones debidamente industrializadas, aunque sí lo condiciona<sup>18</sup>.

Existen dos tipos de funciones que caracterizan al transporte, ambas son de corto y de largo plazo y se aúnan en su función general que se define como la satisfacción de la demanda de transporte entre localidades y por su influencia sobre el desarrollo de las regiones; de esta manera, la necesidad de construir o renovar la infraestructura del transporte se precisa mediante la correlación entre el sistema de actividades socioeconómicas que generan la demanda del servicio y el transporte mismo, a través de la tecnología disponible.

Además de las características económicas presentadas, es necesario analizar las condiciones particulares de cada carretera, ya que difieren entre sí por la magnitud de las inversiones, los requerimientos regionales para trasladar ciertas cargas, la capacidad requerida, el valor de la carga, etcétera; que deben tomarse en cuenta para la planeación, la evaluación de proyectos y todas las estrategias que tengan lugar.

---

<sup>18</sup> Potrikowski, Marek y Taylor, Zbignew, Geografía del Transporte, Barcelona, España, Ed. Ariel Geografía, 1984, 1ª ed., pp. 122 - 140, Tema: "Interdependencias entre el transporte y el desarrollo socioeconómico de las regiones".

## **I.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

- **Descripción del problema**

Las políticas desregulatorias nacionales de apertura a nuevos esquemas de inversión en infraestructura del transporte, han permitido a la iniciativa privada y a los gobiernos estatales participar en el negocio de concesiones carreteras. La experiencia no ha sido fácil, teniendo en cuenta que los problemas económicos nacionales han derivado en el incremento de los montos de deuda de la mayoría de los concesionarios.

Ante este problema, las empresas han solicitado la reestructuración de sus títulos de concesión; pero mientras esto sucede, buscan instrumentos que les permitan optimizar sus procesos para no agravar la situación.

Por otra parte, las empresas y gobiernos estatales que se involucren en el futuro en negocios de concesión de carreteras o en los procesos de construcción y operación de infraestructura en general, también requerirán conocimientos oportunos y eficaces para optimizar sus resultados financieros.

- **Hipótesis**

Ante el problema descrito se supone que es posible generar un sistema integral de administración de concesiones carreteras que permita a los concesionarios mejorar sus estados financieros y optimizar sus procesos de planeación, construcción y operación, mediante la aplicación de la Ingeniería del Transporte.

- **Objetivos**

El objetivo principal de este trabajo es mostrar a los concesionarios una propuesta estratégica útil para mejorar sus resultados financieros a través de la optimización del uso de recursos. Esta propuesta considera a los procesos de planeación, construcción y operación como parte integral del negocio de concesiones y se basa en la utilización de los instrumentos disponibles de la Ingeniería del Transporte referentes a la evaluación de proyectos, a la aplicación de modelos de optimización y a la aplicación de sistemas de mantenimiento.

Los objetivos complementarios de este trabajo son los que se muestran a continuación:

1. Analizar el fenómeno de desregulación y las condiciones que generaron la apertura a los capitales privados en la construcción y operación de infraestructura carretera en México.
2. Mostrar la oferta nacional de infraestructura carretera operada por los sectores público y privado en este país.
3. Analizar el esquema de concesiones en México, sus bases y la experiencia hasta hoy.
4. Analizar las perspectivas futuras para el desarrollo del esquema de concesiones.
5. Mostrar que los instrumentos de la Ingeniería del Transporte que forman la propuesta integral de desarrollo de negocios de concesiones carreteras son aplicables a proyectos de infraestructura en general.

## I.4.- JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES

- **Justificación**

Ante las condiciones imperantes que se presentan para el negocio de construcción y operación de infraestructura carretera, los concesionarios, hoy más que nunca, requieren de instrumentos que les permitan mejorar sus resultados financieros a través de la optimización del uso de los recursos disponibles.

Al ser el transporte un factor fundamental del costo total de proyectos de infraestructura, su optimización repercute en el incremento de los beneficios netos de los grupos involucrados.

Este estudio está dirigido principalmente a los directores generales de las concesiones y en general para los constructores de infraestructura y para los investigadores públicos y privados interesados en el área construcción de infraestructura carretera y de su operación y su financiamiento.

Este trabajo se encuentra dentro de las líneas prioritarias de investigación de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga al estudiar cuantitativa y cualitativamente la problemática de la infraestructura del transporte en México y al desarrollar sistemas de aplicación de la Ingeniería del Transporte en empresas cuyo movimiento de insumos representa una parte importante de los costos totales de producción.

Por otra parte, el presente trabajo busca promover la investigación de los particulares y de las instituciones para favorecer el desarrollo del transporte en México y en particular el desarrollo de las empresas o entidades federativas concesionarias de infraestructura carretera.

- **Alcances**

Este trabajo presenta una propuesta estratégica para el desarrollo integral de los negocios de concesiones carreteras, por lo que el estudio se limita a aplicar los instrumentos de la Ingeniería del Transporte que sean pertinentes para otorgar ventajas a las empresas y a los gobiernos estatales que participan en el esquema.

La aplicación de la Ingeniería del Transporte en la construcción y operación de infraestructura ajena al transporte no se estudia aquí, sólo se mencionan las posibles aplicaciones en otras áreas. De la misma manera el presente trabajo se limita a proponer una estrategia con fines financieros en beneficio de las empresas o de los gobiernos estatales que tengan concesiones de infraestructura carretera; por lo que la aplicación de la Ingeniería del Transporte en favor de la perspectiva económica o nacional puede tratarse en estudios posteriores.

Los problemas de caso que se presentan en este estudio son sólo una muestra de las aplicaciones de la Ingeniería del Transporte a los procesos de planeación, construcción y operación de carreteras concesionadas. La implantación de sistemas integrales de administración de carreteras concesionadas, como el propuesto, puede requerir la aplicación de modelos o algoritmos diferentes a los utilizados en el trabajo, dependiendo de los requerimientos particulares de los problemas que se presenten.

Evidentemente la estrategia propuesta es perfectible en el sentido de que al surgir nuevos modelos matemáticos y programas para resolver problemas de transporte, éstos pueden añadirse para ampliar la gama de posibilidades de solución de casos particulares y favorecer el cumplimiento de los objetivos que las empresas o que los gobiernos estatales establezcan como aceptables.

Es necesario aclarar que el éxito o el fracaso de los concesionarios no depende exclusivamente de la aplicación de la estrategia propuesta, sin embargo, esta última permite mejorar el nivel de beneficios netos que se generan por concepto de la concesión.

La estrategia de administración de concesiones propuesta, es aplicable a futuros negocios de concesiones; sin embargo, para las empresas o gobiernos estatales que ya tienen la concesión en proceso de operación, es recomendable adoptar un sistema integral desde el punto donde se encuentran sin dejar de considerar los activos o pasivos precedentes.

## I.5.- ESTADO DEL ARTE

La ingeniería mexicana ha mostrado ser capaz de solventar los más importantes retos en el proceso de construcción de una autopista, sin embargo, con los recientes cambios en las políticas económicas nacionales, se abre la oportunidad para la iniciativa privada de construir y operar tramos carreteros de altas especificaciones bajo el esquema de concesión.

Las concesiones a nivel mundial son relativamente nuevas; sin embargo, las experiencias adquiridas permiten emitir algunos juicios en relación a las condiciones que han generado resultados aceptables tanto para concesionarios como para los países<sup>19</sup>.

En los países bajos<sup>20</sup>, por ejemplo, se ha utilizado la venta de terrenos, principalmente urbanos, otorgados por el gobierno para autofinanciar los proyectos; se ha involucrado a la iniciativa privada en el diseño de los mismos para que estos encajen más favorablemente en el mercado y se han incrementado los montos destinados a la investigación en las siguientes áreas:

- Beneficios socioeconómicos de largo plazo
- Metodología de previsión de tráfico
- Efectos de las carreteras de cuota
- Establecimiento de tarifas para carreteras
- Estadísticas<sup>21</sup>

En Japón, se utiliza un esquema mixto de inversiones para la construcción de algunos proyectos carreteros, donde el gobierno emite bonos para financiar cerca del 50% del monto total de las inversiones. Destacando que en ese país la inversión anual dedicada a la construcción de carreteras es cercana al 8% de su PIB y se define por un plan maestro establecido por el gobierno con “miniplanes” de 5 años<sup>22</sup>.

---

<sup>19</sup> En todos los casos, se piensa que las concesiones combinan las virtudes del gobierno y de los particulares, reduciendo la brecha entre los beneficios globales y los objetivos financieros. De los apuntes del “Seminario de la OCDE sobre redes de Transporte Intermodal y Logística” efectuado en la Ciudad de México del 3 al 5 de Junio de 1997.

<sup>20</sup> Holanda, Bélgica y Luxemburgo.

<sup>21</sup> De los apuntes del “Seminario de la OCDE sobre redes de Transporte Intermodal y Logística” efectuado en la Ciudad de México del 3 al 5 de Junio de 1997. *Op. Cit.*

<sup>22</sup> *Idem.*

En Hungría también se utiliza un esquema mixto en el que el gobierno aporta el 80% de las inversiones, dejando al sector privado con el 20% restante y con los procesos de construcción, operación y mantenimiento de la carretera por 35 años<sup>23</sup>.

En Inglaterra se pasa el cargo real a los usuarios y dejando a los concesionarios la construcción, operación, mantenimiento y diseño de proyectos con lo que estos deben generar sus propias previsiones de tráfico, sus proyectos financieros y de construcción sin ninguna garantía de parte del gobierno. Además, el gobierno inglés utiliza actualmente cuatro esquemas de concesión diferentes para determinar cuál es el más conveniente para el mercado<sup>24</sup>.

En los casos presentados los resultados han sido considerados aceptables en el sentido de que los gobiernos no han tenido que ejercer acciones de apoyo posteriores a los concesionarios como ha ocurrido en otros países como México donde el total de las inversiones han sido provistas por los concesionarios sin darles la oportunidad de participar en el diseño de los proyectos.

Ante el fracaso financiero de la mayoría de las concesiones en éste país, será necesario buscar un nuevo esquema para que se cumplan los objetivos económicos y financieros para los que éstas carreteras son creadas.

Sin embargo, mientras se implanta un nuevo esquema y se soluciona el problema de los actuales concesionarios, las empresas y los gobiernos estatales que se involucren en este proceso, deben utilizar todas las herramientas que estén disponibles para maximizar sus beneficios netos y para favorecer el desarrollo estratégico nacional. La Ingeniería del Transporte puede ser la clave del éxito de un negocio futuro de concesiones de infraestructura carretera por la tecnología del transporte susceptible de ser implementada, por la trascendencia de los montos de inversión que involucran, por los importantes volúmenes de materiales acarreados durante la construcción de los proyectos, por lo imperativo de mantener un determinado nivel de servicio durante el periodo de usufructo y por los requerimientos de cumplimiento de los objetivos nacionales que han sido planteados.

---

<sup>23</sup> *Idem.*

<sup>24</sup> *Idem.*

Este trabajo analiza con detalle el actual esquema de concesiones carreteras de México y sus perspectivas de desarrollo para el futuro y presenta una alternativa para mejorar los beneficios financieros netos de los concesionarios con base en los instrumentos de la Ingeniería del Transporte pertinentes.

Anteriormente se han realizado estudios particulares de las estrategias de Ingeniería del Transporte aplicables a la construcción y operación de infraestructura carretera; sin embargo, en nuestro país no hay estudios que engloben las aplicaciones de la Ingeniería del Transporte para este fin, por lo que la realización de este trabajo es oportuna para fomentar el desarrollo de estrategias particulares en el seno de las empresas y de los gobiernos estatales, y para incentivar a los investigadores para que efectúen estudios posteriores en esa área.

Para la realización de la presente tesis se obtuvo información de diversas fuentes, seleccionando la información considerada pertinente para cumplir cabalmente los objetivos planteados. En este sentido, se buscó mayoritariamente información de primera mano proveniente de segmentos representativos de los sectores involucrados para generar una propuesta que sea útil y aplicable; sin embargo, las estrategias de Ingeniería del Transporte utilizadas para generar la propuesta integral de desarrollo de negocios fueron obtenidas de los apuntes y conocimientos adquiridos en la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga los cuales se basan en trabajos previos de investigadores nacionales y extranjeros en materia de transporte.

## I.6.- METODOLOGÍA

Para proponer estrategias de Ingeniería del Transporte, es necesario analizar en primer término los antecedentes que propiciaron el concesionamiento de infraestructura carretera a la iniciativa privada y a los gobiernos estatales, partiendo de lo general a lo particular. Posteriormente, es necesario dar a conocer los instrumentos que pueden favorecer al desarrollo de este tipo de negocios e identificar las distintas áreas de aplicación de la ingeniería del transporte, trabajando con casos reales.

Conociendo estas áreas de aplicación, se presenta una propuesta estratégica para que los concesionarios obtengan mayores beneficios financieros aplicando los instrumentos seleccionados, sin perder la perspectiva de desarrollo integral de negocio.

Teniendo en cuenta lo anterior, la metodología utilizada en la realización del trabajo es la siguiente:

1. Identificación del problema en el marco de las características económicas de la infraestructura del transporte.
2. Determinación de las hipótesis e identificación del entorno económico nacional que propicia el nuevo esquema de apertura a los capitales privados en infraestructura del transporte.
3. Identificación de los objetivos de la investigación tomando en cuenta las bases y perspectivas del concesionamiento de infraestructura carretera.
4. Determinación de las necesidades de aplicación de Ingeniería del Transporte al concesionamiento de carreteras, en los sectores público y privado involucrados e identificación de los medios para su satisfacción.
5. Análisis y determinación de instrumentos de la Ingeniería del Transporte aplicables a los requerimientos operativos de las empresas y de los gobiernos estatales mediante las propuestas y experiencias documentadas.
6. Análisis de datos y dimensionamiento de los problemas.
7. Elaboración de la propuesta de administración integral de carreteras concesionadas con base en los elementos aplicables de la Ingeniería del Transporte.
8. Obtención de conclusiones y recomendaciones.



## **II.- LAS CONCESIONES DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO**

La apertura a la participación de la iniciativa privada en la infraestructura del transporte en México, ha permitido que las empresas obtengan concesiones para construir, operar y explotar las carreteras.

En este capítulo se presenta el análisis del entorno nacional que propicia las concesiones de infraestructura carretera, la oferta nacional de servicios de transporte carretero, las bases del esquema de concesiones, los resultados obtenidos, las perspectivas de participación futura del sector privado y los gobiernos estatales en este contexto y las expectativas de desarrollo de la demanda de servicios carreteros para el futuro.

### **II.1.- DESREGULACIÓN DEL TRANSPORTE EN MÉXICO**

Para efectos de este trabajo, se considera el periodo comprendido de la década de los 70's a la fecha como contexto histórico del desarrollo de las políticas de transporte, debido a que es en ese periodo donde se desencadenan los principales acontecimientos que originaron los cambios de política económica nacional.

Es en este periodo donde se presenta el fenómeno de la desregulación y donde surge el esquema de concesionamiento de infraestructura carretera a los particulares y a los gobiernos estatales.

En este punto, se presentan los antecedentes de la regulación, el papel de la iniciativa privada tras la desregulación, la desregulación y su impacto en el transporte carretero y las perspectivas de desarrollo de políticas desregulatorias en México.

### II.1.1.- Antecedentes de la desregulación.

De 1970 a 1981, México tuvo un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de 6.7% y una tasa de inflación de sólo 17.5%, que contrastan de manera considerable con los datos del periodo entre 1981 y 1988, donde el crecimiento del PIB fue de 0.7% y la tasa de inflación del 70%.<sup>1</sup> Estos datos muestran que hubo un desequilibrio muy marcado entre ambos lapsos, tendencia que se agravó con la devaluación de diciembre de 1994, ya que el PIB disminuyó en 1995 considerablemente y durante 1996 y el primer semestre de 1997 sólo ha mostrado leves signos de recuperación; por su parte, la tasa de inflación de enero de 1995 a la fecha es de casi 270%.<sup>2</sup>

Estas condiciones se han visto reflejadas en todos los sectores productivos del país, sobre todo en el transporte, ya que es el principal articulador de movimiento de la economía. Inclusive algunos estudios han mostrado que la correlación del PIB nacional y el PIB del transporte es de alrededor del 95%.<sup>3</sup>

Los descubrimientos de nuevos yacimientos de petróleo en la década de los 70's, aunados con el alto precio de este insumo en el ámbito mundial, generaron una ola de confianza en los bancos internacionales para otorgar créditos a México, con tasas de interés muy bajas. Esto generó una política económica relajada, en cuanto a que los ingresos por exportaciones, que eran principalmente petroleras, superaban el monto de pago de deuda.<sup>4</sup>

Esta época de auge se reflejó en un gran consumo interno que motivaba un mercado desinteresado por las exportaciones, las cuales podían ser subsanadas con el petróleo. El resultado de esta situación fue catastrófico años más tarde.

---

<sup>1</sup>Sachs - Larrain, Macroeconomía en la economía global, México, D.F., México, Ed. Prentice Hall, 1994, 1ª ed. en español, p. 691.

<sup>2</sup> Tomando como referencia el tipo de cambio existente en Diciembre de 1994 y el promedio del tipo de cambio para los meses de Enero a Marzo de 1997 con respecto al dólar estadounidense.

<sup>3</sup> Estudio de correlaciones realizado por alumnos de la maestría en sistemas de transporte de la UAQ en la materia de Macroeconomía del transporte, 1996.

<sup>4</sup> Sachs - Larrain Capítulo 22: "La crisis de deuda en los países en desarrollo", *Op. Cit.*, pp. 690 - 725.

Al fijar el tipo de cambio, el gobierno mexicano disminuyó aún más las exportaciones de bienes no petroleros, por lo que los transportistas tuvieron que concentrarse en los movimientos domésticos. Esto hizo que en el autotransporte, por ejemplo, proliferara la competencia, en muchas ocasiones desleal, que obligó a las autoridades a regular el sistema, estableciendo límites para las tarifas, rutas y terminales de carga; y así “proteger” a los transportistas. Esto repercutió en un profundo desinterés por mejorar la calidad de servicio.

El gasto público aumentó considerablemente y protegió a través de importantes subsidios a algunas empresas de los distintos modos de transporte que estaban controladas en su totalidad por el gobierno federal.

Ante la política de tipo de cambio fijo, los productores nacionales se vieron desprotegidos con el aumento de las importaciones; por lo que el gobierno federal impuso barreras arancelarias para evitar la quiebra de las empresas locales; lo que se conoce como proteccionismo.

Todos estos factores, aunados a la confianza excesiva en la exportación petrolera; generaron a finales de los años 80's, junto con el alza de las tasas de interés internacionales, la creación de un nuevo marco regulatorio conocido como “desregulación”.

El alza de las tasas de interés hizo que la carga de la deuda de México aumentara de manera considerable, teniendo en cuenta que a fines de 1981, el 73% de la deuda estaba pactada a tasa variable.<sup>5</sup> Este incremento en la carga de la deuda hizo que en agosto de 1982 el gobierno anunciara que no podía dar cumplimiento a sus compromisos de deuda de acuerdo a lo pactado.<sup>6</sup>

Algunos bancos internacionales, que habían prestado dinero a los países en desarrollo; al ver que este anuncio fue emulado por otros países latinoamericanos, buscaron el apoyo de sus gobiernos para no ir a la quiebra. De esta manera, por ejemplo, en Estados Unidos se generó el plan “Baker” que proponía posponer los pagos de deuda, lo que no tuvo éxito. Posteriormente el plan “Brady” ofreció condonar cierto monto de las deudas a cambio de que los países deudores tomaran medidas de política económica

---

<sup>5</sup> *Ibid.*, p. 698.

<sup>6</sup> *Ibid.*, p. 690.

encaminadas a la apertura comercial, a la disminución de la participación estatal en los procesos productivos y a la desregulación.<sup>7</sup>

Por su parte, la caída del precio internacional del petróleo, contribuyó significativamente en este proceso, al desnivelar el coeficiente de pago de deuda / exportaciones netas. Lo que en gran medida obligó a México a aceptar el plan "Brady" mediante supervisión internacional y generar los cambios de política que originan la desregulación.

Se pueden identificar como áreas externas de impacto estructural en la industria del transporte en México a tres en especial:

- La apertura a la competencia interna.
- Los cambios en las características de la demanda.
- La apertura comercial internacional.<sup>8</sup>

Debe tenerse en cuenta que el transporte puede ser el factor más significativo del costo dentro de la comercialización internacional y un elemento fundamental para el éxito de algunas empresas. La desregulación del transporte, que incluye la mayor participación de los capitales privados en la operación de la infraestructura, permite al gobierno federal generar mayores ingresos por concepto de impuestos, y exigir que sus concesionarios mantengan un determinado nivel de servicio. Por eso, ante las limitantes de presupuesto para dar a la población el nivel de infraestructura y de servicio que requiere, era necesario desregular el transporte para adaptar las medidas de política económica nacional y fortalecer las inversiones que redunden en un crecimiento armónico del sector transporte y de la economía de las regiones.

Entre las estrategias de política económica adoptadas después de la crisis de los 80, está el replanteamiento de la participación del Estado en la economía. Se aplica una política de disminución del gasto público, a través de recorte presupuestal y la reducción de organismos públicos, incluyendo empresas paraestatales, así como la disminución de la participación en

---

<sup>7</sup> *Ibid.*, p. 720.

<sup>8</sup> Rico G., Oscar A., Impactos estructurales de la apertura económica en la industria del autotransporte de carga, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, publicación técnica N° 69, 1995, 1ª ed., p. 15.

construcción de infraestructura y una mayor eficiencia en cuanto a la recaudación fiscal.<sup>9</sup>

El convenio de modernización y reestructuración del autotransporte federal de carga firmado en junio de 1989 por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR), marcó el inicio de una nueva era para la industria del autotransporte de carga en México, al desaparecer la concesión de rutas, al generar un marco más flexible para la obtención de permisos y al liberar las tarifas del autotransporte.<sup>10</sup>

El programa de trabajo de 1989 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes incluyó entre sus políticas, el cambio relacionado con el financiamiento de algunos tramos carreteros, propiciando una mayor participación del sector privado en caminos de cuota.<sup>11</sup> La meta hacia 1994 era de 4,000 kilómetros de carreteras de altas especificaciones.<sup>12</sup>

### **II.1.2.- El papel de la iniciativa privada tras la desregulación.**

Desde el concesionamiento otorgado a compañías estadounidenses para la construcción de vías ferroviarias a principios de siglo,<sup>13</sup> la participación de la iniciativa privada en la construcción de infraestructura del transporte ha ido en crecimiento sostenido, sin embargo, el auge generado por diversas políticas económicas aplicadas después de 1982, permitieron que cada vez más inversionistas decidieran arriesgar su capital en este ramo.

<sup>9</sup> Ver **De Buen R., Oscar y Trujano V., Gerardo**, Evaluación de la situación del transporte de carga en México 1991 - 1992, Qro., México IMT y SCT, Publicación técnica N° 57, 1995, 1ª ed., p. 3.

<sup>10</sup> **Dalehite, Esteban G.**, México and United States Motor Carrier Regulation and Desregulation: Parallel Paths, Austin, Texas, Estados Unidos, The University of Texas at Austin, 1994, 1ª ed., pp. 14 - 29.

<sup>11</sup> **González G., Ovidio**, "Construcción de carreteras y ordenamiento del territorio", en la Revista Mexicana de Sociología, Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México, Año III/ Núm. 3, Julio - Septiembre de 1990, p. 66.

<sup>12</sup> Además de estos acuerdos en infraestructura, el autotransporte fue desregulado drásticamente y sus efectos benéficos pueden verse en: **López Zavala, Jesús**. *Op. Cit.*, pp. 5 - 8.

<sup>13</sup> Ver **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)** Estadísticas históricas de México, México, D.F., México, 1990, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y Secretaría de Educación Pública (SEP), 2ª ed., p. 558.

La mayor parte de la construcción de infraestructura del transporte de México ha sido hecha por los gobiernos federal y estatal durante décadas, sin embargo, desde finales de los 80's hasta finales de 1994, el incremento de inversiones privadas en infraestructura del transporte fue muy relevante<sup>14</sup>, basta decir que en 1989 la iniciativa privada aportó el 8.88% del total de las inversiones en infraestructura carretera, mientras que en 1992 aportó cerca del 72%<sup>15</sup>. Desde 1994 a la fecha se ha presentado una contracción en la inversión debido principalmente a las condiciones económicas imperantes en el país; sin embargo, para inicios de 1997 ya se muestran indicios de reactivación económica.

La iniciativa privada mexicana empezó a construir infraestructura del transporte a través de concursos de obra pública, en la segunda mitad del siglo XX, sin embargo su participación en la operación es relativamente nueva y resulta un reto para las empresas hacer rendir un negocio en el que no tienen experiencia.

En los países industrializados como Estados Unidos, las políticas desregulatorias se han ido implementando paulatinamente desde hace más de dos décadas, debido a esto, la iniciativa privada que participa en la industria del transporte, se ha adaptado a los cambios de esquema con relativa facilidad; evitando los desequilibrios que se viven con una desregulación abrupta y acelerada, como acontece en México.

Por otra parte, en lo que se refiere a operación de infraestructura del transporte en México, no hubo ninguna participación del sector privado hasta la década de los 80's, ya que antes, el control total recaía en organismos estatales y paraestatales.

Dadas las políticas de apertura, el proceso de privatización de empresas estatales y paraestatales y la crisis de 1994, el aparato productivo nacional encuentra disminuido el consumo interno, y enfoca sus políticas empresariales a la búsqueda de mercados externos. Esto hace pensar que los costos de transporte y los niveles de servicio del mismo, pueden resultar

---

<sup>14</sup> *Ibid.*, pp. 624 - 627 y Martínez A., Ramiro y Segura M., Carmen J., Manual estadístico del sector transporte 1993, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, 1995, 1ª ed., pp. 215 - 226.

<sup>15</sup> *Ibid.*, p. 219.

vitales para que los productos locales sean transables<sup>16</sup> y para que, si cumplen con las exigencias de los mercados externos, puedan competir internacionalmente.

El gobierno federal, al ver que no podía subsanar con el gasto público las inversiones necesarias para fortalecer y modernizar algunos ramos del sector, decidió generar esquemas que favorecieran la participación de la iniciativa privada; la cual vio a la construcción y operación de parte de la infraestructura del transporte como un negocio rentable.

El crecimiento de la inversión privada en infraestructura del transporte en general hasta antes de 1995 fue notable. El porcentaje de inversión privada del total de las inversiones por este concepto para el periodo comprendido entre 1987 y 1992, se muestra por modo de transporte en la tabla II.1.

**INVERSIÓN PRIVADA EN INFRAESTRUCTURA \***  
**(MILES DE NUEVOS PESOS DE 1992)**

TIPO DE INFRAESTRUCTURA	AÑO/ CONCEPTO	1987	1989	1990	1991	1992
CARRETERA	INVERSION	0	180,720	2'382,336	5'768,865	6'616,340
	% DEL TOTAL	0%	8.88%	47.8%	71.9%	71.5%
MARITIMO - PORTUARIA	INVERSION	0	205,017	1'229,633	2'606,355	102,396
	% DEL TOTAL	0%	47.6%	82.6%	89.8%	21.9%
AEROPORTUARIA**	INVERSION	0	3,614	52,269	75,863	201,342
	% DEL TOTAL	0%	0.7%	8.5%	15.4%	53.7%

Fuente: Elaboración propia con datos de IMT y SCT<sup>17</sup>

\* La infraestructura ferroviaria no tuvo participación privada

\*\* Incluye equipo aeroportuario

**Tabla II.1.**

<sup>16</sup> Los bienes no transables son aquellos que sólo pueden consumirse en la economía en que se producen. La transabilidad se define por diversos factores como los costos del transporte y el grado de proteccionismo. Ver Sachs - Larrain, *Op. Cit.*, pp. 656 - 689.

<sup>17</sup> Martínez A., Ramiro y Segura M., Carmen J., "Manual Estadístico del Sector Transporte 1993", *Op. Cit.*, pp. 218 - 225.

La participación de la iniciativa privada en la infraestructura carretera en particular creció considerablemente, para junio de 1994, se encontraban operando 4,427 kilómetros de autopistas de altas especificaciones, de los cuales 3,319 kilómetros estaban concesionados<sup>18</sup> a particulares y a gobiernos estatales para su operación y conservación.<sup>19</sup>

El concesionamiento de infraestructura se extiende a los distintos modos de transporte, sin embargo, su aplicación no se tratará aquí, por la trascendencia del esquema de concesión de autopistas para dar cumplimiento cabal a los objetivos del presente trabajo.

### II.1.3.- La desregulación y el transporte carretero

El transporte carretero nacional, forma parte de la red<sup>20</sup> medular de comunicaciones en México y no ha sido sino hasta las últimas décadas que se ha logrado tener el enlace terrestre nacional entre las principales ciudades del país; sin embargo, esto no es suficiente debido en gran medida al incremento de volúmenes de tránsito en la mayoría de las vías troncales existentes y a la escasez de enlaces transversales en el norte del México debido en gran medida a las condiciones topográficas.

Antes del proceso de desregulación, los autotransportistas obtenían permisos de emisión controlada para explotar una determinada ruta y obtenían de las terminales de carga los elementos a transportar. Por otra parte, las tarifas mínima y máxima estaban controladas por el gobierno.

En consecuencia, los autotransportistas no se preocupaban por elevar el nivel de servicio, por obtener carga para transportar, por la renovación de equipo ni por sus costos de operación. Al cambiar el entorno regulatorio en

---

<sup>18</sup> Se requiere de concesión para construir, operar, explotar, conservar y mantener los caminos y puentes federales, las concesiones se otorgarán a mexicanos o a sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, en los términos que establezcan la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y los reglamentos respectivos. **Delgadillo, Luis** (Compilador), Legislación en Comunicaciones, México, D.F., México, Agosto de 1996, Ediciones Delma, 1ª ed., p. 133, perteneciente a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, Capítulo III, Artículo 6º.

<sup>19</sup> Datos de **Betanzo Quezada, Eduardo**, "Hacia un sistema nacional de plataformas logísticas", *Op. Cit.*, p. 17.

<sup>20</sup> Es un conjunto de nodos y arcos finitos interconectados.

favor de la competencia y con la apertura a movimientos internacionales de carga con Estados Unidos y Canadá que contempla el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, los autotransportistas se encuentran en desventaja, al no estar acostumbrados a laborar en un esquema de este tipo.

Las empresas de autotransporte que están en el mercado, se ven obligadas a buscar un control riguroso sobre sus costos de operación y sobre la optimización de sus recursos minimizando, por ejemplo, sus regresos "en vacío" y controlando de manera más eficiente a sus unidades.

En México, la industria del autotransporte se está dividiendo entre dos grandes categorías de prestadores de servicio: una empresarial y una artesanal. Estas categorías se distinguen fundamentalmente por el nivel de organización administrativa, la habilidad comercial y la utilización de técnicas y tecnologías en la producción y control del servicio<sup>21</sup>.

En este sentido, ante la guerra de tarifas que se ha desatado en el mercado interno del autotransporte, en muchas ocasiones los autotransportistas piensan que no hay razón aparente para usar autopistas de cuota, ya que sólo se ocupan de los costos inmediatos del transporte y dejan de lado los ahorros de largo plazo, sin embargo, en la medida que los operadores de las empresas de transporte se concienticen de los ahorros en costos de combustible, lubricantes, llantas, salarios de los operadores, mantenimiento, refacciones, depreciación, intereses, gastos indirectos y el ahorro fiscal que representa circular por autopistas de cuota, tenderán a utilizar con mayor frecuencia estas vías, por otra parte, el ahorro en tiempo puede ser trascendental para usuarios que utilicen sistemas de inventario cero, conocidos como "justo a tiempo".

