



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA

POSGRADO DE INGENIERIA

PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA GENERACION DE UN  
MODELO TARIFARIO ALTERNO PARA AUTOPISTAS DE CUOTA EN  
LA REPUBLICA MEXICANA

## TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERIA**

INGENIERIA EN SISTEMAS – TRANSPORTE

P R E S E N T A :

**ROBERTO ASCENCIO VILLAGOMEZ**

TUTOR:

**DARTOIS GIRALD LAURENT YVES GEORGES**

2010



**JURADO ASIGNADO:**

PRESIDENTE: DR. RICARDO ACEVES GARCIA  
SECRETARIO: DR. BENITO SANCHEZ LARA  
VOCAL: DR. DARTOIS GIRALD LAURENT YVES GEORGES  
1<sup>ER</sup> SUPLENTE: M.I FRANCISCO GRANADOS VILLAFUERTE  
2º SUPLENTE: M.I FERNANDO SEUZ OSORIO ZUNIGA

MEXICO, DF.  
CIUDAD UNIVERSITARIA.

TUTOR DE TESIS  
DARTOIS GIRALD LAURENT YVES GEORGES

---

FIRMA

	<b>PAGINA</b>
<b>INDICE</b>	
<b>RESUMEN</b>	5
<b>ABSTRACT</b>	7
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>CAPITULO 1 ANALISIS HISTÓRICO DEL SISTEMA TARIFARIO PARA AUTOPISTAS DE CUOTA EN MÉXICO</b>	<b>13</b>
1.1 LAS AUTOPISTAS Y EL ENTORNO NACIONAL	14
1.2 LAS AUTOPISTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE MIGUEL DE LA MADRID HURTADO	15
1.3 LAS AUTOPISTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE CARLOS SALINAS DE GORTARI	16
1.4 LAS AUTOPISTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE ERNESTO ZEDILLO	17
1.5 LAS AUTOPISTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE VICENTE FOX	18
1.6 TIPOS DE REDES CARRETERAS	19
1.7 SITUACIÓN DE LAS TARIFAS DESPUÉS DEL RESCATE CARRETERO	20
1.8 DATOS DEL HISTORICOS DEL FIDEICOMISO DE APOYO PARA EL RESCATE DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS. (FARAC)	24
¿CÓMO LOGRAR CONSTRUIR INFRAESTRUCTURA EN EL CASO DE	
1.9 AUTOPISTAS CONCESIONADAS?	25
<b>CAPITULO 2 FORMAS DE TARIFICACIÓN EN AUTOPISTAS DE CUOTA</b>	<b>31</b>
2.1 POLITICAS DE TARIFICACIÓN	32
2.2 PUNTO DE VISTA DEL GOBIERNO SOBRE LAS AUTOPISTAS DE CUOTA.	33
2.3 PUNTO DE VISTA DEL CONCESIONARIO SOBRE LAS AUTOPISTAS.	36
2.4 RELACIÓN SECTOR PÚBLICO- SECTOR EMPRESARIAL.	37
2.5 RELACIÓN SECTOR EMPRESARIAL- USUARIOS DEL SERVICIO.	37
VISTAZO A LA TARIFA POR CONCESION PARA LLEGAR A UNA	
2.6 TARIFA ALTERNA	39
2.7 VISIÓN CLÁSICA A LA TEORIA PARA LLEGAR A LAS TARIFAS ÓPTIMAS.	42
2.8 DISEÑO DEL MODELO TARIFARIO ALTERNO.	44

<b>CAPITULO 3 ESTADO DEL ARTE SOBRE LA MODELACIÓN TARIFARIA</b>	<b>44</b>
3.1 DETERMINACIÓN DE TARIFAS ÓPTIMAS	45
3.2 MODELOS TARIFARIOS EXISTENTES	46
3.3 OPINIÓN GENERAL CON RESPECTO DE LOS ARTICULOS ANALIZADOS	47
3.4 DONDE SE USAN ESTOS MODELOS	50
3.5 VISTAZO AL MODELO APLICADO POR LA SCT	51
3.6 EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS	52
3.7 CÁLCULO DEL NÚMERO DE TRÁNSITO DE DISEÑO (NTD).	55
3.8 ESTIMACIÓN DEL ESAL: MÉTODO SIMPLIFICADO	56
3.9 FLUJO DE TRÁNSITO	58
3.10 CLASES O TIPOS DE VEHÍCULOS QUE CIRCULAN EN MÉXICO	60
3.11 COSTOS DE DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA	61
3.12 GENERACIÓN DE EQUIVALENTES "ESAL"	63
3.13 COSTOS DE DETERIORO DE CARRETERAS	63
3.14 CÁLCULO E IMPUTACIÓN DE COSTOS	66
<b>CAPITULO 4 PROPUESTA PARA LLEGAR A UN MODELO TAIFARIO ÓPTIMO ALTERNO</b>	<b>68</b>
4.1 INTRODUCCIÓN A LA PROPUESTA	69
4.2 PLANTEAMIENTO GENERAL	74
4.3 ETAPA 1 DEL DESARROLLO DEL MODELO ALTERNO	74
4.4 ETAPA 2 DEL DESARROLLO DEL MODELO ALTERNO	76
4.5 ETAPA 3 OPTIMIZACIÓN O MAXIMIZACION DE LAS TARIFAS	77
4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MODELO	78
4.7 DIAGRAMA 1	78
4.8 DIAGRAMA 2	79
<b>CAPITULO 5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL MODELO ALTERNO PROPUESTO</b>	<b>80</b>
5.1 EL MODELO ALTERNO	81

5.2	VARIABLES FUNDAMENTALES PARA LA GENERACIÓN DEL MODELO.	83
5.3	PREPARACIÓN DE DATOS DE LAS VARIABLES FUNDAMENTALES	84
5.4	TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TPDA)	85
5.5	CAPTACIÓN DE LA DEMANDA	86
5.6	MONTO DE INVERSIÓN (I)	87
5.7	EQUIVALENTE ESAL	88
5.8	DAÑO UNITARIO	88
5.9	ESTIMACIÓN DEL DAÑO.	90
5.10	TPDA EQUIVALENTE POR TIPO DE VEHÍCULO	90
5.11	APLICACIÓN DEL COSTO FIJO	91
5.12	COSTO DE AMORTIZACION DE CREDITO	91
5.13	OTROS COSTOS FIJOS POR TIPO DE VEHÍCULO	91
5.14	COSTOS DE INFRAESTRUCTURA	92
5.15	COSTO DE MANTENIMIENTO (VARIABLE)	92
5.16	EL COSTO DE AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO	92
5.17	COSTO DE MANTENIMIENTO POR TIPO DE VEHÍCULO	93
5.18	GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA TARIFARIA	93
5.19	ESTIMACIÓN DE INGRESOS Y UTILIDAD	94
5.20	COMPARACIÓN DE LA TARIFA BASE CONTRA LA TARIFA ALTERNA	95
5.21	COMO SE MODIFICA LA DEMANDA	95
5.22	EL MODELO DE DEMANDA DE TRANSPORTE	97
5.23	PARA MODIFICAR LA DEMANDA TENEMOS LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL	97
	CONCLUSIONES	101
	BIBLIOGRAFIA	103
	ANEXO DEL ESTADO DEL ARTE	107
	ANEXO 2 DIAGRAMAS	154

## RESUMEN

Las políticas tarifarias para las autopistas de cuota en México, se han avocado en implementar tarifas de forma binomial, la cual establece una tarifa base para obtener un aforo determinado que se cobrara a los usuarios y recobrar una parte de la inversión; y una tarifa variable, que se carga en porcentaje a los usuarios para recobrar una porción de los costos variables, como son los costos de mantenimiento. Tales tarifas son determinadas con la obtención de datos de la demanda de aforos por medio de encuestas de preferencia declarada y encuestas de Origen- Destino para generar una estructura tarifaria y por medio de esta se determinan los ingresos dentro de esta estructura tarifaria. Existen varios factores que influyen en la asignación de tarifas, uno de ellos es el daño que representa el paso de vehículos sobre una sección de la carpeta asfáltica, este factor se tiene que convertir en equivalencias para determinar el porcentaje de daño asignado a cada categoría vehicular y por medio del este se determinan los ingresos que permiten aplicar cierta tarifa, que representaran una modificación de la demanda; esto repercute directamente el aforo de las autopistas concesionadas. Producto de este establecimiento de tarifa que es aplicado en cierto porcentaje a las categorías vehiculares, actualmente se observa que existe una disparidad en la asignación de esta, dado que a los vehículos que causan el menor daño, y por consecuencia tienen el menor costo de mantenimiento, se le aplica el mayor porcentaje en el costo de mantenimiento en la tarifa cobrada.

En otros países Latinoamericanos y de habla hispana, el modelo más implantado, es también el *binomial* y es el que ha sido analizado para la redacción de este documento, este modelo ha sido adaptado según las necesidades que se suscitan, como lo es en los casos de Colombia, Argentina o Brasil, en los cuales las tanto las categoría vehiculares como los análisis de demanda varían de acuerdo a la implantación de los cobros de tarifas. Pero en esencia, los factores que afectan al establecimiento de tarifas base en las autopistas de cuota son los mismos, sea en las equivalencias aplicadas por diferentes tipos de camino, como en el daño causado por el peso de cada categoría vehicular.

Este tipo de esquema tarifario aplicado en la actualidad ha sido implementado para las autopistas concesionadas y sirve como base para la planeación y las evaluaciones económicas y financieras de los proyectos de licitación para la concesión, y desde un punto de vista conveniente para cumplir con las directivas que la SCT establece; aunque este modelo no beneficie de manera sustancial a las empresas que administran la concesión en términos económicos reales.

Es por este motivo, que la propuesta de un modelo tarifario alterno sugerido, para autopistas de cuota, altera de una manera sustancial el esquema tarifario y redirecciona los beneficios generados al administrador de la concesión, una vez que la concesión de la autopista se haya realizado, tomando como base de información los parámetros básicos de los aforos mencionados anteriormente, implementando nuevas estrategias en el modelo y

generando una nueva estructura tarifaria para hacer una estimación de los ingresos y diferenciándolos de la utilidad, para obtener un nuevo nivel de demanda que es un resultado previsto, obtenido de la aplicación de modelo de Weibull. Este modelo nos permite establecer o predecir una demanda futura, con más aproximación que los métodos usados tradicionalmente.

De esta forma, cuando se representa una comparación entre los aforos y tarifas tradicionales contra los nuevos aforos y tarifas obtenidos por medio de la modificación de la demanda, se aplican los parámetros en el nuevo modelo tarifario en base a la maximización de utilidades para observar el comportamiento en relación del esquema tradicional utilizado y dar un diagnóstico de cuanto se puede variar el porcentaje de tarifas asignados a cada categoría vehicular, tratando de no afectar significativamente el aforo vehicular.

Los parámetros implementados en el modelo propuesto, en comparación del modelo tradicional son direccionados para optimizar la utilidad de los ingresos para las empresas que administraran la concesión e intentan no afectar de manera significativa el aforo vehicular original basándose en la modificación de la demanda por medio del método estadístico de Weibull para determinar una demanda modificada y llegar a un modelo tarifario que maximiza las utilidades.

## ABSTRACT

Pricing policies for toll roads in Mexico, have avocado to implement a binomial rates, which sets a base rate for a given capacity that will be charged to users and recover a portion of the investment, and a variable rate, which is charged as a percentage of users to recover a portion of variable costs such as maintenance costs. Such fees are determined by obtaining data from gauging demand through stated preference surveys and origin-destination surveys to generate a rate structure and through the income determined under this rate structure. Several factors influence the allocation of fees, one of them is the damage that represents the passage of vehicles on a section to the asphalt, this factor must be converted to equivalencies to determine the percentage of damage assigned to each vehicle category and through this determine the income is possible to apply a certain rate, representing a change in demand, and this directly affects the capacity of highway concessions. Proceeds from this facility rate is applied in a certain percentage to the vehicle categories, now shows that there is a disparity in the allocation of this, since the vehicles that cause less damage, and consequently have lower maintenance costs , we apply the highest percentage in the cost of maintenance in the rates.

In other Latin American and Spanish-speaking, the model implemented, is also the binomial and which has been tested for the preparation of this document, this model has been adapted as needs arise, such as in cases Colombia, Argentina or Brazil, in which both the vehicle category as demand analysis vary according to the implementation of recovery rates. But in essence, the factors affecting the setting of tariffs based on the toll roads are the same, whether in the equivalence applied for different types of road as the damage caused by the weight of each vehicle category.

This type of scheme currently applied tariff has been implemented for highway concessions and serves as a basis for planning and economic and financial evaluations of projects bidding for the concession, and from a convenient point of view to comply with the directives SCT states that, although this model does not substantially benefit the companies that administer the grant in real economic terms.

For this reason, the proposal suggested an alternative pricing model for highways, a substantially alter the tariff scheme and redirect the revenue generated to the administrator of the grant, once the motorway concession was made , based on information the basic parameters of the afore mentioned earlier, implementing new strategies in the model and generating a new fee structure to estimate revenue and differentiating them from the utility, to obtain a new level of demand that is a expected result obtained from application of Weibull model. This model allows us to establish or predict future demand, with more approach that traditionally used methods.

Thus, when it represents a comparison between traditional appraisals and rates against the new traffic counts and rates obtained through the modification of the application, apply the parameters in the new pricing model based on profit maximization to observe the behavior in relation to the traditional pattern used and provide a diagnosis of what you can change the percentage rate assigned to each vehicle category, trying not significantly affect the vehicle capacity.



The parameters implemented in the proposed model, compared the traditional model are addressed to optimize the utility of income for companies to administer the grant and try not significantly affect the original vehicle capacity based on changing demand through Weibull statistical method to determine an amended complaint and reach a rate model that maximizes rates.

## INTRODUCCION

---

...”Desafortunadamente, algunos de los inversionistas, principalmente grupos constructores, se vieron afectados en este negocio, y como en toda empresa, se corren riesgos que en ocasiones nos llevan a resultados negativos, como fue el efecto de la crisis que aconteció en 1995, lo cual no solo afectó a la economía local, sino que se reflejó en otros países, aunado a que otros proyectos aun no alcanzaban su grado de maduración, y por otras razones, los concesionarios se vieron en apuros económicos, por lo que el gobierno tuvo que intervenir ”...

## INTRODUCCIÓN

Ya que realmente lo que un gobierno otorga a la iniciativa privada es la concesión de la vía de comunicación, se tiene que desarrollar el proyecto de un camino que comunique a dos poblaciones o regiones para que se mejoren los servicios y sus economías; así mismo, la autoridad pertinente debe establecer las condiciones en las cuales debe prestarse este servicio, para que se traduzca en un beneficio para la población o para la economía del país.

Cada proyecto de carreteras concesionadas asumió diferentes problemas, pero al final de cuentas, México si obtuvo un gran beneficio ya que durante este periodo, se construyeron con esta modalidad más de 4800 Km. de carreteras lo cual ha beneficiado al país con mejores vías de comunicación y por consiguiente con mayores servicios a las comunidades involucradas.

El gobierno mexicano tomó esta modalidad de participación del sector privado por la sencilla razón de que no contaba con los suficientes recursos para dar estos fundamentales servicios y que obtuvo al concesionar estos 52 tramos, en los que intervinieron un monto aproximado de 4.5 millones de dólares.

Desafortunadamente, algunos de los inversionistas, principalmente grupos constructores, se vieron afectados en este negocio, y como en toda empresa, se corren riesgos que en ocasiones nos llevan a resultados negativos, como fue el efecto de la crisis que aconteció en 1995, lo cual no solo afecto a la economía local, sino que se reflejo en otros países, aunado a que otros proyectos aun no alcanzaban su grado de maduración, y por otras razones, los concesionarios se vieron en apuros económicos, por lo que el gobierno tuvo que intervenir, con el único objeto de continuar prestando servicios concesionados, rescatando los proyectos concesionados a los grupos de inversionistas que tenían problemas económicos.

Las concesiones de las autopistas se integraron en un fideicomiso que administra las deudas de las instituciones bancarias que aportaron el capital del financiamiento, llamado "FARAC; Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas Concesionadas". Este fue el costo de nuestro aprendizaje, pero el país obtuvo el beneficio de contar con la moderna infraestructura.

Lo que se ha aprendido de esta lección es que el negocio es primordialmente financiero y no de construcción ya que lo que se concesiona es un servicio y no la construcción en esencia, son los planeadores los que deben manejar estos negocios así como las empresas fiduciarias y los especialistas en la operación y suministro de los servicios.

En el negocio de las concesiones, la recuperación de la inversión es a largo plazo y por importes de dinero, son bastante respetables, por lo que se tienen que recurrir a fuentes de capital de riesgo, el cual no es fácil conseguir, por lo menos en la etapa de construcción y maduración del proyecto, lo que ubica el negocio en el terreno de los financieros.

Uno de los aspectos más importantes en la concesión de una autopista de cuota, es la aplicación de una tarifa determinada, que está en función de la recuperación de la inversión en un lapso de tiempo largo. Otro aspecto, es la proyección de la demanda para así poder

planear un esquema de cobro de tarifas adecuado para destinar los pagos de servicios, cubrir los costos fijos y variables, el pago de la deuda financiada, generación de ingresos y obtención de las utilidades.

Es por eso que en la planeación de un modelo tarifario es imprescindible reducir los riesgos del capital financiado haciendo uso de los modelos de demanda que garantice un aforo adecuado para el proyecto.

En México, los modelos tarifarios para autopistas de cuota en esencia están diseñados para generar una estructura tarifaria destinada a obtener ingresos provenientes de porcentajes aplicados en dos partes; una parte se aplica a la recuperación de la inversión inicial y otra a recuperación de los costos de mantenimiento.

Las tarifas óptimas forman parte de una política tarifaria que ha evolucionado en el tiempo, desde el inicio de operación de las primeras autopistas hasta los niveles tarifarios que han alcanzado en la actualidad.

Como es bien sabido por los analistas de tarifas, maximizar el aforo, por la estructura de la gráfica teórica de la demanda, implica establecer tarifas muy bajas o nulas. En cambio, maximizar el ingreso requiere contar con series estadísticas de información confiables de aforos e ingresos, que nos permitan determinar la tarifa que maximiza el ingreso.

En la aplicación de la política tarifaria en México, la categoría vehicular que se ve más afectada es la de los vehículos particulares (binomiales); caso contrario es que los más beneficiados son los camiones de carga en los cuales se observa una disparidad en el cobro de tarifas y que en el análisis en el cual están involucrados factores como el daño que provoca cada categoría vehicular en la carpeta asfáltica se puede observar.

Es por este motivo que es necesario reestructurar los esquemas tarifarios basándose en nuevos conceptos por medio de los cuales es posible modelar una estructura alterna que destine una tarifa óptima para cada una de las categorías vehiculares basada en la maximización de las tarifas para compensar la disparidad de cobro de tarifas y llegar a una utilidad maximizada.

Por tanto, el objetivo de la tesis, es proponer un modelo tarifario que asigne tarifas acordes al porcentaje de costo de mantenimiento de las autopistas de cuota que se les designa a cada categoría vehicular y como consecuencia maximice la utilidad que esta genera sin afectar significativamente el aforo vehicular.

El resultado de este modelo tarifario alternativo propuesto, en general, es la comparación de la generación del modelo tarifario tradicional, que en base contiene datos como, los modelos de demanda, obtenidos por aforos vehiculares, la designación de los costos de operación y mantenimiento, resultado de las evaluaciones económica y financiera, así como el cálculo del monto de la inversión, en un determinado periodo; y agregándole ciertos parámetros como la función de weibull que modela de una manera más detallada el modelo de utilidad vs aforo, para así aproximar más detalladamente el punto de utilidad máxima para un nuevo modelo tarifario.

Esta metodología para la determinación del modelo tarifario propuesto, llega hasta el algoritmo de aplicación teniendo como modelo comparativo al modelo que usualmente se aplica para la República Mexicana, específicamente en dos conceptos; en la asignación de tarifas por categoría vehicular y la comparación de la utilidad maximizada para los dos modelos. Esperando como resultado que las utilidades maximizadas para el modelo alterno, sean mayores que las del modelo tradicional.

## **CAPITULO 1 ANÁLISIS HISTÓRICO DEL SISTEMA TARIFARIO PARA AUTOPISTAS DE CUOTA EN MÉXICO**

---

“Como un dato sobresaliente en este capítulo, podemos observar que durante la estructuración de los esquemas de concesión y tarifación para las autopistas en México; la aplicación de la tarifa para cada categoría vehicular, aun cuando se haya realizado rebajas (descuentos), que benefician en general a todas estas categorías, el porcentaje de descuento es mayor para los camiones de carga y, este resultado es parte de el análisis de la generación de las nuevas tarifas.....”