Además, las empresas que utilizan servicios de autotransporte ante la posibilidad de elegir al operador que más convenga a sus intereses, buscarán, cuando así lo juzguen adecuado, acuerdos de largo plazo que les permitirán abatir sus costos de transporte y exigir el mantenimiento de los niveles de servicio que requieran.

---

<sup>21</sup> Rico G., Oscar A., "Algunos indicadores de la evolución de las empresas de autotransporte de carga en México, en el periodo 1988 - 1993" *Op. Cit.*, p. 10.

El nuevo esquema desregulado, favorecerá en el largo plazo a los autotransportistas, ya que de sobrevivir esta etapa de transición, estarán en posibilidad de competir tanto en el mercado interno, como en el de Estados Unidos y Canadá.

Concientizar a los operadores del autotransporte nacionales en relación con lo expuesto en los párrafos anteriores no es una tarea fácil, teniendo en cuenta el cambio tan abrupto que representa la desregulación y que viene a modificar la mayoría de los esquemas administrativos internos de las empresas del autotransporte, especialmente en cuanto al manejo y control de sus operaciones y en cuanto a la gestión global del tráfico.

La concientización de los autotransportistas debe venir de organismos gubernamentales, concesionarios de autopistas y de los mismos autotransportistas que buscan ganar determinados nichos de mercado para mantenerse en el negocio.

El gobierno en este sentido, está interesado en buscar el desarrollo armónico de las regiones, así como el aprovechamiento óptimo de los recursos energéticos y económicos de la nación y en supervisar a las empresas y a los gobiernos estatales que tienen la concesión para la operación de autopistas, para que la infraestructura carretera cumpla con su cometido nacional; por su parte los operadores de las autopistas y autotransportistas están interesados en obtener beneficios financieros y en contribuir al desarrollo nacional al abrir fuentes de empleo, al cumplir sus obligaciones fiscales y al ofrecer los servicios de calidad que requiere la nación.

#### **II.1.4.- Perspectivas de desarrollo de políticas desregulatorias**

El gobierno federal, en su "Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000", plantea que el proceso de "privatización"<sup>22</sup> de la infraestructura del transporte seguirá adelante en los próximos años,<sup>23</sup> por su parte, se seguirán buscando esquemas que favorezcan a los transportistas y promuevan el intermodalismo.

---

<sup>22</sup> Es necesario aclarar que la infraestructura del transporte es considerada estratégica para la nación, por lo que nunca llega a ser propiedad de los particulares, el término privatización es utilizado en este sentido para definir la participación del capital privado bajo el esquema de concesión.

<sup>23</sup> Poder Ejecutivo Federal, Plan nacional de desarrollo 1995 - 2000, México, D.F., México, 1995, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1ª ed., pp. 162 - 163.

Este proceso puede resultar lento, teniendo en cuenta que la iniciativa privada en general, es consciente de que si se involucra en un proyecto de construcción y operación de infraestructura del transporte, debe evaluarlo con suma cautela por los pobres resultados que se han obtenido en parte de los tramos concesionados a la fecha, principalmente por el incremento de los montos de deuda derivados de la devaluación de diciembre de 1994. Debido a esto, el gobierno federal debe buscar nuevos mecanismos normativos y estructurales que beneficien a ambas partes.

Las distintas entidades gubernamentales involucradas ya han modificado o creado algunos instrumentos normativos internos que favorecen el proceso de apertura al comercio externo; y también se han adherido a convenios internacionales, los cuales se incluyen, por decreto, en la legislación de los Estados Unidos Mexicanos. Se presenta el análisis del marco jurídico del transporte carretero en México en el Anexo B.

Es necesario que las autoridades correspondientes generen la reglamentación necesaria para el nuevo marco desregulado, utilizando los conocimientos y experiencia de especialistas en transporte y estadistas, de manera que los nuevos instrumentos legislativos favorezcan a la participación de inversionistas y permitan optimizar los recursos nacionales en beneficio de los usuarios de servicios de transporte.

Es necesario que se establezcan políticas económicas nacionales de largo plazo en materia de transportes y, para el caso que atañe al presente trabajo, en materia de concesiones de infraestructura carretera; y de esta manera, se pueda legislar con anterioridad a la puesta en marcha de nuevos esquemas, de lo contrario, los inversionistas del transporte y de la construcción nacional se verán en desventaja ante empresas externas de su ramo. Por otra parte, se deben de buscar mecanismos de apoyo para que las empresas nacionales puedan ofrecer competitivamente sus servicios en el extranjero.

## **II.2.- OFERTA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA**

La infraestructura carretera nacional ha crecido considerablemente en los últimos tiempos. En 1980 había 66,920 km de carreteras pavimentadas; para 1994 había 94,867 km, lo que representa un crecimiento en ese periodo del 42%. Por su parte, las no pavimentadas crecieron de 145,706 km a 211,100 km, en el mismo lapso, con un crecimiento del 45%,<sup>24</sup> sin embargo, uno de los principales problemas de la infraestructura carretera se presenta en la insuficiente conectividad que tienen las pequeñas poblaciones, que pueden necesitar carreteras alimentadoras para solventar su desarrollo y fomentar un mayor crecimiento de las regiones que alimentan los grandes flujos de las vías troncales. En la tabla II.2. se muestra el inventario nacional de carreteras pavimentadas.

Para efectos del presente trabajo, se considera conveniente mostrar la oferta nacional de infraestructura carretera dividida en dos partes, correspondientes a los sectores público y privado que operan dicha infraestructura.

### **II.2.1.- Infraestructura operada por el sector público**

El sector público controla la operación de la mayoría de los tramos carreteros del país, ya sea a través del gobierno federal o de los gobiernos estatales. En los últimos años, el sector público se ha encontrado ante un presupuesto insuficiente para satisfacer las necesidades de infraestructura que se requieren para enfrentar las nuevas condiciones de apertura a las que se enfrenta el país, y ha recurrido a esquemas de concesionamiento de autopistas para poder encaminar los recursos a otros proyectos también prioritarios para la construcción de carreteras que pueden no resultar atractivas para la iniciativa privada como las carreteras alimentadoras, para la construcción de caminos rurales y para el mantenimiento de la infraestructura existente.

---

<sup>24</sup> **Martínez A., Ramiro y Segura M., Carmen J.,** "Manual Estadístico del Sector Transporte 1993", *Op. Cit.*, p. 157.

**LONGITUD DE CARRETERAS PAVIMENTADAS EN MÉXICO  
EN NOVIEMBRE DE 1996\* (KILÓMETROS)**

CARRETERAS/ CARRILES	1 CARRIL	2 CARRILES	4 Ó MÁS CARRILES	TOTAL
FEDERALES	0	39,662	4,122	43,784
ESTATALES	12	43,159	1,752	44,923
ESTATALES CONCESIONADAS	0	68	44	112
CONCESIONADAS A PARTICULARES	0	0	4,152	4,152
SUMAS	12	82,889	10,070	92,971*

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte IMT/SCT 1994 - 1996<sup>25</sup>

\* El kilometraje total de las carreteras pavimentadas no coincide con los datos del Manual Estadístico del Sector Transporte 1993, referido en la nota anterior, debido a que en ocasiones algunas dependencias estatales consideran una "longitud equivalente de carreteras de dos carriles", con la que el área adicional pavimentada de otros carriles o de paradores, miradores y acotamientos es convertida en kilómetros de carreteras debido a que también requieren de presupuesto para su conservación y mantenimiento, de esta manera, el kilometraje de una carretera de cuatro carriles se contabiliza dos veces; la de seis carriles, tres, y así sucesivamente.

**Tabla II.2.**

El sector público opera y da mantenimiento a más de 290 mil kilómetros de carreteras, de las cuales aproximadamente 90 mil kilómetros son pavimentadas, lo que representa la tercera parte del total.<sup>26</sup> El 91% de la red pavimentada corresponde a las carreteras de uno y dos carriles, y el resto a la de cuatro y más carriles.<sup>27</sup> Los caminos no pavimentados tienen una longitud cercana a 211 mil kilómetros, de los cuales el 70% corresponde a caminos revestidos y el 7% a terracerías<sup>28</sup>.

Al tener que distribuir una limitada cantidad de recursos, entre una gran cantidad de caminos por mantener o modernizar en su caso, el sector público ha optado por generar esquemas que favorezcan la participación del sector privado en la construcción de nuevos caminos, ya que en este momento las

<sup>25</sup> Resultado de los registros de localización obtenidos por los Centros Estatales de la SCT mediante receptores del sistema de posicionamiento global (GPS), empleados en modo dinámico con intervalo de lectura de un segundo. Ver el documento inédito: Vázquez P., Juan C. y Backhoff P., Miguel A. (compiladores), "Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, 1996", Sanfandila, Querétaro, México, Abril de 1997, IMT y Centros SCT estatales.

<sup>26</sup> Martínez A., Ramiro y Segura M., Carmen J., "Manual Estadístico del Sector Transporte 1993",

*Op. Cit.*, p. 156.

<sup>27</sup> *Idem.*

<sup>28</sup> *Idem.*

políticas gubernamentales están enfocadas a conservar y modernizar la red existente de comunicación nacional, dando prioridad a la pavimentación de caminos revestidos. En el Anexo C se muestra un mapa de las carreteras principales operadas por el sector público.

### **II.2.2.- Infraestructura operada por el sector privado**

La extensión de las carreteras de cuatro y más carriles en 1980 era de cerca de mil kilómetros en el país, para 1994 se incrementó hasta 8,979, lo que representa una tasa media de crecimiento anual del 17%, la tasa correspondiente a las carreteras de dos carriles en el mismo periodo fue del 2%.<sup>29</sup> El crecimiento de las carreteras de cuatro carriles en los últimos años del periodo señalado se debe en gran medida al impulso del programa de construcción de autopistas concesionadas desarrollado desde 1988, que ha propiciado la inversión de la iniciativa privada y de los gobiernos estatales. A partir de 1994, la crisis económica nacional ha limitado el número de obras de construcción de infraestructura carretera, debido a que el gobierno federal considera que hay otras áreas de la economía que deben de reactivarse primero.

La iniciativa privada opera actualmente más de cuatro mil kilómetros de autopistas de altas especificaciones, entre los que destacan los siguientes tramos carreteros:

- Autopista Guadalajara - Tepic de 203 kilómetros
- Autopista Guadalajara – Zapotlanejo de 26 kilómetros
- Autopista León - Lagos - Aguascalientes de 116 kilómetros
- Autopista Mazatlán - Culiacán de 206 kilómetros
- Autopista Maravatío - Zapotlanejo de 391 kilómetros
- Libramiento Tampico de 15 kilómetros
- Autopista Torreón - Saltillo de 258 kilómetros
- Autopista Cuernavaca - Acapulco de 325 kilómetros
- Túnel Acapulco en Guerrero de 3 kilómetros
- Puente El Zacatal en Campeche de 4 kilómetros

---

<sup>29</sup> *Ibid.*, p. 157.

La iniciativa privada incrementó considerablemente sus montos de inversión en la infraestructura carretera hasta finales de 1994, ya que apostaron en la solidez del negocio de concesiones avalada por el gobierno federal en los términos de los títulos de concesión. En el Anexo C se muestra un mapa de las carreteras concesionadas a escala nacional.

## **II.3.- CONCESIONAMIENTO DE AUTOPISTAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES**

En este punto del trabajo es trascendente describir con más detalle el esquema del concesionamiento, mostrando los antecedentes que la preceden, las bases del esquema, la experiencia hasta hoy y las perspectivas de desarrollo de nuevos instrumentos de concesión de infraestructura carretera de altas especificaciones.

### **II.3.1.- Antecedentes**

Los antecedentes del proceso de globalización han quedado expuestos, sin embargo, la apertura a la participación de la iniciativa privada y de los gobiernos estatales en la construcción y operación de infraestructura carretera en México debe analizarse con más detalle.

De acuerdo con su Programa de Trabajo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha llevado a cabo la construcción de carreteras para satisfacer las comunicaciones nacionales; sin embargo, es urgente incrementar la capacidad de la red carretera para lograr una infraestructura que corresponda a las acciones tendientes a la modernización del país para mejorar su desarrollo socioeconómico y cultural.

El Gobierno Federal ha elaborado un Programa de carreteras de cuota, en el que se establecen prioridades para la ejecución de vías de comunicación consideradas de vital importancia para el desarrollo del país y en el que se ha considerado conveniente que la iniciativa privada y los gobiernos estatales participen en el financiamiento, construcción, explotación y conservación de carreteras de altas especificaciones<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> Del Artículo II de los Antecedentes del título de concesión que otorgó el Gobierno Federal a través de la SCT para la construcción, explotación y conservación de la carretera León - Lagos de Moreno - Aguascalientes en Octubre de 1990.

Ante experiencias desafortunadas de algunos países como Japón, Chile, Francia y Noruega<sup>31</sup> con relación al concesionamiento de infraestructura carretera, el gobierno federal de México tiene que buscar un esquema adecuado a los requerimientos actuales empresariales y nacionales, de manera que éste no resulte una carga para el gobierno, sino un aliciente que represente mayores ingresos recaudatorios e inversiones indispensables para dotar al país de la infraestructura carretera que requiere.

El gobierno nacional adoptó originalmente un esquema en el que se garantiza aforos, con lo que se hace corresponsable con los inversionistas. En ese caso, si el proyecto tiene éxito, entonces cumple su función; si no lo tiene, el Estado se involucra en el pago de cuentas indirectamente.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, realizó estudios muy meticulosos para cada proyecto de concesión para determinar la factibilidad de cada uno de ellos. Los estudios realizados incluían determinación de volúmenes de tráfico futuro, de las tarifas máximas convenientes para recuperar la inversión<sup>32</sup>, de los programas de obra más convenientes, de los parámetros financieros que determinarían la solvencia de las empresas, de los reglamentos para la explotación de la concesión y de las sanciones aplicables a las empresas en caso de incumplimiento; todo ello con el fin de determinar los parámetros de aceptación para las propuestas técnica y económica de la iniciativa privada.

Es necesario aclarar que para que un proyecto sea considerado como viable para concesión<sup>33</sup>, éste debe de representar un nivel aceptable de beneficios sociales y económicos<sup>34</sup> y además debe de ser atractivo para los inversionistas. Para que esto suceda es necesario analizar meticulosamente las características de la infraestructura por construir y determinar si la totalidad

---

<sup>31</sup> De las notas del Seminario de la OCDE Sobre Redes de Transporte Intermodal y Logística, México, D.F., México, 3, 4 y 5 de junio de 1997, tema: "Experiencias en el Financiamiento de Infraestructura Carretera".

<sup>32</sup> Ver en el Anexo F, las políticas para el establecimiento de tarifas.

<sup>33</sup> En el apartado III.5. se exponen con más detalle los estudios de factibilidad que deben de realizarse; éstos son los referentes a la factibilidad económica, técnica, institucional, financiera, comercial y social.

<sup>34</sup> Entiéndase por beneficios económicos a factores como el ahorro en energéticos, la disminución de costos operativos de los vehículos, generación de fuentes de empleo y el incremento en la movilidad de la red carretera nacional entre otros.

de la inversión será recuperable o si el Estado tendrá que aportar alguna cantidad<sup>35</sup>.

Una vez determinados los parámetros de aceptación de propuestas, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes empezó a convocar a licitaciones públicas y a otorgar por asignación a los gobiernos estatales que presentaron propuestas factibles. Los aspirantes privados a concesionarios realizaron sus propios estudios técnicos y financieros correspondientes para presentar sus ponencias. En todos los casos, las concesiones de tramos carreteros para la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura del transporte han sido otorgadas a los empresarios que presentan la mejor postura técnica y económicamente factible.

Las empresas que participan como concesionarios, para poder solventar las inversiones y para no descapitalizarse, tuvieron que conseguir financiamiento externo, mediante sistemas de aseguramiento de capitales de inversión, principalmente provenientes de los Estados Unidos, y presentar una garantía que estaría vigente por todo el plazo de concesión.

El plazo de vigencia de las concesiones varía actualmente entre 10 y 30 años, dependiendo de la respuesta esperada del tráfico y del monto de las inversiones y al terminar este plazo, los bienes afectos a la explotación de la carretera revertirán en favor del Gobierno Federal en buen estado y libres de todo gravamen en los términos de la Ley de Vías generales de comunicación.

A diferencia del concesionamiento de infraestructura en otros países, el sistema implantado en México permite ampliar los periodos de concesión y prevee reestructuración de los títulos de concesión ante imponderables ajenos a los concesionarios.

---

<sup>35</sup> Banamex considera que los proyectos de concesiones carreteras son autofinanciables parcialmente, por lo que debe de aplicarse un monto de capital subordinado otorgado por el gobierno, la inversión financiable se divide en capital y crédito. Fuente: De las notas del Seminario de la OCDE Sobre Redes de Transporte Intermodal y Logística, *Op. Cit.*

### II.3.2.- Bases para los proyectos de concesión

Las bases para cada proyecto de concesión han variado entre sí dependiendo de diversos factores, como la importancia de los tramos mismos y por los volúmenes de inversión, además, conforme se ha adquirido experiencia, los títulos de concesión han incorporado cláusulas que clarifican los derechos y obligaciones de las partes. En este apartado se muestran sólo las características generales más comunes de las bases para concesionamiento de autopistas en el esquema actual.

Cuando la proyección del tráfico previsto por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en cuanto a aforos y composición, resulta inferior al llevarse a cabo la operación de la carretera, la concesionaria tiene derecho a solicitar una prórroga de la concesión que a juicio de la Secretaría proceda para obtener la total recuperación de la inversión efectuada para tal efecto; en cuyo caso tendrá que presentar los estudios correspondientes con un año de anticipación a la fecha de vencimiento de la concesión, o llegar a un común acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para reestructurar los títulos de concesión<sup>36</sup>.

La prórroga de concesiones según la ley puede ser de hasta el 100 % del tiempo original de concesión, por lo que el periodo máximo contemplado para el total de la concesión es de 60 años;<sup>37</sup> al terminar dicho periodo, sin importar su duración y como se mencionó en el apartado anterior, los bienes afectos a la concesión deberán revertirse en favor del Gobierno Federal en buen estado y libres de todo gravamen en los términos establecidos por la ley correspondiente.

Sin embargo, ante la sobrecarga de la deuda, muchos concesionarios no serían capaces de recuperar las inversiones aún cuando se extienda el plazo de

---

<sup>36</sup> Del Artículo II de los Antecedentes del título de concesión que otorgó el Gobierno Federal a través de la SCT para la construcción, explotación y conservación de la carretera León - Lagos de Moreno - Aguascalientes en Octubre de 1990. *Op. Cit.*

<sup>37</sup> Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, *Op. Cit.*, México, D.F., México, publicada en el "Diario Oficial de la Federación" el 22 de Diciembre de 1993, Capítulo III: "Concesiones y permisos", Artículo 6°.

las concesiones al máximo<sup>38</sup>; lo que representa un serio problema para el gobierno federal, ya que tiene que buscar, en conjunto con los particulares involucrados, un nuevo esquema que permita a los concesionarios evitar la quiebra de sus negocios. Este nuevo esquema podría ser el de inversiones mixtas, donde el gobierno aporta la proporción del monto de deuda no recuperable con la operación de las autopistas<sup>39</sup>.

Para concesiones futuras es posible que el esquema utilizado sea el de flujos mixtos de inversión; sin embargo, también se pueden adoptar esquemas de otros países, como el del Reino Unido, donde se les otorga a los particulares libertad total de diseño financiero de alternativas y no se les otorga a los concesionarios ninguna garantía sobre sus inversiones<sup>40</sup>.

Entre las condiciones que actualmente deben cumplir las concesionarias para mantener el plazo de las concesiones, se encuentra el seguimiento de los programas de construcción y de puesta en servicio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, contar con un fondo de reserva para trabajos de conservación y reconstrucción, mantener un monto mínimo de capital social durante todo el tiempo que dure la concesión, ceñirse al uso de recursos previstos en el programa financiero proporcionado por la Secretaría, aplicar las tarifas establecidas en los anexos del título de concesión y sólo modificarlas conforme al índice nacional de precios al consumidor una vez al año o cuando dicho índice sea superior al 15%.

También deberán presentar a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes los estados financieros cuando esta los requiera, cubrir el 0.5% de los ingresos tarifados anuales al Gobierno Federal como prestación por la explotación y operación de la carretera, sin perjuicio de las demás obligaciones que el concesionario tenga por concepto del título en cuestión y

---

<sup>38</sup> Más del 90% de las concesiones tienen problemas financieros. Datos obtenidos de la Dirección Adjunta de Ingeniería Financiera y Proyectos Sectoriales del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (Banobras), Junio de 1997.

<sup>39</sup> Propuesta del IFC - Grupo Banco Mundial, De las notas del Seminario de la OCDE Sobre Redes de Transporte Intermodal y Logística, *Op. Cit.*

<sup>40</sup> *Ibid.* En el Reino Unido las concesiones que han tenido éxito lo atribuyen a periodos de construcción de cinco años y a la puesta en servicio de subtramos terminados. En ese país, el concesionario determina la proyección de aforos, los programas de obra y los montos de inversión.

mantener un nivel de excelencia en el servicio a los usuarios en todos los sentidos<sup>41</sup>.

El nivel de excelencia en el servicio obliga al concesionario a utilizar equipos de conteo y clasificación de vehículos en las casetas de peaje; a informar a los usuarios, cuando así lo requieran, del tránsito y de las facilidades que existan en el tramo carretero sujeto a concesión; a adoptar las medidas necesarias para la seguridad de bienes y personas y mantener equipos y dispositivos para prestar servicios de emergencia, primeros auxilios y radiotelefonía; a mantener y restaurar señalamientos, acotamientos, defensas metálicas, puentes, viaductos, pasos a desnivel y a conservar adecuadamente conforme a los ordenamientos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la superficie de rodamiento y a ofrecer servicios o actividades conexas, como paradores, zonas de mantenimiento, talleres, gasolineras, restaurantes, cafeterías, etcétera, que cumplan con los requisitos de seguridad y de nivel de servicio para los que son creadas.<sup>42</sup>

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes para poder calificar el índice de servicio de los tramos concesionados tiene una especificación vigente basada en un sistema de puntuación, en el que para que una carretera sea considerada de altas especificaciones es necesario que durante la construcción y operación de la carretera se mantenga una calificación superior a 400 puntos<sup>43</sup>.

Por otra parte, el concesionario no podrá construir edificios, colocar postes o realizar obras dentro del derecho de vía, inclusive sólo podrá colocar anuncios con la autorización por escrito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; será el único responsable de daños de personas o bienes dentro del derecho de vía, debidos a deficiencias en el mantenimiento, operación, conservación o reparación de la obra concesionada y serán a cargo del concesionario todas las obligaciones fiscales que se originen o deriven de la

---

<sup>41</sup> De las obligaciones de las partes en el título de concesión que otorgó el Gobierno Federal a través de la SCT para la construcción, explotación y conservación de la carretera León - Lagos de Moreno - Aguascalientes en Octubre de 1990, *Op. Cit.*

<sup>42</sup> *Idem.*

<sup>43</sup> La SCT otorga la puntuación basándose en diversos factores como diseño estructural, trazo y pendientes, estado físico de señalamientos e instalaciones conexas, interrupciones de tráfico y disminución de velocidad de los vehículos por operaciones de mantenimiento, etcétera.

concesión, así como del cobro de las tarifas por el uso del tramo de carretera<sup>44</sup>.

Por su parte, el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se compromete a no concesionar carreteras paralelas entre los mismos puntos a la autopista que se concesiona durante la vigencia del título de concesión y a compensar a la concesionaria si la Secretaría no autoriza el ajuste de tarifas conforme a los aumentos del índice nacional de precios al consumidor<sup>45</sup>.

### II.3.3.- La experiencia hasta hoy

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, al propiciar una mayor participación de la iniciativa privada en caminos de cuota a través de concesiones tenía para 1994 la meta de 4,000 kilómetros de carreteras de altas especificaciones, lo que se cumplió, ya que para ese año, se contaba con 4,427 kilómetros, lo que favoreció considerablemente el crecimiento de carreteras de cuatro o más carriles que a finales de 1994, sumaban 8,979 kilómetros en el ámbito nacional<sup>46</sup>; en 1996, la red de cuatro carriles alcanzó 10,134 kilómetros<sup>47</sup>.

La iniciativa privada que ha decidido participar en el concesionamiento de infraestructura carretera es por lo general, por el giro de sus actividades principales, mayoritariamente enfocada al ramo de la construcción, por lo que las empresas tuvieron que generar a su vez a grupos operadores de infraestructura o buscar alianzas estratégicas para solventar esa necesidad. El esquema funcional de los proyectos de infraestructura, sean autopistas, puentes o túneles en concesión definido por algunas empresas, es el que se muestra a continuación<sup>48</sup>:

---

<sup>44</sup> De las obligaciones de las partes en el título de concesión que otorgó el Gobierno Federal a través de la SCT para la construcción, explotación y conservación de la carretera León - Lagos de Moreno - Aguascalientes en Octubre de 1990, *Op. Cit.*

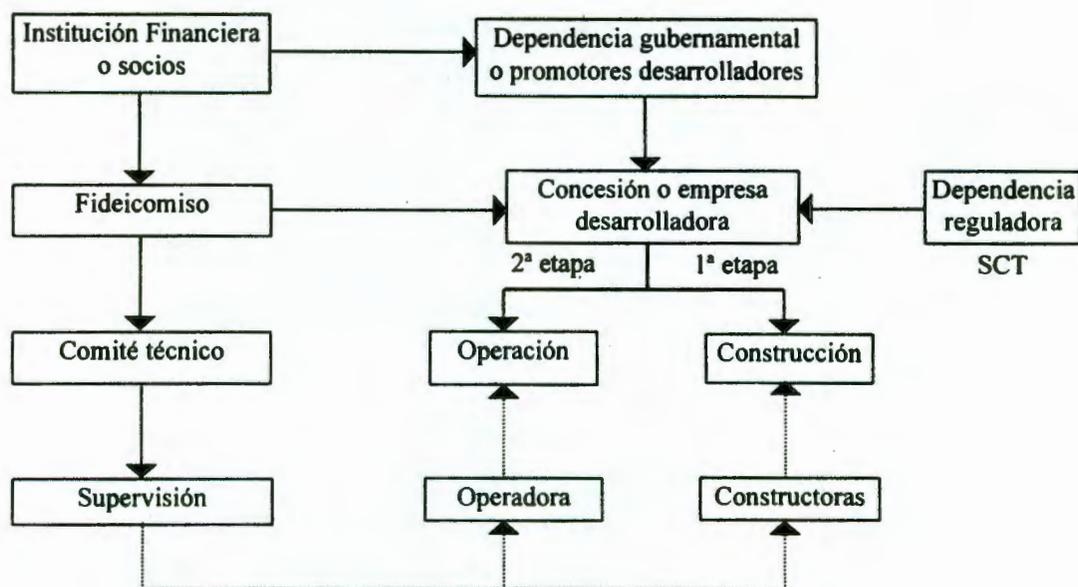
<sup>45</sup> *Idem.*

<sup>46</sup> Martínez A., Ramiro y Segura M., Carmen J., "Manual Estadístico del Sector Transporte 1993", *Op. Cit.*, p. 156.

<sup>47</sup> Vázquez P., Juan C. y Backhoff P., Miguel A. (compiladores), "Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, 1996", *Op. Cit.*

<sup>48</sup> Obtenido de la Comisión de Operación de Infraestructura de OMAC S.A. de C.V., Julio de 1996.

## ESQUEMA FUNCIONAL DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS



Fuente: Comisión de Operación de Infraestructura de OMAC S.A. de C.V., Julio de 1996

**Figura II.1.**

Las empresas privadas y los gobiernos estatales que se han involucrado en el proceso de concesionamiento han tenido algunas barreras para cumplir las expectativas iniciales de rendimiento que tenían contempladas, estas barreras pueden ser de mercado, financieras, económicas, sociales, políticas y legales. A continuación se muestra un listado de algunas de las barreras que, según un sector de los concesionarios, se han presentado en esos ámbitos<sup>49</sup>.

<sup>49</sup> *Idem.*

- **BARRERAS DE MERCADO**

- Aforos menores a los considerados en el proyecto
- Composición diferente de aforos con relación a los supuestos
- Falta de cultura de pago de los usuarios
- Competencia desleal en el autotransporte de carga
- Liberación de tarifas y rutas en el transporte de carga
- Falta de uso de autopistas por venta clandestina de boletos fraudulentos
- Falta de cultura en la relación costo - beneficio de largo plazo
- Falta de cultura de servicio y calidad en el usuario

- **BARRERAS FINANCIERAS**

- Ingresos menores a los esperados
- Altas tasas de interés de mercado para este tipo de proyectos
- Restricciones para la obtención de créditos para la infraestructura carretera
- Capitalización de intereses durante la operación por falta de ingresos
- Limitación en el periodo de los créditos de largo plazo
- Altas tasas de interés e inflación no reflejadas en las tarifas
- Sobrecostos importantes durante el periodo de construcción

- **BARRERAS ECONÓMICAS**

- Inflación alta
- Incertidumbre en la paridad cambiaria
- Disminución del poder adquisitivo de la población
- Altos índices de desempleo
- Falta de actividad económica
- Recesión de la economía mundial

- **BARRERAS SOCIALES**

- Frustración de la población regional por la inaccesibilidad a las autopistas por sus altas tarifas
- Población afectada por la situación económica del país

## • BARRERAS POLÍTICAS

- Falta de voluntad política del gobierno para reestructurar los proyectos
- Abanderamiento de partidos políticos de oposición al gobierno por el costo en la resolución de estos proyectos

## • BARRERAS LEGALES

- Falta de reglamentación específica para este tipo de proyectos que cubra todos los aspectos legales y fiscales
- Falta actualización de leyes que sean compatibles con el entorno económico actual y que brinden estabilidad y seguridad mediante la definición clara de los derechos y obligaciones de todos los participantes.

Uno de los principales problemas al que se han enfrentado los concesionarios es que los niveles y composición de aforos supuestos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes no se han cumplido, por ejemplo para la autopista "León - Lagos de Moreno - Aguascalientes" la previsión de Tránsito diario promedio anual (TDPA) del concurso para obtener el título de concesión en Octubre de 1990 era de 4,633 vehículos de los cuales 75.28% eran tipo A, 8.85% del tipo B y 15.88% del tipo C, con una tasa esperada de crecimiento anual del 4%. Para septiembre de 1996 el TDPA registrado en el mismo tramo era de 2,306 vehículos, con una composición en la cual 83.18% eran tipo A, 5.13% del tipo B y 11.69% del tipo C,<sup>50</sup> en adición, las cuotas de peaje en ese caso particular no han podido crecer en la medida inflacionaria, las tarifas establecidas en el título de concesión actualizadas a Abril de 1996, serían un 38% más altas de lo que se cobraba en septiembre del mismo año.<sup>51</sup>

Como esta situación es casi general, entonces se presentan una serie de problemas ajenos a los concesionarios, en los que por los estatutos de los títulos de concesión es necesaria una reestructuración. Esta situación no significa necesariamente que las empresas concesionarias trabajen con pérdidas en lo concerniente a la operación, a continuación se muestran

<sup>50</sup> Datos obtenidos de los "Parámetros para la proyección financiera, condiciones de concurso Vs. Actualización" realizada por Autopistas Concesionadas del Centro, S.A. de C.V. para la autopista León - Lagos - Aguascalientes en Noviembre de 1996.

<sup>51</sup> *Idem.*

algunos índices de resultados promedio de algunas empresas de 1995, que operan en conjunto el 15.5% de las carreteras de altas especificaciones a escala nacional<sup>52</sup>.

- Índice de dimensión de la operación (Do)
 
$$\text{Do} = (\text{Facturación en operación/Ventas del proyecto}) \times 100$$

$$\text{Do} = 35.0\%$$
- Rentabilidad de las operadoras (Ro)
 
$$\text{Ro} = (\text{Utilidad en operación/Facturación total}) \times 100$$

$$\text{Ro} = 11.0\%$$
- Índice de liquidez (L)
 
$$\text{L} = (\text{Activos circulantes/Pasivos circulantes})$$

$$\text{L} = 1.03 \text{ veces}$$
- Índice de rotación de activo (At)
 
$$\text{At} = (\text{Facturación total/Activo total})$$

$$\text{At} = 1.79 \text{ veces}$$
- Índice de rendimiento sobre capital (Rc)
 
$$\text{Rc} = (\text{Utilidad/Capital}) \times 100$$

$$\text{Rc} = 138.0\%$$
- Índice de productividad del personal de las operadoras (Pp)
 
$$\text{Pp} = (\text{Facturación en operación/Número de empleados})$$

$$\text{Pp} = \$ 145.26/\text{empleado} \quad (\text{precio a Diciembre de 1995})$$
- Índice de eficiencia del personal (Ep)
 
$$\text{Ep} = (\text{Número de usuarios atendidos/Número de empleados})$$

$$\text{Ep} = 35,956 \text{ usuarios/empleado}$$

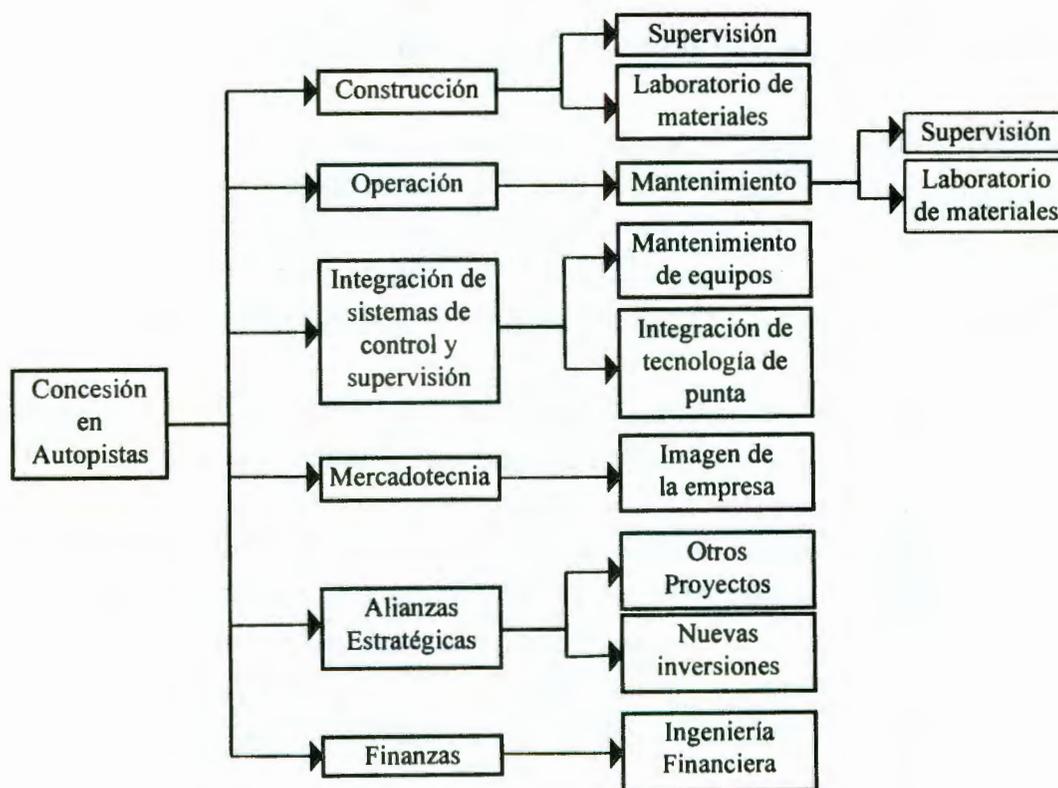
---

<sup>52</sup> Fuentes: Autopistas Concesionadas del Centro, S.A. de C.V., Autopistas Mexicanas Concesionadas, S.A. de C.V., Autopista del Occidente, S.A. de C.V., Autopista del Sol, S.A. de C.V., Concesionaria de Ejes Terrestres de Coahuila, S.A. de C.V., Vías sinaloenses S.A. de C.V. y Concesionaria de Tampico S.A. de C.V.

A pesar de estos resultados operativos no se debe de perder de vista la perspectiva integral de los negocios de concesión, donde la planeación y la construcción de infraestructura carretera son el medio y no el fin del negocio, y como tal debe de considerarse para la planeación estratégica de los grupos involucrados.

Los empresarios que han obtenido concesiones de infraestructura carretera han tenido que buscar esquemas de mercadotecnia, de finanzas, de construcción, de operación, de integración de sistemas de control y supervisión y alianzas estratégicas que fortalezcan el desarrollo de sus negocios. Desde esta perspectiva, la sinergia propuesta para las autopistas concesionadas utilizada por algunos concesionarios es la que se muestra en la figura II.2.<sup>53</sup>

### SINERGIA EN AUTOPISTAS CONCESIONADAS



Fuente: Comisión de Operación de Infraestructura de OMAC S.A. de C.V., Julio de 1996

**Figura II.2.**

<sup>53</sup> Comisión de Operación de Infraestructura de OMAC S.A. de C.V., *Op. Cit.*

Algunos de los proyectos para la concesión de carreteras de altas especificaciones que pueden ser considerados en los próximos años se muestran en el siguiente listado, se ha incluido en el mismo, una jerarquización que califica a los tramos como prioritarios, críticos, y necesarios con las consideraciones de asignación correspondientes<sup>56</sup>.

- Autopista Tepic - Mazatlán; Prioritaria por ser el único tramo con carretera de dos carriles en el eje troncal Guadalajara - Nogales.
- Carretera Jala, Nayarit - Puerto Vallarta, Jalisco; Necesaria para desarrollar el flujo de turistas del Occidente continental a la costa de Jalisco, aprovechando la infraestructura de la autopista Guadalajara - Tepic.
- Macrolibramiento de la Ciudad de Guadalajara; Prioritario por el ahorro energético que representaría, por el ahorro en tiempo de los vehículos de paso con destino al Noroeste del país y por los beneficios sociales de disminución de tráfico y contaminación de la ciudad.
- Autopista San Luis Potosí - Zacatecas; Crítica ya que forma parte del eje Troncal México – Cd. Juárez.
- Autopista Rancho Grande - Cuencame; Crítica ya que forma parte del eje Troncal México – Cd. Juárez.
- Carretera Chihuahua – El carrizalillo; Crítica ya que forma parte del eje Troncal México – Cd. Juárez.
- Carretera Ahumada – Cd. Juárez; Crítica ya que forma parte del eje Troncal México – Cd. Juárez.
- Autopista Mazatlán - Durango; Crítica porque forma parte del eje transoceánico que unirá al Golfo de México con el Océano Pacífico.
- Autopista Monterrey - Matamoros; Crítica porque también forma parte del eje transoceánico.

---

<sup>56</sup> Elaboración propia con base en los requerimientos de la red nacional de carreteras de cuatro o más carriles del inventario nacional de infraestructura para el Transporte (*Op. Cit.*) en cuanto al movimiento internacional y doméstico por los principales ejes troncales del país.

- Carretera Oaxaca - Puerto Angel; Crítico para fortalecer la economía oaxaqueña y promover el turismo para la costa del estado.

El Gobierno Federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha generado un plan que tiene como objetivo la modernización de ejes carreteros troncales a través de otros esquemas de financiamiento, para la elaboración de obras en el período 1997 – 2000. En la tabla II.3. se muestran las principales obras que pueden ser consideradas en dicho periodo para ser concesionadas.

En el Anexo D se muestra un mapa de la red carretera de cuatro carriles con algunos de los posibles tramos por concesionar en los próximos años

#### MODERNIZACIÓN DE EJES CARRETEROS TRONCALES, 1997 – 2000 OBRAS A CARGO DE OTROS ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO

EJE	TRAMO	OBRA	LONGITUD ( km )
1.- México – Nogales	Atizapán – Atlacomulco	Construcción a cuatro carriles	80
	Atlacomulco – Maravatío	Modernización a cuatro carriles	54
	Rosa Morada – Entronque San Blas	Construcción de dos carriles	50
1.1.- Ramal a Tijuana	Santa Ana – Caborca	Modernización a cuatro carriles	98
	Tecate – La Rumorosa	Construcción a cuatro carriles	54
2.- México – Nuevo Laredo	Querétaro – Palmillas	Rehabilitación a seis carriles	63
2.1.- Ramal a Piedras Negras	Puente Piedras Negras II	Puente de cuatro carriles	5
3.- Querétaro – Cd. Juárez	Rincón de Romos – Zacatecas	Construcción de dos carriles	60
	Libramiento de Zacatecas	Construcción de dos carriles	25
4.- Acapulco – Matamoros	Asunción – Tejocotal	Construcción de dos carriles	18
	Tejocotal – Nuevo Necaxa	Construcción de dos carriles	28
	Nuevo Necaxa – Tihuatlán	Construcción de dos carriles	115
5.- México – Cancún	Cárdenas – Agua Dulce	Construcción de cuatro carriles	52
6.- Mazatlán – Matamoros	Puente los Tomates	Puente de cuatro carriles	1
	Reynosa – Matamoros	Construcción de cuatro carriles	43
7.- Manzanillo – Tampico	Entronque Ojuelos – San Luis Potosí	Construcción de dos carriles	102
8.- Acapulco – Veracruz	Atlixco – Lím. Edos. Puebla/Morelos	Construcción de dos carriles	44
	Lím. Edos. Puebla/Morelos – Alpuyecá	Construcción de dos carriles	53
9.- Veracruz – Monterrey	Zaragoza – Barretal	Construcción de dos carriles	46
10.- Tijuana – Cabo San Lucas			0
<b>SUMA</b>			<b>990</b>

Fuente: SCT, Unidad de Seguimiento de Autopistas Concesionadas, Abril de 1997.

**Tabla II.3.**

## II.4.- VISIÓN FUTURA DE LA DEMANDA DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Con los constantes cambios de los últimos años en el ámbito internacional encaminados a la globalización,<sup>57</sup> la capacidad comercial de las economías del mundo es muy definida; los países industrializados en este entorno tienden a ser exportadores de servicios, mientras que los países en desarrollo tienden a ser exportadores de mercancías; mientras los servicios promedian un 48% del PIB y un 18% del empleo en los países en desarrollo, en los países industrializados las cifras correspondientes alcanzan el 66 y 67% respectivamente<sup>58</sup>. Ante esto, se puede suponer que la lucha por ofrecer servicios en países industrializados como Estados Unidos y Canadá será muy dura, por lo que las empresas nacionales que estén interesadas en ofrecer sus servicios en el exterior deberán superar sus niveles de calidad y precio para competir con las empresas del extranjero.

La economía nacional ha buscado mercados externos más frecuentemente en los últimos años, viéndose favorecida por tratados de comercio con otros países, donde es requerido un determinado nivel de calidad y de servicio por la sofisticación de la demanda en diversas áreas de los distintos tratados como el TLC, el Gatt, etcétera<sup>59</sup>. Es de esperarse que la demanda de productos tanto externos como internos se guíe por estos requerimientos en los próximos años obligando a los transportistas y a los operadores de infraestructura nacionales a desarrollarse para que los usuarios puedan abatir costos de transporte y de esta manera puedan sus productos ser más competitivos en los mercados interno e internacional.

---

<sup>57</sup> El origen del concepto de globalización, es en gran medida la creciente interdependencia de las economías, tanto en el ámbito regional como mundial, **Ruiz Olmedo, Sergio A.** en el artículo: Algunas Consideraciones en Torno a la Globalización, Apertura y Desregulación internacionales de la sección "Enfoques" del periódico "El Financiero", página 28-A, 11 de Mayo de 1994.

<sup>58</sup> *Idem.*

<sup>59</sup> El nivel de servicio debe ser entendido como la conjunción de diversos factores como los tiempos de entrega, la especialización del transporte y el precio total del producto entregado en la puerta del comprador entre otros.

## II.4.1.- Mercado interno

Ante las perspectivas de globalización es necesario que el mercado interno se adapte paulatinamente a las modificaciones de infraestructura y características de los servicios de transporte del entorno internacional, y de alguna manera aproveche las ventajas de la optimización de los movimientos de comercio externo, para mejorar la competitividad de sus productos en el mercado nacional.

Para que esto suceda, los servicios de transporte deben tomar en cuenta las opiniones de los usuarios; una encuesta realizada a algunos de ellos, señaló que algunos aspectos que pueden mejorar de los servicios de transporte que reciben son:

- Calidad de servicio
- Ausencia de oferta ferroviaria
- Adaptación a requerimientos internacionales
- Escasa participación de agentes de carga en los flujos comerciales
- Rezago en el manejo de productos peligrosos
- Infraestructura moderna y eficaz<sup>60</sup>

El sistema nacional de autopistas deberá adaptarse a los requerimientos de los usuarios, por lo que en un futuro puede ser necesario establecer conexiones intermodales en la red, incluyendo terminales de transferencia y accesos al ferrocarril.

En esta perspectiva el transporte multimodal tendrá un papel fundamental en el transporte total nacional si logra establecer puentes terrestres eficientes, que permitan disminuir los tiempos de traslado de productos para el mercado interno y el externo con la consecuente disminución de los costos de transporte e implementar tecnología de intercambio electrónico de datos (Electronic Data Interchange - EDI) para disminuir los tiempos administrativos.

---

<sup>60</sup> De Buen R., Oscar, Betanzo Q., Eduardo y Izquierdo G., Rafael, Situación del movimiento de algunos productos del comercio exterior de México, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, Publicación técnica N° 36, 1995, 1ª ed., pp. 19 – 20.

Una de las principales limitantes del proceso de crecimiento de la infraestructura del transporte en México está en el hecho de que la industria de la construcción, por tradición, es siempre la primera en caer, y la última en salir de las crisis económicas, ya que estas siempre vienen acompañadas de una importante reducción en el gasto público dedicado a la infraestructura del transporte, como ocurre actualmente; ya que la construcción de la misma, cuando menos en el periodo 1995 - 2000, se limitará sólo a proyectos indispensables para el desarrollo nacional y que serán evaluados con suma cautela<sup>61</sup>; el concesionamiento de autopistas seguirá su marcha, pero es un hecho que el gobierno no está interesado en entrar a rescatar negocios de este tipo, por lo que los requerimientos para calificar como posible concesionario tenderán a ser más rigurosos en el futuro y el esquema de concesiones deberá modificarse para atraer a nuevos inversionistas.

La intención del gobierno al continuar el proceso de concesionamiento de algunas vías, es proporcionar a los usuarios de la infraestructura carretera una red de autopistas de altas especificaciones a través de concesiones, que sea el eje troncal para el comercio y que haga posible acceder a los principales centros de producción y consumo nacional, así como a los enlaces terrestres internacionales generando ahorros por concepto de transporte y energéticos para el país y propiciando una mayor competitividad de los productos nacionales en México y en el exterior.

#### **II.4.2.- Distribución física internacional de las mercancías<sup>62</sup>**

Algunos datos hacen creer que la demanda de servicios de transporte seguirá creciendo en los próximos años; por ejemplo, México en los últimos 10 años ha sido el segundo lugar mundial en crecimiento de exportaciones, al registrar un 493%, sólo detrás de Taiwán con 528%<sup>63</sup>. Esto hace pensar que para crecer más en esta materia será necesario el establecimiento de cadenas de distribución física internacional que permitan que los productores nacionales sigan obteniendo divisas por concepto de exportaciones y además

<sup>61</sup> Poder Ejecutivo Federal, Plan nacional de desarrollo 1995 - 2000, *Op. Cit.*, pp. 129 - 130, 162

<sup>62</sup> Proceso mediante el cual se busca optimizar el traslado de bienes, utilizando los recursos y tecnología disponibles en los ámbitos de documentación, transporte, términos de comercio, cobranza, etcétera, de manera que se agilice el comercio internacional con ahorros en tiempo y dinero.

<sup>63</sup> Datos del periódico "El Financiero", sección "Breves", 8 de Noviembre de 1996, p. 28.

ayuden a diversificar la producción de exportación y aumente el número de exportadores, a través de precios y servicios más competitivos del transporte.

El mundo moderno está caracterizado por una lucha creciente para ganar mercados, en la que se buscan altos rendimientos y bajo precio; que no es ajena a los intereses mexicanos. La iniciativa privada, ante la oportunidad de construir y operar parte de la infraestructura carretera, debe analizar las distintas alternativas tanto para beneficio propio, como nacional.

Una de estas alternativas, de carácter externo, podría ser la búsqueda de la implantación de cadenas de distribución física internacional, las cuales buscan optimizar el intercambio de mercancías, aprovechando eficientemente los recursos e implementando la tecnología que sea aplicable en documentación, transporte, términos de comercio, cobranza, etcétera, de manera que se favorezca el comercio internacional con ahorros en tiempo y dinero, y se propicie en gran medida la globalización de mercados.

El establecimiento de las cadenas de distribución física internacional tiene un impacto significativo en la infraestructura carretera, ya que debe considerar la inclusión de enlaces para las terminales marítimas y ferroviarias y debe ampliarse con relación a las modificaciones que se efectúen en el reglamento de pesos y dimensiones para poder aceptar los vehículos más modernos.

Se deben tratar de salvar los desajustes entre la infraestructura carretera y las operaciones de los puntos de transferencia. Por ejemplo, el mejoramiento de la productividad de un puerto no tendrá oportunidad de repercutir en beneficios nacionales si no hay una infraestructura terrestre de acceso que permita desalojar los posibles volúmenes crecientes de carga movilizada.

Las tendencias internacionales encaminadas a la globalización de mercados y a la implantación de cadenas de distribución física internacional, obligan a los gobiernos de los países a modernizar y adaptar su infraestructura a los requerimientos de comercio internacional. La construcción de autopistas de altas especificaciones y una correcta operación de las mismas, podrá ser trascendental para el desarrollo del comercio de México, siempre y cuando las autoridades correspondientes generen un marco legal y tributario que

favorezca la inversión privada en proyectos integrales de distribución de mercancías, y que la planeación nacional considere a la infraestructura carretera como parte de la red multimodal que necesita México.

### II.4.3.- Plataformas y cadenas logísticas

En las cadenas logísticas o “cadenas inteligentes”, se conjuga la infraestructura del transporte con las estrategias operativas de los transportistas para reducir el tiempo y el costo de traslado de bienes y personas, las autopistas concesionadas pueden ser parte muy importante, si sus operadores llegan a acuerdos comerciales con los usuarios, de manera que, por una parte se garantice cierto flujo en el mediano plazo y, por la otra, se obtengan tarifas preferenciales para los grandes usuarios.

Los objetivos de estas cadenas son buscar el óptimo económico y financiero; minimizar el costo de inventarios y agilizar los movimientos de mercancías a través de la infraestructura existente.<sup>64</sup>

Para que esto ocurra, tanto la infraestructura como las estrategias operativas deben tener un perfil bien definido. La infraestructura carretera debe ser parte de una red de transporte y debe conectar a dos o más nodos o puntos de transferencia entre sí para formar parte de una cadena logística.

En un nodo de una cadena logística es posible ofrecer a los usuarios una gran variedad de servicios como los que se muestran a continuación:

- Transporte
- Operaciones finales de producción (ensamblado, pruebas de control de calidad, acabado final)
- Distribución física (“Mix” o formación de pedidos, embalaje y etiquetado)
- Funciones comerciales (Levantamiento de pedidos o facturación)
- Almacenamiento y gestión de inventarios
- Transmisión de información e intercambio electrónico de datos
- Documentación de productos
- Asesoría y consultoría en servicios logísticos

---

<sup>64</sup>Betanzo Q., Eduardo, Hacia un sistema nacional de plataformas logísticas, *Op. Cit.* p. 10.

Cuando un nodo cumple con estas funciones, es denominado "Plataforma Logística".<sup>65</sup> Entonces, la infraestructura del transporte, puede servir como enlace entre plataformas logísticas.

En México, la implantación de plataformas logísticas está limitada por la escasez de terrenos urbanos, debida principalmente a la poca o nula planeación de crecimiento de las ciudades; y por otra parte, la reglamentación de bienes federales no ha permitido la expansión y cambio de uso de terminales portuarias<sup>66</sup>. Sin embargo, la creación de plataformas logísticas podría favorecer en un futuro próximo el fortalecimiento de los niveles de crecimiento de exportaciones que se han presentado en los últimos años, y también podrían promover el uso de autopistas de altas especificaciones y propiciar la generación de nuevos proyectos de concesión para la construcción y operación de infraestructura carretera.

La aplicación de plataformas logísticas en México podría ocurrir en un futuro próximo, si los concesionarios de la infraestructura carretera, ferroviaria y marítima se coordinan y llegan a acuerdos comerciales que permitan desarrollar esquemas que favorezcan al comercio; siempre y cuando se desarrolle a la par, un nuevo esquema regulatorio que permita a las empresas generar cadenas de distribución física internacional con la seguridad de que las cargas no tendrán revisiones aduaneras innecesarias y que los tiempos administrativos serán minimizados.

---

<sup>65</sup> *Ibid.*, p. 29.

<sup>66</sup> *Ibid.*, p. 20.



### **III.- SISTEMA INTEGRAL DE ADMINISTRACIÓN DE CARRETRAS CONCESIONADAS (SIACC)**

Más que nunca, ante el marco de desarrollo de políticas desregulatorias en México, el incremento de la productividad las empresas que construyen y operan autopistas es muy importante para su desarrollo institucional, debido principalmente a las condiciones económicas nacionales, a la cada vez más sofisticada competencia por los concursos de obra pública y a las modificaciones del marco jurídico del transporte en el país.

La construcción de autopistas, como parte de las principales obras de infraestructura en el ámbito nacional, involucra una gran cantidad de movimientos de material, por ejemplo basta mencionar que para zonas montañosas una autopista de altas especificaciones requiere por kilómetro, la movilización de más de 40 mil metros cúbicos de material para terraplén, cerca de 3,500 metros cúbicos de material para base y sub-base hidráulica, alrededor de 1,100 metros cúbicos de base asfáltica y más de 500 metros cúbicos de material para carpeta<sup>1</sup>, en adición con importantes movimientos de material de desperdicio.

Debido a los volúmenes que se manejan en un proyecto de este tipo, la aplicación de la Ingeniería del Transporte para optimizar los movimientos de materiales puede ser útil en las ponencias para concursos de obra pública o para obtener mayores beneficios netos en el desarrollo del negocio de usufructo de autopistas optimizando los procesos de construcción y mantenimiento de la infraestructura.

Hasta este punto se ha mostrado el diagnóstico del esquema de concesionamiento de infraestructura carretera en México y las perspectivas de desarrollo del mismo, en este capítulo se propone un Sistema Integral para la Administración de Concesiones Carreteras (SIACC), cuyo objetivo principal es generar mayores beneficios financieros para los concesionarios, ya sean los gobiernos estatales o los particulares.

---

<sup>1</sup> Datos promedio aproximados obtenidos en la "Autopista Guadalajara - Tepic" en los tramos "Arenal - Plan de Barrancas" y "Portezuelos - Tepic" Fuente: Revista "Grupo ICA", Número 92, México, D.F., México, Editada por Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V., Noviembre - Diciembre de 1994.

Es común que los concesionarios caigan en el error de separar los negocios de construcción y operación de carreteras por la diferencia de montos de inversión y por los tipos y plazos de ejecución entre ambos procesos; sin embargo, debe de adoptarse la perspectiva integral de negocio, considerando a la construcción de autopistas como medio para desarrollar la operación carretera.

En este capítulo se presentan los problemas a los que se enfrentan los concesionarios de infraestructura carretera y la aplicación de los elementos de la Ingeniería del Transporte pertinentes para generar una solución integral probable para el desarrollo del negocio, que muestra las ventajas de diseñar estrategias holísticas con base en la Ingeniería del Transporte.

Es necesario aclarar que la estrategia propuesta es aplicable a negocios de construcción de infraestructura en general donde el costo de transporte resulta preponderante en el costo total del proyecto; como sucede con puentes, presas, canales y túneles de gran magnitud.

### III.1.- SIACC EN LA PERSPECTIVA NACIONAL

La utilización de estrategias no es exclusiva de las empresas, en la mayoría de los casos pueden ser empleadas también por los gobiernos estatales y por el gobierno federal para dotar al país de la infraestructura que requiere, para optimizar el uso del presupuesto, para evaluar el cumplimiento de sus objetivos y para generar nuevos esquemas que favorezcan al desarrollo nacional.

La aplicación de la Ingeniería del Transporte por el gobierno en áreas como la planeación, la evaluación de proyectos, la investigación del transporte y la generación de recursos humanos entre otras, contribuye al desarrollo nacional; sin embargo, el gobierno nacional no ha aplicado en la medida de sus posibilidades los conocimientos disponibles en materia de Ingeniería del Transporte.

Uno de los problemas principales a los que se enfrenta el Gobierno es determinar, ante un limitado presupuesto, cuáles son los tramos carreteros cuya modernización o construcción es prioritaria para generar el máximo beneficio económico nacional. Aplicando un modelo de red donde se incluyan las principales carreteras del país, es posible evaluar la movilidad del sistema carretero nacional al agregar o modificar tramos carreteros, considerando los niveles de demanda de movimientos carreteros y el valor de la carga manejada<sup>2</sup>.

De la misma manera pueden citarse otras aplicaciones de la Ingeniería del Transporte para el uso gubernamental que favorecen el desarrollo nacional en diversas áreas como la planeación, la evaluación de proyectos y la investigación del transporte, entre otras; sin embargo, los objetivos del trabajo están encaminados principalmente a demostrar que la aplicación de un sistema integral para optimizar los negocios de concesión carretera repercute en el mejoramiento de los resultados financieros de las empresas y de los gobiernos estatales.

---

<sup>2</sup>Ver estudios de estimación del valor económico de la carga en: **Arredondo O., Ricardo E., La importancia económica de las principales carreteras como criterio para jerarquizar su conservación**, Querétaro, Querétaro, México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería presentada ante la Universidad Autónoma de Querétaro, 1992, pp. 55 – 84.

Mediante este estudio, también se busca motivar al Estado para que genere los conocimientos necesarios, formule estrategias holísticas y en colaboración directa con la iniciativa privada, logre impulsar el desarrollo del transporte mediante adecuadas aplicaciones que resuelvan los grandes problemas de distribución, con visiones certeras de lo que demanda la nación.

En este sentido, el presente trabajo presenta una estrategia integral de desarrollo de negocios aplicable por los gobiernos estatales y por las empresas que tienen tramos carreteros en concesión; que contribuirá al cumplimiento de los grandes objetivos nacionales. Esta estrategia integral denominada SIACC, se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura III.1

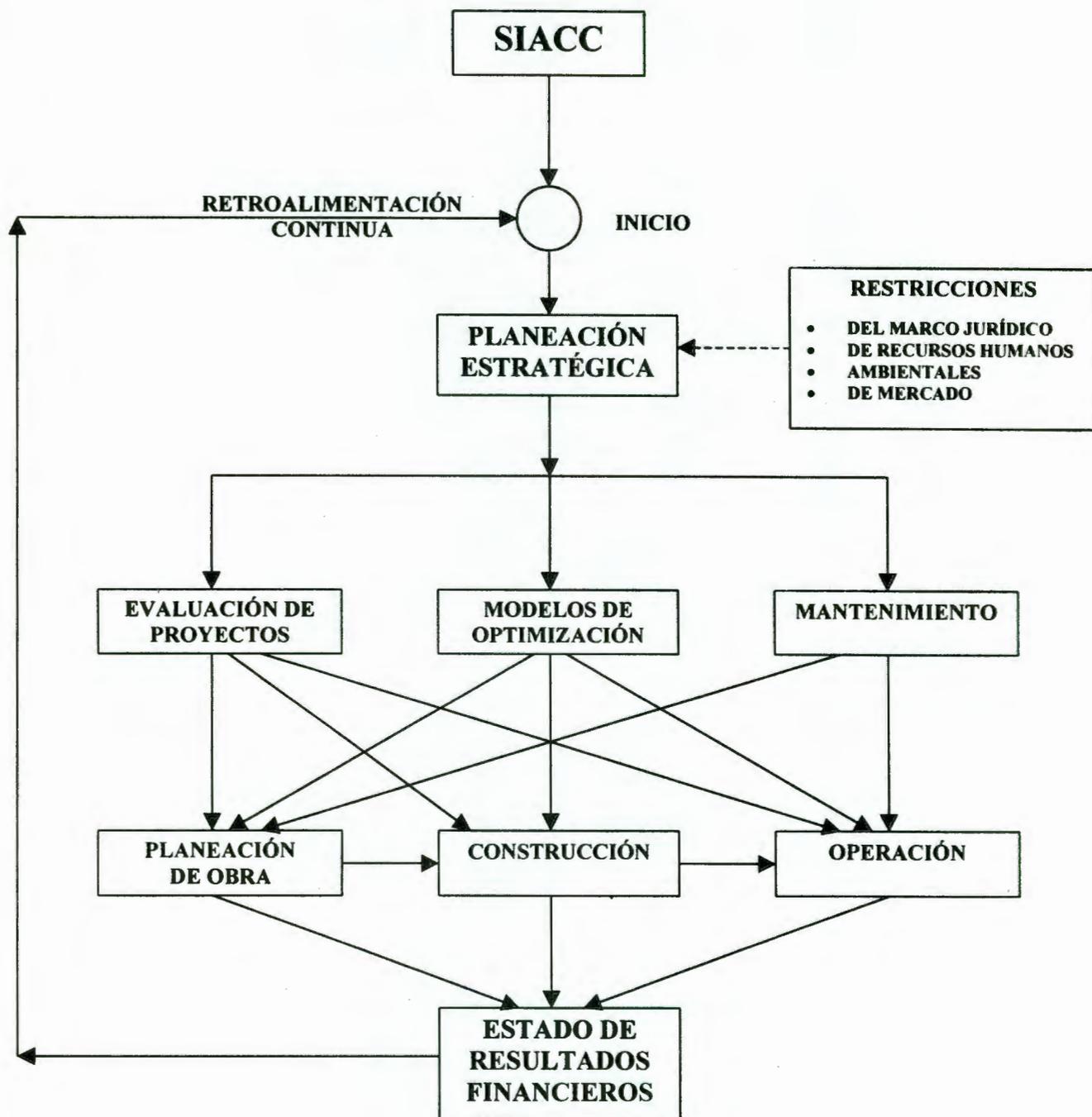
Con la perspectiva integral de desarrollo de negocios es posible hacer la planeación estratégica necesaria para optimizar los recursos en la construcción y operación de carreteras concesionadas mediante los elementos disponibles de la Ingeniería del Transporte, los cuales son el medio para lograr el objetivo principal del SIACC propuesto. Estos elementos representados en el diagrama de flujo respectivo son los siguientes:

- Evaluación de Proyectos de Transporte
- Aplicación de modelos de optimización
- Aplicación de sistemas de mantenimiento

Los elementos mencionados son de carácter estructural a nivel macro y tienen por objetivo incentivar a las empresas, o a los gobiernos estatales, que participan en el esquema de concesiones para que desarrollen sistemas de administración integral adecuados a sus requerimientos económicos o financieros.