## 1.1 LAS AUTOPISTAS Y EL ENTORNO NACIONAL

Las primeras autopistas de cuota que se construyeron en México, datan de mediados del siglo pasado. Desde entonces a la fecha, se han construido más de 6,000 kilómetros de autopistas incluidos los libramientos.

Las primeras autopistas de cuota se construyeron como obra pública, con recursos fiscales y para operarlas, el Gobierno Federal creó el organismo público descentralizado “Caminos Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos” (CAPUFE por sus siglas), cuyo principal objetivo es el de brindar los servicios de operación conservación, mantenimiento, y explotación a la red de autopistas, puentes y servicios conexos construidos bajo ese esquema, la red carretera, la cual tenía una longitud aproximada de 1,000 km. Hacia principios de la década de los años ochentas y conectaba a la capital del país con las principales ciudades aledañas.

La siguiente tabla muestra los primeros tramos en México de autopistas concesionadas y su longitud.

Tramo de Autopista	Longitud en Km.
México – Cuernavaca	62
México – Querétaro	115
México – Puebla	111
Amacuzac – Iguala	64
Queretaro-Irapuato-Celaya-Salamanca-Guadalajara	300
Puebla-Amozoc-Cumbres de Maltrata-Orizaba-Cordoba-Boca del Río	280
Toluca-Atlacomulco	54
Saltillo-Monterrey	83
San Luis Rio Colorado-Mexicalí	60
Total	1129

*Fuente: Centro de estudio y finanzas publicas, cámara de diputados.*

Las tarifas de esta red eran relativamente bajas, y su objetivo era cubrir los gastos de operación y conservación y no la amortización de la inversión, debido a que ésta tarifa se

establecía a fondo perdido, además que no diferenciaba por tramo global, es decir, que no importaba que se construyeran obras complementarias como puentes, túneles, etc.

A mediados de la década de los 80's, el gobierno federal enfrentó un importante dilema. El excesivo endeudamiento del estado y los compromisos de pago de la deuda externa e interna, impedían destinar recursos financieros para poder eliminar los rezagos acumulados en materia de infraestructura carretera. Los recursos fiscales que obtenía la federación se destinaban al pago de deuda y a programas prioritarios en materia de educación, alimentación y salud. A pesar de las enormes necesidades de invertir en infraestructura, no contaba el gobierno federal con los recursos necesarios para hacer frente a la creciente demanda.

A continuación, se observará cómo fue evolucionando el esquema de concesiones y de lo que sucedió durante las 4 administraciones anteriores, y lo que se realizó durante las estas gestiones las cuales tenían diferentes visiones de lo que era un esquema de aplicar la tarifa a tramos de autopista puesta en manos de inversión privada.

## **1.2 LAS AUTOPSTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE MIGUEL DE LA MADRID HURTADO**

La administración de Miguel de la Madrid (1982 - 1988), inició el programa de concesiones, otorgando tres concesiones y la administración de Carlos Salinas de Gortari la continuó otorgando 49 más.

CONCESIONES EN EL SEXENIO DE MIGUEL DE LA MADRID HURTADO
Puente Tampico (Tampico- Cd. Madero)
Tepic-Mazatlán
Compostela-Puerto Vallarta

## **1.3 LAS AUTOPSTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE CARLOS SALINAS DE GORTARI**

Dentro del periodo de Carlos Salinas de Gortari (1988 - 1994), la idea principal de su gobierno como política de desarrollo, fue la privatización de todas las empresas paraestatales, el gobierno para esa fecha vendía todo lo que ya no podía mantener o controlar, en este contexto, la privatización o la no completa intervención del gobierno en cualquier proyecto de infraestructura trajo como resultado, entre otras, el llamado sistema de concesión de carreteras.

Primeramente, el gobierno a través de Banobras llevo a cabo tres proyectos pilotos en donde el gobierno era el que financiaba casi en su totalidad y el sector privado solo se



dedicaba a la construcción, posteriormente se creo el llamado “Programa Nacional de Carreteras”.

Durante la administración de Carlos Salinas de Gortari se concesionaron alrededor de seis mil 300 kilómetros en 23 proyectos carreteros autopistas de cuota a empresas constructoras; sin embargo, la falta de aforo vehicular y la crisis económica de 1995, entre otros factores, derivó en el fracaso de la mayoría de las concesiones.

CONCESIONES EN EL SEXENIO DE CARLOS SALINAS DE GORTARI
--

Tijuana - Tecate y Lib. de Tecate

Cabo san Lucas-San Pedro de Los Cabos

Cd. Obregón-Hermosillo-Magdalena de Kino-Nogales

Torreón-Saltillo/ Monclova Nueva Rosita-Libramiento Saltillo Ramos Arizpe

Libramiento Monterrey-Monterrey-Reynosa

Monterrey-Nuevo Laredo

Nuevo Laredo-Colombia

Reynosa-Matamoros

Cd. Victoria-Tampico

Cd. Obregón-Culiacán

Culiacán-Mazatlán

Mazatlán-Ruiz

Topolobampo -Cd. Obregón-Culiacán

Durango Torreón

Querétaro-San Luís Potosí

Tepic-Guadalajara

Lagos de Moreno-Zapotlanejo

Lagos De Moreno-Limite con Gto.

Guadalajara-Colima-Manzanillo

Morelia-Atlacomulco

Penjamo-Aguascalientes

Fresnillo-Cuencame  
Irapuato-León-Límite Gto  
León-Guanajuato  
Amacuzac-Chilpancingo-Acapulco  
Puente de Ixtla-Taxco  
La Venta-Chamapa  
México-Toluca (Vía Corta)  
Toluca-Tianguistenco-Ixtapan de La Sal  
Texcoco-Chimalhuacán-Chalco  
Iztapaluca-Los reyes  
San Martín Texmelucan-Puebla-Tlaxcala  
Licitación Amozoc-Perote  
Pachuca-Tulancingo  
Tehuacan-Oaxaca  
La Tinaja-Acayucan- Minatitlan-Coatzacoalcos  
Villahermosa-Macuspana  
Tapachula-Tonala  
Campeche-Mérida  
Ixtucab-Cancún

#### **1.4 LAS AUTOPSTAS EN LA ADMINISTRACIÓN ERNESTO ZEDILLO**

La administración del presidente Ernesto Zedillo (1994 - 2000) se enfocó a fortalecer las carreteras estatales y alimentadoras, así como en la reestructuración de las que tuvieron problemas financieros y requirieron el rescate del Estado. Para ello, se constituyó el Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC).

Ernesto Zedillo decretó, el 27 de agosto de 1997, el fomento de las vías concesionadas, mediante pagarés de indemnización de carreteras (Pics), y ordenó que las instituciones del Estado tomaran la deuda de los concesionarios, que actualmente existe y supera los 170 mil millones de pesos, y que son administrados por el Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC).

Termino de Cd. Victoria-Tampico

Libramiento San Luís Potosí

Uruapan- Lázaro Cárdenas

Las Choapas- Tuxtla Gutiérrez

## 1.5 LAS AUTOPSTAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE VICENTE FOX

En este sexenio (2000 - 2006), el modelo de concesión cambió a dos esquemas novedosos, mencionados a continuación, ya que se pretendió garantizar que no se repitieran los errores zedillistas.

Una de las grandes ventajas en este modelo de coinversión es la construcción de carreteras libres las cuales en el pasado no eran interesantes para los inversionistas. Hoy, bajo este esquema conocido en otros países como “Precio o cuota sombra”, es posible invertir en este tipo de carreteras ya que el que paga las cuotas es el mismo gobierno y no los usuarios. El primer proyecto bajo este nuevo concepto fue la carretera Irapuato-La Piedad. Existen dos tipos de aplicar estos sistemas los cuales son:

- Gestión delegada
- Gastos diferidos (PPS) pagos por servicio

No obstante el éxito inicial que tuvo el programa al revitalizar los sectores de la industria de la construcción y el transporte con esas obras, el esquema concesionario manifestó algunos problemas desde su origen:

- La concesión se otorgaba a quienes ofrecían el menor plazo.
- Los Bancos no otorgaban créditos a plazos mayores de 10 años.
- Las tasas de interés eran relativamente altas.
- Los estudios de demanda son siempre perfectibles.
- Hubo, en algunos casos, sobrecostos en la construcción de las obras.

Las tarifas de inicio de operación, ligadas a los flujos financieros de los proyectos, resultaron altas en términos de la capacidad de pago de los usuarios, no solo por el hecho de que los plazos de concesión eran muy cortos, sino también porque, comparativamente con las autopistas de CAPUFE, la recuperación de la inversión en infraestructura y el pago de los adeudos con la banca resultaban muy altos en comparación con las autopistas existentes.

Como consecuencia, las proyecciones de demanda de los títulos se incumplieron en 23 de las 52 concesiones otorgadas. La crisis económica que el país vivió entre 1994 y 1995, agudizó el problema.

Uno de los antecedentes más importantes de la rebaja tarifaria fue el programa de compactación de tarifas que aceptaron, a solicitud del gobierno, los concesionarios en diciembre de 1995 y sirvió como modelo para la compactación de tarifas aplicada por CAPUFE en su red a partir de enero de 1996.

A pesar del éxito de este programa de compactación, el gobierno, a través de la SCT y la SHCP se vio en la necesidad de refinanciar algunas concesiones, pero finalmente comprendió la necesidad de elaborar un programa de rescate carretero, fundamentado principalmente en el interés público, pero orientado también a evitar la quiebra de las empresas constructoras y el cierre de algunos bancos comprometidos con el programa.

Dicho rescate se terminó de instrumentar en 1997. Para ello se creó el Fideicomiso para el Rescate de Autopistas concesionadas (FARAC, por sus siglas) y se otorgó la concesión de todas las autopistas rescatadas a Banobras.

Para entonces, las tarifas habían permanecido notablemente altas, en parte debido a las condiciones originales de los títulos de concesión y a la acelerada inflación que se había registrado entre 1989 y 1997. A pesar de ello, varios concesionarios, asesorados por el propio gobierno, realizaron algunos esfuerzos significativos para reducir tarifas o, al menos, trataron de no incrementarlas.

CONCESIONES EN SEXENIO DE VICENTE FOX QUEZADA
---

Inicio Magdalena de Kino- Agua Prieta

Libramiento Matehuala

Muzqiz- Piedras Negras

Aguascalientes-León

Amozoc- Perote(Terminación)- Jalapa

Inicio Arco Norte San Martín Texmelucan- Tizayuca

Tulancingo- Tuxpan (Limite Veracruz)

Ciudad Victoria- San Fernando (Matamoros)

Veracruz- Nahutla

Fresnillo- Zacatecas

Mérida- Conexión con Autopista a Cancún

Cancún- Xel-Ha

Campeche- Campoton

San Luís Potosí- Ciudad Valles

Morelia- Salamanca

Limite Del Estado de Nayarit- Guadalajara

## **1.6 TIPOS DE REDES CARRETERAS**

Existen tres tipos de redes carreteras operadas por CAPUFE:

La Red Propia, que se integra con las autopistas y puentes que fueron concesionados a CAPUFE por el Gobierno Federal, a través de la SCT, para su operación, conservación, mantenimiento y explotación.

La Red Contratada, que consiste en las autopistas y puentes concesionados a terceros por el Gobierno Federal, a través de la SCT o de Gobiernos Estatales, que pueden ser otros niveles de gobierno (estatales o municipales) o empresas privadas para su operación, conservación, mantenimiento y explotación. CAPUFE es entonces contratado para brindar los servicios de operación y mantenimiento a los concesionarios.

La Red FARAC (Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas), que está integrada por las autopistas y puentes concesionados por el Gobierno Federal al Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS), a través de la SCT, para su operación, conservación, mantenimiento y explotación, que fueron rescatadas por el FARAC al quebrar los concesionarios privados originales. CAPUFE está contratado para la operación y mantenimiento de esta red.

## **1.7 SITUACIÓN DE LAS TARIFAS DESPUÉS DEL RESCATE CARRETERO**

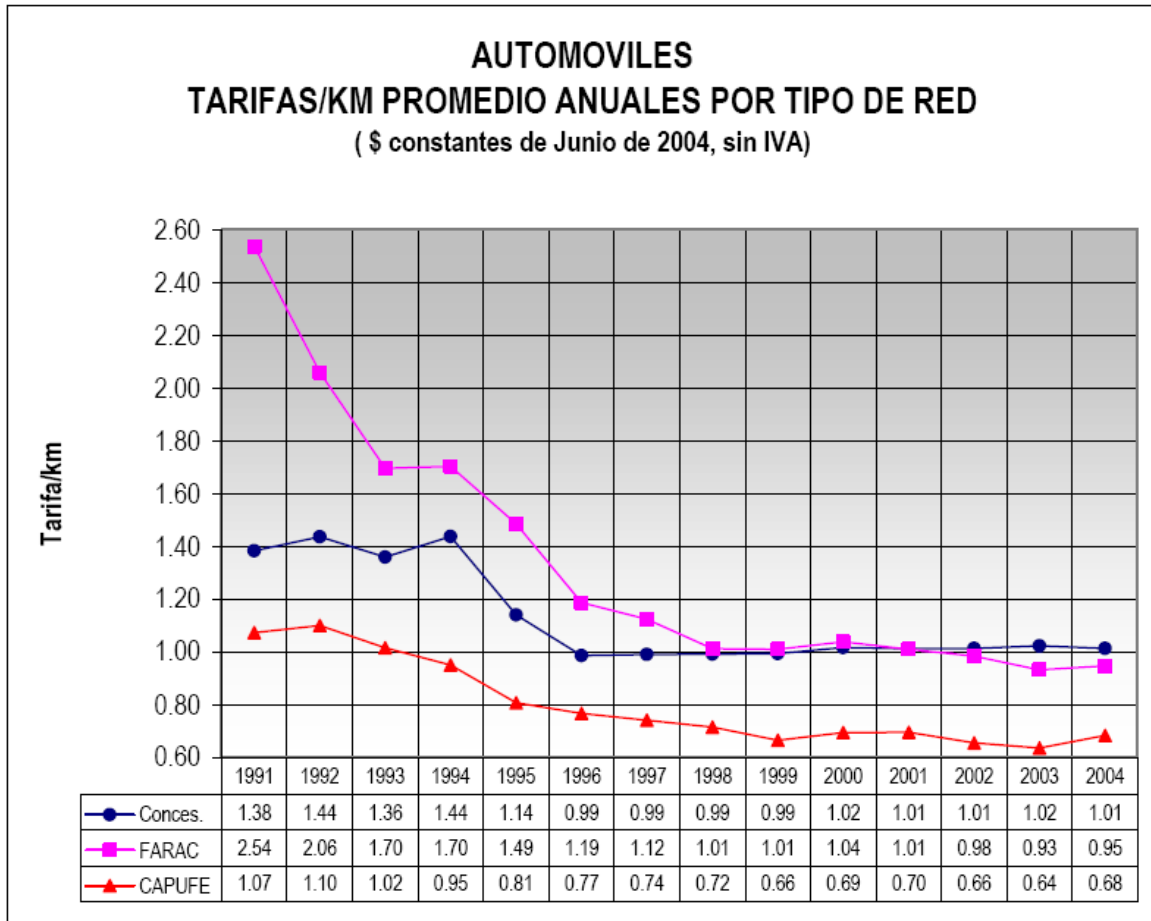
Una de las primeras acciones que realizó el gobierno de Ernesto Zedillo Ponce de León al rescatar las carreteras fue reducir significativamente las tarifas de todos los vehículos, pero sobre todo de los camiones de carga.

Se tenía la certeza, por estudios realizados, que la elasticidad de la demanda-precio permitía reducir las tarifas incrementando los ingresos. Adicionalmente, se modificaron las estructuras tarifarias, pasando de una estructura basada en el “cobro por número de ejes” a una estructura basada en “tipo de vehículos”. Con esta medida, se redujeron de diez a cuatro las categorías de cobro establecidas en el sistema, quedando únicamente: Automóviles (A); Autobuses y Camiones ligeros (B-C4); Camiones medianos (C5-C6) y Camiones pesados o articulados (C7-C9).

La primera reducción resultó, como se esperaba, muy exitosa. En el periodo 1997-1999, los aforos de la red rescatada crecieron a una tasa promedio anual de 12%.

En la grafica 1 observamos la variación de tarifas promedio anuales de automóviles particulares, a partir de 1991 y hasta junio del 2004, por tipo de red.

**Gráfica 1**

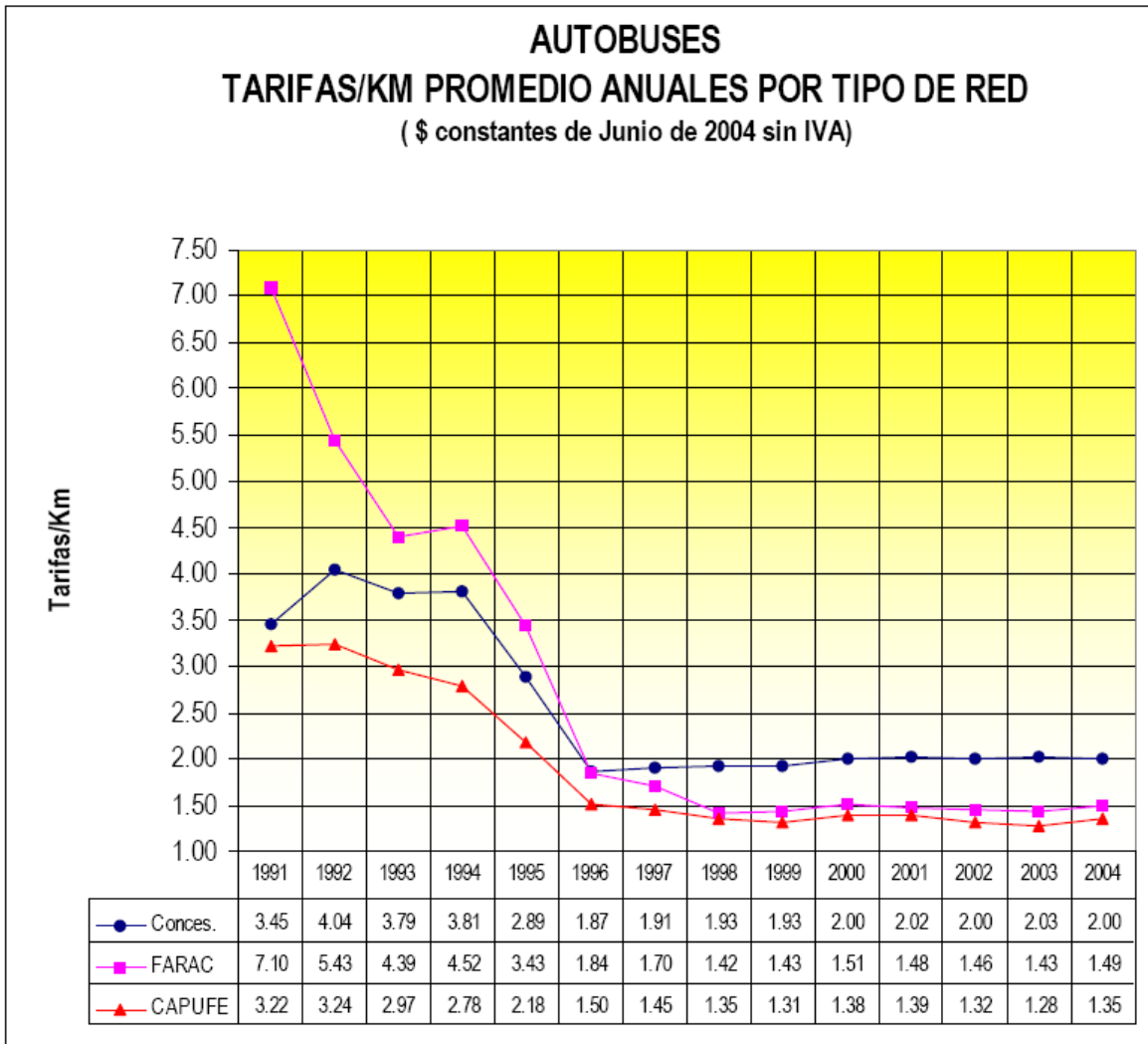


FUENTE: SCT

Las tarifas por kilómetro para automóviles en la red concesionada, en promedio y a precios constantes de junio de 2004 se redujeron de \$ 1.38 /Km. en 1991 a \$ 0.99 /Km. en 1997 (año del rescate carretero) y se incrementaron ligeramente a \$ 1.01 /Km. en 2004. En el caso de la red FARAC, para esos mismos años, las tarifas se redujeron de \$2.54 /Km. a \$ 1.12 /Km. y a \$ 0.95 /Km. En el caso de la red CAPUFE, las variaciones fueron de \$ 1.07 /Km. a \$ 0.74 /Km. y a \$ 0.68 en 2004.