La evaluación de proyectos y la aplicación de modelos de optimización se efectúan tanto en la planeación general de obra como en los procesos de construcción y operación de infraestructura carretera. Por su parte, el mantenimiento sólo se efectúa en la etapa de operación de autopistas, aunque podría ser considerado para la construcción de otras obras de infraestructura donde se requiere mantener caminos de terracería por periodos prolongados como sucede en la construcción de presas de gran tamaño.

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA INTEGRAL DE ADMINISTRACIÓN DE CARRETERAS CONCESIONADAS



Fuente: Elaboración propia, 1997

**Figura III.1.**

Los costos y beneficios financieros que se derivan de la planeación de obra, de la construcción y de la operación, permiten evaluar el SIACC y generar la retroalimentación de datos pertinente para el siguiente periodo. Para efectos de este trabajo se evaluará la repercusión parcial de la aplicación de la Ingeniería del Transporte en los procesos de construcción y operación de infraestructura, dejando abierta la posibilidad de realizar estudios de caso posteriores.

En el presente capítulo se presentan los elementos del SIACC que permiten optimizar los resultados financieros de las concesionarias, con la solución de problemas de casos reales que demuestran la importancia de la aplicación de estrategias de la Ingeniería del Transporte para contribuir al cumplimiento de los objetivos del sistema propuesto.

En el siguiente apartado se analiza a la planeación estratégica de las concesiones de infraestructura carretera como el punto clave para satisfacer las necesidades de desarrollo de negocio en el SIACC propuesto. Posteriormente, se presentan las áreas de aplicación de la Ingeniería del Transporte y las propuestas estratégicas que de ellas se desprenden.

### III.2.- PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA CONCESIONADA

Uno de los procesos más trascendentes en la construcción y operación de autopistas es la planeación ya que cualquier proyecto tiene mayores posibilidades de éxito si ha sido adecuadamente planeado, ha considerado los posibles imponderables y ha previsto las mejores soluciones a los mismos.

En muchas ocasiones la planeación de proyectos no es la adecuada y sólo representa un costo adicional al de los problemas que se presentan. En este apartado se pretende mostrar las bases de una planeación adecuada, de manera que se convierta en estratégica y facilite a las empresas obtener importantes ahorros por concepto de transporte en la construcción y operación de autopistas concesionadas. Son muchos los beneficios que pueden obtenerse de una buena planeación. Entre ellos destacan el cumplimiento de las metas propuestas, el encauce productivo del talento y esfuerzo de las personas, del tiempo y del dinero que se presupuesta; el aprovechamiento de las oportunidades y la minimización o eliminación de riesgos.

La planeación se define como "la determinación de los cursos de acción para lograr los objetivos de la empresa, con base en la investigación y elaboración de un esquema detallado que habrá de realizarse en un futuro"<sup>3</sup>. De esta definición se desprende la pregunta: ¿Qué alcance tienen los objetivos de la empresa? El fin de un plan puede ser alcanzado en un tiempo largo, medio o corto; y en sí mismo, el plan puede ser complejo o sencillo, por tal motivo la planeación se clasifica en los niveles de estratégica, de operaciones, de proyectos y de actividades<sup>4</sup>. Estos cuatro niveles son interdependientes entre sí y exigen de todos los involucrados una comunicación eficaz y un esfuerzo coordinado y flexible. En la planeación todos los niveles son importantes porque contribuyen al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

---

<sup>3</sup> Munch, G., Silis G., y García G., Administración. Primer Curso, México, D.F., México, Editado por el Instituto Politécnico Nacional, 1ª ed., 1987, p. 39.

<sup>4</sup> Fuente: Seminario "Leadership Plus", Consultores en Desarrollo Gerencial, S. C., Monterrey, Nuevo León, México, Consultores en Desarrollo Gerencial, S.C., 3ª ed., 1993, pp. 1 y 11-14.

En este apartado se presenta la diferencia entre los niveles de planeación de acuerdo a su significado, al tiempo que abarcan, a sus responsables y a sus beneficios. En la tabla III.1 se muestran los niveles de planeación; se muestra en qué consisten y cuánto tiempo abarcan.

Las condiciones que se requieren al evaluar la infraestructura del transporte en general son las siguientes:

- Suficiencia
- Eficiencia
- Eficacia
- Responsabilidad
- Seguridad<sup>5</sup>

La planeación estratégica de la infraestructura favorece el cabal cumplimiento de estos objetivos con el menor costo financiero a través de:

- La maximización de la movilidad del sistema
- El uso eficiente de la infraestructura existente
- La mejora de los niveles de servicio
- La mejora en la eficiencia administrativa de los servicios

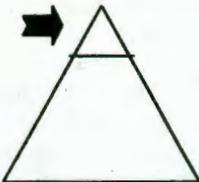
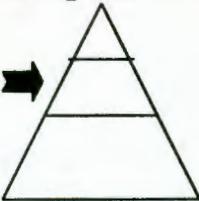
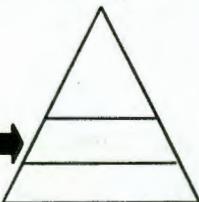
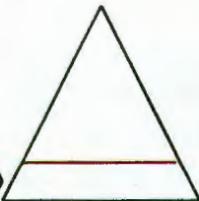
Para lograr esto, es necesario considerar las características económicas de la infraestructura del transporte expuestas en el primer capítulo. Dentro del proceso de planeación estratégica será fundamental encontrar una relación eficiente entre la atención de la demanda y la utilización de recursos<sup>6</sup>. La planeación estratégica consiste en identificar los proyectos más atractivos e interrelacionarlos apropiadamente, determinar prioridades y relacionar a todos ellos con la planeación global de la empresa. El proceso de planeación estratégica, se divide en tres etapas: Diagnóstico, Prescripción e Implantación, como se muestra en la Figura III.2.

---

<sup>5</sup> De los apuntes de la materia de Macroeconomía del Transporte, que se imparte en la UAQ a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga, de la Facultad de Ingeniería, 1996.

<sup>6</sup> De los apuntes de la materia de Tecnología del Transporte II, que se imparte en la UAO a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga, de la Facultad de Ingeniería, 1996.

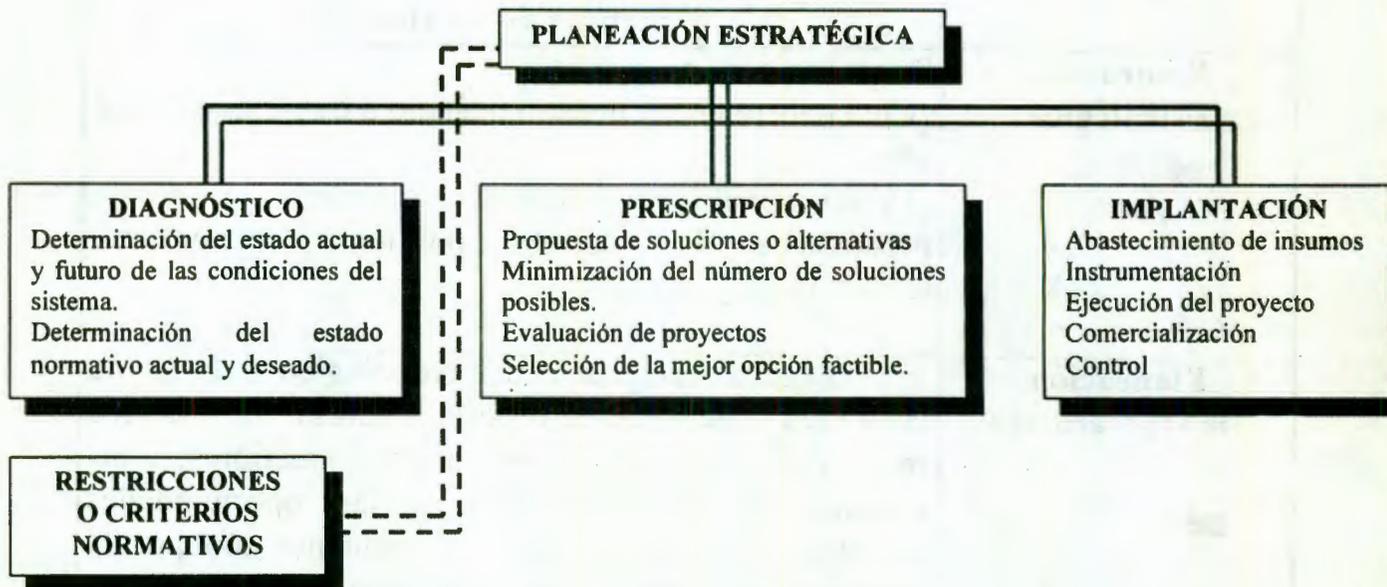
## NIVELES DE PLANEACIÓN

Nivel	En qué consiste y cuánto tiempo abarca
<p><b>Planeación Estratégica</b></p> 	<p>Responde a las preguntas:            ¿Cuál deberá de ser nuestro negocio a tres, cinco y diez años?            ¿Cómo capitalizar nuestros recursos en ese tiempo ante pronósticos de cambios políticos, económicos, tecnológicos y sociales?</p>
<p><b>Planeación De Operaciones</b></p> 	<p>Equivale al plan anual cronológico o fiscal de cada área o departamento de la empresa. Traduce los resultados obtenidos en años anteriores; las necesidades, los problemas y las oportunidades actuales; y lo previsto para el siguiente año por la planeación estratégica, en los objetivos alcanzables en doce o más meses.</p>
<p><b>Planeación De Proyectos</b></p> 	<p>Son los objetivos que están al servicio de la planeación de operaciones, desglosados en paquetes de proyectos. Dependen de la misma información que se utiliza para la planeación de operaciones. Pueden abarcar un mes, un bimestre, un trimestre, un semestre, o más meses.</p>
<p><b>Planeación de Actividades</b></p> 	<p>Concreta las acciones específicas que forman parte de cada proyecto. Puede requerir descripciones detalladas de tareas diferentes o rutinarias. Las actividades pueden medirse en tiempos cortos como segundos o minutos, o más amplios como horas días, semanas o quincenas.</p>

Fuente: Seminario "Leadership Plus", Consultores en Desarrollo Gerencial, S. C., Monterrey, Nuevo León, México, Consultores en Desarrollo Gerencial, S.C., 3ª ed., 1993, p. 12.

**Tabla III.1.**

## EL PROCESO DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA



Fuente: Elaboración propia con base en los apuntes de la materia de Evaluación de Proyectos que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1996.

**Figura III.2.**

En la primera etapa de la planeación estratégica, denominada “Diagnóstico”, uno de los puntos más relevantes es la determinación del volumen de tráfico esperado para la realización del proyecto de transporte, ya que de ello dependen la mayoría de las consideraciones económicas y técnicas posteriores.

En la etapa de Prescripción, hay dos puntos fundamentales, el primero es la minimización de alternativas posibles, que es indispensable para no extender en exceso los análisis respectivos; y el segundo es la Evaluación de Proyectos, que determina su viabilidad. Este punto es básico, ya que hacer una inversión, o una desinversión<sup>7</sup> en su caso, requiere ponderar las necesidades de proyectos de transporte con las necesidades de otros sectores de la empresa y determinar las prioridades entre los mismos proyectos alternativos. Por la gran repercusión de la evaluación de proyectos en la planeación estratégica, en

<sup>7</sup> La evaluación de un proyecto de desinversión determina cuando es conveniente dejar de invertir o deshacerse de un activo como equipo, maquinaria o infraestructura.

este trabajo se dedica posteriormente un apartado sobre su estudio y desarrollo.

Por último, en la tercera etapa se plantean dos puntos sobresalientes; el primero, es la ejecución del proyecto, que por ser el momento en que se ejercen las inversiones, puede ser la diferencia entre el éxito o fracaso del mismo; el segundo se refiere a la comercialización del proyecto, que se ejerce sólo en el caso de proyectos de inversión; busca ganar mercados en los que pueda obtener, por lo menos, los volúmenes de tráfico o de producción esperados.

Para efectos del SIACC propuesto, es necesario considerar a la concesión de las carreteras como un negocio integrado entre los procesos de construcción y operación de autopistas. Sin embargo, es posible que las autopistas que ya están en operación efectúen planeación estratégica desde el punto en que se ubican, dando continuidad a los procesos y compromisos precedentes que sean preponderantes en el desarrollo del negocio.

Los responsables de la planeación estratégica son los directores y gerentes de las empresas, ya que forman parte del grupo de toma de decisiones; una adecuada planeación estratégica hace posible adelantarse, producir o prepararse para el cambio y contribuye a acrecentar las fuerzas y minimizar las debilidades de la empresa<sup>8</sup>.

La planeación estratégica ofrece adicionalmente, beneficios a todos los niveles como los que se muestran a continuación:

- Optimiza el uso de recursos.
- Establece riesgos y oportunidades.
- Controla los costos y evita gastos innecesarios.
- Elimina o reduce traslapes innecesarios de actividades.
- Hace más accesibles y alcanzables los objetivos de la planeación de operaciones.
- Dirige los esfuerzos a resultados específicos fáciles de apreciar y obtener.
- Incrementa la motivación de los mandos medios y la de los empleados, al enterarse que están contribuyendo a alcanzar los grandes objetivos.

---

<sup>8</sup> Consultores en Desarrollo Gerencial, S. C., *Op. Cit.* p. 13.

A continuación se presentan los medios de los que se vale la planeación estratégica para favorecer el cumplimiento de los objetivos del negocio de concesiones de infraestructura carretera, durante los procesos de construcción y operación de autopistas.

Los medios que se presentan, muestran el perfil de actividades que deben de realizarse durante el proyecto, para que se alcancen las grandes metas de la empresa mediante la conjunción de los éxitos operativos de las partes del negocio.

### **III.3.- ESTRATEGIAS DE PLANEACIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS**

Así como en cualquier empresa, las compañías constructoras requieren planear sus esfuerzos para cumplir sus objetivos particulares, de manera que se obtengan los mejores beneficios con la consecución de la obra, sin perder de vista el desarrollo del negocio total de concesión y las metas principales de las empresas.

En el competitivo medio de la construcción, cada día se reducen más los presupuestos y los tiempos de entrega de obra, en una parte por los adelantos tecnológicos y por las innovaciones técnicas generadas por la investigación y en la otra por los requerimientos propios de las licitaciones. En este entorno, la planeación de obra debe efectuarse a gran velocidad para ser adecuada y oportuna.

Esta situación se hace crítica si se considera que la mayoría de los departamentos de planeación durante la construcción, sólo programan los volúmenes de obra por ejecutar en razón del programa de entrega de obra, cuando deben también de buscar continuamente la generación y puesta en marcha de alternativas de solución de problemas para incrementar la productividad de los frentes de trabajo, aún si éstos van cumpliendo con las metas parciales programadas.

Para lograr esto es necesario que los mandos medios de las empresas constructoras sean capaces de hacer la planeación de sus respectivos frentes de trabajo colaborando en conjunto con el encargado de la planeación de obra, de manera que éste esté enterado de los posibles imponderables que pueden presentarse.

Es vital que el encargado de planeación de obra esté enterado del cumplimiento de las metas de la empresa en general, además de sus labores de seguimiento del programa de obra y de la situación financiera de los respectivos frentes durante el desarrollo del proyecto. Debe buscar soluciones técnica y financieramente factibles que favorezcan el desarrollo de las partes de la obra en lo particular y en lo general. Todo ello requiere hacerse atendiendo primero los problemas más frecuentes, sin dejar de lado los problemas específicos que repercutan financiera o temporalmente en el cumplimiento de los programas de proyecto.

Durante la construcción de una carretera surgen muchos problemas que podrían evitarse mediante una planeación adecuada, evaluando los costos totales de las alternativas que favorezcan el negocio de la construcción de infraestructura carretera. El departamento de planeación de obra debe contar con recursos humanos capacitados para desarrollar modelos de evaluación de inversiones, de optimización de servicios de transporte y de programación de adquisiciones, de manera que se puedan generar alternativas de solución a los problemas técnicos, administrativos y financieros que se presenten.

Uno de los problemas que se presentan regularmente en la construcción de autopistas es la falta de preparación al realizar los cortes en zonas con altas precipitaciones pluviales, para favorecer la posterior construcción de contracunetas y bajantes<sup>9</sup>, ya que estas son, por las condiciones topográficas, una labor casi artesanal, que requiere gran cantidad de mano de obra y que en la mayoría de las ocasiones repercute en los tiempos de entrega de obra. En este caso particular, durante la planeación de obra debe evaluarse si es factible financieramente adaptar las excavaciones para los trabajos posteriores correspondientes.

También se presenta el problema de determinar la ubicación de instalaciones necesarias para la construcción de autopistas, tales como plantas de asfalto, plantas de concreto, campamentos, instalaciones de emergencia, talleres, etcétera; ya que en la mayoría de las ocasiones se busca el terreno más plano o el centro geográfico promedio para éste fin.

En el caso de instalaciones de producción de concreto, ya sea asfáltico o hidráulico, la planeación de obra permite evaluar los costos totales que se derivan de los principales factores involucrados como el transporte del producto a los frentes de trabajo, el habilitado del terreno, el traslado del equipo al sitio de instalación y la restitución ambiental entre otros. Para esto, es necesario considerar la cantidad de producto demandado por los frentes, los tiempos y costos totales de transporte, los costos del equipo requerido para habilitar el terreno, etcétera. Inclusive es necesario evaluar si es conveniente cambiar una o varias veces la ubicación de las instalaciones durante la construcción del proyecto.

---

<sup>9</sup> Experiencia personal durante la construcción de la Autopista Guadalajara – Tepic, donde la construcción de obras complementarias no fue terminada en su totalidad para la puesta en operación de la autopista; con el subsecuente sobre costo originado por las medidas para dar seguridad al usuario y por el incremento de las distancias promedio de acarreo de concreto y transporte de personal.

En general, es necesario que el equipo de planeación de obra sea capaz de generar y probar modelos de optimización de sistemas de transporte para elegir la ubicación de las instalaciones; por la trascendencia de dichos modelos, se dedica un apartado posterior de este capítulo para mostrar las virtudes de la aplicación de modelos de optimización a este tipo de problemas frecuentes en la construcción de carreteras.

De acuerdo con lo anterior, al departamento de planeación de obra le conviene utilizar la evaluación de proyectos para determinar la viabilidad de las alternativas, sin embargo también debe utilizarla para determinar el momento financiero óptimo para la compra de materiales y equipo necesarios para el cumplimiento de las metas de obra y para desprenderse de parte de sus activos cuando se considere conveniente; en general debe de buscar alternativas de solución a los problemas descritos y a otros que se presentan regularmente.

### **III.4.- ESTRATEGIAS DE PLANEACIÓN DURANTE LA OPERACIÓN DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS**

La operación de autopistas concesionadas también requiere una adecuada planeación, de manera que el cumplimiento de los pequeños objetivos favorezca al desarrollo integral del negocio. Parte de estos objetivos se derivan de los niveles de servicio que la autopista debe de ofrecer a los usuarios, de manera que estos perciban el beneficio de viajar por una carretera de cuota, y con esto se incremente la utilización de la carretera. Para que esto suceda, el mantenimiento de la infraestructura debe de ser tal, que mantenga a la autopista en un determinado nivel de servicio<sup>10</sup>.

El costo más relevante derivado de la operación de carreteras de cuota es el correspondiente al mantenimiento, ya que se deriva de importantes movimientos de materiales, equipo y personal tanto para el mantenimiento mayor y reconstrucción de los estratos constructivos, como para el mantenimiento rutinario de la superficie de rodamiento, de las obras complementarias, de las obras de drenaje, del señalamiento, etcétera.

Las empresas que se involucran en la operación de infraestructura carretera se enfrentan ante una experiencia relativamente nueva, por lo que deben aprovechar los instrumentos que estén a su alcance para favorecer el desarrollo de su negocio.

La planeación también permite a los operadores de infraestructura carretera adelantarse a los posibles imponderables para evitarlos o minimizarlos y además, le permite favorecer el cambio positivo del negocio utilizando las herramientas de ingeniería del transporte que estén disponibles.

Más allá de programar flujos financieros y programar el mantenimiento cuando se requiera, el encargado de planeación de la operación de la infraestructura puede generar modelos que le permitan administrar adecuadamente los pavimentos de los tramos concesionados y determinar mediante la factibilidad financiera y técnica de diversas alternativas, la conveniencia de comprar equipo, rentarlo o subcontratar el mantenimiento.

---

<sup>10</sup> Establecido por la SCT mediante la aplicación del sistema de "400 puntos", como se mostró en el Capítulo II.

De la misma manera puede determinar, si tiene varios tramos en concesión, la conveniencia de tener una, dos o más cuadrillas y equipo para mantenimiento mayor y efectuar su movilización de un tramo a otro cuando sean requeridas; en cuyo caso se puede programar en el corto, mediano y largo plazo el mantenimiento de las carreteras concesionadas.

Por otra parte, mediante la utilización de modelos de sistemas de transporte puede determinar la ubicación más adecuada para las instalaciones, ya sean temporales o permanentes, necesarias para el mantenimiento normal; tales como plantas de asfalto, bodegas, patios, etcétera.

Así mismo, puede generar modelos que le permitan optimizar los recorridos, tanto urbanos como laborales, de los vehículos que recolectan y distribuyen al personal, al equipo y a los materiales necesarios para efectuar el mantenimiento y prestar los servicios al usuario.

Al mismo tiempo, la planeación durante la operación permite evaluar la factibilidad financiera de las inversiones en tecnología, equipo y desarrollo de recursos humanos, e inclusive determinar cuándo es conveniente dejar de invertir.

En resumen, una adecuada planeación en la operación de autopistas, favorece considerablemente al desarrollo integral del negocio de las concesiones. Siempre y cuando se aprovechen en su magnitud los estudios e instrumentos generados por la Ingeniería del Transporte para la solución de problemas. A continuación se presentan estos instrumentos como los medios para lograr los objetivos parciales, que favorecen al desarrollo integral del negocio en el SIACC.

### III.5.- EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN CONCESIONES DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Determinar si un proyecto es factible, resulta preponderante para invertir en él. Los analistas involucrados en la toma de decisiones deben evaluar las alternativas posibles para efectuar la elección más conveniente en relación con sus intereses y necesidades particulares.

La evaluación de proyectos puede definirse como el proceso mediante el cual las instituciones públicas o las empresas privadas determinan si un proyecto logra de una manera eficiente sus objetivos particulares<sup>11</sup>.

La evaluación constituye una amplia revisión de todos los aspectos del proyecto y proporciona una base para la implantación posterior a su aprobación, así como para la evaluación de los resultados del proyecto en operación<sup>12</sup>.

La evaluación de proyectos se conforma mediante la conjunción de análisis de factibilidad económica, técnica, institucional, financiera, comercial y social; los cuales tienen en ocasiones objetivos contrapuestos, pero que son necesarios para ofrecer a los tomadores de decisiones la perspectiva global de las alternativas evaluadas, como se muestra en la Figura III.3.

A la iniciativa privada que participa en la construcción y operación de infraestructura carretera le compete realizar todos los análisis de factibilidad descritos, para desarrollar su negocio.

La evaluación económica se refiere a la identificación y medición de los costos y beneficios nacionales, así como a la magnitud y distribución de los mismos<sup>13</sup>. Por lo regular es realizada por entidades gubernamentales, sin embargo la iniciativa privada puede ejecutarla para mostrar al Estado algunos posibles negocios no considerados que, de llevarse a cabo, podrían repercutir en importantes beneficios nacionales.

---

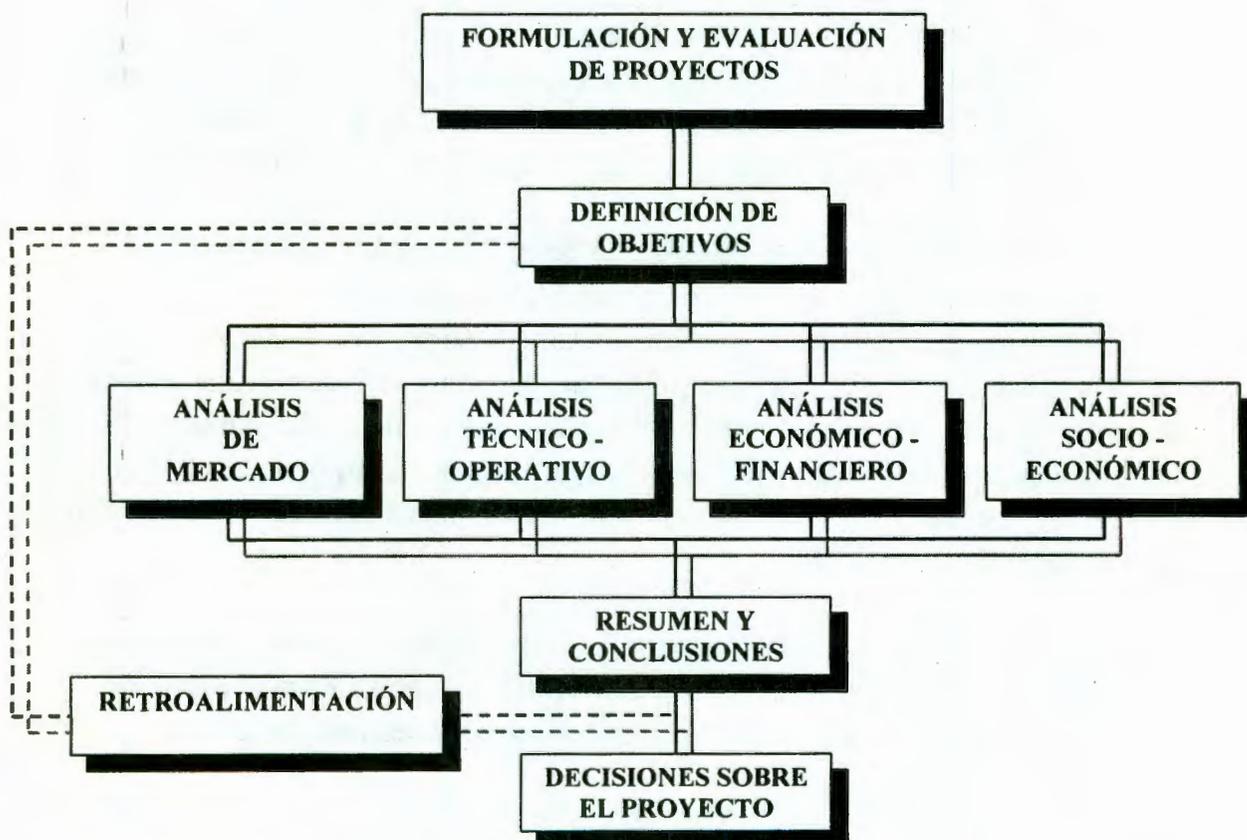
<sup>11</sup> De los apuntes de la materia de "Evaluación de Proyectos" que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1996.

<sup>12</sup> *Idem.*

<sup>13</sup> **Adler, Hans A.**, Economic Appraisal of Transport Projects. A Manual with Case Studies, Baltimore, Maryland, E.U.A., The Johns Hopkins University Press y el Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial, 1987, 2ª ed. pp. 5.

Es necesario acotar que para un proyecto de concesiones carreteras es indispensable que se obtengan beneficios económicos, ya que de otra manera no cumplirán con los objetivos para los que son creadas. Por la dirección del presente trabajo, estos estudios no se analizarán aquí, sin embargo, sólo los proyectos económicamente viables pueden ser elegibles para su realización, independientemente del origen de su financiamiento. Desde luego, para que una carretera sea otorgada a la iniciativa privada en concesión, debe de ser atractiva desde las perspectivas financiera y comercial.

### EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS



Fuente: De los apuntes de la materia de Tecnología del Transporte II, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, 1996.

**Figura III.3.**

La evaluación técnica efectúa los análisis ingenieriles y ambientales pertinentes, estimando los costos de inversión y operación relacionados con el proceso constructivo y con la operación del proyecto<sup>14</sup>. En este sentido la iniciativa privada que solicita las concesiones de infraestructura carretera es requerida por las bases de licitación para realizar la evaluación correspondiente y presentar una propuesta técnica.

La evaluación institucional analiza los problemas administrativos, organizacionales y de recursos humanos, que se plantean en la construcción y operación del proyecto<sup>15</sup>, y que las empresas deben salvar para llevar a buen término la concesión.

La evaluación financiera determina la cantidad de fondos que serán requeridos en el proyecto y la posibilidad de satisfacer las obligaciones financieras. También analiza la recuperación del capital invertido y, en su caso, la integración de fondos para inversiones futuras<sup>16</sup>. El análisis financiero determina los gastos y los ingresos de las empresas y se resume en los resultados de los estados de ingresos y gastos, flujos de efectivo y balances.

La evaluación comercial analiza la adquisición de bienes y servicios necesarios para implantar y operar el proyecto, así como los arreglos de comercialización para vender los productos o servicios generados<sup>17</sup>. Esta evaluación debe de existir antes de licitar un proyecto carretero, sin embargo, en muchas ocasiones se presentarán variaciones en la demanda que la planeación estratégica debe evaluar para delimitar el campo de acción de las estrategias de mercadotecnia, de manera que el usuario perciba los beneficios de utilizar las vías de cuota.

La evaluación social determina las repercusiones benéficas y perjudiciales que se deriven de la realización del proyecto. Esta evaluación por lo regular es realizada por instancias gubernamentales con anterioridad a la realización del proyecto.

---

<sup>14</sup> *Idem.*

<sup>15</sup> *Idem.*

<sup>16</sup> *Idem.*

<sup>17</sup> *Idem.*

Ante una situación percibida como indeseable y ante ciertos objetivos técnicos y financieros para transformarla, la planeación busca opciones que, dentro de un marco de escasez de recursos y de restricciones institucionales, permitan “diseñar” un futuro acorde con las aspiraciones gubernamentales y empresariales. En el ámbito de las concesiones carreteras, las tareas de la planeación orientan su desarrollo en forma congruente con el de la empresa y se llevan a cabo tanto a nivel sistémico, de criterios y programas de acción, como a nivel del diseño del proyecto, en el cuál se analiza la conveniencia de realizar un proyecto específico<sup>18</sup>.

Uno de los factores más relevantes en la evaluación de proyectos de cualquier carretera y en particular de una concesionada, es la determinación de los niveles de tráfico futuro, ya que es en éstos donde se define, en gran medida el éxito o el fracaso de un proyecto. Con niveles bajos de tráfico, las expectativas de ahorros nacionales no se cumplen y los ingresos corrientes de los operadores de las autopistas no son suficientes para afrontar sus montos de deuda adquirida; es por esto, que el gobierno y los particulares buscan soluciones a los problemas actuales de la mayoría de las concesiones<sup>19</sup>.

La demanda futura de un tramo concesionado puede evaluarse durante el proceso de planeación a partir de los flujos de tránsito de las vías alternas o a partir de proyecciones. Estas se derivan de los estudios de demanda de origen – destino existentes o de la aplicación de técnicas de asignación vehicular que permiten cuantificar las expectativas de reparto entre la nueva carretera concesionada y sus alternativas libres. Sin embargo, todos estos aspectos varían de manera considerable entre casos y es muy difícil establecer lineamientos generales, por lo que se requiere un estudio exhaustivo para cada tramo en particular.

La evaluación de proyectos no sólo abarca contenidos y orientaciones de los proyectos de construcción de infraestructura, puede ser utilizada de la misma manera para valorar proyectos de inversión, tales como equipamiento o adquisición de bienes y servicios; o para proyectos en los que la decisión puede ser dejar de invertir, conocidos como de “desinversión”, tales como la cancelación de un determinado servicio o la venta de equipo excedente o bien

---

<sup>18</sup> De los apuntes de la materia de Tecnología del Transporte II, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, 1996.

<sup>19</sup> En nuestro país también influyó el hecho de que los concesionarios vieron incrementados considerablemente sus montos de deuda en dólares americanos ante la devaluación de diciembre de 1994.

en proyectos tendientes a la adaptación o actualización de estructuras o procesos.

La iniciativa privada requiere evaluar las inversiones en diversos horizontes de tiempo. Es necesario que el evaluador conjugue los datos de cada proyecto, modificando por ejemplo, los volúmenes de tráfico, el periodo de inicio, el monto de los costos, la variación de tarifas, etcétera; para determinar cuan sensible es un proyecto ante situaciones críticas. Para facilitar la selección, el evaluador debe presentar al tomador de decisiones las visiones objetivas probables extremas del proyecto evaluado, junto con los escenarios y las simulaciones de cada una de ellas.

Todos los procesos de evaluación descritos deben realizarse con antelación al proyecto, sin embargo la utilización de la evaluación de proyectos durante la construcción y operación de los mismos es estratégica para obtener los beneficios esperados en la planeación original.

Para efectos de este trabajo se ha separado a la aplicación de la evaluación de proyectos en dos vertientes correspondientes a los periodos de construcción y operación de infraestructura carretera desde el punto de vista de las empresas concesionarias.

### **III.5.1.- Evaluación de proyectos durante la construcción y operación de autopistas**

La utilización de la evaluación de proyectos en la planeación estratégica resulta muy útil para determinar la factibilidad de los grandes proyectos de las concesiones, pero también lo es, en proyectos propios de la construcción y operación de autopistas, como la adquisición de equipo, el traslado de la maquinaria de un frente a otro, la conveniencia de acortar los periodos entre mantenimientos de la superficie de rodamiento y la selección del momento óptimo para disminuir activos en la proximidad del cierre de obra entre otros.

Un problema común en la construcción de infraestructura carretera se presenta cuando se debe analizar la conveniencia de rentar o adquirir

maquinaria y equipo. En la construcción de la Autopista Guadalajara – Tepic se presentó la siguiente situación<sup>20</sup>:

La empresa constructora rentó un esparcidor de mezcla asfáltica para tender base y carpeta, con mayor capacidad que la del esparcidor, también rentado, que utilizaban anteriormente. Para esto, debió de utilizarse la evaluación de proyectos para comparar la diferencia de costos y beneficios totales entre alternativas de compra y uso de equipo o tecnología para estos fines, sin embargo no ocurrió así; ya que el esparcidor se rentó cuando la pavimentación tenía atrasos considerables y ponía en riesgo la culminación del proyecto en el tiempo pactado; y para esto sólo se consideraron los aspectos técnicos inherentes a la adquisición, dejando de lado la necesaria evaluación financiera.

En este caso, la empresa concesionaria debió evaluar financieramente la utilización del nuevo equipo, basándose en aspectos técnicos; debió considerar que de utilizar el nuevo esparcidor los costos por concepto de renta horaria aumentarían pero se evitarían retrasos en la entrega de obra y la construcción de las obras complementarias no se vería afectada, con lo que la entrega del total de la obra se haría en el tiempo previsto. También debió considerar que de no cambiarse el equipo, las rentas horarias se mantendrían, habría que pagar tiempo extra a los trabajadores de obras complementarias, poco disponibles en la región, y la obra se habría entregado veinte días después de la fecha programada, lo que hubiera originado una determinada sanción al constructor.

De esta manera, la evaluación financiera hubiera obtenido la diferencia entre todos los costos y beneficios, conocida como “beneficio neto”. Si los beneficios totales hubieran sido mayores que los costos totales, entonces era conveniente rentar el nuevo equipo.

Para este mismo caso, si la obra de pavimentación se culminó adecuadamente con el nuevo esparcidor, la pregunta sería: ¿Hubiera sido mejor rentar antes el equipo? La evaluación financiera hubiera permitido saber el momento óptimo para rentarlo.

---

<sup>20</sup> Experiencia personal, 1994.

Para que la evaluación financiera resulte acertada, los costos y beneficios totales deberán ser considerados en el mismo entorno temporal, por lo que todos los montos deben ser trasladados a valor presente, utilizando las técnicas y previsiones disponibles para ello. Por otra parte se deberá evaluar con distintos escenarios que permitan determinar por ejemplo lo que sucedería si el rendimiento del nuevo equipo no es el esperado por un probable periodo de ajuste o si la paridad cambiaria aumentara drásticamente y con ello la renta horaria se incrementara de manera considerable.

No se debe olvidar que en la construcción de infraestructura carretera la implementación tecnológica es cotidiana, debido principalmente a la rapidez que se exige actualmente para la realización de grandes obras en cortos periodos. En gran medida el desarrollo tecnológico en conjunción con nuevas técnicas e investigación de la construcción hacen posible la disminución de los tiempos de obra, sin embargo no hay que perder de vista que las ventajas tecnológicas pueden ser en muchas ocasiones marginales, por lo que la adquisición de tecnología debe evaluarse financieramente, antes que dejarse llevar por altos rendimientos de equipos cuya repercusión en los beneficios totales del proyecto no sea la adecuada.

La evaluación financiera de proyectos puede resultar útil para evaluar las alternativas de solución en otro tipo de problemas, que se presentan durante la construcción de una carretera y que pueden ser relevantes en el resultado final del negocio de concesión; como la elección de la ubicación de maquinaria y equipo en un frente de trabajo o en otro ante recursos de equipo limitados, dependiendo de los beneficios totales que repercute a la obra en conjunto; la construcción de un puente provisional que disminuya los tiempos totales de acarreo de materiales de banco; la instalación de un campamento obrero en vez de proporcionar transporte regular para el personal; la selección del volumen de inventario en el almacén central, etcétera.

La evaluación financiera de proyectos también puede utilizarse para determinar el momento más adecuado para dejar de invertir, como ocurre cuando se acerca el cierre de obra, ya que debe determinarse cuando desocupar el equipo y la infraestructura temporal que sea rentada, o para liquidar al personal ocioso. La evaluación de proyectos evita caer en el error común de disminuir un porcentaje del total del equipo y del personal, cuando esto puede poner en riesgo la entrega a tiempo de los frentes de trabajo y del negocio en su conjunto.

Las posibilidades de aplicación de la evaluación de proyectos en el proceso de construcción de infraestructura del transporte son considerables, sin embargo no se puede caer en el exceso de evaluar todo, ya que aumentarían las demoras por espera de definición, sin embargo en las inversiones o desinversiones trascendentales es indispensable la aplicación de esta herramienta.

La utilización de la evaluación de proyectos durante la operación de infraestructura carretera concesionada debe también ser considerada para satisfacer los requerimientos del desarrollo integral del negocio; ya que las inversiones correspondientes a la maquinaria y equipo destinados para el mantenimiento mayor o para el mantenimiento rutinario suelen ser cuantiosas.

De tal manera, es conveniente que sean evaluadas estas inversiones, para racionalizar y optimizar los recursos de la concesión e inclusive debe evaluarse la posibilidad de compartir el equipo de reparaciones periódicas con otros tramos; de la misma manera es útil determinar el periodo óptimo de sustitución de equipo y la ubicación óptima de las instalaciones, a fin de que se minimicen los movimientos totales del sistema durante todo el periodo de concesión.

También se puede evaluar la conveniencia de colocar estaciones adicionales de servicio y gasolineras o la instalación de paradores turísticos. Además, es posible evaluar cuánto y cuándo es más conveniente gastar en comercialización, en vehículos o en investigación de operaciones.

Incluso, mediante la realización de estudios de la elasticidad de la demanda de servicios de la carretera en concesión, se puede determinar la cuota óptima para las casetas de peaje que ofrezca el mayor beneficio financiero para los operadores.

En resumen, la evaluación de proyectos es una herramienta fundamental en los procesos de construcción y operación de autopistas para optimizar los recursos de las concesiones maximizando los beneficios financieros integrales de las entidades federativas o las empresas involucradas. A continuación se presentan los modelos de optimización aplicables a los procesos de construcción y operación de infraestructura, las cuales son herramientas clave de la planeación estratégica para optimizar el sistema de administración integral de las carreteras concesionadas

### III.6.- MODELOS DE OPTIMIZACIÓN APLICABLES A LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Los Modelos de Optimización constituyen una herramienta fundamental para la planeación estratégica debido principalmente a que permiten optimizar los procesos productivos. La aplicación de estos modelos al transporte resulta vital para los beneficios netos del proyecto, sobre todo en aquellos esquemas que involucren una gran cantidad de movimientos, como ocurre con la construcción de las principales obras de infraestructura; tales como presas, túneles, puentes, canales, acueductos o carreteras.

Los modelos de optimización pueden utilizarse en una gran variedad de problemas, en muchas ocasiones se genera un modelo para cada problema particular, sin embargo por su aplicación pueden dividirse en los siguientes:

- Modelos de programación lineal
- Modelos de solución de problemas de transporte
- Modelos de redes
- Modelos de asignación de flujos en redes
- Modelos de diseño de rutas
- Modelos de ubicación de instalaciones<sup>21</sup>

En este apartado se propone solución a problemas reales que se presentaron durante la construcción de la Autopista Guadalajara – Tepic en 1994, mediante la utilización de modelos de optimización, y se muestran los resultados comparativos con las decisiones tomadas en esa obra, para confirmar los impactos benéficos de la aplicación de esos modelos en el desarrollo integral del negocio de concesiones.

---

<sup>21</sup> De los apuntes de la materia de Modelos de Optimización Aplicados al Transporte, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, 1996.

### III.6.1.- Modelos de programación lineal

La programación lineal busca asignar una cantidad limitada de recursos entre una serie de actividades que compiten por ellos de la mejor manera posible, es decir la óptima; eligiendo entre todos los resultados posibles, aquel que logre alcanzar las metas planteadas<sup>22</sup>. Para esta modelación es necesario que las funciones generadas a partir de las variables de decisión sean lineales.

Es posible aplicar este modelo a la construcción de autopistas en problemas cotidianos, que pueden representar importantes ahorros o beneficios. Uno de estos problemas se presentó durante la construcción de la Autopista Guadalajara – Tepic en 1994<sup>23</sup>. Se requería saber cuál era la cantidad de concreto asfáltico para carpeta y para base asfáltica que debía producirse en un momento dado y ante la escasez de conocimientos de modelos de optimización se optó por fabricar base asfáltica aleatoriamente. Las condiciones que se presentaron se muestran a continuación:

- La planta de asfalto requería producir base y carpeta asfáltica sin restricciones de demanda, es decir que se podía colocar en el tramo cualquier cantidad de mezcla asfáltica que la planta pudiera producir.
- No había restricciones por abastecimiento de cementante, la planta era capaz de producir 180 toneladas por hora y era abastecida por dos plantas trituradoras que producían agregado para carpeta y base asfáltica con una capacidad horaria de 40 y de 120 toneladas por hora respectivamente
- La utilidad por metro cúbico en la producción de carpeta era de \$30.00 y de \$50.00 en la producción de base asfáltica y la capacidad utilizada por las plantas por unidad de tasa de producción era la que se muestra en la Tabla III.2.

Con estos datos era posible aplicar el modelo de programación lineal para determinar cuál sería el volumen óptimo de producción de cada tipo de mezcla asfáltica que produjera la mayor utilidad.

<sup>22</sup> Hillier y Lieberman, Introduction to Operations Research, Nueva York, Estados Unidos de América, Ed. Holden - Day, Inc., 3ª ed., 1980, pp. 16 - 20 .

<sup>23</sup> Experiencia personal como encargado de producción en la planta de asfalto.

De los datos de la tabla se puede plantear el problema en el modelo matemático:

- Nomenclatura

Variables de decisión

$X_1$  = toneladas de carpeta a producir por hora

$X_2$  = toneladas de base asfáltica a producir por hora

Función de optimización

Maximizar la utilidad total

(Max)  $Z$  = función de optimización

### ELECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ÓPTIMA DE MEZCLA ASFÁLTICA

Producto Planta	Capacidad utilizada por unidad de tasa de producción		Capacidad horaria Disponible (Ton)
	Carpeta	Base Asfáltica	
Planta Trituradora N° 1	1	0	40
Planta Trituradora N° 2	0	2	120
Planta de Asfalto	3	2	180
Utilidad Unitaria	\$30.00	\$50.00	<del>                    </del>

Fuente: Caso real de la Autopista Guadalajara – Tepic, 1994, adaptando los modelos de la materia de Modelos de Optimización Aplicados al Transporte, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México, 1996.

**Tabla III.2.**

- Planteamiento

Función de optimización

$$(\text{Max}) Z = 30 X_1 + 50 X_2$$

Restricciones

$$1 X_1 + 0 X_2 \leq 40$$

$$0 X_1 + 2 X_2 \leq 120$$

$$3 X_1 + 2 X_2 \leq 180$$

- Resultados

Utilizando el programa de programación lineal del "Micro Manager Software" para la solución de problemas se obtiene que se obtiene la utilidad óptima ( $Z^*$ ), si se producen:

$X_1 = 20$  Toneladas por hora de carpeta y

$X_2 = 60$  Toneladas por hora de base asfáltica

Con lo que se obtiene el beneficio óptimo de:

$$Z^* = \$3,600.00^{24}$$

Al producir exclusivamente base asfáltica el beneficio resultante fue de:

$$Z = \$3,000.00$$

Que resulta menor al del caso combinado asignado como  $Z^*$  o beneficio óptimo, por la capacidad utilizada por unidad de tasa de producción de la planta trituradora número dos.

Así como en el caso descrito, los modelos de programación lineal pueden aprovecharse en la construcción de autopistas para maximizar beneficios o minimizar costos y de esta manera, repercutir en importantes ahorros de tiempo o dinero.

### III.6.2.- Modelos de solución de problemas de transporte

El objetivo de estos modelos es minimizar el costo de transporte de un determinado producto que tiene posibilidad de generarse en varios centros de producción y cuya demanda se divide en varios destinos<sup>25</sup>. Uno de los problemas que pueden resolverse por este modelo resulta común en la construcción de infraestructura de gran magnitud.

<sup>24</sup> Nota: En el Anexo E se presentan los datos de entrada y los resultados impresos del programa descrito.

<sup>25</sup> Hillier y Lieberman, *Op. Cit.* p. 119.

En la infraestructura carretera ocurre lo mismo cuando varios frentes, por lo regular dirigidos por diferentes encargados, compiten por la producción de concreto o de asfalto de las plantas de la obra, o cuando lo hacen por los insumos de los almacenes del proyecto.

En la Autopista Guadalajara – Tepic se presentaban continuamente problemas de este tipo al haber tres plantas de concreto y varios frentes con requerimientos diarios para la construcción de diversas estructuras.

En un día en particular, se requería distribuir concreto para abastecer a las cunetas, a las obras de drenaje, a la barrera central y a dos puentes diferentes.

Los costos de transporte entre los distintos orígenes y destinos se determinaron mediante la fracción del costo diario correspondiente al tiempo en que las ollas revolvedoras completaban un ciclo a los distintos destinos con cargas de 5 metros cúbicos por viaje. Estos costos, la demanda de los frentes y la capacidad de producción de cada planta se muestran en la tabla II.3.

Por no aplicar el modelo para solucionar problemas de transporte en su momento, la demanda del día no se cumplió porque se siguió el criterio de que una planta surtiera exclusivamente a los puentes, y las otras estructuras fueran surtidas por la planta más cercana al tramo en construcción. En consecuencia, la demanda del siguiente día sobrepasó la capacidad de las plantas y así sucesivamente, originando un retraso en el programa de las estructuras, cuyo costo es superior al costo del transporte mismo.

Generando el planteamiento como en el modelo del apartado anterior y resolviendo mediante el programa de transporte del “Micro Manager Software”, se obtienen los volúmenes que deben de ser surtidos de las tres plantas a los respectivos frentes, como se muestra en la Tabla III.4., para obtener el costo mínimo de transporte que en este caso resulta de \$1,800.00.

Como se muestra, el planteamiento de problemas de transporte puede aplicarse en la construcción de autopistas. Así como con el caso anterior, pueden plantearse diferentes problemas de transporte tendientes, por ejemplo, a la administración de almacenes, a la repartición de insumos y refacciones o, en el caso de operadoras de autopistas, pueden utilizarse para definir por ejemplo, el volumen de mezcla asfáltica por solicitar a dos vendedores cuyas plantas de asfalto estén separadas geográficamente.

### DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DE CONCRETO CON COSTO DE TRANSPORTE MÍNIMO

Destino Origen	Costo del Transporte en Pesos					Capacidad de Producción en Metros cúbicos
	Puente "Río Rojo"	Cunetas	Puente "Carrillo"	Obras de Drenaje	Barrera Central	
Planta 1	12	15	8	25	18	100
Planta 2	21	22	15	10	11	60
Planta 3	15	17	15	24	20	50
Demanda en metros cúbicos	50	10	60	30	20	Producción total Metros cúbicos
Demanda total Metros cúbicos	170					210

Fuente: Caso real de la Autopista Guadalajara – Tepic adaptando los modelos de la materia de Modelos de Optimización Aplicados al Transporte, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México, 1996.

**Tabla III.3.**

### RESULTADOS DE LA MODELACIÓN PARA MINIMIZAR EL COSTO DE DISTRIBUCIÓN DE CONCRETO

Destino Origen	Volúmenes que deben surtirse por planta en metros cúbicos					Dejan de Surtir	Capacidad de producción en metros cúbicos
	Puente "Río Rojo"	Cunetas	Puente "Carrillo"	Obras de Drenaje	Barrera Central		
Planta 1	40	0	60	0	0	0	100
Planta 2	0	0	0	30	20	10	60
Planta 3	10	10	0	0	0	30	50
Demanda en metros cúbicos	50	10	60	30	20	40	Capacidad total Metros cúbicos
Demanda total Metros cúbicos	170						210

Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos del programa de Transporte del "Micro Manager Software" Nota: en el Anexo E se presentan los datos de entrada y los resultados impresos.

**Tabla III.4.**

En este último caso, se puede considerar dentro del costo de transporte alguna posible diferencia de precio entre empresas productoras por unidad de venta; de esta manera se puede determinar si es conveniente adquirir la mezcla asfáltica con uno, dos o con más productores.

De tal manera, la aplicación de los modelos para solucionar problemas de transporte resulta muy importante para contribuir a la obtención de los objetivos generales del negocio de concesión, ya que facilita y promueve el uso óptimo de recursos para obtener los mejores beneficios.

A continuación se presentan los modelos de redes, como parte de los medios del SIACC para optimizar los recursos disponibles, minimizando tiempos de recorrido entre dos o más puntos.

### **III.6.3.- Modelos de redes**

Un sistema de red por definición consiste en un conjunto finito de nodos y un conjunto finito de arcos. Los nodos son puntos de origen, destino, transferencia de carga o de paso; se unen unos con otros a través de arcos, que son la vía por donde se mueven los vehículos o las personas<sup>26</sup>.

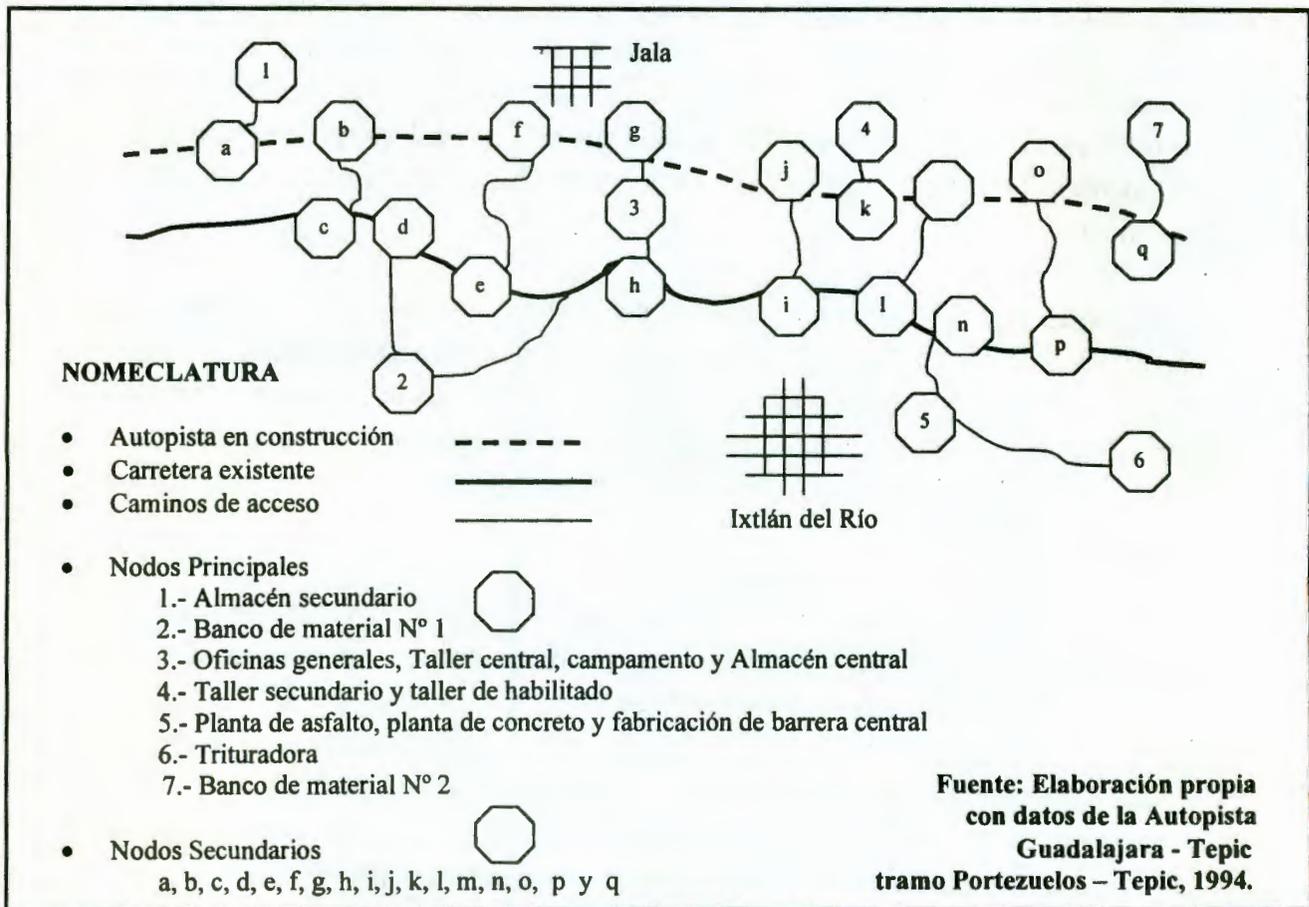
Desde la perspectiva de la construcción de autopistas concesionadas, un modelo de red puede ser, por ejemplo, el que se presentó en la Autopista Guadalajara – Tepic, en los alrededores de la población de Ixtlán del Río, Nayarit, y que se representa en la Figura III.4., donde se unen algunos puntos trascendentales para la construcción de la carretera.

En ese ejemplo se pueden apreciar los nodos origen – destino llamados “principales”, los nodos que sirven para intersecciones definidos como “secundarios” y la interrelación de estos nodos con arcos definidos por los nombres asignados a los nodos que unen.

---

<sup>26</sup> De los apuntes de la materia de Análisis de Sistemas de Transporte, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México, 1995.

**CASO DE MODELO DE RED EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA  
GUADALAJARA - TEPIC**



**Figura III.4.**

Una vez establecido el modelo de red, es posible obtener beneficios, aplicando los modelos de optimización que estén disponibles para elegir los caminos correctos de traslado y las rutas más cortas, económicas o confiables, entre dos pares de nodos o entre todos los pares de nodos. En el caso descrito, no se realizó ningún análisis de modelos de red, y al ser los camiones para acarreo rentados, en muchos casos eran estos los que elegían la ruta que más les convenía en relación a sus ingresos ya que existía una cuota de acarreo diferente para terracerías y para caminos pavimentados.

Para el caso de la red citada, si se busca el camino más corto o económico<sup>27</sup>, para acarrear concreto premezclado de la planta ubicada en el nodo "5" a un paso inferior vehicular (PIV) ubicado en el nodo "b" llamado "carrillo", éste podría definirse mediante el algoritmo de Dijkstra<sup>28</sup>, el cuál encuentra los mejores caminos de un nodo dado a los demás nodos; o incluso, podría utilizarse el Algoritmo de Floyd<sup>29</sup>, que obtiene los caminos más convenientes entre todos los pares de nodos; ambos modelos consideran arcos sin restricciones de flujo y capacidad y son aplicables para caminos con bajo flujo de vehículos.

Utilizando este último algoritmo se puede determinar la ruta más conveniente para ir de un frente a otro, con lo que se optimizan las actividades de gestión y control de la construcción y se minimizan los costos por concepto de traslados para materiales, gasto en equipo y contratación de personal. Con lo que se contribuye directamente al cumplimiento de los grandes objetivos de la planeación estratégica.

En el caso descrito, la red se modificó conforme avanzó la pavimentación en el tramo a – q, el cuál en un principio era lento y costoso, y posteriormente se hizo más transitable y económico en cuanto al transporte; sin embargo, también se hizo más peligroso por las velocidades de los fleteros, quienes al cobrar por metro cúbico – kilómetro, transitaban con altas velocidades por los tramos ya pavimentados poniendo en riesgo al personal de las cuadrillas de barrera central y de obras complementarias, en este caso, se debe de considerar un costo adicional por personal, equipo y materiales encaminados a ofrecer seguridad a los trabajadores en las evaluaciones financieras correspondientes.

Los modelos empleados para determinar la ruta más corta son aplicables tanto a un sinnúmero de actividades en la construcción y operación de autopistas, como a la elección de los caminos para acarreos de pavimentación, de triturados, de transporte de trabajadores, de abastecimiento, etcétera.

---

<sup>27</sup> Si se está acarreado con vehículos rentados, probablemente resulte más conveniente hacer el análisis desde el punto de vista de la distancia mínima, ya que en todos los casos se establecen tarifas por metro cúbico – kilómetro; en cambio si se realiza el análisis para mover con vehículos propios es necesario utilizar la ruta del costo mínimo, la cual se define por factores como tiempos de recorrido, desgaste del vehículo, condiciones del camino, consumos, entre otros.

<sup>28</sup> Larson y Odoni, Urban Operations Research, Englewood Cliffs, New Jersey, Estados Unidos, Ed. Prentice Hall, 1ª ed., 1981, Tema: "Applications of Network Models", pp. 364 – 367.

<sup>29</sup> *Ibid.* pp. 367 – 373.

### III.6.4.- Modelos de asignación de flujos en redes

La diferencia principal entre el modelo descrito en el apartado anterior y éste, es que en los modelos de asignación de flujos en redes, sí se consideran la capacidad finita de los arcos de la red, utilizan un enfoque de sistemas y son muy aplicables a redes urbanas o a caminos con altos niveles de congestión<sup>30</sup>.

Por esto, es aplicable para optimizar la fluidez en zonas urbanas y conviene que sea utilizado por los gobiernos municipales que tengan grandes concentraciones de habitantes, donde por lo regular se presentan grandes congestiones en "horas pico", como las que se presentan al inicio y al final de la jornada de trabajo.

Sin embargo, también es posible aplicar estos modelos en caminos interurbanos, cuyos niveles de congestión excedan los previstos para proveer un determinado nivel de servicio<sup>31</sup>, inclusive puede utilizarse para sistemas de red en menor escala, como en la construcción de autopistas.

En la construcción de autopistas por lo regular se toma como base alguna población ubicada estratégicamente, y un estudio de asignación de flujos en redes puede determinar que es posible mejorar la movilidad de la red y de los flujos de acarreo, al cambiar el sentido de algunas vialidades de manera temporal, lo que se puede solicitar a las autoridades competentes de las poblaciones involucradas.

Además, este modelo puede aplicarse para optimizar los caminos de acceso cuando así se juzgue conveniente, independientemente de que formen parte o no de una red urbana. Inclusive, se puede determinar si es necesario abrir otro camino de acceso para los frentes del camino o para los bancos de materiales y de rellenos de desperdicio, de manera que se mejore la movilidad total del sistema utilizado por la empresa constructora, lo que implica que se minimiza el tiempo y el costo total de recorridos de los vehículos de la empresa, aunque para algunos de ellos el recorrido no sea el más corto o el más rápido.

---

<sup>30</sup> Sheffi, Joseff, Urban Transportation Networks, Washington, D.C., Estados Unidos de América, Ed. MIT Press, Inc., 1ª ed., 1985, pp. 2 - 4.

<sup>31</sup> Parámetros establecidos por la SCT por sistema de puntos, *Op. Cit.*

A diferencia de los modelos anteriores, este modelo utiliza para su solución ecuaciones no lineales<sup>32</sup> referentes al tiempo o al costo, para efectos ilustrativos se mostrará la nomenclatura utilizada en la ecuación típica del modelo con base en el tiempo.

Las funciones del comportamiento de los arcos están basadas en el tiempo de flujo libre<sup>33</sup> más un factor relacionado con el volumen de tráfico y la capacidad del camino como se muestra:

$$t_i = t_{0i} [ 1 + F ( V_i / C_i ) ^ n ]$$

donde:

- $t_i$  es el tiempo de viaje en el arco  $i$  para el nivel de flujo  $V_i$
- $t_{0i}$  es el tiempo de flujo libre sobre el arco  $i$
- $F$  es un factor de calibración entre 0 y 1
- $V_i$  es el nivel de flujo sobre el arco  $i$
- $C_i$  es la capacidad del arco  $i$  en vehículos por periodo y
- $n$  es el grado exponencial en el que se incrementa el tiempo al saturarse el arco  $i$

Cuando se conocen los niveles de demanda por origen y destino<sup>34</sup>, la longitud de los arcos, su capacidad y su límite de velocidad, pueden aplicarse programas por computadora<sup>35</sup> para obtener los resultados de optimización del tiempo total o del costo global del sistema y con estos, se puede disminuir el costo total de transporte para las concesiones, con lo que se genera un mayor beneficio neto para las concesiones.

<sup>32</sup> Son utilizadas estas ecuaciones cuando existen factores que influyen en el tiempo total de recorrido de los vehículos y que hacen que el tiempo no se incremente linealmente; por ejemplo si la vía utilizada no tiene congestión, el tiempo de recorrido dependerá de la velocidad del vehículo; si la hay, entonces el tiempo de recorrido se eleva exponencialmente.

<sup>33</sup> Se define como el tiempo que realizarían los vehículos de no encontrar tráfico ni desperfectos en el camino.

<sup>34</sup> Es decir el número de viajes que requieren hacerse entre los puntos de la red en un periodo definido.

<sup>35</sup> Por ejemplo los programas: "General Network Editor for Windows" y el "Quick Response System for Windows", elaborados por Horowitz, Alan J., *Op. Cit.*

### III.6.5.- Modelos de diseño de rutas

Uno de los problemas más comunes durante la construcción y operación de autopistas, es el diseño de rutas para vehículos, ya que estos en muchas ocasiones recorren innecesariamente algunos caminos en sus recorridos rutinarios de reparto de materiales, equipo y personal. La optimización de los sistemas requiere de la Ingeniería del Transporte y de la aplicación de modelos para optimizar recorridos en sistemas de red como se requiere en las concesiones carreteras.

Estos modelos se refieren al diseño de rutas de vehículos a través de una red establecida, de manera que se minimice el tiempo o la distancia de recorrido y es aplicable a los sistemas de repartición y recolección de materiales, equipo y personal. Los modelos para diseño de redes pueden buscar la cobertura total de arcos o la cobertura total de nodos, dependiendo del tipo de demanda que se requiera; ya que esta puede ser por su naturaleza requerida en un punto inmóvil o a lo largo de un determinado arco de la red.

En el modelo para diseño de rutas con cobertura total de arcos, se busca que los vehículos de recolección o entrega de materiales, equipo y personal recorran todos los arcos de la red a través de la mínima distancia total posible; este modelo es conocido como “el problema del cartero chino”<sup>36</sup>.