En la grafica 2 observamos la variación de tarifas promedio anuales de autobuses, a partir de 1991 y hasta junio del 2004, por tipo de red.

**Gráfica 2**

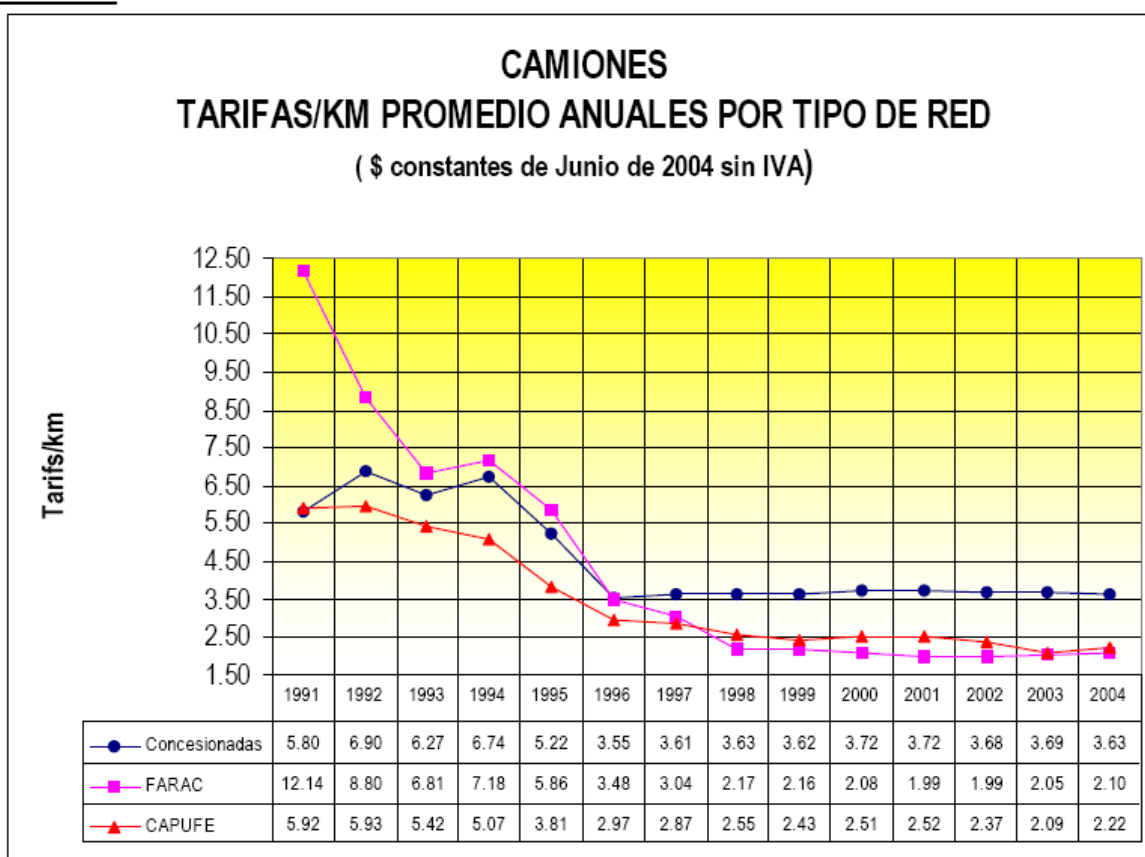


FUENTE: SCT

En el caso de los autobuses, las tarifas por kilómetro promedio para la red concesionada, variaron de \$3.45 /Km. en 1991 a \$ 1.91 /Km. en 1997 y a \$ 2.00 /Km. en 2004. En el caso de la red FARAC, estas variaciones fueron de \$ 7.10 /Km. a \$ 1.70 /Km. y a \$ 1.49 /Km. en esos mismos años. Para la red CAPUFE, las variaciones registradas fueron de \$ 3.22 /Km. a \$ 1.45 /Km. y a \$ 1.35 /Km., respectivamente.

En la grafica 2 observamos la variación de tarifas promedio anuales de camiones, a partir de 1991 y hasta junio del 2004, por tipo de red.

**Gráfica 3**



FUENTE: SCT

En el caso de los camiones, las tarifas por kilómetro se modificaron, en la red concesionada, de \$ 5.80 /Km. a \$ 3.61 /Km. y a \$ 3.63 /Km.; en el caso de la red FARAC, dichas variaciones fueron de \$12.14 /Km. a \$3.04 /Km. y a \$2.11 /Km., respectivamente. Finalmente, en el caso de la red CAPUFE, estas variaciones fueron de \$5.92 en 1991 a \$ 2.87 /Km. en 1997 y a \$ 2.22 /Km. en 2004. Cabe recordar que, a partir de 2005, la red FARAC y la red CAPUFE están prácticamente fusionadas (CAPUFE aún conserva algunos tramos de autopistas como red propia y la totalidad de los puentes de cuota).

Como se puede observar en las graficas anteriormente mostradas, existe una importante tendencia a homologar las tarifas en las tres redes y a realizar cobros por kilómetro cada vez más acordes con las demandas del mercado.

Las tarifas de las autopistas, son de los pocos precios que fija el gobierno, que han tenido reducciones sistemáticas a lo largo de los últimos 15 años.



## **1.8 DATOS DEL FIDEICOMISO DE APOYO PARA EL RESCATE DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS, (FARAC).**

En 1963 el gobierno federal creó Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) para operar, administrar y conservar las autopistas, caminos y puentes nacionales e internacionales de cuota. Su declive inició con el proyecto privatizador de Carlos Salinas de Gortari y durante la gestión de Ernesto Zedillo, cuando nació el “Fobaproa carretero”: la segunda deuda pública del país, después del IPAB.

En julio de 1997, el gobierno federal creó el Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC), en el Banco Nacional de Obras y Servicios en su doble carácter de fiduciario y fideicomitente, con el número 1936.

Por decreto, el FARAC tenía como fin cubrir la indemnización a los concesionarios y administrar los recursos provenientes de caminos, puentes y autopistas rescatados, así como emitir títulos de crédito para solventar las obligaciones del rescate carretero. El decreto fijó que dentro del FARAC sólo se tomarían en cuenta los saldos al 31 de agosto de 1997, de los créditos y pasivos contratados por cada una de las concesiones, siempre y cuando se hubieran aplicado directamente a la construcción de las carreteras rescatadas.

Durante 2002 el director de Banobras, Tomás Ruiz, y el secretario de Hacienda solicitaron al Banco de México autorización para que el FARAC pudiera celebrar operaciones de reporte y préstamo de valores con los Certificados Bursátiles de Indemnización Carretera, emitidos por Banobras en su carácter de fiduciario. En respuesta, el 19 de diciembre de 2002 el Banco de México lo autorizó mediante las circulares internas 1/2002 y 36/2002.

El 30 de enero de 2003, Banobras cuyo Consejo Directivo era presidido por Gil Díaz expidió las reglas para la colocación de Certificados Bursátiles de Indemnización Carretera Segregables, emitidos por Banobras, mediante una subasta efectuada el 7 de octubre de 2003. Todo al margen del Congreso, pues significaba el abultamiento considerable de la deuda pública.

El FARAC fue creado para pagar esta deuda con los ingresos propios e ingresos de los tramos rescatados. En tanto el reconocimiento como la declaratoria de pago de la deuda pública son atribuciones exclusivas del Congreso de la Unión, de acuerdo con el artículo 73 de la Constitución.

Por orden de Gil Díaz, entonces Titular de La Secretaria de Hacienda y Crédito Público y con Calderón en Banobras y luego con su sucesor Luís Pazos, se trasladaron al FARAC 26 tramos carreteros, considerados como las autopistas más redituables, no incluidos en el decreto original de 1997.

La tendencia actual es que los tramos carreteros rentables que pertenecen a la Red Propia están siendo transferidos a la Red FARAC.

Hoy FARAC concentra el 66% de la red nacional de autopistas y destina el 30% de los ingresos por peaje a operación y mantenimiento y el 70 al pago de la deuda, estamos hablando del decreto de 97, han transcurrido 10 años, debía 58 mil 123 millones, metieron las carreteras de tramos no incluidos en el decreto original, las que más dejan, destinan el 30% de los ingresos por peaje y operación y mantenimiento y el 70 al pago de la deuda.

El rescate carretero realizado a través del FARAC incluyó en 1997 a 23 de las 52 autopistas concesionadas en su mayoría a las empresas Ingenieros Civiles y Asociados (ICA), Grupo Mexicano de Desarrollo, Sociedad Controladora y Triturados Basálticos S.A. (Tribasa). Hasta diciembre de 2006 se contaban 49 tramos carreteros operados por el fideicomiso, incluyendo aquellos de reciente construcción.

En estos casos se encuentran las autopistas:

México-Cuernavaca

México-Puebla

México-Querétaro

Querétaro-Irapuato

Puebla-Acatzingo

Acatzingo-Ciudad Mendoza

Libramiento Cuernavaca

Tijuana-Ensenada

Ciudad Mendoza-Córdoba

Tecate-La Rumorsa

Rancho Viejo-Taxco

Los Cabos-San José del Cabo

Cuacnolapan-Oaxaca

Chiapa de Corzo- San Cristóbal de las Casas

Entre otros.

## **1.9 ¿CÓMO LOGRAR CONSTRUIR INFRAESTRUCTURA EN EL CASO DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS?**

Durante el análisis histórico, observamos el desarrollo de la red carretera de nuestro país, así como la manera de cómo se administraban, también observamos que se llegó a un punto el gobierno no contaba con los recursos suficientes para hacer crecer la red de autopistas.

La respuesta fue el programa nacional de autopistas concesionadas. Dicho programa contemplaba la construcción de 4,000 Km. de autopistas de altas especificaciones,

financiadas en gran parte a través de empresas constructoras y bancos privados, pero también con recursos del gobierno federal, los gobiernos estatales y la banca de desarrollo. En la siguiente tabla observamos un listado de autopistas concesionadas que estaban en operación hasta el año 2005

AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN OPERACIÓN HASTA EL 2005.	
AUTOPISTAS/TRAMOS	LONGITUD (Km)
Acatzingo - Ciudad Mendoza	92.95
Amozoc - Perote y Lib. de Perote	18
Armería – Manzanillo	47
Atlacomulco – Maravatío	64.35
Cadereyta – Reynosa	132.015
Camargo – Delicias	65
Cardel – Veracruz	29.88
Cd.. Cuautémoc – Osiris	42.31
Ciudad Mendoza – Córdoba	30.675
Córdoba – Veracruz	98
Cuacnopalan – Oaxaca	243
Cuernavaca – Acapulco	262.58
Chamapa – Lechería	27.346
Champotón – Campeche	39.5
Chapalilla – Compostela	35.5
Durango – Yerbanís	105.2
Ecatepec – Pirámides	22.21
El Centinela-La Rumorosa	47.297
El Sueco - Villa Ahumada	86.7
Ent. Agua Dulce - Cárdenas	53.3
Ent. Tulancingo - Venta Grande	41.2
Estación Don – Nogales	459

Gómez Palacio – Corralitos	151.3
Guadalajara – Colima	146
Guadalajara – Tepic	168.616
Guadalajara – Zapotlanejo	26
Gutiérrez Zamora-Tihuatlán	37.289
Jiménez – Camargo	70
La Pera-Cuautla	34.165
La Rumorosa – Tecate	55.5
La Tinaja – Cosoleacaque	228
Las Choapas - Ocozocoautla	198
León – Aguascalientes	103.85
Libramiento de Escuinapa - Rosario	37
Libramiento de Fresnillo	20.05
Libramiento de Manzanillo	19
Libramiento de Matehuala	14.2
Libramiento de Nogales	12.5
Libramiento de Víctor Rosales	5.9
Libramiento Noreste de Querétaro	37
Libramiento Oriente de Saltillo	21
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	33.76
Libramiento Poniente de Tampico	14.478
Maravatío – Zapotlanejo	309.7
Mazatlán – Culiacán	181.5
Mérida – Cancún	241.34
México – Cuernavaca	61.54
México - La Marquesa	22
México – Pachuca	45.8
México – Puebla	110.91
México – Querétaro	115.142

Monterrey - Nuevo Laredo	123.1
Nueva Italia-Lázaro Cárdenas	24.448
Pátzcuaro – Uruapan	56.5
Peñón – Texcoco	16.17
Puebla-Acatzingo	42.27
Puente de Ixtla – Iguala	63.578
Puerto México - Ent. La Carbonera	32
Querétaro – Irapuato	103.75
Rancho Viejo-Taxco	8.34
Reynosa – Matamoros	44
Rosario - Villa Unión	34
Salina Cruz - La Ventosa	73.5
S. José del Cabo – Aerop. Los Cabos	20.2
San Martín Texmelucan-Tlaxcala	19.419
Tepic - Entronque San Blas	25
Tehuacán – Tuxpan	37.5
Ensenada – Tijuana	89.54
Tijuana - Tecate y Lib. de Tecate	35.22
Torreón – Saltillo	115.019
Tuxtla Gutiérrez - S. Cristóbal de las Casas	21
Uruapan - Nueva Italia	60
Yerbanís - Gómez Palacio	117
Zacapalco - Rancho Viejo	17.3
Zapotlanejo - Lagos de Moreno	118.5

CONSTRUCCION TOTAL DE TRAMOS EN Km	5861.907
---------------------------------------	----------

Como resultado de la crisis económica de 1995 en nuestro país la empresa que contrataron concesiones carreteras, se vieron afectadas; por lo que el gobierno tuvo que intervenir con el único objeto de continuar brindando el servicio.

Hace más de una década se ejecutó el llamado “rescate carretero”, que consistió en que el gobierno federal tomara el control de los activos de 23 autopistas concesionadas de las 52 existentes en ese momento, luego de que quienes tenían el control de las mismas no pudieron enfrentar sus compromisos con diversas instituciones financieras, lo cual dio paso a la creación del Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC).

Sin embargo, los recursos que se le otorgan a la SCT vía Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), esta dependencia considera tres esquemas para incrementar la infraestructura en donde intervienen inversionistas privados: Nuevas Concesiones, Proyecto de Prestación de Servicios (PPS) y Aprovechamiento de Activos; este último el que más polémica ha generado.

En la siguiente tabla observamos las tarifas del programa de rescate carretero comparativo de agosto a septiembre de 1997 tarifas /Km. a precios corrientes (c/IVA), observando el descuento en % que se aplicó en este periodo para cada tipo de vehículo y las tarifas promedio estos esquemas de autopistas.

En la siguiente tabla se muestran las rebajas (descuentos) tarifarias en %, que se aplicaron entre agosto y septiembre de 1997.

No. Aut.	Autopista	SEPTIEMBRE			AGOSTO			REBAJA %		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	Cadereyta – Reynosa	0.76	0.95	1.33	0.89	0.95	1.72	-15.3	0.0	-22.9
2	Chamapa – Lechería	0.73	1.28	1.90	1.02	1.68	3.94	-28.6	-23.9	-51.9
3	Champotón – Campeche	0.64	0.90	1.78	0.62	1.05	2.21	4.2	-14.6	-19.6
4	Córdoba – Veracruz	0.87	1.12	1.62	0.98	1.58	2.87	-11.5	-29.0	-43.6
5	Cuernavaca - Acapulco	0.91	1.29	1.91	1.08	1.88	3.22	-15.8	-31.2	-40.7
6	Estación Don – Nogales	0.41	0.64	0.90	0.41	0.81	1.23	0.0	-20.6	-27.3
7	Gómez Palacio - Corralitos “La Unión”	0.54	0.65	0.97	0.57	0.76	1.47	-3.8	-14.3	-34.1
8	Guadalajara – Tepic	0.93	1.13	1.88	1.10	1.59	2.94	-14.9	-28.8	-36.2
9	Guadalajara – Zapotlanejo	0.73	0.85	1.74	0.81	1.12	2.72	-9.5	-24.1	-36.2
10	La Carbonera – Puerto México	0.82	1.58	3.33	0.82	1.58	3.33	0.0	0.0	0.0
11	La Tinaja - Cosoleacaque	0.66	0.94	1.49	0.91	1.35	2.56	-27.9	-30.0	-42.0
12	León – Lagos de M. – Aguascalientes	0.69	0.95	1.54	0.84	1.29	2.53	-17.5	-26.7	-39.0
13	Libramiento Noreste de Querétaro	0.54	0.81	1.18	0.68	1.08	1.50	-20.0	-25.0	-21.0
14	Libramiento Oriente de Saltillo	0.77	1.09	0.00	0.77	1.09	0.00	0.0	0.0	0.0
15	Libramiento Poniente de Tampico	1.07	1.43	2.14	1.50	2.22	4.01	-28.6	-35.5	-46.5
16	Maravatío – Zapotlanejo	0.57	0.90	1.43	0.72	1.30	2.78	-21.2	-30.7	-48.5
17	Mazatlán - Culiacán	0.61	0.96	1.43	0.77	1.28	2.52	-20.9	-24.6	-43.4
18	Monterrey – Nuevo Laredo	0.81	1.09	1.60	0.96	1.57	2.95	-15.3	-30.4	-45.6
19	Torreón – Saltillo	0.47	0.54	1.02	0.60	0.75	1.45	-20.9	-29.0	-29.6
20	Zapotlanejo – Lagos de Moreno	0.76	1.01	1.59	0.94	1.27	2.52	-18.9	-20.5	-36.7
Tarifas/Km. Promedio										
1. Autopistas Concesionadas		0.65	1.03	1.75	0.73	1.24	2.32	-11.10	-16.54	-24.51
1.1. Rescatadas		0.65	0.91	1.40	0.77	1.22	2.26	-15.82	-25.41	-38.14
1.2. No Rescatadas		0.66	1.27	2.41	0.66	1.28	2.43	-0.66	-0.66	-0.66
2. CAPUFE		0.56	1.05	2.01	0.56	1.05	2.01	0.00	0.00	0.00

FUENTE: SCT

Como se observa en dicho cuadro, las rebajas fueron de 15% para automóviles, 25% para autobuses y hasta 38% para camiones. Las gráficas 1,2 y 3, muestran la evolución de las tarifas por kilómetro para cada uno de estos tipos de vehículo, respectivamente. Nótese que a partir del rescate carretero y del último ajuste de tarifas, éstas se han mantenido prácticamente constantes pero con una ligera tendencia a la baja.

Como un dato sobresaliente en este capítulo y para análisis final, podemos observar que durante la estructuración de los esquemas de concesión y tarifación para las autopistas en México; la aplicación de la tarifa para cada categoría vehicular, aun cuando se haya realizado rebajas (descuentos), que benefician en general a todas estas categorías, el porcentaje de descuento es mayor para los camiones de carga y, este resultado es parte de el análisis de la generación de las nuevas tarifas.

## CAPITULO 2 FORMAS DE TARIFICACIÓN EN AUTOPISTAS DE CUOTA

---

...” en Europa Un camión T3 S2 de 5 ejes, provoca el mismo daño o deterioro a la carpeta asfáltica que el equivalente a 8000 vehículos particulares pasando por misma sección de autopista”...



## 2. 1 POLITICAS DE TARIFICACIÓN

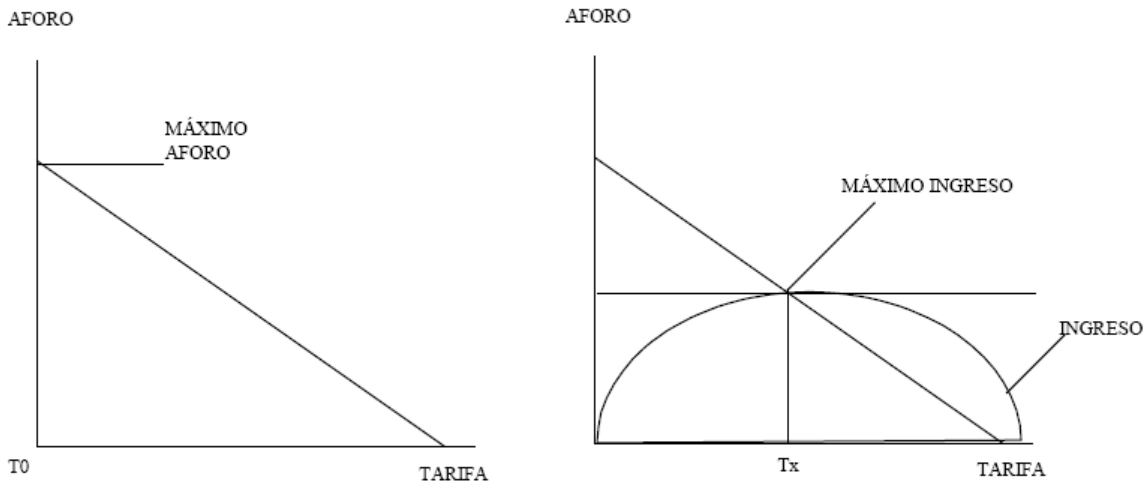
Las tarifas óptimas forman parte de una política tarifaria que ha evolucionado, desde el inicio de operación de las primeras autopistas hasta los niveles tarifarios que han alcanzado en la actualidad.