En el proceso de construcción de infraestructura carretera, este modelo puede ser aplicable a la distribución rutinaria de insumos, como la que se efectúa para abastecer a la maquinaria pesada de combustible y lubricantes, ya que el equipo pesado se mueve constantemente; de tal manera que las pipas de combustible y las “orquestas” deben recorrer rutinariamente la mayoría de los arcos de una red o su totalidad para prestar el servicio de la manera más adecuada.

Así mismo, a partir del uso del modelo, se pueden asignar las rutas de los vehículos que efectúan el mantenimiento menor de la maquinaria en campo, en relación con el número de equipos que deben revisar diariamente y a los que trasladan personal que requiere ir a diversos puntos durante el desarrollo de la obra, como sucede con los operadores de maquinaria pesada.

---

<sup>36</sup> Puede utilizarse como parámetro al tiempo total de recorrido, pero para fines de este trabajo se utilizará el término de mínima distancia como representativo para ejemplificar el uso de los modelos.

Ver: **Larson y Odoni**, *Op. Cit.*, pp. 383 – 385.

En el modelo para diseño de rutas con cobertura total de nodos, se busca encontrar la ruta de mínima distancia que inicia en un cierto nodo, visita todos los miembros de un conjunto específico de nodos de la red cuando menos una vez y retorna cuando así se considera conveniente al nodo inicial al término de la jornada o para reabastecerse de insumos<sup>37</sup>.

Este modelo es aplicable a la construcción y operación de autopistas, para el abastecimiento rutinario de instalaciones fijas como plantas de asfalto y concreto, campamentos, gasolineras periféricas, comedores, tinacos de agua de consumo, almacenes secundarios, talleres, casetas de peaje, oficinas, etcétera; así como para la recolección y entrega de personal entre los campamentos o poblaciones cercanas y ciertos puntos establecidos en los frentes de trabajo.

Los modelos descritos pueden tener variantes por restricciones de la red, como ocurre cuando se establece el sentido de las vialidades o cuando se restringe el paso a un determinado tipo de vehículos; en este sentido las variantes son resueltas por algoritmos adicionales a los utilizados por los modelos originales.

### **III.6.6.- Modelos de ubicación de instalaciones**

En muchas ocasiones las instalaciones son ubicadas en el centro geográfico promedio de una región o de una red; sin embargo, para optimizar los costos totales de transporte, es necesario considerar otros factores adicionales, como la demanda de movimientos desde los puntos de la red para los servicios que ofrecen las instalaciones y los objetivos particulares que se persiguen al colocar una instalación, de tal manera, que no será ubicada con el mismo criterio una planta de concreto que una instalación de emergencia.

---

<sup>37</sup>*Ibid.* pp. 395 – 396.

La solución del problema de ubicación de instalaciones depende de los objetivos que se persigan; de manera genérica es posible englobar a los problemas en tres tipos:

- de medianas,
- de centros y
- de requerimientos<sup>38</sup>.

En los problemas de medianas se debe definir la ubicación de un número preestablecido de instalaciones, de tal manera que se minimice la distancia promedio<sup>39</sup> desde o hacia la serie de instalaciones para toda la población de usuarios; este tipo de problemas generalmente se tienen cuando se trata de instalaciones que no son de emergencia sino para uso regular.

En esta categoría de problemas de medianas caen la mayoría de las instalaciones utilizadas en la construcción y operación de carreteras, tales como plantas de asfalto, plantas de concreto, trituradoras, campamentos, talleres, oficinas, paradores, comedores, gasolineras, etcétera, que tienen un carácter permanente o transitorio.

Para ubicar estas instalaciones se requiere determinar la demanda relativa de los servicios que ofrecen; por ejemplo, si se quiere ubicar en una red una planta de concreto para abastecer la construcción de puentes, se debe determinar la demanda en metros cúbicos que tendrá cada estructura de tal manera que la ubicación óptima será aquella que minimice el costo o la distancia, según sea el caso, por unidad transportada.

De la misma manera, se puede determinar la demanda de servicios para abastecer otras instalaciones; como la demanda diaria de alimentos para los comedores, el número de equipos que pueden requerir reparación, la cantidad de litros de combustible que deberá surtir la gasolinera para los vehículos de la obra, etcétera.

Sin embargo, en algunas ocasiones es necesario considerar algunos otros factores para la ubicación de instalaciones; por ejemplo para la ubicación de una gasolinera de servicio al público en una carretera en operación, se requiere determinar las necesidades de los consumidores o para la ubicación de campamentos se debe buscar un lugar poco ruidoso.

---

<sup>38</sup> *Ibid.* pp. 427 – 429.

<sup>39</sup> O en su caso tiempo o costo promedio.

En los problemas de centros se busca determinar la ubicación de un número preestablecido de instalaciones, de manera que se minimice la máxima distancia<sup>40</sup> hacia o desde las mismas para cualquier usuario que deba hacer el viaje. Estos problemas son comunes en el caso de servicios de emergencia como servicios médicos, bomberos o servicios de reparación.

Son aplicables a la construcción de autopistas para ubicar instalaciones de servicio mecánico de emergencias, de manera que independientemente de la hora en que se dañe un equipo, el auxilio llegue en el menor tiempo posible. De la misma manera en la operación de autopistas son aplicables para ubicar servicios mecánicos, ambulancias y servicios médicos de emergencia.

Por último, en los problemas de requerimientos se establecen funciones objetivo, que permiten ubicar las instalaciones de manera que se cumplan ciertos estándares de servicio y son utilizados para satisfacer los objetivos particulares que las empresas tengan previstos para una instalación. La aplicación de las soluciones de este tipo de problemas es principalmente industrial, y está directamente relacionada con los niveles de productividad de manufacturas, por lo que no se tratará en el presente trabajo.

La construcción de autopistas por lo regular se efectúa en periodos relativamente largos y la utilización de los modelos de ubicación de instalaciones puede repercutir de manera considerable en los costos de mediano plazo y con ello en el logro de los beneficios esperados por las empresas.

En resumen, la utilización de modelos de optimización, como parte de las estrategias de planeación de la construcción y de la operación de autopistas, es una herramienta muy útil para disminuir los costos totales por transporte y a la vez para generar ahorros al aprovechar óptimamente los recursos disponibles, por lo que los concesionarios de autopistas deben de considerarlos como herramientas para obtener los resultados previstos en el SIACC propuesto.

A continuación se propone una estrategia para administrar el mantenimiento de las carreteras concesionadas en operación y para planificar el de los proyectos futuros, con base en estrategias propuestas previamente.

---

<sup>40</sup> Problema conocido como: "Minimax"; de los apuntes de la materia de Modelos de optimización aplicados al transporte, *Op. Cit.*

### III.7.- MANTENIMIENTO DE AUTOPISTAS

La inversión en el campo de la construcción de infraestructura de transporte requiere elevados gastos financieros, que aumentan más todavía por los elevados costos de mantenimiento que son requeridos; sin embargo, si la infraestructura no recibe una adecuada conservación, disminuye su vida útil y genera sobrecostos en la operación de vehículos.

El mantenimiento de la infraestructura del transporte se descuida en muchos países debido principalmente a los límites presupuestarios del gobierno. México no es la excepción por lo que gran parte de su red de carreteras principales requiere de modernización. La insuficiente inversión de la mayoría de los países en mantenimiento carretero es común, siendo que resulta altamente redituable desde el punto de vista nacional<sup>41</sup>, por los importantes ahorros en energéticos y en costos derivados de operación<sup>42</sup>, así como por los ahorros debidos al incremento de la movilidad en la red del país.

En México, el gobierno federal ha encontrado que mediante el esquema de concesiones puede dar un adecuado mantenimiento a parte de la infraestructura carretera construida, y de esa manera favorecer el desarrollo nacional. Sin embargo, ante la subutilización de la mayoría de las concesiones, estas fueron suspendidas. El avance experimental del gobierno federal ha mostrado las debilidades del esquema, por lo que las nuevas concesiones previstas deberán de ser otorgadas sobre otras bases.

A pesar de esto, las empresas que ya participan en la operación de carreteras concesionadas, para mantener el nivel de servicio de esos caminos sin menoscabo de la recuperación de las inversiones, requieren optimizar sus procedimientos aplicando instrumentos como los mencionados en este trabajo. Estos instrumentos han servido para generar esquemas de administración de pavimentos acordes a las necesidades particulares de algunas de las empresas involucradas.

---

<sup>41</sup> De los apuntes de Evaluación de Proyectos, *Op. Cit.*

<sup>42</sup> Ver: Aguerreberre S., Roberto y Cepeda N., Fernando, Estado superficial y costos de operación en carreteras, Querétaro, Querétaro, México, IMT y SCT, Publicación Técnica N° 30, 1ª ed., 1991.

En este trabajo se propone un sistema de administración de pavimentos que permitirá obtener mejores resultados para el SIACC, ya que el mantenimiento de autopistas, constituye el costo más importante en la operación de las concesiones y al optimizarse permite obtener mayores beneficios al total del negocio.

A continuación se presentan los antecedentes que propiciaron el desarrollo del sistema empresarial<sup>43</sup> de administración de pavimentos que se propone en el presente trabajo, designado como SEAP.

### III.7.1.- Antecedentes

Tomando en cuenta el constante aumento del número de vehículos que transitan por el país y el incremento de las velocidades y cargas promedio, en México se han presentado, en términos generales, tres tipos principales de trabajo para el mantenimiento de la red vial; que son conservación normal, rehabilitación o reconstrucción y mejoramiento o modernización<sup>44</sup>.

La conservación normal comprende los trabajos rutinarios y sistemáticos necesarios para mantener en buenas condiciones y en lo posible con las mismas características, todas las partes y elementos estructurales con los que se construyó la carretera.

La rehabilitación o reconstrucción incluye aquellas obras requeridas para reponer, totalmente o en alguna de sus partes, un tramo de carretera, sin alterar sus especificaciones geométricas o estructurales.

Finalmente, en el mejoramiento o modernización se modifican las características geométricas y estructurales del camino, especialmente en lo concerniente a pavimentos y puentes, para aumentar su nivel de servicio y resolver los problemas originados por incrementos en el volumen de tránsito y en las cargas de los vehículos<sup>45</sup>.

---

<sup>43</sup> El sistema propuesto también es aplicable por los gobiernos estatales que participan en las concesiones carreteras.

<sup>44</sup> IMT y SCT, Memoria del Seminario Internacional de Pavimentos 22, 23, 24 de Agosto de 1991, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, 1ª ed., 1992, pp. 15 - 25.

<sup>45</sup> Escarío, José L., Caminos, Barcelona, España, Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Tomo II, 2ª ed., 1982, pp. 1107 - 1110.

Las empresas que operan las autopistas concesionadas utilizan los tres tipos de trabajos de mantenimiento, sin embargo, debido a que las características geométricas y estructurales por lo regular son aceptables para los requerimientos de nivel de servicio, el principal interés de las operadoras se centra en la conservación normal.

Las labores de la conservación normal se pueden agrupar en los siguientes conceptos fundamentales:

- Mantenimiento de la superficie de rodamiento
- Limpieza y reposición de acotamientos
- Desazolve y reparación de obras de drenaje
- Limpieza, reparación y pintura de obras complementarias
- Colocación de muros de contención, recargues y estabilización de taludes
- Limpieza de zonas laterales y mantenimiento de áreas verdes en el derecho de vía
- Señalamiento y pintura de líneas<sup>46</sup>

De estas labores, la que repercute más drásticamente en los costos totales de mantenimiento es la correspondiente a la conservación de la superficie de rodamiento, ya que las otras labores dependen en gran medida de las condiciones físicas del lugar, e incluso en ocasiones no son necesarias. Para ejemplificar la magnitud de los costos de mantenimiento de superficie se puede decir que más de la mitad del dinero destinado al mantenimiento de carreteras estatales en Estados Unidos, se destina al cuidado de la superficie del camino<sup>47</sup>.

Para las superficies de alta calidad utilizadas para la construcción de autopistas concesionadas, tales como las de concreto asfáltico o de concreto hidráulico, existen procedimientos rutinarios de alta sofisticación y alto costo, tales como la restitución total de zonas afectadas, la aplicación de mezclas bituminosas antiderrapantes o el infrasellamiento con compuestos químicos de altas especificaciones según sea el caso.

Sin embargo, por lo general, se emplean los mismos materiales y métodos para la construcción de superficies que para su mantenimiento; con la salvedad de que la maquinaria y los métodos de construcción están

<sup>46</sup> Oglesby, Clarkson H., *Ingeniería de Carreteras*, México, D.F., México, Ed. Continental, 4ª reimpresión en Español de la 1ª ed., 1985, pp. 759 – 769.

<sup>47</sup> *Seminario Internacional de Pavimentos*, *Op. Cit.*, pp. 15 – 25.

diseñados para una producción a gran escala, mientras que las operaciones de mantenimiento comprenden pequeñas producciones en lugares separados. Además, las operaciones de mantenimiento deben planearse para un rápido funcionamiento y para causar la menor interrupción posible o el menor peligro para el tránsito.

El mantenimiento de la superficie de rodamiento puede ser una operación altamente diversificada, llevada a cabo sobre un área relativamente restringida por un pequeño grupo de hombres<sup>48</sup>. Por esta razón no ha sido objeto de mucha investigación, ni sus prácticas de manejo y administración han sido objeto de un análisis cuidadoso.

Un estudio de prácticas de mantenimiento en el Estado de Iowa, Estados Unidos en 1980, indicó claramente la necesidad de mejorar en las siguientes áreas:

- Técnicas de educación y administración para encargados e ingenieros de mantenimiento
- Planeación y programación más detallada y cuidadosa del trabajo
- Normas establecidas para el nivel de mantenimiento
- Mejoras mayores en el equipo de mantenimiento
- Comunicaciones
- Delineamiento claramente establecido de la autoridad y responsabilidad<sup>49</sup>.

En México se han realizado pocos estudios relacionados con la administración de pavimentos y, en la mayoría de los casos, han sido realizados por entidades gubernamentales, con el interés de administrar más eficientemente la conservación del pavimento de las carreteras nacionales.

Para las empresas o para los gobiernos estatales que participan en la operación de infraestructura carretera, es necesario generar sistemas de administración de pavimentos que se adecuen a sus requerimientos particulares. En este sentido, con éste apartado se pretende mostrar las generalidades de un sistema aplicable para operar carreteras concesionadas, basándose en los sistemas existentes realizados desde la perspectiva nacional y mostrando las modificaciones pertinentes.

---

<sup>48</sup> Es diversificada por la variabilidad en la magnitud de las reparaciones y las áreas se ven restringidas en muchas ocasiones por la necesidad de mantener en servicio los caminos.

<sup>49</sup> Seminario Internacional de Pavimentos, *Op. Cit.*, pp. 15 - 25.

### III.7.2.- Base de diseño

Uno de los sistemas de administración de pavimentos a escala nacional generado en México es el SIMAP<sup>50</sup>, que servirá como base para la elaboración de la propuesta estratégica de mantenimiento desde la perspectiva empresarial. En primer término se definirán las características generales del sistema base y posteriormente se mostrarán las posibles modificaciones para la aplicación del nuevo esquema.

El SIMAP es un sistema de gestión de la sección estructural de las carreteras, que tiene por objetivo conocer el estado actual del tramo carretero por conservar, estimando las acciones y costos necesarios para llevarlo a una determinada condición considerada aceptable con una indicación del costo necesario para ello<sup>51</sup>; este sistema está dividido en dos módulos correspondientes a la evaluación técnica y económica.

El Sistema Mexicano para la Administración de pavimentos descrito tiene sus bases conceptuales en tres preceptos básicos:

- Se acepta alguna correlación entre la evolución del estado superficial del pavimento y su condición general
- Se acepta alguna correlación entre las deficiencias estructurales con la deflexión o cedencia del pavimento sujeto a una carga preestablecida
- Cuando las deflexiones muestren deficiencia estructural en el pavimento, sólo la exploración directa permitirá el diagnóstico y la ubicación precisa de dichos daños estructurales<sup>52</sup>.

<sup>50</sup> Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos, Elaborado en la Coordinación de Desarrollo Tecnológico del Instituto Mexicano del Transporte. Ver:

**Rico R., Alfonso, Orozco, Juan M., Téllez G., Rodolfo y Reyes R., Agustín, "Manual del Usuario" Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos, Querétaro, Querétaro, México, IMT y SCT, 1ª ed., Documento Técnico N° 5, 1990.**

<sup>51</sup> **Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto, Una estrategia para la conservación de la red carretera, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, Documento Técnico N° 11, 1ª ed., 1995, p. 19.**

<sup>52</sup> *Ibid.* p. 18.

En el módulo técnico el SIMAP se genera en primer término, un inventario de la red carretera, donde se incluyen los datos generales de los tramos y el índice de servicio actual de subtramos de 5 kilómetros de longitud, que se obtiene mediante la apreciación física de 4 evaluadores que realizan recorridos de campo<sup>53</sup>.

Si el índice de servicio de un subtramo es considerado bueno, entonces se libera de mantenimiento por un periodo predeterminado y pasa a formar parte del inventario de deterioros que servirá posteriormente para ver el desarrollo del estado del camino al término del plazo propuesto. En este inventario se capturan las características físicas del subtramo y también mediante inspección visual se determina la gravedad de las fallas. Si el índice de servicio no es considerado bueno, el programa requiere 25 lecturas de deflexión en campo por cada segmento de 5 kilómetros<sup>54</sup> para determinar el estado de las partes del segmento.

Las lecturas de deflexión consecutivas que resulten inferiores a 1 mm, serán consideradas aceptables y liberarán al segmento intermedio de mantenimiento, registrándose también en el inventario de deterioros. Los tramos cuyas lecturas no sean aceptables son registrados y se someten a una evaluación para diagnosticar las prioridades de reparación<sup>55</sup> desde la perspectiva técnica.

El módulo económico formula los proyectos con las recomendaciones del módulo técnico, diseña alternativas determina los costos de operación vehicular y realiza las evaluaciones económicas pertinentes. Por otra parte, con relación a la asignación presupuestal disponible, selecciona y da prioridad a los proyectos o alternativas que arrojen el mayor beneficio nacional.

Una vez realizado el mantenimiento, el módulo técnico genera un historial de reparaciones, que en combinación con la captura de las características geotécnicas de los caminos, servirá para diagnósticos en periodos posteriores.

---

<sup>53</sup> Rico R., Alfonso, Orozco, Juan M., Téllez G., Rodolfo y Reyes R., Agustín, *Op. Cit.* pp. 30 – 31.

<sup>54</sup> *Ibid.* p. 32.

<sup>55</sup> *Ibid.* p. 33.

### III.7.3.- Metodología del sistema de administración de pavimentos para concesiones carreteras

Los objetivos que persigue el SIMAP son muy diferentes a los que puede plantearse la iniciativa privada o los gobiernos estatales para la administración de pavimentos de sus concesiones. En principio, se debe decir que la precisión de los inventarios de deterioros es muy limitada cuando se habla de una red nacional superior a los 90 mil kilómetros; en este sentido, las concesionarias tienen la posibilidad de hacer estudios de mayor detalle que les permitan conocer la ubicación puntual de los deterioros en los tramos que operan.

Sobre las mismas bases conceptuales del SIMAP y aprovechando estudios posteriores para modernizarlo<sup>56</sup>, es posible sentar las bases de un Sistema Empresarial para la Administración de Pavimentos o SEAP, que puede incluir los módulos técnico y financiero.

Al igual que en el módulo técnico del SIMAP, el primer paso es determinar el estado superficial del tramo o de los tramos concesionados. Pero en este caso se propone la utilización de un perfilómetro de trazo continuo o algún instrumento similar, que trabaja a velocidades cercanas a los 30 km/hr y que proporciona un índice de servicio o índice internacional de rugosidad del camino recorrido.

Las empresas operadoras deberán determinar, en relación con los requerimientos de nivel de servicio que deben mantener ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el índice de servicio que libere al tramo estudiado de mantenimiento por un determinado periodo. Para efectos de este trabajo, supongamos que el valor aceptable para ese índice es de 3.5<sup>57</sup>.

---

<sup>56</sup> Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto, *Op. Cit.* pp. 19 – 21.

<sup>57</sup> Este valor dependerá de los requerimientos de calidad de servicio que tengan que satisfacerse. Las convenciones internacionales y el SIMAP consideran al ISA entre 0 y 1 como intransitable, entre 1 y 2 como malo, entre 2 y 3 como regular, entre 3 y 4 como bueno y entre 4 y 5 como excelente. Para las condiciones de excelencia en una autopista en concesión, un valor mínimo es 3.

El perfilómetro deberá pasar una vez por periodo sobre el tramo sujeto a análisis de conservación preventiva; de esta manera, al paso de periodos sucesivos, se podrá observar la evolución del índice de servicio, y señalará la necesidad de estudios más a fondo en los subtramos de evolución rápida<sup>58</sup>, los cuales representan problemas particulares y que pueden ser de carácter estructural.

El segundo paso será realizar en los subtramos con índice de servicio no permisible, un estudio de deflexiones mediante deflectómetros móviles de tipo automático, que circulan sobre la carretera a velocidades cercanas a los 5 km/hr o mayores según el tipo de medidor<sup>59</sup>. En el caso de que se detecten subtramos con deflexiones continuas superiores a 1 mm<sup>60</sup>, estos deberán ser estudiados en la siguiente etapa.

En el tercer paso un sistema computarizado de cálculo coloca todos los subtramos cuyas deflexiones hayan sido poco satisfactorias, para determinar el espesor de refuerzo necesario para dejarlo en un índice de servicio superior al límite mínimo establecido como aceptable para el perfilómetro en la primera etapa, por ejemplo el establecido en el SIMAP de 4.5. De esta manera, se obtiene un módulo de comparación de la condición de cada subtramo, expresado por el espesor equivalente de refuerzo que debe colocarse en cada caso para llevarlos a la misma condición<sup>61</sup>.

Posteriormente se hace la formulación de proyectos mediante el diseño de alternativas de conservación y se obtienen los costos totales de mantenimiento de la superficie de rodamiento y también los costos del financiamiento; para posteriormente hacer la evaluación financiera de las alternativas y determinar cuáles son los proyectos más benéficos para la empresa o para los gobiernos estatales, que cumplan con los requerimientos de las autoridades federales correspondientes.

Es posible visualizar la propuesta del SEAP, en el diagrama de flujo de la Figura III.5., donde se presentan los parámetros establecidos como base para sustentar la propuesta y los módulos técnico y financiero.

---

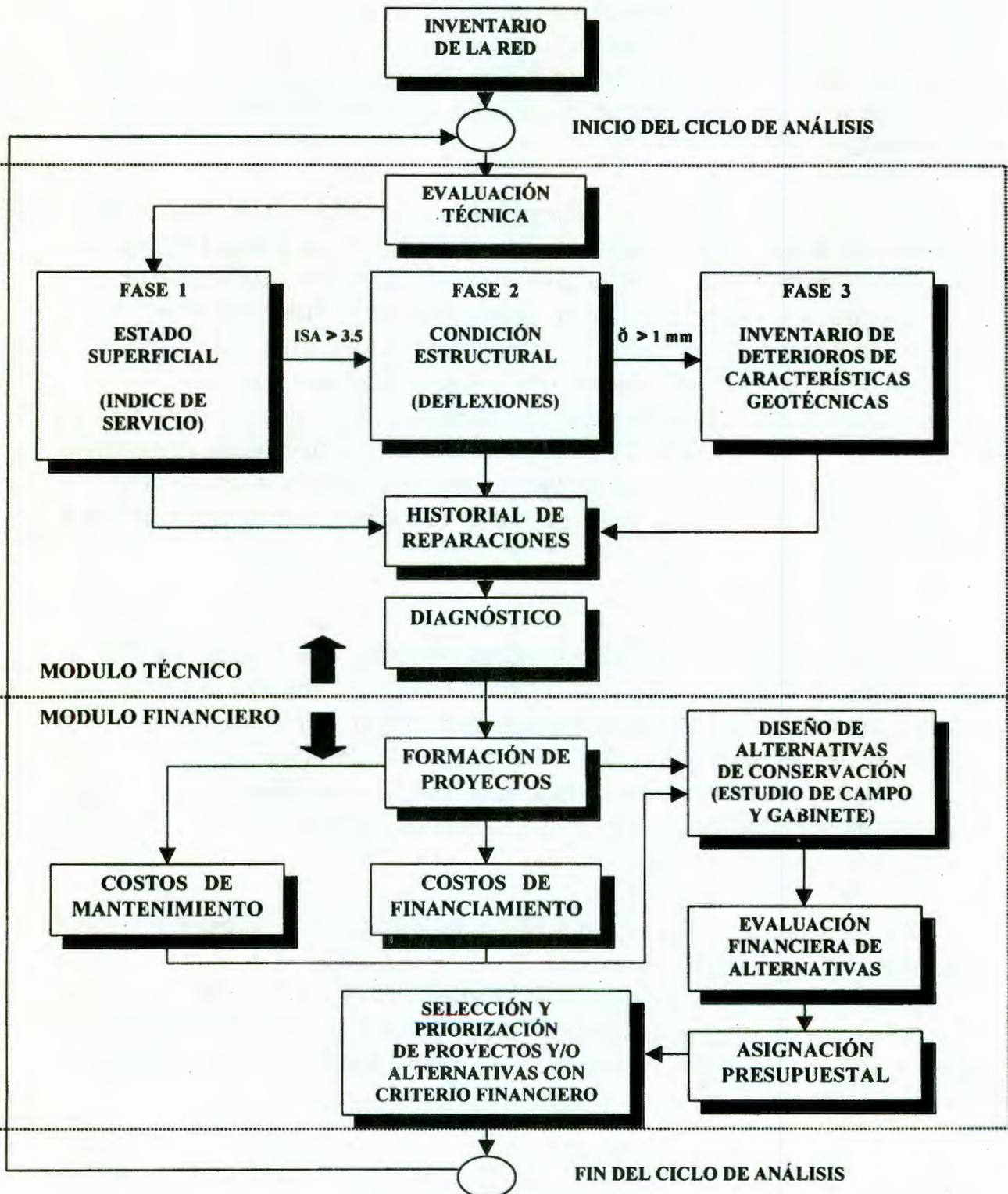
<sup>58</sup> Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto, *Op. Cit.* pp. 19 – 21.

<sup>59</sup> *Idem.*

<sup>60</sup> Convención internacional.

<sup>61</sup> *Idem.*

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL SEAP



Fuente: Modificación del cuadro que aparece en Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto, *Op. Cit.* p. 22.

Figura III.5.

Es necesario aclarar que aquellos tramos carreteros que requieran alguna acción especial de conservación de la superficie de rodamiento únicamente, podrán ser resueltos con acciones de refuerzo en carpeta, sin embargo, aquellos que muestren problemas estructurales revelados por altas lecturas de deflexiones, deberán ser sujetos a análisis más meticulosos de manera que se determinen las causas y puedan ser elaborados los proyectos de recuperación que tengan lugar<sup>62</sup>.

El sistema propuesto es susceptible de ser adicionado mediante la utilización de sistemas de posicionamiento global, con los que a base de una computadora portátil y un receptor GPS, es posible que un técnico que recorra un cierto tramo a baja velocidad pueda registrar, sobre la marcha, la localización geográfica de rubros de interés para el inventario del estado de la carretera, como baches, señales, puentes, alcantarillas, intersecciones y zonas de no rebase. Al combinar esta información con datos cartográficos digitalizados y manejados a través de un sistema de información geográfica, queda resuelto el problema de la localización en el inventario carretero y además se cuenta con una base de datos útil para la administración del sistema<sup>63</sup>.

De la misma manera, es posible que los perfilómetros envíen una señal de GPS y de esta manera pueda conocerse el índice de servicio medido al mismo momento en oficinas o instalaciones lejanas, disminuyendo los costos administrativos. La utilización de los sistemas GPS en el futuro próximo de la administración de pavimentos será necesaria por el desarrollo tecnológico de la comunicación satelital, que permite movimientos de información en gran volumen y con alta velocidad; y facilitarán la evaluación del estado del pavimento en cada tramo de la red vial<sup>64</sup>.

En resumen la aplicación del SEAP propuesto es fundamental para el crecimiento financiero de la operación de concesiones, y por consiguiente resulta preponderante en el estado de resultados del negocio de concesión; debido al ahorro que representa la optimización y ordenamiento de los trabajos de mantenimiento en beneficio de los particulares o de los gobiernos estatales.

---

<sup>62</sup> Modificación del cuadro que aparece en Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto, *Op. Cit.* p. 22.

<sup>63</sup> IMT y SCT, Nuevas Tecnologías de Transporte: Algunas perspectivas e implicaciones para México, *Op. Cit.* p. 32.

<sup>64</sup> García O., Gabriela y Backhoff P., Miguel A., *Op. Cit.* pp. 35 - 36.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

México ha entrado en una etapa de su desarrollo en la que las empresas requieren más que nunca de un manejo estratégico de sus recursos, de manera que se optimicen sus resultados financieros.

Teniendo en cuenta que en la construcción y en la operación de la infraestructura carretera uno de los costos más relevantes es el del transporte por los importantes volúmenes de materiales, equipo y personal que son trasladados rutinariamente; el diseño y uso de instrumentos que permitan a los grupos involucrados optimizar sus procedimientos puede ser vital. El transporte es relevante en el sentido que marginalmente es cada día más difícil bajar los precios de los procesos, dado que los beneficios marginales por implementar nuevos procesos tecnológicos y técnicos son cada vez menores. Entonces, la alternativa más viable está en el transporte.

Una estrategia basada en la aplicación de la Ingeniería del Transporte para optimizar los recursos disponibles de las empresas y de los gobiernos estatales que tienen concesiones de infraestructura carretera, es particularmente útil por la magnitud del costo total que el transporte representa.

A lo anterior se le puede agregar un mayor conocimiento de los antecedentes que propiciaron el esquema de concesiones, las características del mismo y los resultados generales que de él se han derivado. En resumen, se piensa que la principal aportación de esta investigación ha sido demostrar a los grupos que participan, o que pretenden participar, en las concesiones de infraestructura carretera que tienen una herramienta fundamental en la Ingeniería del Transporte para mejorar sus resultados financieros y contribuir de esta manera al cumplimiento de los objetivos nacionales que se persiguen con las concesiones.

Los principales factores que provocaron la liberalización y apertura de la economía también causaron la desregulación del transporte y el concesionamiento para la construcción y operación de carreteras. Entre estos destacan: la confianza excesiva en las exportaciones petroleras para subsanar los pagos de deuda, el incremento del monto de deuda por el alza de las tasas de interés, el aumento del gasto público y la política de tipo de cambio fijo.

Después del periodo de crisis, el Estado tuvo que replantearse su participación en la economía ante presiones internas y externas; aplicando una política de disminución del gasto público, con la que disminuyó su participación rubros como la construcción de infraestructura carretera nacional, ya que no podía subsanar las inversiones necesarias para fortalecer y modernizar algunos de los tramos considerados prioritarios.

Por otra parte el estado actual de la oferta nacional de infraestructura carretera operada por los sectores público y privado y los segmentos de la red principal que son operados por cada grupo, dan pruebas de los logros de los últimos años y de las carencias existentes en infraestructura. Frente a lo cual se presenta una propuesta de posibles concesiones futuras.

Se demuestra que los operadores de empresas de autotransporte, ante las condiciones imperantes del mercado, deben de tener un control más estricto sobre sus costos de operación y que esto repercutirá en el aumento de los niveles de demanda de uso de carreteras de cuota; sin embargo, los concesionarios deben de contribuir conjuntamente con el Estado para crear en el total de los usuarios la cultura de costo – beneficio de largo plazo para que de esta manera las concesiones cumplan los objetivos económicos y financieros para los que fueron creadas.

Entre los principales problemas a los que se han enfrentado los concesionarios, resultan más relevantes el incremento de los montos de deuda adquirida y el no cumplimiento de los aforos considerados en el proyecto, porque de ellos se deriva el éxito o el fracaso de las concesiones en este periodo inicial de ajuste del esquema.

Por otra parte, en este estudio se dan pruebas de la necesidad de que el gobierno busque un nuevo marco para el otorgamiento de futuras concesiones en virtud de que, en la mayoría de los casos, los resultados obtenidos no han sido satisfactorios. Este nuevo esquema puede ser el de inversiones mixtas o el

de dar libertad de diseñar integralmente los proyectos a los concesionarios sin garantía alguna.

Para los concesionarios actuales, quienes no podrán recuperar las inversiones de los proyectos aún cuando extiendan los plazos de recuperación al máximo que permite la ley, deberá buscarse la reestructuración de sus títulos de concesión de manera que el gobierno adquiera parte de la deuda o se genere un nuevo esquema que combine la extensión de plazos de concesión con el pago de cierto monto de la deuda adquirida para la construcción de los proyectos. Sin embargo, queda latente la posibilidad de que los títulos de concesión sean cancelados, lo que perjudicaría a ambas partes.

También se afirma, que es necesario establecer políticas económicas nacionales de largo plazo en materia de transportes y, en particular, en materia de concesiones de infraestructura carretera; para que sea posible legislar con anterioridad a la puesta en marcha de nuevos esquemas y evitar desajustes y desequilibrios por cambios abruptos.

En este entorno, se logró determinar la conveniencia de que la planeación nacional considere en sus perspectivas de largo plazo a la infraestructura carretera como parte de la red multimodal que necesita México. Para que esto ocurra, el sistema nacional de autopistas debe adaptarse a los requerimientos de los usuarios, por lo que en un futuro puede ser necesario establecer conexiones intermodales en la red, incluyendo terminales de transferencia y accesos al ferrocarril.

En el presente estudio también se aportan elementos para mostrar que la aplicación de estrategias de la Ingeniería del Transporte no es exclusiva de los proyectos de infraestructura carretera, sino que es aplicable a un sinnúmero de obras de infraestructura de gran magnitud como presas, túneles, ductos y canales entre otras, donde para su construcción son requeridos una gran cantidad de movimientos rutinarios de materiales, equipo y personal.

Todo lo anterior se expresa como conclusión central en la propuesta de un Sistema Integral de Administración de Concesiones Carreteras (SIACC), fundamentada en los instrumentos de la Ingeniería del Transporte aplicables a los procesos de construcción y operación de infraestructura carretera. Se espera que este criterio de administración, junto con otros que vengan después, permita contribuir a dilucidar el gran reto que plantea la administración de negocios de concesiones carreteras en México.

La propuesta descrita se basa en la perspectiva integral de negocios, donde la planeación y la construcción de infraestructura carretera son el medio y no el fin del negocio, y como tal debe de considerarse para la planeación estratégica de los grupos involucrados.

Desde tal perspectiva integrada de desarrollo de negocios es posible hacer la planeación estratégica necesaria para optimizar los recursos en la construcción y operación de carreteras concesionadas mediante los elementos disponibles de la Ingeniería del Transporte, los cuales son el medio para mejorar los beneficios financieros de los concesionarios. Estos elementos son la evaluación de proyectos, la aplicación de modelos de optimización y la aplicación de sistemas de mantenimiento.

Los impactos benéficos de la aplicación de los modelos seleccionados en el desarrollo integral del negocio de concesiones, se confinan a partir de las estrategias de la Ingeniería del Transporte aplicadas a la solución de problemas reales que se presentaron durante la construcción de la Autopista Guadalajara – Tepic en 1994, mediante la utilización de modelos de optimización, y se muestran los resultados comparativos con las decisiones tomadas en esa obra.

También se presenta una propuesta de un sistema de administración de pavimentos que permitirá obtener mejores resultados para el SIACC ya que el mantenimiento de autopistas constituye el costo más importante en la operación de las concesiones y al optimizarse permite obtener mayores beneficios al total del negocio.

La diversidad que caracteriza al mercado de transporte, obliga a los analistas involucrados a ser extremadamente cautelosos para evitar caer en el error común de emitir conclusiones válidas para casos particulares, pero no necesariamente generalizables. En este sentido, la identificación de impactos que se ha hecho con el presente trabajo es de nivel general y de carácter estructural.

La intención ha sido identificar grandes tendencias y con ello, estrategias generales de consideración que orienten las decisiones a nivel empresarial; pero no necesariamente deberán ser tomadas al interior de cada organización.

Por su parte la aplicación de la Ingeniería del Transporte al negocio integral de las concesiones se encuentra lejos de estar terminada. Antes bien, los esfuerzos adelantados en este sentido apenas inician. Los resultados de los problemas aquí presentados sólo marcan una pauta en el largo trecho por recorrer. La utilización de las estrategias de Ingeniería del Transporte en el campo de los negocios en México, comienza apenas su participación activa como herramienta útil en la toma de decisiones.

A partir de la presente investigación queda abierta la posibilidad de realizar estudios de caso donde se demuestren los ahorros por concepto de la aplicación de la Ingeniería del Transporte en los procesos de construcción y operación de infraestructura del transporte o de infraestructura en general.

Por otra parte, pueden realizarse estudios que determinen cuáles deben de ser las características de los futuros esquemas de concesiones y los criterios para elegir a los concesionarios.

Es también posible elaborar estudios que analicen la utilización de la Ingeniería del Transporte desde la perspectiva nacional, evaluando por ejemplo, la instalación de terminales intermodales en puntos estratégicos de la red carretera concesionada o la construcción de nuevas carreteras y autopistas bajo el esquema de concesión.

Además de lo anterior, queda abierta la posibilidad de analizar el papel de la infraestructura carretera concesionada ante la participación de megaoperadores de transporte multimodal en México.

De esta manera, quedan expuestas en este trabajo las características de las concesiones de infraestructura carretera y las posibilidades de aplicación de conocimientos de la ingeniería y de sus instrumentos en el desarrollo de negocios para los particulares y para los gobiernos estatales.

Falta mucho por hacer, eso es innegable; sin embargo, en México existe el capital humano capaz de emprender acciones decididas para vencer este reto, las posibilidades son ilimitadas en muchos sentidos. Es necesario advertir, que los costos de transporte pueden ser la única clave para fomentar el desarrollo de muchos negocios, incluyendo desde luego los de infraestructura del transporte. La calidad de servicio que se ofrezca al usuario será igualmente vital para México en los años venideros; puede ser una auténtica plataforma para el desarrollo nacional.



## BIBLIOGRAFÍA CITADA, HEMEROGRAFÍA Y FUENTES

### • BIBLIOGRAFÍA

1. **Adler, Hans A.**, Economic Appraisal of Transport Proyects. A Manual with Case Studies, Baltimore, Maryland, E.U.A., The Johns Hopkins University Press y el Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial, 1987, 2ª ed.
2. **Aguerreberre S., Roberto y Cepeda N., Fernando**, Estado superficial y costos de operación en carreteras, Querétaro, Querétaro, México, IMT y SCT, Publicación Técnica N° 30, 1ª ed., 1991.
3. **Arredondo O., Ricardo E.**, La importancia económica de las principales carreteras como criterio para jerarquizar su conservación, Querétaro, Querétaro, México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería presentada ante la Universidad Autónoma de Querétaro, 1992.
4. **Betanzo Q., Eduardo**, Hacia un sistema nacional de plataformas logísticas, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, Publicación técnica N° 64, 1995, 1ª ed.
5. **Cortés Papi, Claude**, La revolución de los ferrocarriles y el transporte intermodal en América del Norte, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, Documento técnico N° 16, 1995, 1ª ed.
6. **Dalehite, Esteban G.**, México and United States Motor Carrier Regulation and Desregulation: Parallel Paths., Austin, Texas, Estados Unidos, The University of Texas at Austin, 1994, 1ª ed.
7. **De Buen R., Oscar, Betanzo Q., Eduardo y Izquierdo G., Rafael**, Situación del movimiento de algunos productos del comercio exterior de México, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, Publicación técnica N° 36, 1995, 1ª ed.
8. **De Buen R., Oscar y Trujano V., Gerardo**, Evaluación de la situación del transporte de carga en México 1991 - 1992, Qro., México IMT y SCT, Publicación técnica N° 57, 1995, 1ª ed.
9. **Delgadillo, Luis** (Compilador), Legislación en Comunicaciones, México, D.F., México, Agosto de 1996, Ediciones Delma, 1ª ed.

10. Documento inédito, **Camarena Luhrs, Margarita y Salgado Viveros, Mario** "Situación y perspectivas de la infraestructura del transporte" de la Dirección de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Querétaro, Querétaro, México, 1995.
11. Documento inédito, **Rico G., Oscar A., y Aguerrebere S., Roberto**, "Algunos indicadores de la evolución de empresas de autotransporte de carga en México, en el periodo 1988 - 1993"; ponencia presentada en la trigésima octava conferencia anual del Foro de Investigación del Transporte en San Antonio, Texas, E.U., IMT y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Octubre de 1996.
12. Documento inédito, **Ruiz o., Sergio A.**, "Marco Jurídico de los Transportes en México", México, Distrito Federal, México, 1997.
13. Documento inédito, **Vázquez P., Juan C. y Backhoff P., Miguel A. (compiladores)**, "Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, 1996", Sanfandila, Querétaro, México, Abril de 1997, IMT y Centros SCT estatales.
14. **Escario, José L.**, Caminos, Barcelona, España, Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Tomo II, 2ª ed., 1982.
15. **González G., Ovidio**, "Construcción de carreteras y ordenamiento del territorio", en la Revista Mexicana de Sociología, Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México, Año III/ Núm. 3, Julio - Septiembre de 1990.
16. **Gould, John P. y Lazear, Edward P.** "Teoría microeconómica", México, D.F., México, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1994, 3ª ed. en español.
17. **Hillier y Lieberman**, Introduction to Operations Research, Nueva York, Estados Unidos de América, Ed. Holden - Day, Inc., 3ª ed., 1980.
18. **IMT y SCT**, Memoria del Seminario Internacional de Pavimentos 22, 23, 24 de Agosto de 1991, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, 1ª ed., 1992.
19. **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)** Estadísticas históricas de México, México, D.F., México, 1990, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y Secretaría de Educación Pública (SEP), 2ª ed.
20. **Larson y Odoni**, Urban Operations Research, Englewood Cliffs, New Jersey, Estados Unidos, Ed. Prentice Hall, 1ª ed., 1981.
21. **López Zavala, Jesús** Medios de transporte internacional, México, D.F., México, Banco de Comercio Exterior (BANCOMEXT), 1995, 1ª ed.

22. **Martínez A., Ramiro y Segura M., Carmen J.,** Manual estadístico del sector transporte 1993, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, 1995, 1ª ed.
23. Memoria del seminario "Leadership Plus", **Consultores en Desarrollo Gerencial, S. C.,** Monterrey, Nuevo León, México, Consultores en Desarrollo Gerencial, S.C., 3ª ed., 1993.
24. **Munch, G., Silis G., y García G.,** Administración. Primer Curso, México, D.F., México, Editado por el Instituto Politécnico Nacional, 1ª ed., 1987.
25. **Oglesby, Clarkson H.,** Ingeniería de Carreteras, México, D.F., México, Ed. Continental, 4ª reimpresión en Español de la 1ª ed., 1985.
26. **Poder Ejecutivo Federal,** Plan nacional de desarrollo 1995 - 2000, México, D.F., México, 1995, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1ª ed.
27. **Potrikowski, Marek y Taylor, Zbignew,** Geografía del Transporte, Barcelona, España, Ed. Ariel Geografía, 1984, 1ª ed.
28. **Rico G., Oscar A.,** Impactos estructurales de la apertura económica en la industria del autotransporte de carga, Sanfandila, Qro., México, IMT y SCT, publicación técnica N° 69, 1995, 1ª ed.
29. **Rico R., Alfonso y Mendoza D., Alberto,** Una estrategia para la conservación de la red carretera, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, Documento Técnico N° 11, 1ª ed., 1995
30. **Rico R., Alfonso, Mendoza D., Alberto, Jiménez S., Elías y Mayoral, G., Emilio,** Un análisis de reparto modal de carga entre carretera y ferrocarril, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, Publicación Técnica N° 76, 1995, 1ª ed.
31. **Rico R., Alfonso, Mendoza D., Alberto y Rivera T., Cesar,** Criterios para establecer la cuota óptima en una autopista de cuota, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, Publicación Técnica N° 60, 1ª ed., 1995.
32. **Rico R., Alfonso, Orozco, Juan M., Téllez G., Rodolfo y Reyes R., Agustín,** "Manual del Usuario" Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos, Querétaro, Querétaro, México, IMT y SCT, 1ª ed., Documento Técnico N° 5, 1990.
33. **Sachs - Larrain,** Macroeconomía en la economía global, México, D.F., México, Ed. Prentice Hall, 1994, 1ª ed. en español.
34. **Sheffi, Joseff,** Urban Transportation Networks, Washington, D.C., Estados Unidos de América, Ed. MIT Press, Inc., 1ª ed., 1985.

## • HEMEROGRAFÍA

1. Periódico: "Diario Oficial de la Federación", 22 de Diciembre de 1993.
2. Periódico: "El Financiero", 11 de Mayo de 1994.
3. Periódico: "El Financiero", 7 de Noviembre de 1996.
4. Periódico: "El Financiero", 8 de Noviembre de 1996.
5. Revista: "Air Transport World", Estados Unidos, Febrero de 1995.
6. Revista: "Grupo ICA", Número 92, México, Distrito Federal, México, Noviembre – Diciembre de 1994.
7. Revista "Impacto", N° 2431, 6 de Noviembre de 1996.
8. Revista: "International Financial Statistics", Estados Unidos, Agosto de 1996, Publicada por el Fondo Monetario Internacional (FMI).

## • FUENTES

1. Apuntes de la materia de "Análisis de Sistemas de Transporte", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1995.
2. Apuntes de la materia de "Distribución Física Internacional", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1996.
3. Apuntes de la materia de "Evaluación de Proyectos", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México 1996.
4. Apuntes de la materia de "Logística", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1995.
5. Apuntes de la materia de "Macroeconomía del Transporte", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México 1996.
6. Apuntes de la materia de "Manejo de la Documentación del Transporte", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1997.

7. Apuntes de la materia de "Microeconomía del Transporte", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México, 1995.
8. Apuntes de la materia de "Modelos de Optimización Aplicados al Transporte", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México, 1996.
9. Apuntes de la materia de "Tecnología del Transporte II", que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México, 1996.
10. Autopista del Occidente, S.A. de C.V.
11. Autopista del Sol, S.A. de C.V.
12. Autopistas Concesionadas del Centro, S.A. de C.V.
13. Autopistas Mexicanas Concesionadas, S.A. de C.V.
14. Biblioteca Central de la Universidad Autónoma de Querétaro
15. Concesionaria de Ejes Terrestres de Coahuila, S.A. de C.V.
16. Concesionaria de Tampico S.A. de C.V.
17. Dirección Adjunta de Ingeniería Financiera y Proyectos Sectoriales del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (Banobras).
18. Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V.
19. Instituto Mexicano del Transporte
20. Notas del "Seminario de la OCDE Sobre Redes de Transporte Intermodal y Logística", México, D.F., México, 3, 4 y 5 de junio de 1997.
21. Operadora Mexicana de Autopistas Concesionadas S.A. de C. V.
22. Programa de Transporte del "Micro Manager Software"
23. Programa: "General Network Editor for Windows" de Horowitz, Alan J., Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos, AJH Associates, 1993
24. Programa: "Quick Response System for Windows", de Horowitz, Alan J., Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos, AJH Associates, 1993
25. Título de concesión otorgado por el Gobierno Federal a través de la SCT para la construcción, explotación y conservación de la carretera León - Lagos de Moreno - Aguascalientes en Octubre de 1990.
26. Unidad de Seguimiento de Autopistas Concesionadas, SCT.
27. Vías Sinaloenses S.A. de C.V.



**ANEXOS**

20737A

**ANEXO A**

**ALGUNOS INDICADORES DE LA EVOLUCIÓN DE LAS  
EMPRESAS DE AUTOTRANSPORTE DE CARGA  
EN MÉXICO, EN EL PERIODO 1988 – 1993 <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Fuente: Extracto del Documento inédito: Rico G., Oscar A., y Aguerrebere S., Roberto, “Algunos indicadores de la evolución de empresas de autotransporte de carga en México, en el periodo 1988 - 1993”; ponencia presentada en la trigésima octava conferencia anual del Foro de Investigación del Transporte en San Antonio, Texas, E.U., IMT y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Octubre de 1996.

ALGUNOS INDICADORES DE LA EFECTIVIDAD DE LAS  
EMPRESAS EN EL OTRO ASPECTO DE CADA  
EJEMPLO DE LA CLASIFICACION 1977

ALGUNOS INDICADORES DE LA EFECTIVIDAD DE LAS  
EMPRESAS EN EL OTRO ASPECTO DE CADA  
EJEMPLO DE LA CLASIFICACION 1977

## **ALGUNOS INDICADORES DE LA EVOLUCIÓN DE LAS EMPRESAS DE AUTOTRANSPORTE DE CARGA EN MÉXICO, EN EL PERIODO 1988 – 1993**

En este anexo se presenta parte de un estudio realizado en el Instituto Mexicano del Transporte, sobre la evolución reciente de los mercados y empresas de autotransporte de carga en México. Los análisis se han efectuado con base en información censal generada por el INEGI. El estudio reviste un interés especial, debido al clima de expectativa y controversia que ha provocado la desregulación económica de este mercado. Los resultados muestran diferencias importantes entre las características económicas de las diferentes categorías empresariales.

También se observa un incremento notable en el nivel de oferta en el mercado, muy por encima de los niveles de crecimiento de la economía nacional en esos años; este crecimiento necesariamente implica mayores niveles de competencia y fuertes presiones hacia la disminución de los precios del mercado.

En este ambiente de competencia abierta, la industria en conjunto parece mostrar signos positivos de consolidación y mejoría en los niveles de eficiencia económica<sup>2</sup>, con la notable excepción de las empresas muy chicas y los llamados “hombre camión”, segmentos que parecen ser los más afectados ante la apertura del mercado.

En el presente anexo se muestra una serie de seis tablas que muestran los valores correspondientes al número de empresas, vehículos y empleados que conformaban el subsector en los años 1988 y 1993; en las dos últimas columnas de cada cuadro se indican, a manera de razones analíticas, los promedios de vehículos por empresa, personal por vehículo y remuneración per cápita.

En cuanto al último indicador mencionado, la remuneración per cápita, conviene observar que todos los cuadros están calculados con referencia a la Tabla A.2, cuyo valor se ha tomado como índice unitario, permitiendo así la comparación entre los valores de cada uno de ellos, sin necesidad de recurrir al procedimiento de actualización del valor del dinero en el tiempo.

Para medir el tamaño de las empresas se sigue el siguiente criterio: empresas hombre – camión de 0 a 2 empleados; empresa chica de 3 a 15 empleados; empresa mediana de 16 a 50 empleados; empresa grande (dos niveles) de 51 a 100 y de 101 a 250 empleados; y finalmente, macroempresas con más de 250 empleados.

---

<sup>2</sup> El texto presentado corresponde al periodo precedente a la contracción económica que se ha presentado de 1994 a la fecha, por lo que las condiciones han variado considerablemente, sin embargo ante la recuperación económica que parece presentarse las tendencias podrían continuar como en el periodo descrito.

**TOTAL NACIONAL**

	<b>A 1988</b>	<b>B 1993</b>	<b>TCMA</b>	<b>Razón de Cambio B/A</b>
<b>Empresas</b>	4,456	12,972	23.8%	2.91
<b>Vehículos</b>	58,133	142,973	19.7%	2.46
<b>Personal</b>	78,419	136,041	11.6%	1.73
<b>Vehículos por empresa</b>	13.05	11.02	-3.3%	0.84
<b>Personal por empresa</b>	17.60	10.49	-9.8%	0.60
<b>Personal por vehículo</b>	1.35	0.95	-6.7%	0.71

Fuente: Elaboración del autor con información del INEGI, Censos XI y XII de Comunicaciones y Transportes

**Tabla A.1.****CATEGORÍA: HOMBRE CAMIÓN**

<b>DE 0 A 2 PERSONAS</b>	<b>A 1988</b>	<b>B % del total</b>	<b>C 1993</b>	<b>D % del total</b>	<b>TCMA</b>	<b>C/A</b>
<b>Empresas</b>	1,997	44.8%	7,108	54.8%	28.9%	3.56
<b>Vehículos</b>	2,996	5.2%	10,116	7.1%	27.6%	3.38
<b>Personal</b>	2,613	3.3%	9,104	6.7%	28.4%	3.48
<b>Vehículos por empresa</b>	1.50		1.42		-1.0%	0.95
<b>Personal por empresa</b>	1.31		1.28		-0.4%	0.98
<b>Personal por vehículo</b>	0.87		0.90		0.6%	1.03
<b>Remuneración per cápita</b>	1.00		1.00			

Fuente: Elaboración del autor con información del INEGI, Censos XI y XII de Comunicaciones y Transportes

**Tabla A.2.****CATEGORÍA: EMPRESA CHICA**

<b>DE 3 A 15 PERSONAS</b>	<b>A 1988</b>	<b>B % del total</b>	<b>C 1993</b>	<b>D % del total</b>	<b>TCMA</b>	<b>C/A</b>
<b>Empresas</b>	1,277	28.7%	3,923	30.2%	25.2%	3.07
<b>Vehículos</b>	8,467	14.6%	28,110	19.7%	27.1%	3.32
<b>Personal</b>	9,152	11.7%	26,163	19.2%	23.4%	2.86
<b>Vehículos por empresa</b>	6.63		7.17		1.6%	1.08
<b>Personal por empresa</b>	7.17		6.67		-1.4%	0.93
<b>Personal por vehículo</b>	1.08		0.93		-2.9%	0.86
<b>Remuneración per cápita</b>	3.38		3.72		1.9%	1.10

Fuente: Elaboración del autor con información del INEGI, Censos XI y XII de Comunicaciones y Transportes

**Tabla A.3.**

**CATEGORÍA: EMPRESA MEDIANA**

<b>DE 16 A 50 PERSONAS</b>	<b>A 1988</b>	<b>B % del total</b>	<b>C 1993</b>	<b>D % del total</b>	<b>TCMA</b>	<b>C/A</b>
<b>Empresas</b>	787	17.7%	1,394	10.7%	12.1%	1.77
<b>Vehículos</b>	17,682	30.4%	40,906	28.6%	18.3%	2.31
<b>Personal</b>	22,118	28.2%	38,081	28.0%	11.5%	1.72
<b>Vehículos por empresa</b>	22.47		29.34		5.5%	1.31
<b>Personal por empresa</b>	28.10		27.32		-0.6%	0.97
<b>Personal por vehículo</b>	1.25		0.93		-5.7%	0.74
<b>Remuneración per cápita</b>	4.24		4.37		2.2%	1.11

Fuente: Elaboración del autor con información del INEGI, Censos XI y XII de Comunicaciones y Transportes

**Tabla A.4.**

**CATEGORÍA: EMPRESA GRANDE**

	<b>A 1988</b>	<b>B % del total</b>	<b>C 1993</b>	<b>D % del total</b>	<b>TCMA</b>	<b>C/A</b>
<b>DE 51 A 100 PERSONAS</b>						
<b>Empresas</b>	247	5.5%	343	6.8%	6.8%	1.39
<b>Vehículos</b>	12,205	21.0%	24,647	15.1%	15.1%	2.02
<b>Personal</b>	17,013	21.7%	23,465	6.6%	6.6%	1.38
<b>Vehículos por empresa</b>	49.41		71.86		7.8%	1.45
<b>Personal por empresa</b>	68.88		68.41		-0.1%	0.99
<b>Personal por vehículo</b>	1.39		0.95		-7.3%	0.68
<b>Remuneración per cápita</b>	4.25		5.37		4.8%	1.26
<b>DE 101 A 250 PERSONAS</b>						
<b>Empresas</b>	124	2.8%	172	1.3%	6.8%	1.39
<b>Vehículos</b>	11,489	19.8%	27,114	19.0%	18.7%	2.36
<b>Personal</b>	18,335	23.4%	25,091	18.4%	6.5%	1.37
<b>Vehículos por empresa</b>	92.65		29.34		11.2%	1.70
<b>Personal por empresa</b>	147.86		27.32		-0.3%	0.99
<b>Personal por vehículo</b>	1.60		0.93		-10.3%	0.58
<b>Remuneración per cápita</b>	4.55		4.37		7.3%	1.43

Fuente: Elaboración del autor con información del INEGI, Censos XI y XII de Comunicaciones y Transportes

**Tabla A.5.**

**CATEGORÍA: MACROEMPRESA**

<b>251 O MÁS PERSONAS</b>	<b>A 1988</b>	<b>B % del total</b>	<b>C 1993</b>	<b>D % del total</b>	<b>TCMA</b>	<b>C/A</b>
<b>Empresas</b>	24	0.5%	32	0.2%	5.9%	1.33
<b>Vehículos</b>	5,294	9.1%	12,080	8.4%	17.9%	2.28
<b>Personal</b>	9,188	11.7%	14,137	10.4%	9.0%	1.54
<b>Vehículos por empresa</b>	220.58		377.50		11.3%	1.71
<b>Personal por empresa</b>	382.83		441.78		2.9%	1.15
<b>Personal por vehículo</b>	1.74		1.17		-7.6%	0.67
<b>Remuneración per cápita</b>	4.32		5.89		6.4%	1.36

Fuente: Elaboración del autor con información del INEGI, Censos XI y XII de Comunicaciones y Transportes

**Tabla A.6.**

En el pasado reciente se han presentado profundos y rápidos cambios en las condiciones generales bajo las que tradicionalmente había venido operando la industria mexicana del autotransporte de carga. Para el futuro inmediato, la expectativa es de continuar con la dinámica de cambio con muy breves periodos de estabilidad.

Muchos de los cambios mencionados son consecuencia, o al menos han venido acompañados, de profundas crisis económicas en el país. La política económica por la que se ha optado en años recientes es la de permitir y fomentar la competencia interna y externa en la mayor parte del aparato económico nacional, incluido el autotransporte de carga.

Las estadísticas generadas por el INEGI muestran que el periodo inmediato posterior a la desregulación del mercado del autotransporte en 1989, la disminución de dificultades legales para "entrar al negocio", ha traído un incremento importante en los niveles de oferta del mercado, muy por encima del crecimiento de la economía en su conjunto. Sin embargo, conviene observar que los mayores incrementos se han dado en los segmentos de oferta en los que hay menores requerimientos de capital para el acceso, esto es, en los hombres camión y en las empresas chicas. La observación es importante debido a que esta categoría de oferta es la que presenta mayores carencias estructurales y, por lo tanto, la que está resintiendo más las presiones de la apertura a la competencia, el encarecimiento de los insumos y la contracción de la actividad económica.

El marcado incremento de la oferta en las categorías empresariales menos desarrolladas, está provocando una polarización importante al interior de la industria, en la que los diferentes segmentos presentan características económicas y de organización muy distintas. De hecho, se puede afirmar que en México la industria del autotransporte se está dividiendo entre dos grandes categorías de prestadores de servicio: una empresarial y una artesanal. Estas categorías se distinguen fundamentalmente por el nivel de organización administrativa, la habilidad comercial y la utilización de técnicas y tecnologías en la producción y control del servicio.

Con el tipo y cantidad de información que se dispone, no es fácil determinar la proporción que existe entre estas dos categorías. Sin embargo se puede considerar que, aunque no absolutamente, existe cierto grado de correlación entre el tamaño de la empresa y su nivel de evolución empresarial<sup>3</sup>.

En México, la aplastante mayoría de las empresas registradas son muy chicas, puesto que sólo el 15% de las empresas tienen 16 o más empleados. Sin embargo, es muy importante observar que este 15% de empresas mayores concentra más del 70% del total de los vehículos y de los empleados del subsector.

Las relaciones anteriores indican que el segmento "empresarial" de la industria es relativamente pequeño en cuanto al número de empresas, pero muestra significativa fortaleza al concentrar la mayoría de los recursos y registrar las mayores tasas de crecimiento en cuanto a los rubros de vehículos y personal.

Los cambios observados en el periodo 1988 – 1993 sugieren la imagen de una industria orientada a mejorar la productividad económica y su nivel de organización empresarial y que, al menos en el periodo analizado, parece mostrar signos positivos de crecimiento y consolidación, con excepción de los hombres camión y las empresas muy chicas, que presentan un comportamiento divergente de las demás en conjunto.

---

<sup>3</sup> En este sentido, se debe observar que entre las empresas grandes habrá muchas evolucionadas y muchas que no, pero entre los hombres camión y las empresas muy chicas, será difícil encontrar altos niveles de organización, debido a los muchos factores que existen en su contra.

Can it be shown that the relationship between the variables is linear? The data are plotted on a graph and the relationship is observed to be linear. The data are as follows:

The following table shows the relationship between the variables. The data are as follows:

The following table shows the relationship between the variables. The data are as follows:

The following table shows the relationship between the variables. The data are as follows:

**ANEXO B**

**MARCO JURÍDICO DEL TRANSPORTE  
CARRETERO EN MÉXICO <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Fuente: Elaboración propia



## B.1.- MARCO JURÍDICO NACIONAL

Ante las perspectivas de desarrollo de políticas económicas nacionales encaminadas a la globalización de mercados, el Estado mexicano ha iniciado un proceso de modernización del marco regulatorio, que rige el transporte en este país.

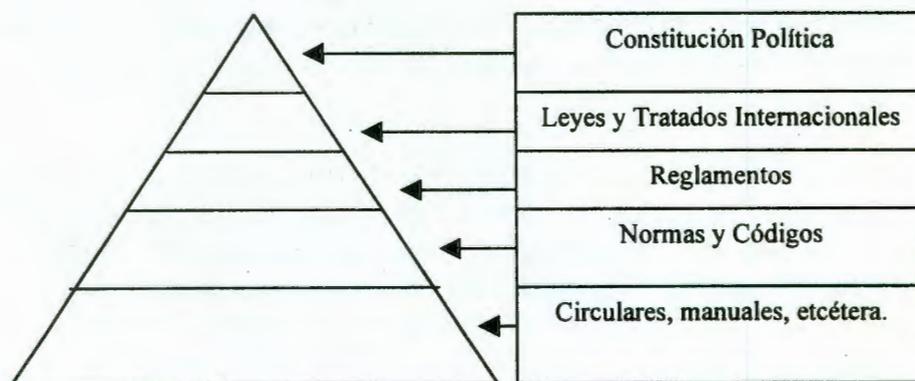
La modificación de las leyes existentes en la materia y la creación de nuevos instrumentos legislativos y normativos, buscan tres objetivos principales que son:

- Generar instrumentos que promuevan la participación de los capitales privados, tanto nacionales como extranjeros, en los procesos productivos.
- Promover la libre y leal competencia entre particulares con libertad tarifaria.
- Modernizar esquemas de concesiones y permisos, para que el aparato productivo nacional sea más eficiente<sup>2</sup>.

El gobierno mexicano sigue una secuencia que va de lo general a lo particular considerando en primer término, las políticas macroeconómicas nacionales, en segundo término el marco jurídico e institucional y por último la pirámide jurídica; para poder hacer una modificación estructural que establezca las bases para lograr los objetivos planteados<sup>3</sup>.

La pirámide jurídica es un esquema de jerarquización de los instrumentos normativos nacionales y se muestra en la figura B.1. En esta pirámide, cualquier bloque acata lo establecido por los bloques superiores, no debe de contraponerse de manera alguna y la secuencia de los bloques es inamovible.