Como es bien sabido por los analistas de tarifas, maximizar el aforo, por la estructura de la gráfica teórica de la demanda, implica establecer tarifas muy bajas o nulas. En cambio, maximizar el ingreso requiere contar con series estadísticas de información confiables de aforos e ingresos, que nos permitan determinar la tarifa que maximiza el ingreso. Lo anterior descrito lo muestran a continuación las graficas, en las cuales intervienen el aforo y la tarifa y se puede observar que:

En la primer grafica que el aforo aumenta mientras la tarifa tiende a cero.

En la segunda observamos que; se requiere de alguna serie estadística para alcanzar el criterio de máximo ingreso variando la tarifa sin afectar significativamente el aforo.

### CURVAS TEÓRICAS DE DEMANDA



En la primera figura, se muestra la curva de la demanda que básicamente describe el efecto de variar el aforo con respecto de la tarifa, en la segunda grafica se muestra la aplicación de una función que modifica la demanda de tal manera que resalta un punto de maximización del ingreso con respecto a la tarifa.

En México, adicionalmente, factores importantes que se deben tomar en consideración al establecer una política tarifaria:

- Para construir y operar una autopista de cuota, debe existir una vía alterna libre. Ello implica que existe un mercado de usuarios que no necesariamente está dispuesto a utilizar la autopista de cuota, bien sea porque no forma parte del origen y destino del viaje o bien, porque la tarifa no le parece adecuada en términos económicos. (Tiempo de recorrido, costos de operación vehicular, etc.)
  
- Existen tres tipos diferentes de redes de autopistas de cuota:
  - las que operan las empresas privadas que obtuvieron una concesión
  - las que opera el gobierno federal y que se construyeron con recursos públicos
  - las que opera el gobierno federal y que se construyeron originalmente con recursos privados, pero que tuvieron que ser rescatadas por el gobierno por problemas financieros

## **2.2 PUNTO DE VISTA DEL GOBIERNO SOBRE LAS AUTOPISTAS DE CUOTA.**

La pérdida de calidad de los servicios de infraestructura asociada con la participación del sector público llevó en la década de los 80 al inicio de la decadencia de la participación pública.

Las razones por las cuales el sector público decide incorporar al sector privado a las infraestructuras son múltiples. Cada país tiene sus propios motivos; pero aun si los motivos son comunes a varios países, la importancia de los mismos en el proceso de decisión suele ser muy distinta. Por ejemplo, en las economías emergentes de Asia la principal razón fue la escasez de recursos del estado para financiar las necesidades de cobertura, crecimiento y competitividad de sus economías. Sin embargo, en América Latina, aunque con diferencias marcadas en diferentes países, las razones para la privatización incluyeron además la necesidad de reducir el impacto sobre las finanzas públicas de los déficits de las empresas de servicios públicos, la presión política de la sociedad por la baja calidad y deficiente cobertura de los servicios y la necesidad de generar recursos a través de las privatizaciones para financiar los programas de estabilización económica o de satisfacer necesidades sociales.

*Detengámonos un poco en el caso los países de habla hispana.*

En esta región, la presunción de la mayor eficiencia en la prestación del servicio por parte del sector privado ha sido uno de los principales alicientes y una de las mayores diferencias con el caso de Asia. Adicionalmente, en algunos países, especialmente en los que han

pasado por una primera etapa de privatizaciones, han surgido otras razones para continuar con la incorporación del sector privado a las infraestructuras. Estas razones son la creación de oportunidades de inversión para el sector privado, la atracción de capitales y tecnología del exterior y el desarrollo de los mercados de capitales. En algunos sectores tales como el desarrollo de infraestructura, las innovaciones tecnológicas han permitido y promovido la participación del sector privado. Para los países desarrollados, la principal motivación parece ser la reducción del costo del servicio y la introducción de mejoras tecnológicas a través de la competencia entre proveedores del sector privado.

Algunos casos especiales, como el de España y otros países europeos, ante la necesidad de cumplir con algunos objetivos, deben apelar a la reducción de inversiones públicas en infraestructuras sin comprometer el crecimiento económico. En algunos de esos países, cuyo crecimiento económico está influenciado por la industria de la construcción y esta a su vez depende de las contrataciones del estado, la privatización permite mantener una inversión estable en infraestructuras sin afectar a las finanzas públicas. La participación del sector privado en las nuevas infraestructuras es una alternativa que puede suavizar los ciclos económicos. En efecto, en la parte baja del ciclo cuando caen los ingresos fiscales y aumentan los gastos de prestación social, en particular en desempleo, los gobiernos recortan la inversión en obra pública para controlar el déficit público. La caída de inversión pública contribuye a una contracción de la actividad económica que a su vez contribuye a que haya menos recursos fiscales al recurrir al sector privado, sus inversiones en infraestructura pueden suavizar los ciclos económicos depresivos relacionados con la baja en los ingresos fiscales.

Es conveniente hacer una advertencia. A efectos de reducir el impacto presupuestario, algunos países están estimulando la participación del sector privado a través de modalidades que pueden no ser sostenibles en el largo plazo y que no aprovechan los beneficios de la participación privada. Estas modalidades tienen el común denominador de aprovechar las imperfecciones contables que contabilizan como parte del presupuesto corriente las erogaciones del año, pero no el valor presente de los compromisos de pago futuro que se adquieren. Así por ejemplo, los gobiernos contratan la construcción de una obra con el sector privado, con pago diferido al momento de la entrega de la obra o bien por cuotas anuales a través de un contrato de arrendamiento de la obra del sector privado. Estos esquemas suelen tener en común que la obra cuesta más que si la hubiera construido el sector público ya que incluye el costo del financiamiento que en general es superior para el sector privado y no se beneficia de la operación del sector privado, que suele introducir eficiencias compensatorias. Esta posposición del impacto presupuestario no debería ser una de las razones para estimular la participación privada.

Para terminar este breve análisis de las motivaciones de los países para incorporar al sector privado, hay que hacer otra importante observación. En casi todos los países, el aumento de

eficiencia está en la lista de motivaciones para la incorporación del sector privado al suponer que el sector privado prestará el servicio en una forma más eficiente que el sector público.

Sin embargo, esta premisa no es necesariamente cierta, ya que depende mucho de las características del sector público del país y de la obra en cuestión. Parece ser más válida en América Latina que en Asia. Parece ser menos válida aún en países desarrollados. Por otra parte, es de esperar que el costo del financiamiento del sector privado sea superior al del sector público. No existe casi ningún inversor privado que tenga un riesgo inferior al riesgo soberano. La participación del sector privado será efectiva en reducir el costo del servicio en la medida que los aumentos por eficiencia compensen el mayor costo del financiamiento, a través de un mejor servicio a un menor costo. Esta reducción no siempre será posible, entonces el sector público y el sector privado tendrán que instrumentar esquemas de mitigación de riesgos, en especial los riesgos políticos derivados de la inestabilidad institucional y reguladora, para que la incorporación del sector privado sea efectiva en reducir los costos de las infraestructuras, en particular el del financiamiento.

En México se ha dado la modalidad de cobrar una tarifa fija por Km. para el uso de carreteras. Las tarifas son fijadas por el organismo responsable de su operación. En el caso de las carreteras construidas por el Estado y que han sido entregadas a CAPUFE para su administración, la SHCP autoriza las tarifas; para el caso de las autopistas manejadas por el FARAC, es el comité técnico del fideicomiso el que determina la tarifa y para las concesionadas es la SCT quien determina la tarifa.

Para México, los ingresos por peaje de los concesionarios se fijan para diferentes tipos de vehículos, estableciéndose una regla de actualización en el título de concesión. Se trata de tarifas basadas en el costo medio por tipo de vehículo y/o eje adicional. Y no hay avisos que se contemple introducir tarifas a costo regional ó definidas en función del costo de oportunidad para modelar en periodos fijos.

El Gobierno le garantiza al concesionario una parte de los costos y de las proyecciones de tránsito, si el tránsito fuera menor al estimado o los costos aumentan más de un porcentaje determinado respecto a lo proyectado, el Gobierno puede compensar esa pérdida a través de un incremento en la duración de la concesión.

Uno de los problemas que enfrentaron anteriormente las autopistas concesionadas, fué las valoraciones equivocadas respecto a aforos vehiculares sobreestimados y tarifas demasiado altas, situaciones que sumadas a sobrecostos de construcción, llevaron al gobierno a fomentar un programa de consolidación de las autopistas concesionadas por medio del denominado “FARAC”.

En diciembre de 1995, como resultado de la severa crisis económica de un año atrás, el gobierno le concede a los camiones comerciales de carga y pasajeros un crédito impositivo a cambio de los peajes pagados. Como consecuencia de esto 28 concesionarios disminuyeron los peajes que en promedio se reducen cerca de un 30%, sin embargo esa medida no fue suficiente, siendo necesaria una revisión a la baja a las tarifas.

Desde 1997 esa baja en términos reales a las tarifas asciende a un porcentaje de 8% para automóviles, 16.7% para camiones livianos y de hasta un 29% para camiones pesados. Estos porcentajes son variables dependiendo del tipo de autopista, con casos extremos de rebajas de hasta 20% en automóviles y hasta en 5% en casos de aumento de tarifas. (Fuente SCT).

En marzo de 2002, teniendo en cuenta la experiencia obtenida en concesiones previas y tratando de no cometer los mismos errores señalados, la SCT dio a conocer un nuevo llamado a licitación de 8 proyectos de concesión al sector privado redistribuyendo los riesgos a través de proceso de coinversión, en el que tanto el gobierno federal como el concesionario, aportarán porcentajes determinados de presupuesto y las cantidades restantes será aportado a través de agentes financieros con el fin de compartir proporcionalmente los riesgos.

### **2.3 PUNTO DE VISTA DEL CONCESIONARIO SOBRE LAS AUTOPISTAS.**

Para diseñar y mantener un programa de participación privada en infraestructura es importante identificar los cambios que tal incorporación genera y actuar sobre ellos. En el esquema de propiedad pública, el sector privado se relaciona con el sector público a través de un esquema de proveedor-cliente, en tanto que, con la participación del sector privado, este se relaciona con los consumidores y usuarios directamente. Por otra parte, el sector público pasa a ser representante de los intereses de los consumidores y usuarios, pero también tiene que proteger los intereses del sector privado. Por ejemplo, cuando el sector público contrata los servicios de construcción de obras con el sector privado la duración y las condiciones del contrato están muy definidas.

Cuando el sector público concesiona una carretera, los ingresos del sector privado dependen en gran medida de los usuarios, la duración es mucho más larga y por lo tanto el contrato tiene que incluir cláusulas de adaptación a cambios en el entorno económico.

Estas nuevas relaciones dar lugar a una serie de complicaciones que pueden atentar contra el éxito y la continuidad de la participación del sector privado. Para este entonces, ya hay dos nuevos conjuntos de relaciones las cuales son:

## **2.4 RELACIÓN SECTOR PÚBLICO-SECTOR EMPRESARIAL:**

Nuevos riesgos que deben ser mitigados.

Esta relación está cubierta por lo que podemos llamar el “contrato público-privado” que incluye, además del contrato legal de asignación (sea de gestión, sea de concesión, sea de venta de activos), toda la normativa legal e institucional aplicable, incluyendo la supervisión de la gestión, ya sea por parte de un organismo del estado ya sea por un ente regulador independiente.

Esta relación contractual introduce un sinnúmero de riesgos políticos, de “comportamiento” del sector público, como por ejemplo, el de pago de subsidios, de suministro de compra del servicio (si está en manos de monopolio estatal: distribución de electricidad), de fijación de tarifas de servicio, de cambio de normas ambientales y de seguridad, de cambio unilateral de las reglas de juego, etc. En la relación contractual clásica, el riesgo para el sector privado provocado por cambios de comportamiento del sector público se limitaba en la mayor parte de los casos al riesgo de cobro por la construcción de la obra. En algunos países, la percepción de que el riesgo derivado de decisiones del sector público, comúnmente denominado riesgo político, es muy elevado y no mitigable limita severamente la participación privada.

## **2.5 RELACIÓN SECTOR EMPRESARIAL- USUARIOS DEL SERVICIO:**

Cambio en las reglas de juego.

En la infraestructura privada, el sector privado tiene una relación directa con los usuarios (si le suministra a éste el servicio), lo cual obliga al proveedor del servicio a una nueva relación, para atender a los usuarios:

- En los esquemas tradicionales, esta función la realiza el sector público, en los nuevos esquemas el sector privado debe ser sensible a las necesidades y demandas de los usuarios.
- Los usuarios, al tener como proveedor al sector privado, aumentan sus expectativas de calidad del servicio y hacen valer sus derechos hasta por la vía de pleitos legales.
- El sector privado debe reconocer y prepararse para este cambio en las reglas del juego.

El sector privado se involucra en programas de financiamiento a través de los grupos financieros e industriales, en donde anteriormente era exclusivo del sector público; posteriormente el sector privado podría recibir apoyo del gobierno. Por consiguiente, puede verse afectada la viabilidad económica, sobre todo si se proyecta a corto plazo sin mirar hacia adelante, con base en supuestos de crecimiento y condiciones macroeconómicas estables en el corto plazo del proyecto

Lo que se observa en estos esquemas, es que los contratos de las concesiones tienen una estructura de incentivos tal, que resulta sensiblemente vulnerable ligado al desempeño macroeconómico global y sobre todo a las situaciones de riesgo en el periodo de la concesión.

A la mayoría de las empresas no les interesa obtener un retorno a largo plazo, más bien su objetivo principal es a corto plazo y efectivamente, ganar el contrato de construcción.

El planteamiento general de concesión indica que los concesionarios deben aportar la mayor parte del capital posible, el crédito bancario se encuentra entre el 40% y el 70% como máximo del fondeo del proyecto. El capital restante se puede obtener de aportaciones de los gobiernos estatales y empresas paraestatales, otros fideicomisos y en algunos casos en colocaciones de deuda en mercados internacionales. (dato obtenido de Felipe Ochoa y Asociados).

Al obtener la concesión, la empresa concesionaria y la institución financiera deben formar un fideicomiso operador que administra la construcción, operación, mantenimiento y manejo de los recursos.

De esta manera el fideicomiso se encarga de reunir los recursos de la aportación inicial del concesionario, la parte de del financiamiento en crédito y de otros participantes.

Estos recursos se canalizan primero a la construcción de la obra, y cuando esté en operación, el fideicomiso captará todos los recursos y los utiliza para el pago de las amortizaciones de la deuda, gastos de operación y mantenimiento.

Una vez pagada toda la deuda y concluida la concesión, se le reintegra al concesionario toda su inversión inicial y el remanente se distribuirá entre el concesionario y la institución financiera

En conclusión, el modelo tradicional al aplicar la teoría clásica e intenta maximizar las utilidades y minimizar los riesgos financieros, al aplicar un mínimo tiempo de recuperación del capital de riesgo y un mínimo tiempo en el pago de deuda, debido a que por sus características financieras, (grandes inversiones, largos períodos, bienes públicos, múltiples

actores, grandes intereses económicos y políticos, etc.), la infraestructura privada enfrenta un número extraordinario de riesgos políticos, comerciales (construcción, operación), financieros y legales. Estos riesgos deben ser asignados a instituciones financieras con capacidad para mitigarlos o absorberlos.

Aunque esto pueda parecer una trivialidad, muchos problemas de la incorporación privada a la gestión y financiación de infraestructuras, en la práctica, se originan porque algún agente asume un riesgo que no puede manejar y se libera de tal riesgo al agente que sí debe actuar.

Por la forma de fijar las tarifas, los intereses entre el sector público y privado pueden llegar a ser encontrados, dado que el concesionario no puede exceder la tarifa promedio máxima, pero puede aplicar las tarifas por tipo de vehículo más convenientes para el mercado de su autopista. Si en algún período se excede la tarifa máxima establecida, la Secretaría la ajustará para el siguiente período cuando se instrumente el incremento anual de acuerdo con el comportamiento de la inflación.

La información estadística confirma el crecimiento de la participación privada, especialmente en mercados emergentes y ahora, con intensidad, también en países de mayor desarrollo. Sin embargo, los negocios que se han concretado parecen estar por debajo de las expectativas que se han creado. La contradicción aparente entre el gran interés despertado y las relativamente pocas obras concretadas despiertan la necesidad de la respuesta a una pregunta clave:

¿Es esto una moda pasajera o refleja un cambio permanente en la modalidad de provisión de infraestructuras? La respuesta depende mucho de cómo se maneje el proceso de transición y como se gestione este esquema.

## **2.6 VISTAZO A LA TARIFA POR CONCESIÓN PARA LLEGAR A UNA TARIFA ALTERNA**

En el modelo de aplicación de tarifas, que es el sistema de contratación por concesión, contempla principalmente la recaudación por peajes y los concesionarios asumen la administración de la vía y la recaudación del peaje, para recuperar la inversión realizada. Sin embargo, la participación del sector privado aún depende mucho del Estado en cuanto a las inversiones iniciales, garantías y riesgos.

Se conocen tres generaciones de concesiones, aunque operan efectivamente las de la red propia y la red contratada.



**En el modelo tradicional de concesión:**

$$I_{\text{total}} - \text{Costo Total} = \text{utilidad} = \% \text{ constante del ingreso}$$

Dependiendo de la equivalencia de los ingresos de los vehículos de carga y despejando la ecuación:

$$I - C = K$$

Donde:

I: total de ingresos

C: la suma total de los costos aplicados

K: utilidad relacionada con el ingreso

**Por consiguiente se asume que:**

Si aplicamos un modelo de maximización para varias al ingreso sucede que:

Al Maximizar el Ingreso ; Se Maximiza la Utilidad

Esto es cierto si la Utilidad es igual a una Constante en porcentaje de los Ingresos.

Que en la realidad esto nunca pasa, puesto que al cambiar la tarifa, cambia la demanda por tipo de vehículo (según la encuesta de preferencia declarada), esto es que la variación de la tarifa afecta las decisiones de los usuarios en utilizar o no, la autopista. Para tales efectos y debido a los costos de operación de los mismos usuarios, que implica esta variación de la tarifa, toman la decisión de buscar rutas alternas para transitar o trasladar algún bien o servicio. En consecuencia cambia la composición vehicular, y los costos de mantenimiento

asociados, debido a que esta nueva variación tarifaria afectara positiva o negativamente el aforo de alguna composición vehicular. Esto cambiara el esquema de cobro, dado que se deberá tomar en cuenta que el daño efectuado a la carpeta asfáltica se verá modificado, la estimación de los costos de mantenimiento también serán afectados. Por lo tanto los costos totales también cambiaran en forma no proporcional a los ingresos, teniendo por consecuencia que la utilidad no es una constante en porcentaje de los ingresos.

Ejemplo:

Para la aplicación de los modelos tarifarios en Europa, en los que el costo por deterioro de la carpeta asfáltica es considerada como un factor importante en la determinación de la tarifa, en los cuales se les asigna un costo a cada categoría vehicular; tenemos que convertir el peso de cada categoría vehicular a los equivalentes en peso por eje y por tipo de vehículo para calcular el daño que producen, en los cuales tenemos que:

En Europa Costo Deterioro para una autopista = Función (ESAL Pesado/ESAL Ligero)<sup>3</sup>

1 Vehículo Particular (A) = 1 ton; 2 ejes

Peso por eje = 0.5 ton

1 ESAL= 8 ton, por lo tanto;

$(0.5/8)= 0.062$  ESAL

1VP = 1/16 ESAL de 8 ton

Ahora;

1 Camión de Carga (C) con las siguientes especificaciones:

1 T3 S2 = Peso Maxi de 49 ton = 5 ejes = 9.8 ton/eje

Peso por eje = 9.8ton,

1ESAL = 8ton por tanto;

$(9.8/8)=1.22$  ESAL

ESAL Pesado/ESAL Ligero =  $1.22/0.062 = 20$  ESAL

Deterioro = 203 = 8000 veces más deterioro que un vehículo particular.

Donde:

(A): Vehículo particular.

(C): La definición de un camión de carga según el número de ejes T3S2.

ESAL: equivalente de carga puntual por eje.

Al realizar la conversión de equivalentes ESAL entre camión de carga de 49 toneladas y vehículo particular de 2 ejes y de 0.5 toneladas por eje, el resultado arroja el siguiente resultado: Un camión T3 S2 de 5 ejes, provoca el mismo daño o deterioro a la carpeta asfáltica que el equivalente a 8000 vehículos particulares pasando por misma sección transversal de autopista.