### LA PIRÁMIDE JURÍDICA



Fuente: los apuntes de la materia de Manejo de la Documentación del Transporte, *Op. Cit.*

Figura B.1.

<sup>2</sup> De los apuntes de la materia de Manejo de la Documentación del Transporte, que se imparte a los alumnos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, 1997.

<sup>3</sup> *Idem.*

## B.2.- MARCO JURÍDICO DE LOS TRANSPORTES EN MÉXICO

En materia de transporte, el gobierno nacional busca generar un marco regulatorio que le permita al país acceder a la infraestructura y servicios que requiere, mediante capitales privados que le permitan canalizar una mayor cantidad de recursos a otros requerimientos nacionales también prioritarios. En términos generales, los objetivos particulares del sector, concuerdan con los objetivos nacionales principales ya descritos. El marco jurídico de los transportes en México se muestra en la figura B.2., donde se presenta la interconexión existente entre los diferentes instrumentos normativos<sup>4</sup>.

## B.3.- BASES JURÍDICAS PARA LAS CONCESIONES

Las autopistas concesionadas como parte de la red carretera nacional, se rigen por la ley de vías generales de comunicación y por la ley de caminos, puentes y autotransporte federal, publicadas en el diario oficial de la federación el 19 de febrero de 1940 y el 22 de diciembre de 1993<sup>4</sup> respectivamente.

La primera es considerada principalmente para aspectos generales de las vías de comunicación, ya que tiene derogados la mayoría de sus artículos a favor de leyes posteriores; por su parte la segunda, incluye los aspectos más trascendentales de la legislación para infraestructura carretera y en particular para las autopistas en concesión.

En particular, en la ley de caminos, puentes y autotransporte federal, en su capítulo III, muestra todo lo referente a concesiones y permisos sobre la infraestructura carretera y los servicios de autotransporte.

En ese capítulo de la ley se establecen las situaciones que requieren de concesión, los plazos máximos para otorgarla, las condiciones para otorgar prórrogas, el procedimiento para el otorgamiento de concesiones a particulares o a gobiernos estatales, el contenido que deberán tener los títulos de concesión, la terminación y revocamiento de la concesión, etcétera.

Es trascendente que las empresas que participen en la concesión de autopistas de altas especificaciones, tengan plena conciencia de las leyes, reglamentos y demás instrumentos jurídicos involucrados, para facilitar procesos administrativos y de esta manera generar ahorros importantes por este concepto, además de ejercer los derechos y obligaciones que les corresponden como empresas constituidas bajo las leyes mexicanas<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Fuente de la Figura B.2.: Documento inédito, Ruiz O., Sergio A., "Marco Jurídico de los Transportes en México", México, D.F., México, 1997.

<sup>4</sup> Delgadillo, Luis (Compilador), Legislación en Comunicaciones, México, D.F., México, Agosto de 1996, Ediciones Delma, 1ª ed. pp. 1 - 127 y 129 - 164

<sup>5</sup> Se requiere de concesión para construir, operar, explotar, conservar y mantener los caminos y puentes federales, las concesiones se otorgarán a mexicanos o a sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, en los términos que establezcan la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal y los reglamentos respectivos. *Ibid.*, Capítulo III, Artículo 6º, p. 133, perteneciente a la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.

# MARCO JURÍDICO DE LOS TRANSPORTES EN MÉXICO

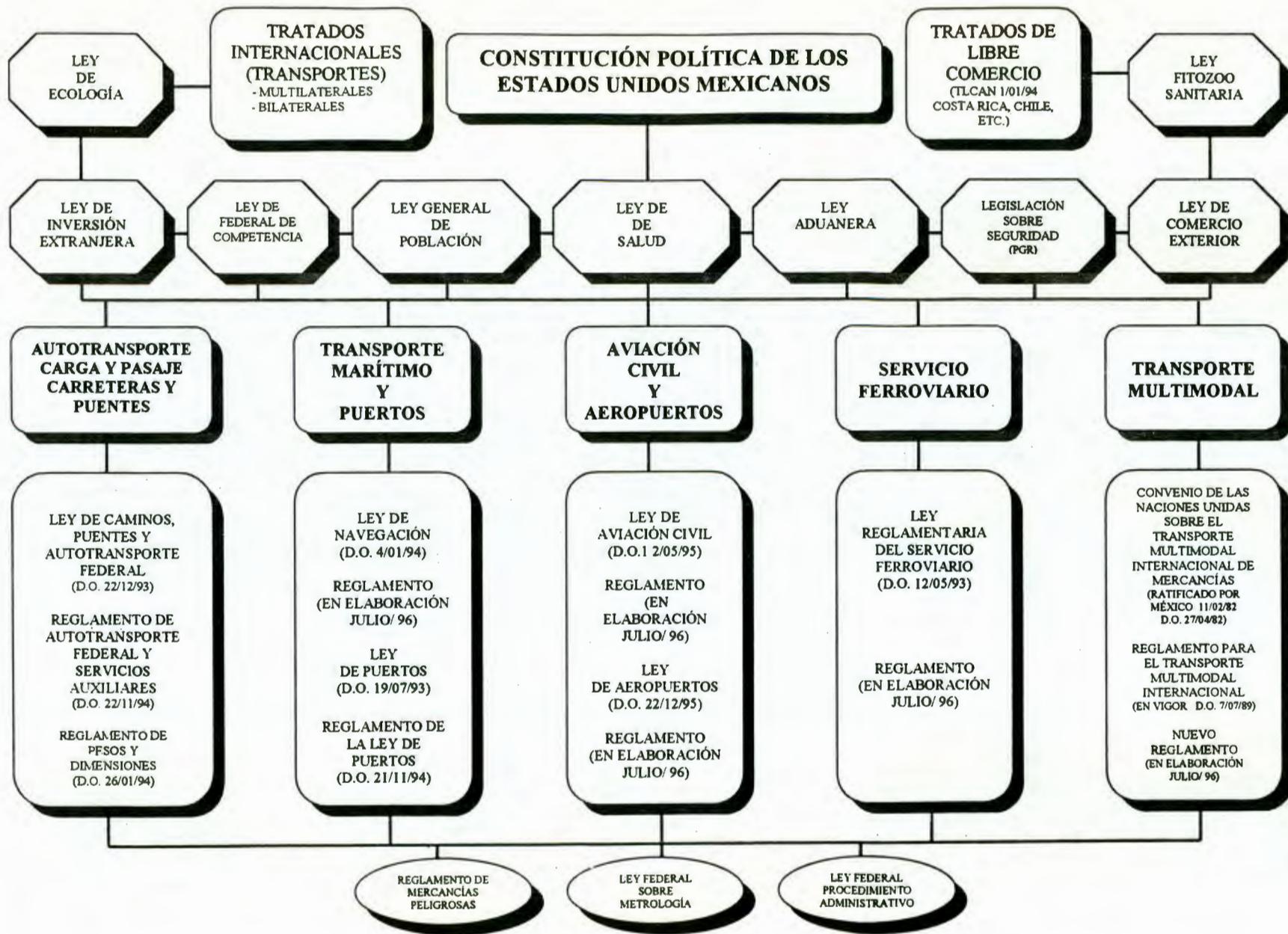


Figura B.2.



**ANEXO C****OFERTA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
CARRETERA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Fuente: Documento inédito: **Vázquez P., Juan C. y Backhoff P., Miguel A. (compiladores)**, "Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, 1996", Sanfandila, Querétaro, México, Abril de 1997, IMT y Centros SCT estatales. Resultado de los registros de localización obtenidos por los Centros Estatales de la SCT mediante receptores del sistema de posicionamiento global (GPS), empleados en modo dinámico con intervalo de lectura de un segundo.



**LONGITUD DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA  
NACIONAL EN KILÓMETROS**

**12 DE NOVIEMBRE DE 1996**

TIPOS DE CARRETERAS	ENTIDADES FEDERATIVAS																
	AGS	BCN	BCS	CAMP	CHIS	CHIH	COAH	COL	DF	DGO	MEX	GTO	GRO	HGO	JAL	MICH	MOR
FED. LIB. PAV. DE 2 CARRILES	297.46	1,316.65	1,064.89	1,278.29	1,449.67	1,972.89	1,391.15	260.09	76.52	1,847.54	676.05	957.58	2,168.47	922.09	2,146.51	2,281.26	267.87
FED. LIB. PAV. 4 Y MAS CARRILES	47.52	198.81	70.63		307.61	208.42	257.68	52.50	37.53	66.69	97.82	203.26	39.88	83.13	114.13	144.42	63.13
FED. CUOTA. PAV. 2 CARRILES								38.42					60.34				33.87
FED. CUOTA. PAV. 4 Y MAS DE 4 CARRILES	8.11					94.80		46.15	49.27		197.37			25.19			33.14
<b>SUBTOTAL</b>	<b>353.09</b>	<b>1,515.46</b>	<b>1,135.51</b>	<b>1,278.29</b>	<b>1,757.28</b>	<b>2,276.10</b>	<b>1,648.83</b>	<b>397.16</b>	<b>163.31</b>	<b>1,914.23</b>	<b>971.25</b>	<b>1,160.84</b>	<b>2,268.69</b>	<b>1,030.41</b>	<b>2,260.53</b>	<b>2,425.68</b>	<b>398.01</b>
FED. LIBRE. REV. 2 CARRILES																	
FED. LIBRE. REV. 4 CARRILES		2.26															
FED. LIBRE. REV. 1 CARRIL																	
FED. LIBRE. TERR. 1 CARRIL																	
FED. LIBRE. TERR. 2 CARRILES																	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>-</b>	<b>2.26</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
EST. LIB. PAV. 1 CARRIL																	11.86
EST. LIB. PAV. 2 CARRILES	567.34	751.12	457.15	673.17		1,996.70	1,778.64	369.58	58.38	726.70	3,510.57	1,319.65	515.63	1,431.46	1,906.07	2,094.40	991.06
EST. LIB. PAV. 4 Y MAS DE 4 CARRILES	52.72	48.53	1.07	15.185		109.22	54.02	43.31	10.29	2.22	232.08	22.75		32.37	66.98	34.56	30.80
EST. CUOTA. PAV. 2 CARRILES						77.54											
EST. CUOTA. PAV. 4 Y MAS DE 4 CARRILES																	
ESTATAL CONCESIONADA									9.95		102.05						
<b>SUBTOTAL</b>	<b>620.06</b>	<b>799.65</b>	<b>458.23</b>	<b>688.35</b>	<b>-</b>	<b>2,183.46</b>	<b>1,832.66</b>	<b>412.88</b>	<b>78.63</b>	<b>728.92</b>	<b>3,844.71</b>	<b>1,342.40</b>	<b>515.63</b>	<b>1,463.83</b>	<b>1,973.05</b>	<b>2,140.81</b>	<b>1,021.86</b>
CAMINOS RURALES. PAV. 2 CARRILES			9.85	390.72	1.43		105.73	42.82				0.22					
CARR. MUNICIPALES. PAV. 2 CARRILES												29.72		7.78			
<b>SUBTOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9.85</b>	<b>390.72</b>	<b>1.43</b>	<b>-</b>	<b>105.73</b>	<b>42.82</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>29.94</b>	<b>-</b>	<b>7.78</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
CARRETERAS CONCESIONADAS		349.05		39.08		274.72	275.70	9.58	20.78	335.21	117.44	137.93	203.17		541.11	279.87	70.90
<b>TOTAL</b>	<b>973.15</b>	<b>2,666.41</b>	<b>1,603.59</b>	<b>2,396.44</b>	<b>1,758.707</b>	<b>4,734.27</b>	<b>3,862.92</b>	<b>862.44</b>	<b>262.72</b>	<b>2,978.35</b>	<b>4,933.39</b>	<b>2,671.11</b>	<b>2,987.49</b>	<b>2,502.02</b>	<b>4,774.69</b>	<b>4,774.69</b>	<b>1,490.77</b>

Fuente: Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte IMT / SCT, 1994 - 1996

**Tabla C.1.**



**LONGITUD DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA  
NACIONAL EN KILÓMETROS (CONTINUACIÓN)**

**12 DE NOVIEMBRE DE 1996**

TIPOS DE CARRETERAS	ENTIDADES FEDERATIVAS															TOTAL
	NAY	NL	OAX	PUE	QROO	QRO	SLP	SIN	SON	TAB	TAMP	TLAX	VER	YUC	ZAC	
FED. LIB. PAV. DE 2 CARRILES	854.04	1,107.70	2,742.36	1,147.67	862.39	397.70	1,569.85	606.98	1,564.30	671.82	1,999.95	550.65	2,523.78	1,107.16	1,433.94	39,515.24
FED. LIB. PAV. 4 Y MAS CARRILES	35.15	131.66	28.62	28.85	32.89	149.07	81.19	197.82	232.45	54.08	218.47	53.30	82.40	33.04	62.91	3,414.94
FED. CUOTA. PAV. 2 CARRILES																132.63
FED. CUOTA. PAV. 4 Y MAS DE 4 CARRILES										9.687			241.41			705.12
<b>SUBTOTAL</b>	<b>889.19</b>	<b>1,239.36</b>	<b>2,770.98</b>	<b>1,176.52</b>	<b>895.28</b>	<b>546.77</b>	<b>1,651.04</b>	<b>804.79</b>	<b>1,796.75</b>	<b>735.59</b>	<b>2,218.42</b>	<b>603.95</b>	<b>2,847.59</b>	<b>1,140.20</b>	<b>1,496.85</b>	<b>43,767.93</b>
FED. LIBRE. REV. 2 CARRILES													13.66			13.66
FED. LIBRE. REV. 4 CARRILES																2.26
FED. LIBRE. REV. 1 CARRIL																-
FED. LIBRE. TERR. 1 CARRIL																-
FED. LIBRE. TERR. 2 CARRILES																-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>13.66</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15.92</b>
EST. LIB. PAV. 1 CARRIL																11.86
EST. LIB. PAV. 2 CARRILES	257.67	2,607.34	716.10	1,697.33	835.31	708.60	1,126.23	1,657.84	3,491.32	2,324.56	1,607.37	587.57	2,114.56	3,118.16	1,084.06	43,081.62
EST. LIB. PAV. 4 Y MAS DE 4 CARRILES		92.87	5.57	22.87	42.84		9.71	87.21	42.15			0.61			10.71	1,070.63
EST. CUOTA. PAV. 2 CARRILES																77.54
EST. CUOTA. PAV. 4 Y MAS DE 4 CARRILES				25.33				126.54	485.59						44.15	681.61
ESTATAL CONCESIONADA																112.01
<b>SUBTOTAL</b>	<b>257.67</b>	<b>2,700.21</b>	<b>721.66</b>	<b>1,745.53</b>	<b>878.14</b>	<b>708.60</b>	<b>1,135.94</b>	<b>1,871.59</b>	<b>4,019.10</b>	<b>2,324.56</b>	<b>1,607.37</b>	<b>588.18</b>	<b>2,114.56</b>	<b>3,118.16</b>	<b>1,138.92</b>	<b>45,035.26</b>
CAMINOS RURALES. PAV. 2 CARRILES			26.69	6.69						27.78				358.75		970.67
CARR. MUNICIPALES. PAV. 2 CARRILES				0.50						2.17						40.16
<b>SUBTOTAL</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>26.69</b>	<b>7.18</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>29.95</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>358.75</b>	<b>-</b>	<b>1,010.83</b>
CARRETERAS CONCESIONADAS	36.13	321.37	159.03	253.30	86.77	37.35	34.43	199.75				24.26	190.67	154.86		4,152.45
<b>TOTAL</b>	<b>1,182.99</b>	<b>4,260.94</b>	<b>3,678.37</b>	<b>3,182.52</b>	<b>1,860.20</b>	<b>1,292.72</b>	<b>2,821.42</b>	<b>2,876.13</b>	<b>5,815.82</b>	<b>3,090.10</b>	<b>3,825.79</b>	<b>1,216.39</b>	<b>5,166.47</b>	<b>4,771.95</b>	<b>2,635.77</b>	<b>93,982.38</b>

Fuente: Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte IMT / SCT, 1994 - 1996

**Tabla C.1. (Continuación)**



**ANEXO D**

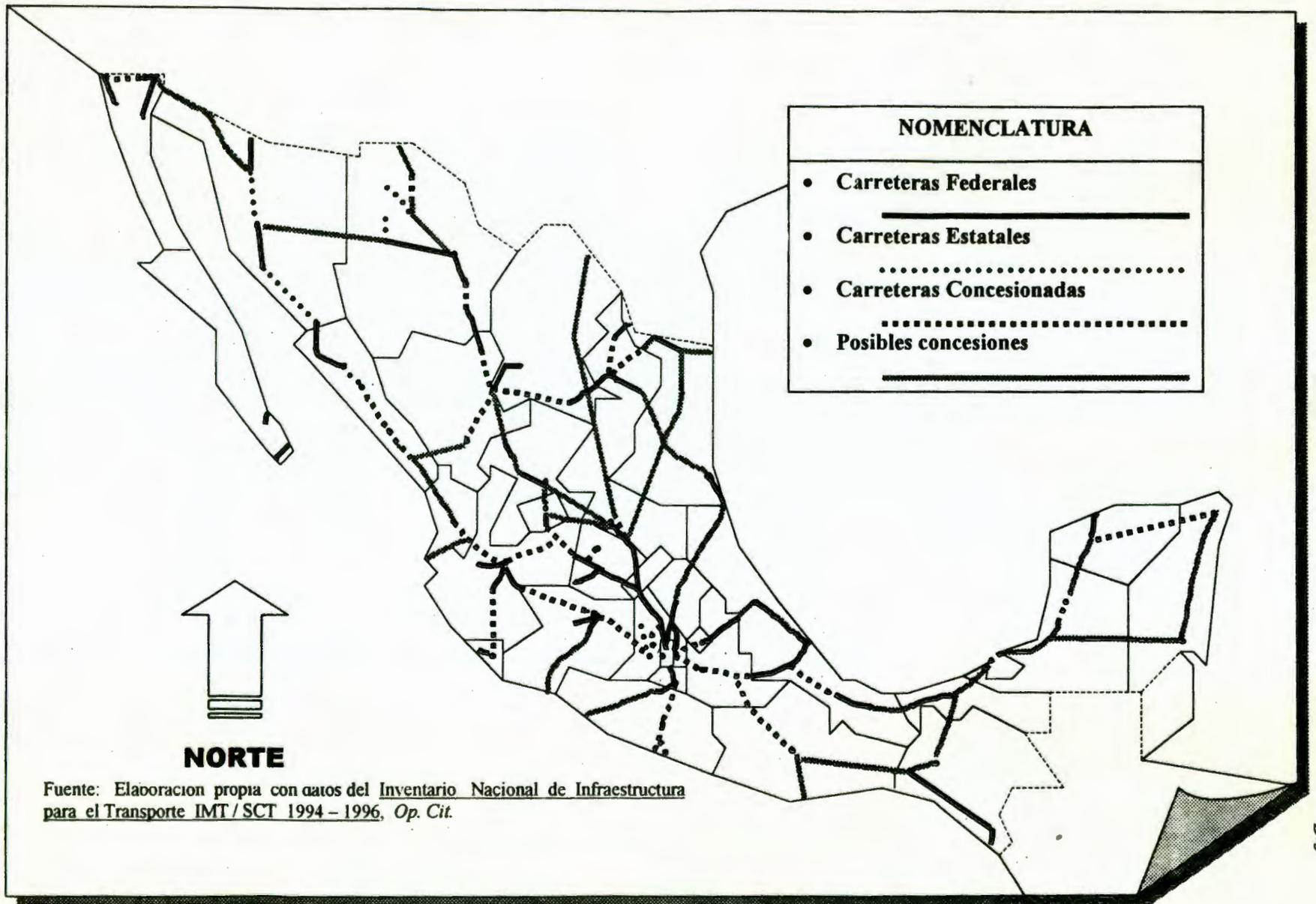
**POSIBLES CONCESIONES  
FUTURAS<sup>1</sup>**

---

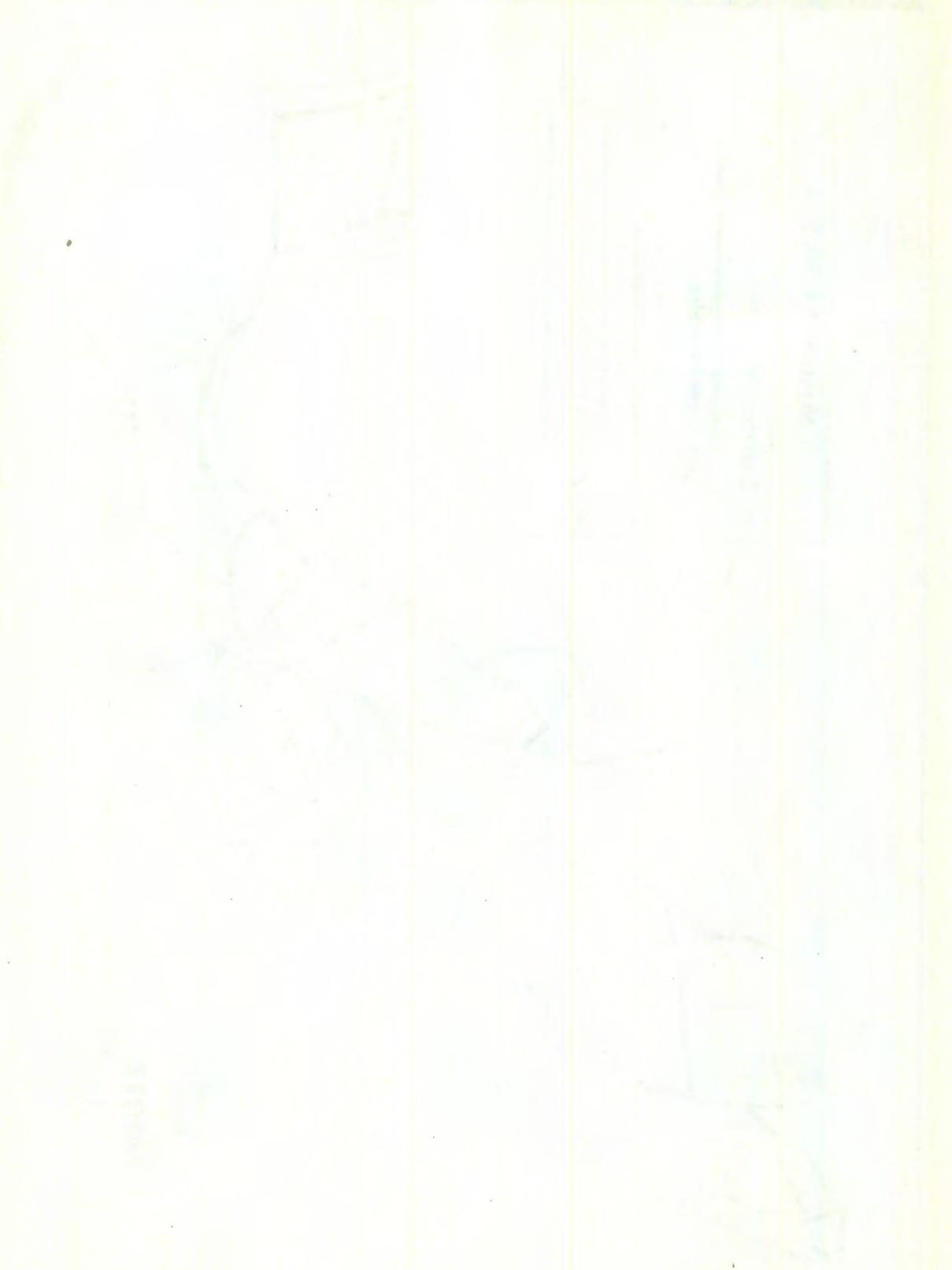
<sup>1</sup> Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte IMT / SCT 1994 - 1996 *Op. Cit.*



**RED NACIONAL DE CUATRO CARRILES Y DE CARRETERAS CONCESIONADAS  
EN CONJUNTO CON POSIBLES CONCESIONES FUTURAS**



**Mapa D.1.**



THE DRAWING IS A COPY OF THE ORIGINAL DRAWING  
 MADE BY THE DRAWER AND IS NOT TO BE USED FOR ANY OTHER PURPOSE

**ANEXO E**

**DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DE PROBLEMAS  
EN EL PROGRAMA "MICRO MANAGER"<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Impresión Directa proporcionada por el programa con datos de casos reales ocurridos en la Autopista Guadalajara - Tepic en 1994.



**E.1.- DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS PARA EL PROBLEMA DE LA  
SECCIÓN III.6.1. REFERENTE A LA SOLUCIÓN DE  
MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL**

- Programa: "Linear Programming I"
- Datos de entrada

\*\*\*\*\* INPUT DATA ENTERED\*\*\*\*\*

$$\text{Max } Z = 30 x_1 + 50 x_2$$

Subject to:

$$\begin{aligned} C_1 \quad 1 x_1 &\leq 40 \\ C_2 \quad 2 x_2 &\leq 120 \\ C_3 \quad 3 x_1 + 2 x_2 &\leq 180 \end{aligned}$$

- Datos de salida

\*\*\*\*\* PROGRAM OUTPUT\*\*\*\*\*

Simplex tableau: Iteration 2

Cj			30.00	50.00	0.00	0.00	0.00
Cb	Basis	Bi	x 1	x 2	s 1	s 2	s 3
0.00	s 1	20.00	0.00	0.00	1.00	0.33	-0.33
50.00	x 2	60.00	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00
30.00	x 1	20.00	1.00	0.00	0.00	-0.33	0.33
	Zj	3600.00	30.00	50.00	0.00	15.00	10.00
	Cj - Zj		0.00	0.00	0.00	-15.00	-10.00

Final optimal solution

Variable	Value
s 1	20.00
x 2	60.00
x 1	20.00
Z	3,600.00

**E.2.- DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS PARA EL PROBLEMA DE LA  
SECCIÓN III.6.2. REFERENTE A LA SOLUCIÓN DE  
MODELOS DE TRANSPORTE**

- Programa: "Transportation"

- Datos de entrada

\*\*\*\*\* INPUT DATA ENTERED\*\*\*\*\*

Minimization problem:

	1	2	3	4	5	6	Supply
1	12.00	15.00	8.00	25.00	18.00	0.00	100.00
2	21.00	22.00	15.00	10.00	11.00	0.00	60.00
3	15.00	17.00	15.00	24.00	20.00	0.00	50.00
Demand	50.00	10.00	60.00	30.00	20.00	40.00	210.00

- Datos de salida

\*\*\*\*\* PROGRAM OUTPUT \*\*\*\*\*

	1	2	3	4	5	6	Supply
1	40.00	0.00	60.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	0.00	0.00	0.00	30.00	20.00	10.00	60.00
3	10.00	10.00	0.00	0.00	0.00	30.00	50.00
Demand	50.00	10.00	60.00	30.00	20.00	40.00	210.00

**Optimal solution : 1,800.00**

**ANEXO F**

**POLÍTICAS DE ESTABLECIMIENTO  
DE TARIFAS<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Elaboración propia



## C.1.- POLÍTICAS DE ESTABLECIMIENTO DE TARIFAS

Cuando se otorgan los títulos de concesión carretera, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes establece la cuota máxima que los concesionarios pueden implantar al entrar en operación la autopista. Sin embargo, la iniciativa privada debe saber si el aplicar la cuota máxima le garantizará el retorno de su inversión en el plazo esperado, o es mejor disminuir las tarifas en cierta medida para lograr ese fin.

La cuota que se establezca en una autopista concesionada puede tener dos niveles óptimos según la perspectiva que se adopte:

- Desde la perspectiva nacional, la cuota ideal será la que haga mínimos los costos operativos de transporte, considerando los costos de mantenimiento y los demás costos actuantes. Es decir, la que corresponda a un nivel de costos económicos que produzcan el costo de transporte total mínimo. En general, el costo de transporte disminuye con el buen estado de la carretera, pero lograr este, también tiene un costo; en este caso, la cuota óptima concilia a nivel nacional ambos conceptos<sup>2</sup>.
- Desde la perspectiva del concesionario, existen dos criterios encontrados. A primera vista, cuanto más alta sea la cuota, será más atractiva para la empresa, pero la demanda de servicios carreteros en vías relativamente nuevas de cuota es elástica<sup>3</sup>, por lo que de aumentar demasiado el peaje se corre el riesgo de que cierto número de usuarios decida viajar por la vía libre, con lo que su contribución económica se pierde. Para la empresa operadora, la cuota óptima será la que concilie el mayor valor monetario a pagar con el mayor número de vehículos dispuestos a pagarlo; en otras palabras, la cuota que maximice sus ingresos<sup>4</sup>.

Estos dos óptimos pueden no coincidir y, de hecho, en la mayoría de las ocasiones no lo hacen. Para efectos del presente trabajo, consideraremos sólo la segunda perspectiva referente a la perspectiva empresarial.

Para evaluar la tarifa óptima para el operador de autopistas, es necesario conocer los costos totales de operación que se originan de circular por la vía libre y por la de cuota y además el volumen y clasificación de vehículos que pasan por el par origen - destino, independientemente de la vía que utilicen.

<sup>2</sup> Rico R., Alfonso, Mendoza D., Alberto y Rivera T., Cesar, Criterios para establecer la cuota óptima en una autopista de cuota, Sanfandila, Querétaro, México, IMT y SCT, Publicación Técnica N° 60, 1ª ed., 1995, p. 1

<sup>3</sup> Es decir que los usuarios son muy sensibles al cambio de precios, cuando la demanda aún no está arraigada como sucede con vías de cuota con más tiempo en operación. Ver:

Gould, John P. Y Lazear, Edward P., *Op. Cit.*, pp. 333 - 335

<sup>4</sup> Rico R., Alfonso, Mendoza D., Alberto y Rivera T., Cesar, *Op. Cit.*, p. 1

Con estos datos, es posible aplicar el Modelo de Optimización de los Ingresos del Operador de la Autopista<sup>5</sup>, el cual se basa en la siguiente fórmula:

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

donde:

$Fr(i)$ , es la fracción del tránsito que se va por la carretera de cuota;

$i$ , representa la carretera de cuota;

$j$ , representa la carretera libre;

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

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

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

$e$ , es una constante con valor de 2.718282 y

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

Posteriormente, este factor se multiplica por la composición total de vehículos que viajan en ese par origen destino y se determina el número de vehículos que preferirán usar la autopista con la cuota establecida. El modelo entonces requiere se proponga una cuota diferente cada vez, para determinar aquella que obtiene el mayor número de vehículos.

Estrictamente, la ecuación descrita sólo es válida cuando todos los vehículos que componen el tránsito son iguales en términos del costo de operación en que incurren, del daño que ocasionan a la infraestructura y de la cuota que pagan.

El modelo descrito realiza una simplificación al buscar los valores promedio de costo de operación, daño ocasionado a la infraestructura y la cuota pagada, para los tipos de vehículos que son considerados como los más importantes que componen el tránsito vehicular, proporcionando una solución rápida para una cuota preliminar; sin embargo, es posible generar un programa que actúe conjuntamente con otro que determine los costos de operación vehicular, de manera que sea posible obtener la tarifa óptima requerida para cada tipo de vehículo y posteriormente ajustar las tarifas dependiendo del número de ejes, de una manera equitativa.

Se debe destacar que el hecho de que cada usuario conozca claramente los costos de operación de sus vehículos es imposible, por lo que se hacen más trascendentes las labores mercadotécnicas para generar en el usuario una cultura de pago ante el ahorro por costos operativos. Los resultados obtenidos de flujo vehicular óptimo que arroja el modelo serán los límites máximos; por lo que el flujo real será una proporción de este límite.

---

<sup>5</sup> *Ibid.* pp. 3 - 4