## **2.7 VISIÓN CLÁSICA A LA TEORIA PARA LLEGAR A LAS TARIFAS ÓPTIMAS**

Sobre la base del incremento de la demanda en las autopistas de cuota, las empresas concesionarias realizan acciones para fomentar el crecimiento de los ingresos y buscan lograr la estabilidad financiera. Todo esto dentro de un esquema tarifario que maximice los ingresos para así hipotéticamente maximizar las utilidades.

Por lo tanto, la visión clásica de los modelos está mayormente enfocada a la maximización de los ingresos así también la mayoría de los modelos tarifarios analizados en este documento, están diseñados para este efecto (ver capítulo “3” Estado del Arte).

## **2.8 DISEÑO DE MODELO TARIFARIO ALTERNO**

Debido a que en el análisis que se realiza en el esquema clásico de modelo tarifario, se llega a la conclusión que el resultado de la variación de la tarifa, no nos proporciona una constante del ingreso debido a que el aforo cambia de acuerdo al tipo de vehículo que afecta o daña un segmento de la autopista. Esto modifica el esquema de costos de mantenimiento, por ende no se llega a una maximización de las utilidades por que los factores de incrementos del mantenimiento vial intervienen en el cálculo.

El modelo alterno propuesto se enfoca en una maximización de los ingresos netos excluyendo los costos esto es del excedente de operación y por ende las utilidades netas, tomando en consideración las posibles variaciones en la composición vehicular debidas a las variaciones en las tarifas.

De acuerdo a los puntos de vista vertidos anteriormente en los cuales, los modelos que consideran tanto los concesionarios como el gobierno, corresponde a un proceso en el cual, el principal objetivo del Modelo es el de maximizar los ingresos en las autopistas tanto contratadas como propias.

El modelo alterno propuesto, plantea una metodología para maximizar las utilidades de los proyectos carreteros, a fin de favorecer el financiamiento privado de autopistas de cuota en México, y de esta manera poder observar, hasta qué grado se puede maximizar la utilidad categoría vehicular, variando la tarifa.

***EL OBJETIVO DE SOLUCIÓN PARA LA PROPUESTA ALTERNA ES:***

- 1) Se debe considerar que los costos tales como:  
Costo de inversión y financiamiento = costo fijo  
  
Costo de administración y cobranza = costo fijo  
  
Costo de mantenimiento = costo variable
- 2) La tarifa tiene una estructura binomial con un componente fijo y un componente variable.
- 3) El componente variable se ajustara para determinar la tarifa.
- 4) Como resultado de análisis de la preferencia declarada de los usuarios (disposición a pagar), la demanda depende del nivel tarifario (curva monótona decreciente del tipo Weibull).
- 5) En consecuencia, cualquier cambio en el nivel tarifario afecta la composición vehicular de los aforos y las utilidades marginales por tipo de vehículos.
- 6) El modelo alterno se enfoca en encontrar la composición vehicular que mitigue el aumento en los costos variables para así obtener utilidades máximas.

El método para variar la composición vehicular que mitigue el aumento en los costos variables es de manera que al realizar las iteraciones con la conjunción de las categorías vehiculares, se pueda llegar a una tarifa óptima que maximice las utilidades.

### **CAPITULO 3 ESTADO DEL ARTE SOBRE LA MODELACIÓN DE TARIFAS**

---

...” En México solo existe un modelo propuesto por el IMT de aplicación de tarifa binomial, Esta aplicación se observa de igual forma, en el modelo “HDM-4 generado por el Banco Mundial que nos dice que la tarifa es aplicada sumando los costos de deterioro con los costos fijos, lo que nos da una maximización de los ingresos”...

### **3.1 DETERMINACIÓN DE TARIFAS**

Gracias en parte a las medidas adoptadas y en mayor grado, a la recuperación de la economía y la estabilidad macroeconómica, la situación de la red de autopistas en México, en la actualidad, se ha modificado significativamente. El Gobierno Federal decidió, por una parte, ir incorporando más autopistas (las de reciente construcción) a la red FARAC y, por otra parte, tomó la determinación de fusionar las redes de CAPUFE y de FARAC en una sola red.

El resultado ha sido muy positivo, los flujos financieros de la nueva red, generan los recursos necesarios para pagar las deudas contraídas, amortizar los créditos bancarios, pagar los costos de operación y mantenimiento y poco a poco van generando excedentes que se pueden destinar a obras de mantenimiento mayor y nuevas inversiones.

Ante este panorama, el tema de las tarifas, si bien sigue siendo importante, ya no ha requerido de medidas tan espectaculares como las que se tomaron durante y después del rescate carretero.

Si bien lo realizado hasta el momento es positivo, dado que se han abatido en términos reales las tarifas de todos los tipos de usuarios; se ha promovido e incrementado en forma sustancial el aforo de todos los grupos vehiculares; se conocen mejor los mercados y se han instrumentado convenios con organizaciones de autotransportistas, sobre todo en el caso de los libramientos carreteros, todavía sigue siendo un tema de preocupación el determinar si las tarifas que se aplican son las más adecuadas y se cree que existe margen para llegar a un nivel de tarifas óptimas.

Según el análisis, el desarrollo un modelo tarifario para optimizar el uso de la red como resultado de las experiencias intercambiadas por los diferentes campos de conocimiento, se determina que elaborar un modelo, estructurado con módulos o subsistemas que relacionan todas las variables y que inciden en la determinación de las tarifas y que a su vez, permite determinar cómo al modificar las tarifas se impacta al resto de las variables.

Adicionalmente, se evalúa la conveniencia de involucrar dentro del desarrollo de cada módulo o subsistema a empresas consultoras de la iniciativa privada o del sector público, dependiendo de la información requerida para cada caso.

Así, el nuevo modelo sistémico de tarifas se integra por los siguientes módulos o subsistemas:

- Econométrico
- Mercados
- Financiero
- Costos

Para los subsistemas Econométrico y análisis de Mercado, se elaboran bases de licitación para que empresas privadas desarrollen cada subsistema, previo proceso de licitación pública que es la generación de la demanda y los pronósticos econométricos. En el caso del modelo financiero y el modelo de costos, las propias dependencias del gobierno federal elaboran los modelos, ya que se cuenta con todos los recursos e información para ello y aseguran que las empresas privadas cumplan con los pagos tanto del financiamiento como el mantenimiento de la autopista.

### **3.2 MODELOS TARIFARIOS EXISTENTES**

Independientemente de las políticas tarifarias que se han establecido para las autopistas que controla directamente el gobierno, en el caso de las autopistas concesionadas se ha establecido un nuevo esquema tarifario que deriva de la experiencia que dejó el programa de concesiones previo y que han permitido al gobierno elaborar un nuevo esquema de tarifas para los nuevos proyectos concesionados a la iniciativa privada. En el nuevo esquema, los plazos de concesión son los máximos permitidos por la ley (30 años) y la SCT fija una tarifa máxima ponderada para todos los grupos vehiculares, sujeta a algunas restricciones relativamente simples y lógicas: Por ejemplo, se deben aplicar tarifa a los vehículos en función de su número de ejes, pero se pueden agrupar como el concesionario disponga; así, un vehículo de tres ejes no puede tener una tarifa mayor que un vehículo de cuatro ejes, pero ambos pueden tener una misma tarifa.

Las actualizaciones tarifarias a las que el concesionario tiene derecho, se pueden dar cada seis meses o cuando la inflación acumula más de cinco puntos porcentuales. Estas nuevas políticas dan la libertad absoluta al concesionario para fijar sus tarifas en función de sus propios estudios de mercado, econométricos, financieros y de costos.

Por otra parte, el hecho de que el gobierno federal controla más del 80% del total de autopistas en el país y fija las políticas tarifarias de estas redes, incide positivamente en los niveles tarifarios de las redes privadas, ya que el público usuario demanda tarifas acordes a los niveles que ha establecido el gobierno en las redes públicas.

El resultado final de todos estos esfuerzos, es la elaboración de un modelo único que identifica las variables que inciden en la determinación de una política tarifaria que permita optimizar cada uno de los diferentes aspectos que deben considerarse al elaborar una propuesta de actualización tarifaria.

A continuación, se muestra la tabla que contiene un análisis de los artículos y textos investigados, autores aportaciones y metodologías que sirven como marco de referencia para el modelo alterno propuesto.

Título	Autor	Aportación	Metodología
El pago por el uso de la infraestructura de transporte vial, ferroviaria y portuaria, concesionada al sector privado	Ricardo J. Sánchez	Análisis relacionado con el pago de los peajes por diferentes categorías y para distintos tramos y se observa claramente las diferencias que existen en los pagos entre uno y otro tramo	Asignación de cotos por Deterioro del camino
Principios para un financiamiento eficiente, Presentación preliminar del marco conceptual, Documento de discusión, Argentina.	Belenky P.	Marco conceptual	Descripción de métodos de cálculo de estimación de tarifas
Análisis comparativo de tarifas de autopistas concesionadas: Los casos de argentina, Brasil, España y México	Centro de Estudios Sociales y de opinión pública	Restricciones a los esquemas tarifarios de los concesionarios en México.	Análisis comparativo y metodología de tarifas
Un modelo de autopistas con peajes como precios de servicios	Carles Vergara Albert, Francesc Robusté Antón	Relaciones entre la Administración y los operadores privados (empresas concesionarias) para llegar a tener un modelo global de autopistas de peaje coherente	Asignación de costos por tipo de vehículo
Financiamiento Privado e Impuestos: El caso de las Redes Viales en el Perú, Universidad del Pacífico, Centro de Investigación, Consorcio de Investigación Económica y Social, Proyecto Mediano, Lima.	Bonifaz J. L., Urrunaga R, Wakeham J	La ecuación que indican los autores Bonifaz, Urrunaga y Wakeham relativa a determinar el peaje en autopistas de cuota.	Calculo de tarifa de acuerdo a la determinación de la inflación
An Application of Two – Part Tariff Pricing to Expressway: A case of Korea	Hun Koo H., Chun K.	Para la obtención de los peajes, se considera el total de costos incurridos para la construcción y mantenimiento de las autopistas.	modelo tarifario en función de una tarifa mínima relacionada a una distancia base de 20 Km
MODELO SCT	DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS BANOBRAS	fija tarifas que maximiza ingresos sin agregar los costos de operación y mantenimiento	modelo del banco mundial hdm-4

Nota: la mayoría de estos artículos analizados y agregados a esta tabla se encuentran en el anexo No.1 del estado del arte, así como los comentarios para cada artículo.



### **3.3 OPINIÓN GENERAL RESPECTO DE LOS ARTÍCULOS ANALIZADOS**

La mayoría de los artículos analizados se refieren al pago de los peajes por diferentes categorías y para distintos tramos, se observa claramente las diferencias que existen en los pagos entre uno y otro tramo, así como los subsidios que ejercen los vehículos de menor categoría a los de mayor categoría. Esto se refleja en el deterioro del camino por parte de los vehículos más pesados, en cambio, los vehículos ligeros no ejercen un deterioro significativo para la carpeta, incluso las tarifas que se les imponen a cada categoría de vehículos no explica claramente de donde se obtiene la proporción.

A través de los artículos, también se muestra un análisis comparativo entre los modelos tarifarios que se aplican en diferentes países, tanto en América latina como en Europa, podemos ver que un modelo que tiene más similitud en el análisis de el modelo tarifario que se pretende abordar es el modelo de Brasil, en el cual aplica una tarifa de acuerdo a el tipo de vehículos y el numero de ejes. También por medio de este análisis se observa que en México se aplican las tarifas más altas del mundo por kilometro recorrido (\$1.12) y en Argentina existen la tarifas más bajas (\$0.07) ó (\$0.22 pesos mexicanos). También en México se les imponen menores restricciones a los concesionarios, pero se sigue observando que estos modelos sirven para generar modelos de planeación.

Avanzando en el análisis de los artículos se encuentra ya una estructura más a fin con el estudio que se pretende realizar, se habla de generar Ejes Equivalentes (ESAL) "Equivalent Single Axe Load", por tipo de vehículo, así como cargar una tarifa mayor a los vehículos más pesados dado que estos son los que deterioran mas las autopistas. Sin embargo, se sigue hablando del costo social que se genera derivado de la aplicación de estos modelos, para los cuales sigue siendo modelos que no le provee una significativa utilidad para el inversionista.

En un punto ya se habla de modelos microeconómicos en los cuales se trata de relacionar las funciones de beneficio y utilidad, pero siguen incluyendo el costo marginal en relación de el costo social y recomendando algunas restricciones para los concesionarios de las autopistas en las cuales basa sus expectativas en la mas pronta recuperación de la inversión y que aparte esta le regrese una aceptable utilidad aplicando métodos de programación lineal.

Se han formulado las bases de un modelo que considera las concesiones de autopistas de peaje como operadores de transporte en régimen de gestión interesada de forma que el peaje se define por prestaciones diferenciales de la autopista respecto a vías alternas y por tasas de congestión en entornos metropolitanos. La administración regula los costos y la calidad del servicio del operador privado utilizando indicadores de calidad objetivos.

La tarifa no se aplica como mecanismo estrictamente financiero, sino que el usuario paga un peaje variable que responde al pago de los costos sociales por externalidades y a prestaciones diferenciales respecto a alternativas razonables.

El modelo propuesto, mediante la contribución parcial de la administración en el peaje (o el cobro de un canon, según sea el caso) para garantizar el equilibrio financiero, permite considerar las vías de altas prestaciones a nivel de red y no de concesión a concesión. Este hecho permite alcanzar situaciones próximas al óptimo social sin renunciar a unos beneficios industriales razonables para los operadores y a un riesgo de la inversión menor que el actual.

Los recursos para el mantenimiento adecuado de las redes del país son insuficientes. Esto se debe a dos factores (1) Los peajes actuales de 0.71 por cada 100 Km. por eje no son suficientes para mantener adecuadamente las redes viales y (2) el estado no dispone de los recursos públicos necesarios para invertir en la construcción y mantener adecuadamente las vías de penetración. Por tanto, dado que el peaje que se recauda no es suficiente para mantener las vías en posesión del gobierno y adicionalmente las partidas presupuestales no son suficientes para atender el mantenimiento (y menos las construcciones) de las vías bajo la tutela de la Dirección general de Carreteras, entonces es necesario repensar la estrategia para enfrentar de manera óptima el mantenimiento de la red vial.

De acuerdo con Bonifaz y Ramos (2005), dicho estudio muestra que un peaje de US\$ 2.00 por cada 100 Km. tendría un impacto alto sobre la estructura de costo de las empresas de transporte de carga y pasajeros pero peajes de menor magnitud (US\$ 1.30 por cada 100 Km. si serían soportados por las empresas.

La ecuación que indican los autores Bonifaz, Urrunaga y Wakeham relativa a determinar el peaje en autopistas de cuota es:

$$\text{Peaje} = \text{Tarifa} * \text{Tipo de Cambio} * \text{CPI2/CPI1}$$

Donde:

Peaje: es la tarifa básica en soles

Tarifa: es US\$ 1.20, US\$ 1.60 o US\$ 2.00 según sea el caso.

Tipo de Cambio: es el tipo de cambio de compra promedio del sistema financiero establecido por la Superintendencia de Banca de Seguros y publicado en el Diario oficial "El Peruano".

CPI1: es el índice de precios al consumidor (todos los rubros), publicado en el Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América para el mes en el cual la concesión fue otorgada.

CPI2: es el índice descrito arriba, corresponde a los dos meses anteriores al ajuste de la tarifa.

Corresponde a una forma elemental de determinar los peajes, ya que toma en cuenta conceptos de inflación, establecidos en los índices los que van directamente a los usuarios de las infraestructuras viales. De ésta manera el Estado aplica los términos sencillos y seguros para la captación de los recursos para cumplir con la deuda.

Este artículo habla del nivel tarifario aplicado a todos los tipos de vehículos y la inclusión en la tarifa de los costos fijos y variables por tipo de vehículo, lo que no explica es como desglosan estos costos y aquí no influyen los gastos de deterioro por equivalente, solamente aplican una tarifa por peso y también hablan del costo social por variar la tarifa, lo cual hace que no sea considerado el modelo para el estudio que se realiza, solamente se toman como referencias algunos modelos de costos descritos aquí.

De las conclusiones tomadas en este capítulo, podemos decir que si bien algunos modelos son tomados como efectivos dado que han sido empleados en diferentes partes del mundo, estos modelos son más efectivos en los procedimientos de planeación para obtener la concesión, dado que se apegan a las normas de la gestiones de gobierno, en las cuales valoran más al costo social y así desincentivan la inversión de las empresas que tienen la concesión valorando muy poca como obtener una buena utilidad, que harían más rentable la inversión en la inversión en las autopistas en un esquema de concesión y operadas por empresas particulares.

Existen algunos modelos adaptables a el modelo de obtener una eficiente utilidad tomando los equivalentes de vehículos y el desgaste que estos provocan a estas autopistas, aunque para ello habrá que generar un modelo optimo para beneficiar a la empresa que opera estas autopistas concesionada maximizando la utilidad en términos de el beneficio que se obtiene, habrá que investigar más a fondo los modelos microeconómicos para encontrar la relación que dé frutos a nivel del empresa.

### 3.4 DÓNDE SE USAN ESTOS MODELOS

Los modelos analizados son aplicados en diferentes países de acuerdo a la siguiente tabla

Autor	País(es)	Metodología	Aplicación
Ricardo Sánchez	México	Accesos a puertos y libramientos	No aplica a autopistas de cuota
Belenky	Argentina	Propuesta de tarifa binomial	No ha entrado en aplicación
CESOP	España, Brasil, (México ejemplo)	Comparativo tarifa/%Demanda	Recuperación de créditos
Carles Vergara	México	Modelo tarifario	Adaptación hecha por IMT
Bonifaz	Perú	Modelo de aplicación de Tarifa	Aplicación para tarifa base histórica
Hun Koo	Corea del Sur	Modelo de tarifa Binomial	Aplicada en corea

Finalmente para México solo existe un modelo propuesto por el IMT de aplicación de tarifa binomial, este es el modelo de Carles Vergara que fue adaptado. Esta aplicación se observa en el modelo “HDM-4 generado por el Banco Mundial que nos dice que la tarifa es aplicado sumando los costos de deterioro con los costos fijos, lo que nos da una maximización de los ingresos.

### 3.5 VISTAZO AL MODELO TARIFARIO APLICADO POR LA SCT.

#### *MODELO TARIFARIO TRADICIONAL.*

Para obtener los datos del modelo con el cual se calcula una tarifa base en la actualidad, se tiene que analizar por medio de las encuestas origen destino proporcionadas por alguna

empresa concesionaria de algún tramo de autopista de cuota, las curvas de preferencia calculadas por los datos de aforo contra tarifa y, por medio de estos datos ubicar una situación base, o simplemente investigar las tarifas aplicadas a cada tipo de vehículo para analizar el comportamiento de estos aforos.

Las elecciones de los individuos se ven afectadas por factores complejos y es un reto incorporar todos estos factores, con el fin de mejorar el realismo de la modelación. En particular, cuando la tarifa afecta directamente a solo un tipo de usuario, que toma diferentes decisiones las cuales modifican al aforo del tramo en estudio, y este resultado se refleja en la demanda que al ser analizada (graficada), se puede observar el efecto de la variación de la tarifa.

La curva generada informara el resultado de estos valores por medio de una ecuación que se ajuste a la curva mencionada, por medio de la cual se podrá determinar la nueva demanda generada al observar variaciones en los parámetros ya establecidos y generando una ecuación.

Esta ecuación generada se remonta en principio en el cálculo del aforo vehicular y la reclasificación de las tarifas por tipo de vehículo, lo cual al ser evaluadas y aplicadas en los esquemas tarifarios actuales, se observa que existe una disparidad en la aplicación de estas.

### **3.6 EVALUACIÓN DEL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS**

Calculo del tránsito diario inicial (TDI)

Para tal propósito, deberá comenzarse por establecer con base en estudios previos de tránsito, Tránsito Promedio Diario de vehículos que se han de esperar en el camino, durante el primer año de su operación. Este número se denomina Tránsito Diario Inicial (TDI) y su valor es el correspondiente al tránsito promedio diario anual (TDPA).

Por lo tanto:

$$\text{TDI} = \text{TDPA}$$

**Calculo del número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N).**

Con base en datos de aforo y clasificación vehicular del tránsito valido al caso, ha de determinarse también el porcentaje de vehículos pesados que existirá en ese primer año llegando incluso a definir cuanto de ese porcentaje corresponde al carril del diseño.

El propio instituto del asfalto, indica cual es la distribución de vehículos pesados que conviene considerar en el carril de diseño, en los diferentes casos.

$$N = TDI \times A/100 \times B/100$$

En donde:

**A** es el porcentaje de camiones pesados en dos direcciones. Se efectúa la suma del número de vehículos pesados (S VP), de acuerdo con la clasificación vehicular correspondiente y se calcula el porcentaje de vehículos pesados respecto al TDPA.

$$B = (S VP/TDPA) 100$$

**B** es el porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño y se obtiene su valor de la siguiente tabla.

<b>PORCENTAJE DEL TRANSITO TOTAL DE VEHÍCULO PESADOS EN DOS DIRECCIONES QUE DEBERÁ CONSIDERARSE EN EL CARRIL DE DISEÑO</b>	
<i>No. Total de carriles en la carretera</i>	<i>% de camiones a considerar en el carril de diseño</i>
2	50
4	45 (oscila entre 35 y 48)
6 o más	40 (oscila entre 25 y 48)

#### **Calculo del peso promedio de los vehículos pesados (Ppc)**

$$Ppc = S (No. De vehículos) (peso total vehículo)/S VP$$

#### **Limite de carga legal por eje sencillo, establecido por las autoridades**

En México, se utiliza como estándar un eje sencillo, soportando una carga total de 8.2 Ton. (18000 lb), es decir, 4.1 Ton. por rueda.

#### **Calculo del numero de transito inicial (NTI)**

#### **Evaluación del tránsito de vehículos**

$$\text{Transito diario inicial} = \text{transito promedio diario anual}$$

$$\text{TDI} = \text{TDPA}$$

**2.- el número de camiones pesados en el carril de diseño se calcula mediante la siguiente formula.**

$$N = \text{TDI} (A/100) (B/100)$$

$$A = (S \text{ VP} / \text{TDPA}) 100$$

$$\text{SVP} = B2+C2+C3+T2-S1+T2-S2+T3-S3$$

$$A = (290/1940)100 = 14.95 \%$$

El valor de **B** se calcula de la tabla de porcentaje de transito total de vehículos pesados para una carretera de dos carriles

$$B = 50 \%$$

$$N = \text{TDPA} (A /100) (B /100)$$

**Peso promedio de los vehículos pesados (Ppc).**

$$Ppc = S (\text{No. De vehículos}) (\text{peso total vehículo})/S \text{ VP}$$

**Limite de carga legal = 8.2 Ton**

**Se calcula el NTI, entrando a la grafica de análisis de transito del instituto norteamericano del asfalto.**

$$\text{NTI} = (\text{transito intenso})$$

**Calculo del NTD, el factor de corrección se obtiene de la grafica de factor de corrección del NTI**

$$\text{NTD} = (\text{NTI}) (\text{factor})$$

Con toda la información anterior podrá establecerse el numero de transito inicial (NTI), haciendo uso del monograma siguiente.

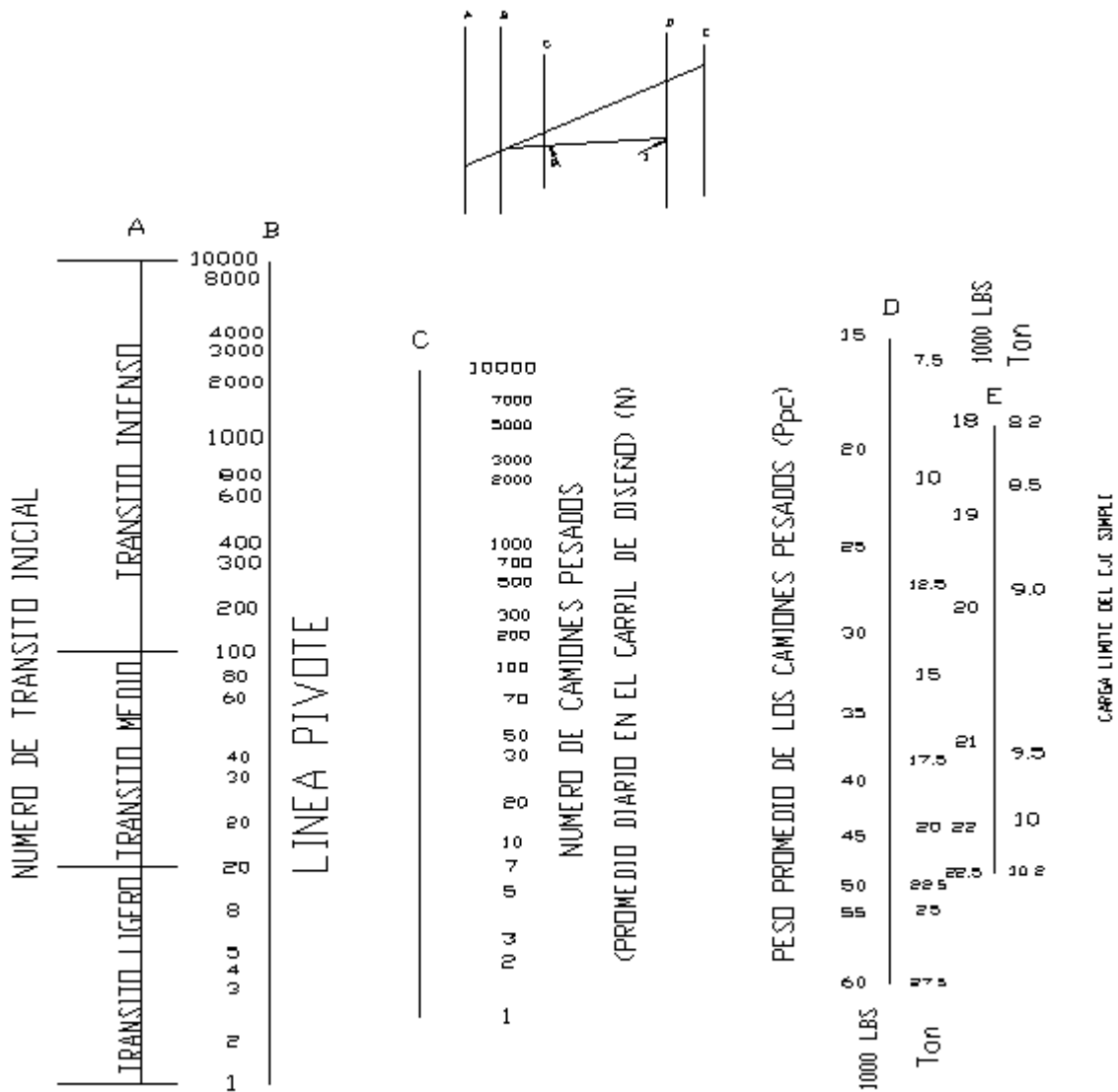
El procedimiento para utilizar el monograma es el siguiente:

Fijarse en la escala D el peso promedio de la carga de los camiones pesados (Ppc). unir ese punto con el número de camiones pesados en el carril de diseño (N), sobre el eje (C) la línea anterior deberá prolongarse hasta cortar el eje (B). Fijarse ahora en el eje (E) el limite de carga legal para eje sencillo (8.2 Ton); ese punto se unirá con el anterior encontrando sobre el eje (B), y esa línea prolongara hasta el eje (A), sobre la que se leerá el (NTI).

### 3.7 CÁLCULO DEL NÚMERO DE TRÁNSITO DE DISEÑO (NTD).

Con el periodo de diseño del pavimento considerado, que será usualmente de 20 años, y la tasa de crecimiento anual de tránsito, podrá buscarse en la tabla de Factores de Corrección del NTI, el factor de corrección que deberá aplicarse al NTI, de manera que el producto de las cantidades, es el numero de tránsito de diseño (NTD) que figura en el monograma de espesor total de cubrimiento.

**TABLA PARA CALCULAR EL NTD = (NTI) (FACTOR DE CORRECCIÓN)**



Carta de análisis de tránsito del instituto norteamericano del asfalto



El procedimiento para utilizar la tabla arriba mostrada es el siguiente:

Fíjese en la escala D el peso promedio de la carga de los camiones pesados (Ppc). Únase ese punto con el número de camiones pesados en el carril de diseño (N), sobre el eje (C) la línea anterior deberá prolongarse hasta cortar el eje (B). Fíjese ahora en el eje (E) el límite de carga legal para eje sencillo (8.2 Ton); ese punto deberá unirse con el anterior encontrando sobre el eje (B), y esa línea deberá prolongarse hasta el eje (A), sobre el que podrá leerse el (NTI).

<b>FACTORES DE CORECCIÓN DEL NTI, PARA OBTENER EL NTD</b>						
<b>PERIODO DE DISEÑO</b>	<b>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO</b>					
<b>AÑOS</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.24	1.49	1.84	2.29	2.86
15	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	1.50	3.68	5.57	8.62	13.55

### **3.8 ESTIMACIÓN DEL ESAL: MÉTODO SIMPLIFICADO**

Para una rápida estimación del ESAL nos basamos en los siguientes pasos:

- Estimación rápida: Resultado aproximado
- Utiliza Factor camión, TF, promedio:

$$ESAL = TMD \times HV \times GF \times DD \times LD \times TF \times 365$$

Donde:

TMD: Tránsito medio diario (en dos direcciones)

HV : porcentaje de vehículos pesados

GF : factor de crecimiento

DD : factor de direccionalidad (50/50 ó resultado del estudio de Tránsito)

LD : factor de distribución por carril

También:

- Tasa de crecimiento: R %       $r = R / 100$
- Factor de crecimiento:
- Factor de distribución por carril:

Carriles en cada dirección	LD
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Para evaluar las características del tránsito se tiene que determinar en función de la cantidad de repeticiones de una carga de 18000 lbs. (80 kN) en un eje, aplicada al pavimento en dos juegos de doble neumático. A esto se le suele decir (Carga Equivalente de un Eje, “ESAL”, de Equivalent single axel load); las ruedas dobles se representan con dos placas circulares, cada una de 4.51 pulgadas de radio a 13.57 pulgadas entre si. Esta representación corresponde a una presión de contacto de 70lb/pulg. El uso de 18000 libras se basa en los resultados de experimentos que demostraron, que el efecto de cualquier carga en el funcionamiento del pavimento, se puede representar en función de cantidad de aplicaciones únicas en un eje de 18000 libras (8.2 Ton).

Para determinar el “ESAL” se debe conocer la cantidad de distintas clases de vehículos, como automóviles, autobuses, camiones sencillos y camiones de unidad múltiple que se espera que transite la carretera. Se puede obtener la distribución de los distintos tipos de vehículos que se espera usen la carretera propuesta, a partir de los resultados de conteos de clasificación, tomados por dependencias oficiales de carreteras a intervalos regulares. En los casos en que no se cuente con esos datos, se puede hacer estimaciones de acuerdo con la siguiente tabla, que muestra valores representativos, cuando se conoce la carga en el eje de cada tipo de vehículo, se puede convertir entonces a cargas de 1800 libras mediante factores de equivalencia, si se desconoce la carga del eje, usando un factor de camión para esa clase de vehículos se transforman a equivalentes ESAL de la siguiente manera:

### **3.9 FLUJO DE TRÁNSITO**

Existe una variabilidad relativa en el flujo de transito que está afectado por una serie de factores puntualizados continuación:

Variaciones específicas del lugar

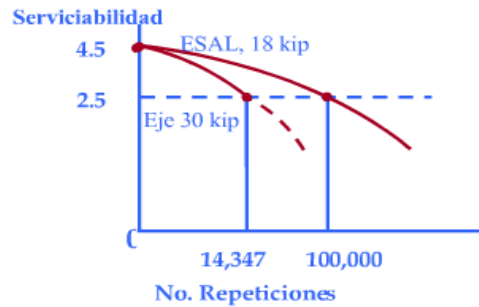
- Variación horaria
- Variación por día de la semana
- Época del año
- Ubicación geográfica
- Variación promedio

Las estimaciones específicas en sitios de carga son mejores que estimar datos promedio o equiparar datos.

El número de conteos en los lugares están limitados por el costo y el personal disponible

El uso de balanzas en el país está muy restringido y el control vehicular es difícil.

## Equivalencia de Cargas



Ahora obtendremos el factor por camión 'FC' por ESAL donde tendremos que tomar las siguientes observaciones.

- FC significa ESAL por camión
- Compueto según las tablas para cada camión
- Se incrementa con el tiempo
- Los FC son diferentes para cada tipo de pavimento

## Ejemplo de Cálculo de ESAL

AC PAVEMENT  
(SN=5,  $P_t = 2.5$ )

FHWA CLASS 9

36<sup>k</sup>  
tandem  
LEF = 1.38

36<sup>k</sup>  
tandem  
LEF = 1.38

8<sup>k</sup>  
single  
LEF = 0.34

GROSS  
WEIGHT = 80<sup>k</sup>

$$TF = 1.38 + 1.38 + 0.34 = 3.10 \text{ ESALS/TRUCK}$$

FUENTE: GUIA DE DISEÑO AASHTO

### 3.10 CLASES O TIPOS DE VEHÍCULOS QUE CIRCULAN EN MÉXICO

La tabla siguiente nos muestra la clasificación vehicular (Vehículos Particulares, Autobuses de pasajeros y Camiones de carga) y su peso, aplicable en La Republica Mexicana.

<b>CLASIFICACIÓN VEHICULAR</b>	
<b><i>TIPO DE VEHICULO</i></b>	<b><i>PESO TOTAL DEL VEHICULO</i></b>
A-2	2.0 Ton.
A´2	5.5
B2	15.5
C2	15.5
C3	23.5
T2-S1	25.5
T2-S2	33.5
T3-S3	35.5

*Fuente IMT*

Donde:

A: vehículos particulares

B: autobuses para pasajeros

C: camiones de carga

La siguiente tabla muestra un ejemplo del aforo anual por tipo de vehículo y peso total en una sección de autopista para su posterior análisis.

<b>CLASIFICACIÓN VEHICULAR</b>		
<i>TIPO DE VEHICULO</i>	<i>TDPA</i>	<i>PESO TOTAL DEL VEHICULO</i>
A-2	1500	2.0 Ton.
A'2	150	5.5
B2	60	15.5
C2	95	15.5
C3	80	23.5
T2-S1	30	25.5
T2-S2	15	33.5
T3-S3	10	35.5
	<b>1940</b>	

Datos tomados de tabla para peso por tipo de vehículos del IMT para ejemplificar el aforo vehicular (TPDA)

Supóngase que en cierta locación se pretende actualizar el modelo tarifario para aplicar una tarifa justa a cada tipo de vehículo que circula por un tramo de autopista concesionada, tomando en cuenta que por este tramo de autopista circulan tres tipos de vehículos los cuales son los vehículos particulares, los autobuses de pasajeros y los camiones de carga, (tabla de vehículos que transitan TPDA) dentro de esta definición de tipos de vehículos existe varios subtipos los cuales varían conforme al peso, dimensiones y ejes que poseen cada uno de los tipos, para la asignación de la tarifa por tipo de vehículos se tendrá que tomar en cuenta que el deterioro de la superficie de rodamiento es proporcional a el peso del vehículo y este peso se calcula por el numero de ejes equivalentes y de esta forma se le asignan equivalentes ESAL por tipo de vehículo(tabla de equivalentes ESAL).

### **3.11 COSTOS DE DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA**

Los costos de daños a las infraestructuras, calculados como la media de los gastos anuales de mantenimiento y explotación de las infraestructuras de que se trate, deberán imputarse en proporción a los vehículos/kilómetro anuales de cada categoría de vehículos, ponderados por un factor de equivalencia. Este factor, que figura en el siguiente punto del presente, expresa la influencia de cada categoría de vehículos en los costos de mantenimiento y explotación de las infraestructuras de que se trate.

Este factor se define según el peso, el sistema de suspensión y el número de ejes de los vehículos.

Costo unitario de la infraestructura (\$/vehículo.km) = Gastos anuales de mantenimiento y explotación \* cuota del tráfico por categoría de vehículo ponderada por los coeficientes de equivalencia / kilómetros por categoría de vehículo

- Clases de vehículos y factores de equivalencia

En el cuadro siguiente se dan los factores de equivalencia, de mantenimiento estructural y el mantenimiento periódico para las diferentes clases de vehículos.

Clase de vehículo	Coeficientes de equivalencia	
	Mantenimiento estructural <sup>(1)</sup>	Mantenimiento periódico
<3,5 t	0,0001	1
Comprendidos entre 3,5 t y 7,5 t, Clase 0	1,46	3
> 7,5 t, Clase I	2,86	3
> 7,5 t, Clase II	5,06	3
> 7,5 t, Clase III	8,35	3

(1) Las clases de vehículos corresponden a cargas por eje de 0,5; 5,5; 6,5; 7,5 y 8,5 toneladas respectivamente.

El mantenimiento estructural es el que se realiza ocasionalmente, como la renovación del firme, el refuerzo de las obras de ingeniería civil y la reparación de la plataforma. Los costos de este mantenimiento son proporcionales a los daños causados por el tráfico a las infraestructuras. Estos daños varían en función de la carga por eje. Con arreglo a una norma establecida, los daños se calculan elevando a la cuarta potencia la carga por eje. Por consiguiente, si se dobla el peso se multiplican por 16 los daños a la calzada.

El mantenimiento periódico de la infraestructura es el que se realiza cada año, como la señalización horizontal, la limpieza de las cunetas, el mantenimiento invernal, etc. Aunque no estén relacionados con el peso de los vehículos, los gastos de este mantenimiento reflejan la intensidad del tráfico global, así como su composición.

Si la contabilidad del gestor de la infraestructura no permite distinguir los gastos estructurales de otros gastos, se considerará que el importe de estos últimos es por defecto el 20% del total de los gastos.

Las clases de vehículos se definen en el cuadro siguiente.

Los vehículos deberán clasificarse en las categorías A, B Y C en función de los daños que causan al pavimento, por orden creciente (la clase C es la que más daña las infraestructuras de carreteras). **Los daños aumentan exponencialmente con el aumento de la carga por eje.**

### **3.12 GENERACIÓN DE EQUIVALENTES “ESAL”**

Para la generación de los equivalentes ESAL por tipo de vehículos se tiene que calcular el tránsito de vehículos por medio del tráfico vehicular.

Concepto de Ejes equivalentes ESAL

Estimación de proyecciones de tráfico

Estimaciones de ESAL

Para la estimación de tráfico, se tendrá que hacer una recolección de datos de tráfico, por medio de conteo vehicular por peso por eje, haciendo una prospección de la zona basándose en la Ingeniería de tránsito, observando el comportamiento del tránsito actual y el desarrollo de la zona. Para esto se puede valer de varios métodos que a continuación mencionamos.

Casetas de cobro de peaje

En las balanzas publicas

Métodos de conteo y clasificación

Conversión a ESALs

### **3.13 COSTOS DE DETERIORO DE CARRETERAS**

Para cada tipo de vehículo, este costo se obtiene para pesos brutos vehiculares (PBVs) correspondientes a diferentes niveles de carga, desde el vehículo vacío hasta el peso máximo registrado en una serie de estaciones de campo instaladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT) para la investigación de los pesos y dimensiones reales de los vehículos nacionales de carga. El cálculo de este costo para tales condiciones, hizo necesario obtener el costo del daño causado por la aplicación de un eje estándar de 8.2 ton, en un kilómetro típico de carretera mexicana. Este costo fue valuado conforme a los siguientes pasos:

- Se consideró un tramo carretero de un kilómetro, con condiciones de soporte del suelo y tránsito vehicular, en número, distribución y tasa de crecimiento, típico para las condiciones normales en la red mexicana de carreteras.
- Para las condiciones anteriores del tránsito, se valuó el número de ejes equivalentes, para un horizonte temporal de 20 años.
- A continuación se diseñó la estructura del pavimento requerido, utilizando el método de diseño de pavimentos flexibles establecido por la AASHTO (2).
- Se valuó el costo del pavimento correspondiente al párrafo anterior.

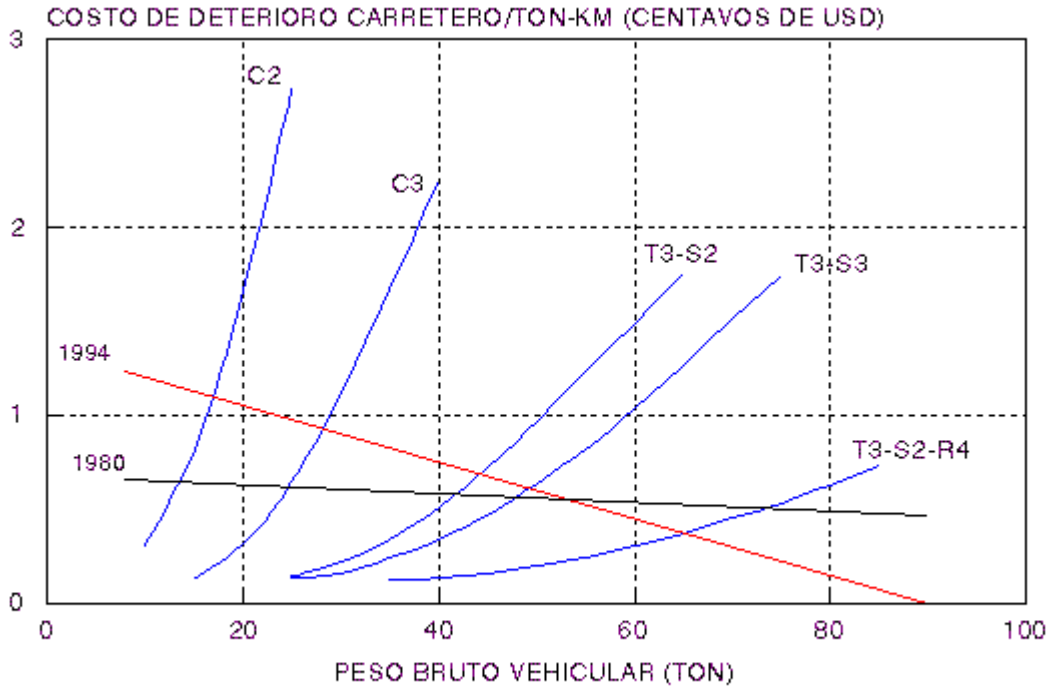


- Con las hipótesis anteriores se obtuvo el costo de aplicación de un eje equivalente sobre el pavimento diseñado, dividiendo su costo entre el número de ejes equivalentes para el cual fue diseñado (esperado en 20 años).

Fue también necesario calcular el costo del daño producido por la aplicación de un eje estándar en un kilómetro típico de puente, lo cual fue obtenido de manera similar a la empleada para los pavimentos.

Los costos anteriores de pavimentos y puentes fueron posteriormente ponderados, respectivamente, por los porcentajes de la longitud total de la red que son de pavimentos y puentes; esto permitió obtener el costo combinado. Obviamente, no se pretende que el análisis anterior tenga ningún carácter de precisión absoluta, pero el dato que así se obtiene es utilizado en lo que sigue en forma relativa o comparativa, entre los diversos tipos de vehículos de carga y, en tales condiciones, el análisis se considera suficientemente aproximado.

A continuación, para cada Peso Bruto Vehicular (PBV) de cada tipo de vehículo, se obtuvo su correspondiente número de ejes estándar equivalente (factor de equivalencia del vehículo). Este factor fue posteriormente multiplicado por el costo ya obtenido del daño producido por la aplicación de un eje estándar y dividido por el tonelaje de carga transportado para la condición particular analizada. De esta manera, se obtuvo el costo de daño o consumo de infraestructura por ton-km de carga transportada, para cada PBV (o nivel de carga) de cada tipo de vehículo. La Figura 1 muestra la estructura del costo por ton-km del daño causado por los diferentes vehículos, a diferentes niveles de carga. En ella aparecen dos líneas que corresponden a los pesos límite establecidos por los reglamentos de pesos promulgados en México en 1980 y 1994.



**Costos de deterioro carretero para diferentes tipos de vehículos**

Fuente: secretaría de comunicaciones y transportes (SCT) Mex. 2005

Nota: Las rectas 1980 y 1994 representan en forma aproximada los niveles autorizados por los reglamentos oficiales en tales años.

Para determinar qué tipo de vehículo sobre una superficie de rodamiento afecta más, tenemos que analizarlos por medio de sus volúmenes y pesos, en Estados Unidos existen 13 clases de vehículos diferenciados por sus ejes, su distribución de carga y su peso total.

Para esto se tendrá que calcular para los camiones un factor equivalente de carga (LEF) por sus siglas en inglés, y que esta dado por la siguiente expresión:

LEF= No. ESAL “18 kip que causan una pérdida de serviciabilidad dada / No. De ejes “X” kip que causan la misma perdida

$$LEF = [X_i/X_j]^Z$$

Donde:

$$1 \text{ ESAL} = 18 \text{ kip} = 18,000\text{lbs} = 80 \text{ kN}$$

X= carga por eje para la cual se calcula la equivalencia

Ejemplo:

100,000 repeticiones de un eje simple de 18 kip causan una pérdida de serviciabilidad de 2.0

14,347 repeticiones de un eje simple de 30 kip causan también una pérdida de serviciabilidad de 2.0 en la misma estructura del pavimento.

Encontrar el factor equivalente de carga del eje simple de 30 kip.

$$LEF_{30\text{-kip single}} = 100,000/14,347 = 6.97$$

De estos datos podemos generar nuestra grafica en la cual podemos graficar un rango en el cual caiga la carga del vehículo con respecto al número de ejes

### 3.14 CÁLCULO E IMPUTACIÓN DE COSTOS

Representación del tránsito (modelo HDM-4 Banco Mundial)

Para representar el transito tomaremos los parámetros.

- TDPA
- COMPOSICION VEHICULAR
- TASA DE CRECIMIENTO
- NUMERO TOTAL DE EJES (al año)

$$YAX = \sum_{k=1}^K \frac{T_k \text{ NUM\_AXLES}_k}{ELANES * 10^6}$$

Donde:

*YAX*: número total anual de ejes

*K*: número de tipos de vehículo considerados

*T<sub>k</sub>* : volumen anual de tránsito del vehículo tipo *k*

*NUM\_AXLES<sub>k</sub>*: número de ejes por vehículo tipo *k*

*ELANES* : número efectivo de carriles en la sección carretera

- **EJES EQUIVALENTES:** Se definen como el número total de aplicaciones de un eje sencillo dual estándar de 80 kN, que provocarían el mismo daño al camino, durante un año, que los ejes del vehículo considerado. Para su cálculo se utilizan factores de carga de eje

equivalente estándar (*ESALF*, por las siglas *Equivalent Standard Axle Load Factor*), los cuales se calculan con la expresión:

$$ESALF_k = \sum_{i=1}^{I_k} \frac{P_{ki}}{100} \sum_{j=1}^{J_k} \left( \frac{AXL_{kij}}{SAXL_j} \right)^{LE}$$

Donde:

*ESALF<sub>k</sub>*: factor de eje de carga equivalente estándar para el vehículo tipo *k*, en ejes equivalentes

*I<sub>k</sub>*: número de subgrupos *i* (definidos por rango de carga) para el vehículo tipo *k*. Nótese que *i* puede representar a cada vehículo individual.

Debemos tomar en cuenta que este tipo de modelos representa la obtención de la maximización de las tarifas, para obtener una maximización de los ingresos.

Como conclusión acerca de Esta representación del modelo tradicional, que recoge la experiencia mexicana e internacional de los últimos quince años.

Es que ha sido diseñado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para el desarrollo de infraestructura carretera con participación del sector privado mediante la mezcla de capital de riesgo privado, créditos bancarios y recursos federales y estatales en proporciones determinadas con base en las características propias de cada proyecto.

Esta mezcla permite obtener una tasa de rentabilidad razonable para el capital privado y un uso más eficiente de los recursos públicos.

En este modelo, se consideran los siguientes puntos:

- Las concesiones son otorgadas mediante licitación pública.
- Los proyectos ejecutivos y los estudios de impacto ambiental son entregados por la SCT a todos los licitantes.
- El gobierno establece las tarifas medias máximas a cobrar en la vía y establece las reglas para su actualización.
- El plazo de concesión es fijo, con un máximo de 30 años.
- El gobierno realiza una aportación inicial de recursos públicos.
- El gobierno se compromete a efectuar una aportación subordinada, en caso necesario, para asegurar el pago de los créditos usados para la construcción de las obras.
- Se adjudican al participante cuya propuesta técnica y financiera cumple con los requisitos establecidos en las bases del concurso y solicita el menor monto total de recursos públicos.
- Los derechos de vía liberados son entregados por el gobierno al ganador.

Tarifas medias: La SCT fija las tarifas medias máximas no mayores a las actuales, mismas que sólo pueden actualizarse con base en la inflación, las concesiones se otorgan sobre la operación de las carreteras, pero estas son y seguirán siendo propiedad del Estado.

## CAPITULO 4 PROPUESTA PARA LLEGAR A UN MODELO TARIFARIO ÓPTIMO ALTERNO

---

...” El modelo de análisis que se propone, se relaciona en mayor parte, con el punto de vista del concesionario, debido a que se pretende generar un nuevo modelo que optimice la tarifa, al hacer que la empresa que tiene en poder la concesión de una autopista pueda optimizar la utilidad derivada de la tarifa cobrada a los diferentes tipos de vehículos, de los costos de operación y de mantenimiento (fijos) que relacionan el desgaste o deterioro de la autopistas por tipo de vehículo y asignándole un justo cobro por el mantenimiento específico”...

## 4.1 INTRODUCCIÓN A LA PROPUESTA

Cuando hablamos de tarifas óptimas debemos iniciar haciendo el planteamiento de que forman parte de una política tarifaria que ha evolucionado en el tiempo, desde el inicio de operación de las primeras autopistas hasta los niveles tarifarios que han alcanzado en la actualidad y, sin duda, debemos hacernos algunas preguntas antes de abordar por completo el tema.

¿Tarifas óptimas para quién? .... ¿Para los usuarios? ... ¿Para los concesionarios? ..... ¿Para el Gobierno? ..... ¿Para Todos?

También debemos preguntarnos qué es lo que pretendemos al establecer una política tarifaria:

¿Maximizar el ingreso que genera la autopista?

¿Maximizar el aforo para optimizar la utilización de la infraestructura?

¿Minimizar costos?

¿Alguna combinación de estas alternativas ?.....para obtener la máxima utilidad.

Según sea cualquiera de los casos, estos modelos tarifarios están ligados a la planeación de la construcción de las autopistas o la parte de la concesión de estas mismas apegándose a las normas o reglamentos de las dependencias gubernamentales. Estos modelos son básicamente aplicables a generar resultados de análisis de rentabilidad y el periodo en el cual regresa la inversión de una concesión a lo largo del tiempo, mediante las planeaciones económica y financiera, también para estimar el tiempo en el cual se le tiene que inyectar capital al proyecto para que en algún momento pueda ser redituable.

El modelo de análisis que se propone, se relaciona en mayor parte, con el punto de vista del concesionario, debido a que se pretende generar un nuevo modelo que optimice la tarifa, al hacer que la empresa que tiene en poder la concesión de una autopista pueda optimizar la utilidad derivada de la tarifa cobrada a los diferentes tipos de vehículos, de los costos de operación y de mantenimiento (fijos) que relacionan el desgaste o deterioro de la autopistas por tipo de vehículo y asignándole un justo cobro por el mantenimiento específico. De los costos de administración de la autopistas (variables), y algunos otros costos generados por adquirir esta concesión.

Para esto se han consultado a varios autores de artículos que nos han marcado la pauta para establecer los modelos tarifarios actuales y generar las ideas básicas de cómo poder establecer un modelo propio

La metodología para los Modelos Tradicionales Tarifarios para Autopistas de Cuota, basan su metodología en la generación de un universo de usuarios por medio de los aforos

realizados en las autopistas que pueden ser libres o de cuota. Y basan su asignación neta a estas autopistas por medio del tipo de transporte según el nivel de la tarifa dada la preferencia declarada de la misma encuesta Origen- Destino; esto es, que tanto están dispuestos a pagar por hacer uso de una autopista de cuota. Esto es que por medio de los aforos por tipo de vehículo y el costo de operación vehicular (COV), se hace un cálculo de la tarifa.

Caso opuesto es el esquema concesionado por medio del cual se pretende demostrar que el resultado de un análisis de tarifa debería estar en función de la operación (costos de operación), es decir que la variación de la utilidad (maximización de la utilidad) está relacionada con la variación de la tarifa (optimización de la tarifa).

$\Delta u$ : (Variación de la Utilidad) está relacionado con Tarifa

Por consiguiente

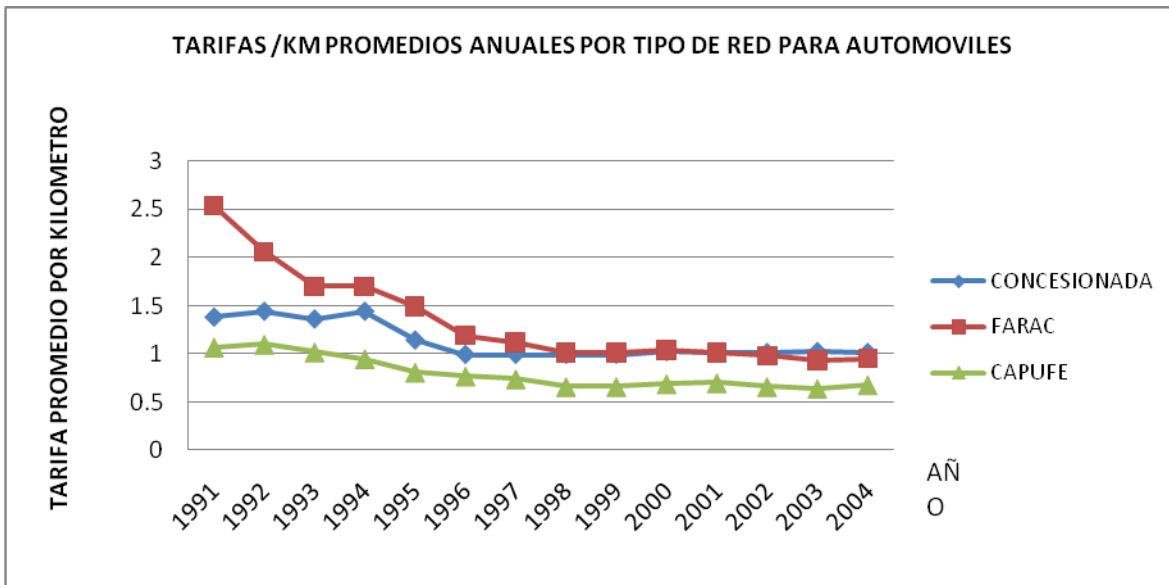
$$\text{Max}U = \text{Max}T$$

En las siguientes graficas A, B, y C, para cada tipo de vehículo, podemos observar como las tarifas para la red FARAC van ajustándose hasta llegar a igualarse con las tarifas de las autopistas concesionadas, esto nos dice que una autopista rescatada por el gobierno, en cierto tiempo está lista para ponerla en concesión, de aquí es como el gobierno promueve las bases de licitación para concesionar una autopista; este es el principal efecto de la reducción de tarifas por tramo de autopista con respecto al tiempo para los diferentes tipos de redes.

También se observa en las tablas complementarias A', B' y C' por tipo de vehículo, para la red FARAC también, como aumenta el aforo con respecto al tiempo y este efecto es uno de los factores que intervienen para describir y garantizar el aforo vehicular, planificar los costos y calcular una tarifa base.

Grafica A.

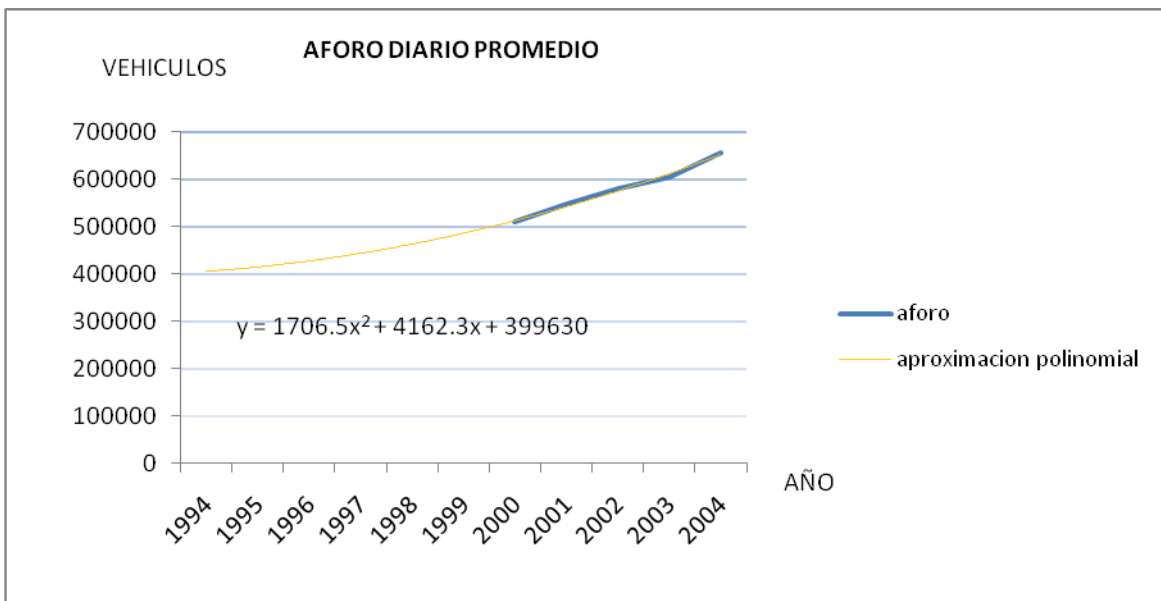
Las tarifas promedio anuales para vehículos particulares.



Fuente: Dirección General De Carreteras SCT, 2005

Grafica A'.

El aforo diario promedio para las tarifas de vehículos particulares

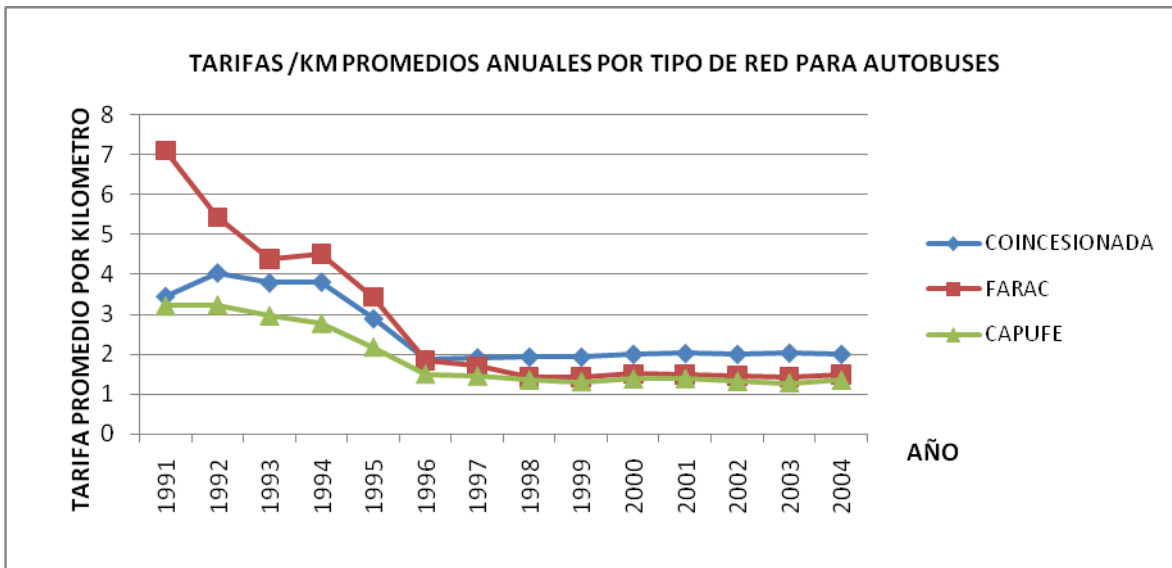


Fuente: Dirección General De Carreteras SCT, 2005



Grafica B.

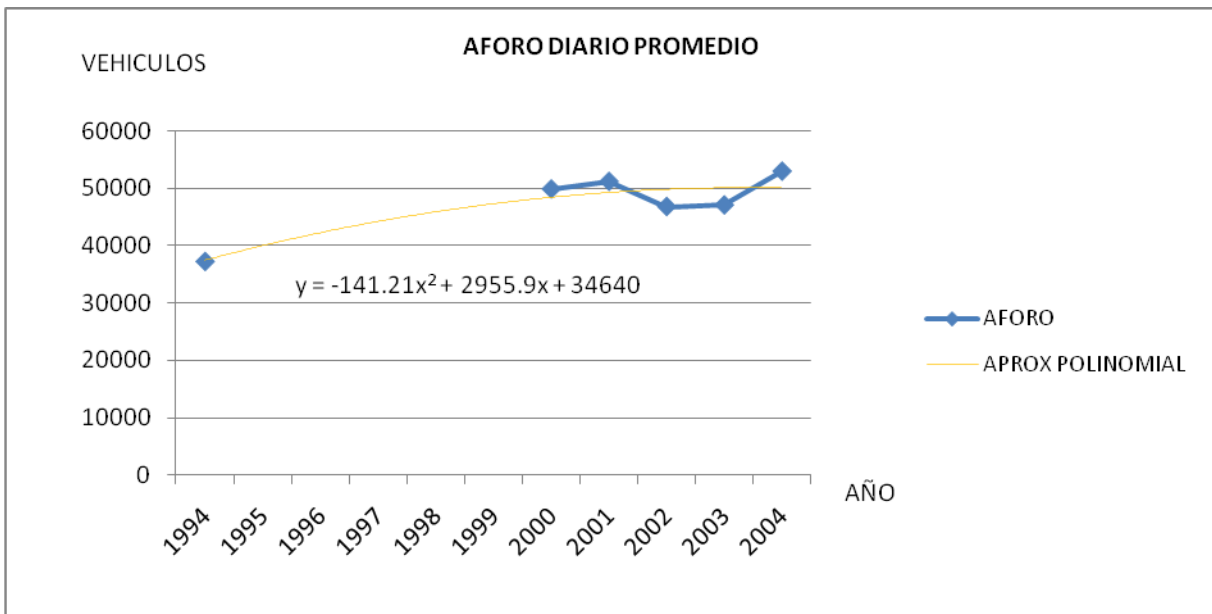
Las Tarifas promedio anuales por kilometro para autobuses:



Fuente: Dirección General De Carreteras SCT, 2005

Grafica B'.

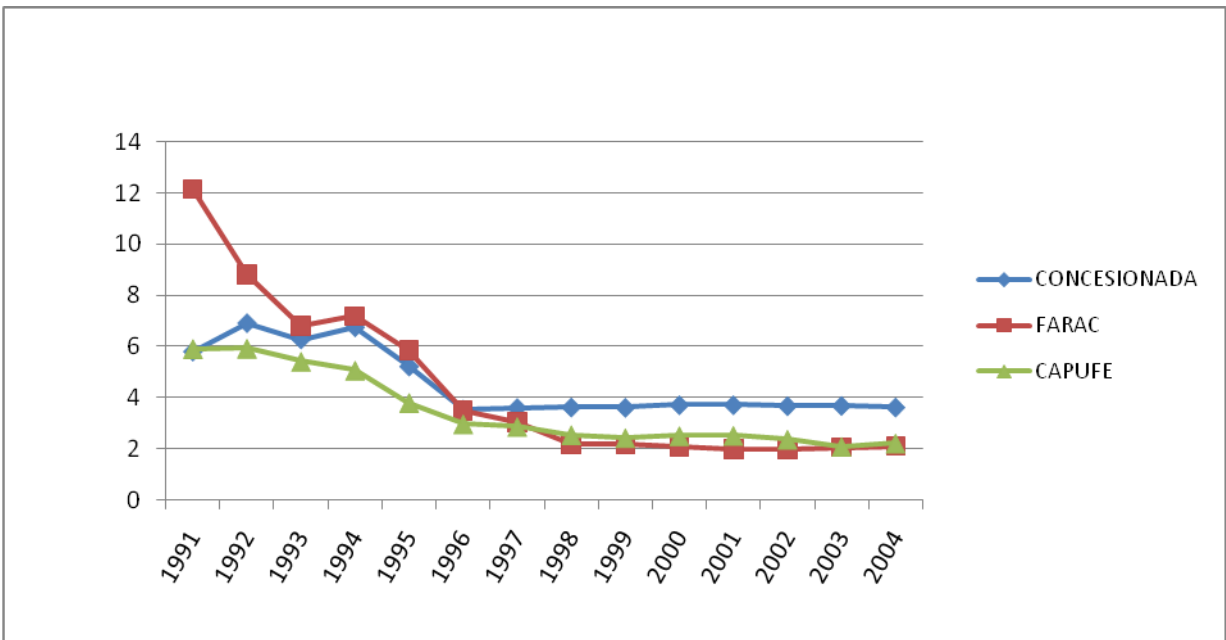
El aforo diario promedio para las tarifas para autobuses:



Fuente: Dirección General De Carreteras SCT, 2005

Grafica C.

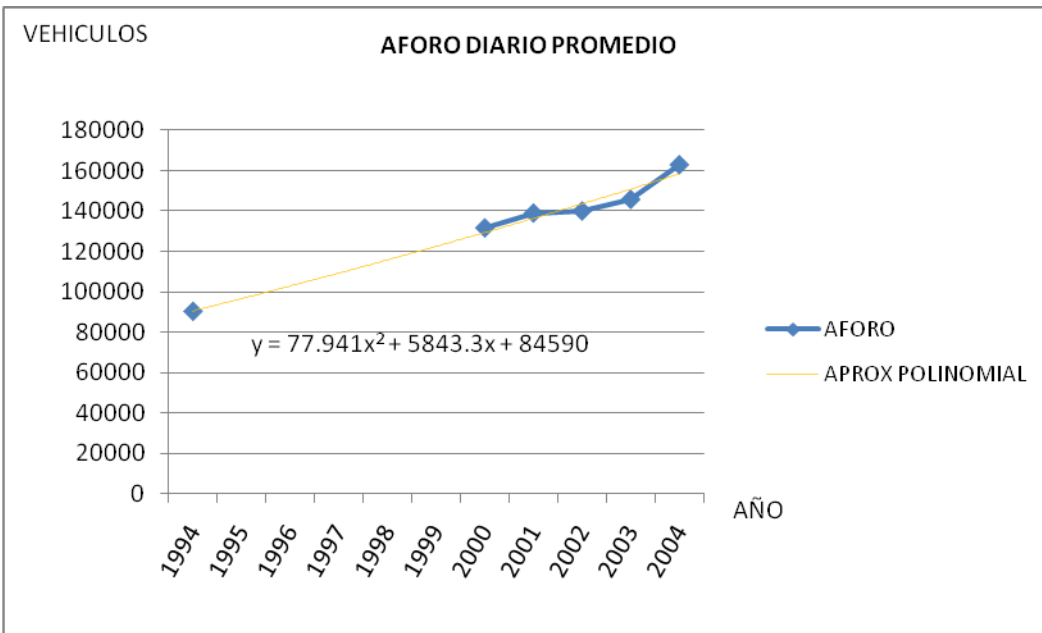
Las Tarifas promedio anuales por kilometro para camiones de carga:



Fuente: Dirección General De Carreteras SCT, 2005

Grafica C'.

El aforo diario promedio para las tarifas para camiones de carga:



Fuente: Dirección General De Carreteras SCT, 2005

**Nota 2:** En las gráficas antes mencionadas, el método de aproximación polinomial se muestra dado que no existen todos los datos e intenta predecir el comportamiento de la curva.

## 4.2 PLANTEAMIENTO GENERAL

Del comportamiento de las graficas de tarifas promedio anuales y aforo diario promedio, más adelante se tendrá la capacidad de analizar las variaciones del aforo en específico para cada categoría vehicular que dará como resultado un análisis más detallado de la modificación de la tarifa y el efecto que produce en el aforo.

Observando en las graficas de tarifas promedio anuales y aforo diario promedio, se puede observar que el aforo de vehículos se incrementa con el tiempo en cada categoría vehicular y tipo de red, también se analiza que el comportamiento de la reducción de tarifas específicamente en la red FARAC y consecuentemente una estabilización de tarifas y el aumento del aforo de manera constante. Esto como parámetro de cálculo en la tarifa, disminuye el riesgo de la inversión y motiva al gobierno a realizar los procedimientos necesarios para cambiar el esquema de una autopista de la red FARAC al esquema de título de concesión con aforos garantizados por categoría vehicular.

De estos resultados se pretende realizar un desarrollo metodológico para valorar el riesgo del proyecto en donde el ingreso total, es la suma de los ingresos por categoría vehicular el por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{total} = I_{Vp} + I_{Aut} + I_{vc} = I_A + I_B + I_C$$

Donde: A, B, C es la composición vehicular

I: Ingresos

Vp: A: vehículos particulares

Aut: B: Autobuses de pasajeros

Vc: C: Camiones de carga

Lo que se quiere argumentar en esta ecuación, es que los ingresos totales provienen de la suma de los ingresos por cada categoría vehicular.

## 4.3 ETAPA 1 DEL DESARROLLO DEL MODELO ALTERNO

En la primera etapa del cálculo del modelo alterno propuesto se tiene como situación base los datos de análisis del modelo utilizado actualmente (modelo tradicional), constituidos con una tarifa establecida como es cotidianamente, también se cuenta con los datos de los aforos por composición vehicular, estos datos servirán como punto de partida y al final, como un punto de comparación para conocer cómo opera el modelo propuesto.

Datos de entrada:

Del modelo tradicional

- Teniendo las encuestas de origen-destino
- Encuestas de preferencia declarada

**Se obtiene el nivel de demanda por categoría vehicular, esto es:**

- TPDA = %A, %B, %C
- Y la preferencia de usuarios:
  - $Demanda_B = f(\text{tarifa}_B \$/Km)$
  - $Demanda_C = f(\text{tarifa}_C \$/Km)$
  - $Demanda_A = f(\text{tarifa}_A \$/Km)$

Estos datos sirven para calcular por medio de la preferencia de usuarios de cada composición vehicular, un ingreso maximizado por cada categoría vehicular:

- $Nivel\ de\ tarifa_A ==> Ingreso\ maximo_A$
- $Nivel\ de\ tarifa_B ==> Ingreso\ maximo_B$
- $Nivel\ de\ tarifa_C ==> Ingreso\ maximo_C$

Como conclusión se obtendrá una estructura tarifaria por medio de la comparación con los resultados del modelo tradicional, para verificar si en este caso que de acuerdo al ingreso es obtenida la utilidad:

Ingresos  $\leftrightarrow$  utilidad

Si de este análisis se determina que la premisa esquematizada anteriormente no es un resultado favorable, se pasará a la etapa 2:

#### **4.4 ETAPA 2 DEL DESARROLLO DEL MODELO ALTERNO**

Los datos de entrada son los mismos que los datos que el modelo tradicional, pero aparte de esto datos vistos anteriormente, se le agregara nueva información con el fin de delimitar específicamente los cálculos aplicados por cada categoría vehicular, los datos son los siguientes:

##### **Un monto de inversión ( $I_0$ ):**

El monto de la inversión no siempre es propio, de esta forma puede ser.

- Obtenido de créditos
- Obtenido de capital propio

##### **Capital fijo:**

- Administración
- Cobranza
- Seguros
- Amortización del crédito

##### **Costo de mantenimiento:**

- Anual
- Variable

##### ***Este análisis calcula:***

- Los ingresos por tipo de vehículo
  - Netos de IVA
  - Para cada categoría de vehículos

##### **Costo fijo por tipo de vehículo:**

- Aforos en equivalentes de vehículos particulares ( $Eq_{vp}$ )
  - Por tipo de camino
    - Plano
    - Lomerío
    - Montaña

**Costo fijo unitario mínimo y máximo ( $E_{q_{vp}}$ ) para cada categoría vehicular:**

- Por tipo de camino
- Por categoría vehicular

**Costo fijo por kilometro y tipo de vehículo:**

**Anualidad del crédito:**

**Costo de mantenimiento por tipo de vehículo:**

- Calculo de daño unitario por categoría vehicular
- Equivalentes ESAL
- Inflación acumulada

**Del resultado de este cálculo se obtiene:**

- Costo ajustado de mantenimiento
- Costo ajustado de mantenimiento por tipo de vehículo

#### **4.5 ETAPA 3 DE LA OPTIMIZACIÓN Ó MAXIMIZACIÓN DE LAS TARIFAS**

El desarrollo de la esta etapa, consideramos que el costo ajustado por tipo de vehículo ha sido obtenido desde la asignación de los costos de mantenimiento, por medio del daño unitario asignado a cada tipo de vehículo, donde previamente del cálculo de la demanda, se realizan los cálculos de la inversión inicial, los costos fijos, etc., para llegar a la estructura tarifaria, consecuentemente de los cálculos, se estiman los ingresos y la utilidad neta; que es la utilidad a la cual aun no se le han descontado los gastos realizados, para estimar un nivel de demanda, este nivel de demanda en principio es el que establece una tarifa inicial o base. De este punto se parte para efectuar una comparación de entre el modelo actualmente aplicado y el propuesto en base a las utilidades. Cuando la comparación de la tarifa propuesta es inferior a la base, se llega al resultado y podemos decir que la tarifa ha sido optimizada. Pero si al realizar la comparación de la tarifa entre los dos métodos, la tarifa alterna es mayor que la base, tendremos que aplicar un método estadístico para modificar la demanda; este método es el de “Weibull” y se aplica en el modelo de demanda, para modificarla y obtener un diferente nivel de demanda, realizar la comparación y esperar que la tarifa que maximiza las utilidades sea menor que la base.

**En el análisis de los resultados se obtiene:**

- Optimización, maximización de las tarifas por categoría vehicular
- Resultado del modelo

**Retroalimentación:**

- Comparación de la maximización de las tarifas para llegar a una maximización de las utilidades
- Basándose en los resultados de
  - Modelo tradicional
  - Modelo alterno

La formulación de las ecuaciones se presenta en el capítulo 5, que es un documento técnico del cálculo de los parámetros mencionados correspondiendo al diseño estructural del modelo alterno propuesto que a continuación se muestra:

**4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MODELO**

Los diagramas descritos a continuación muestran la estructura, procedimiento y formulación del modelo propuesto alterno de aplicación de tarifas por tipo de vehículo, para llegar a la máxima utilidad.

**DIAGRAMA 1:**

En la primera fase del estudio, se muestra la estructura del modelo tradicional en la cual, los métodos de obtener la demanda y la preferencia de usuarios por tipo de vehículos, para transitar la autopista, este modelo tradicional utiliza como base los modelos determinados por la SCT, que son los de maximización de ingresos con tarifas binomiales y umbrales para recuperación de capital. De estos estudios de demanda se obtiene un nivel de tarifa, para destinar una tarifa base por tipo de vehículo y de acuerdo al aforo calculado para, cada categoría vehicular y generar toda la estructura tarifaria para la estimación de ingresos y maximizarlos, al modificar los ingresos, se genera una nueva demanda que sirve como escenario de referencia y como punto de comparación con el modelo alterno.

En la segunda fase se tiene de las encuestas de preferencia declarada se obtiene la designación del ingreso inicial, el costo fijo para administración cobranza, seguros y amortización del crédito y costo de mantenimiento anual; el monto de la inversión, el costo fijo y el costo variable. Consecuentemente el costo de la inversión del crédito, el costo de mantenimiento por tipo de vehículo para obtener un costo ajustado por mantenimiento, para generar una estructura tarifaria para estimar una estimación de

ingresos y una utilidad neta y un nivel de demanda que maximiza las utilidades para realizar una comparación contra la estructura base.

Si en la comparación con la tarifa base resulta que la alterna es menor ó igual que la estructura de la tarifa base, tenemos que la designación de la tarifa para cada categoría vehicular alterna es la optima y se puede aplicar; si en dado caso que la tarifa base es mayor que la alterna, tendremos que aplicar la segunda fase del análisis.

## **DIAGRAMA 2**

En el diagrama 2, se agrega en el análisis el método de weibull desde la variación de la demanda base, para obtener una nueva asignación de costos e ingresos para cada categoría vehicular, para obtener a partir de la tarifa, una utilidad marginal por la demanda para cada tipo de vehículo y designar una utilidad alterna que si es mayor que la utilidad base por tipo de vehículo que si es mayor que la utilidad base se puede establecer que el modelo tarifario es optimo y se llega a la determinación de optimización relativa, si no sucede que la utilidad del modelo alterno sea mayor entonces se tendría que variar por medio del análisis de sensibilidad la tarifa de alguna categoría vehicular para obtener un porcentaje de utilidad y llegar a la tarifa que maximice la utilidad.

Esta estructura del modelo es la que se recomienda para llegar a los resultados esperados tomando en cuenta los parámetros descritos de la modelación para la propuesta alterna.

**NOTA: LOS DIAGRAMAS 1 Y 2 SE LOCALIZAN EN EL ANEXO 2**



...”En este contexto, la distribución Weibull es la herramienta clásica para la estimación de confiabilidad y tiempo de demanda útil, entre los que se encuentran los aforos de vehículos. Uno de los principales beneficios de dicha distribución es la versatilidad con la que modela diferentes comportamientos de demanda. Esta versatilidad en gran medida se debe a los diferentes valores que pueden tomar sus parámetros de posición, forma y escala”...

## 5.1 EL MODELO ALTERNO

En una perspectiva ingenieril la interacción entre la oferta y la demanda de transporte puede describirse con un enfoque en donde la red carretera y los actores que intervienen forman un sistema de tráfico (Daellenbach, 1997). Así, la demanda de transporte es una entrada al sistema que es transformada por éste en salidas tales como los patrones de flujo en la red carretera, el deterioro del pavimento o el costo de mantenimiento carretero. En este sistema la iniciativa es del administrador; éste regula el sistema con acciones que influyen en el tráfico específico. El estado del sistema (para los fines del administrador) es el nivel de gasto total requerido para mantener los caminos en buenas condiciones. Distintas acciones del administrador darán distintos niveles de gasto total, de modo que la búsqueda de un esquema óptimo surge de modo natural.

Las entradas no controladas llegan al sistema como datos fijos, por ejemplo la encuesta de origen-destino (matriz O-D), encuesta de preferencia declarada (valor del tiempo), la topología de la red carretera (plano, lomerío o montaña), o las características de los vehículos (vehículos particulares y camionetas ligeras, autobuses de pasajeros y camiones de carga con sus diferentes números de ejes).

Las entradas controladas pueden ser cambiadas por el administrador, como son las regulaciones generales de tráfico (máximos permitidos de velocidad y peso) para los camiones o las tarifas. El mecanismo de control es la forma en que el administrador induce los cambios en el tráfico vehicular, y en este trabajo se toma como una tarifa en el subsistema de caminos de peaje (subsistema de tarifas).

Así, conociendo el tráfico en los tramos carreteros, se calcula el costo del deterioro del camino con el costo unitario de daño por eje equivalente estándar-kilómetro en cada tramo, la longitud del tramo y el número de ejes equivalentes estándar del vehículo (Equivalent Standard Axles, ESAL).

Finalmente, al determinar las tarifas, se reduce el costo del transporte, y por otra parte, este descuento a la tarifa que absorbe el administrador, aumenta sus costos al añadirse al gasto total relacionado con el mantenimiento carretero. En los tramos de cuota, una fracción del peaje permite al administrador recuperar costos de mantenimiento. Otro porcentaje de la tarifa está destinada a cuantificar una utilidad, otro porcentaje en la recuperación de la inversión inicial y de esta manera se ven erogando porcentajes del cobro de una tarifa. El marco de modelado presentado es un primer paso en la búsqueda de acciones efectivas para el administrador de la sección de la autopista concesionada a fin de ajustar una tarifa que minimice el gasto total en sus tareas de mantenimiento de las infraestructuras y maximice la utilidad.

Este objetivo del administrador, aunque no se exprese en un contexto social en donde el desempeño óptimo del administrador se da sin crear nuevos impuestos o alzas de peaje, evita el exceso de carga al usuario y la pérdida de bienestar social típicas de las medidas que involucran el uso de fondos públicos.

La base para modelar la interacción entre los diferentes tipos de vehículos y el administrador que minimiza el gasto total de mantenimiento es la estimación de los costos de quien, así como de las acciones factibles para cada uno de estos actores a fin de reducir sus propios costos.

El costo del administrador se basa en los costos de las reparaciones resultantes del tráfico de carga, y la tarifa total pagada para estimular el desvío del tráfico de los tramos libres hacia los tramos con peaje. El deterioro del pavimento debido a los ejes equivalentes estándar de los camiones generan los costos de reparación. Con el costo unitario de daño por ESAL-km (Du), el costo de deterioro del camino se obtiene multiplicando este costo unitario por la longitud del tramo y por el número de ESALs del vehículo. Ya estimado el flujo total en un tramo, el costo del administrador se calcula sumando estos productos sobre todos los tipos vehiculares junto con el pago de tarifa a cada vehículo. En los tramos de peaje, el administrador recupera una porción de la cuota, que se resta de su costo total. Así el administrador puede influenciar el flujo carretero de carga a fin de buscar el patrón que le del costo total mínimo y que satisfaga la demanda implícita en la matriz O-D.

El administrador de la carretera tiene dos tipos de costo: las reparaciones resultantes de los ESALs impuestos por los vehículos a los caminos, y la tarifa pagada a por los vehículos de todo tipo que usan los tramos de cuota; este último costo disminuye por la fracción del peaje permitida recuperar costos en estos tramos y generar utilidades. Dado un costo unitario de daño por ESAL-km (Du), un número promedio de ESALs recorriendo el tramo y el flujo vehicular correspondiente, el costo para el administrador en el tramo es:

**Costo del administrador = (Flujo en el tramo)\*(Du\*ESALs\*Longitud de tramo + tarifa para recuperar costos).**

## METODOLOGIA

- Determinar el TDPA actual y datos históricos
- Proyectar datos de tráfico para cada tipo de vehículo según la tendencia, exponencial, lineal, etc. y acumular el valor total para el periodo de diseño (\*365).
- Determinar el % de cada tipo de vehículo
- Obtener el total acumulado de ESALs para la vía
- Obtener el cálculo total de la utilidad y compararla con el modelo tradicional

Para el cálculo de la tarifa por tipo de vehículo, tenemos que ubicarnos en la evaluación económica y financiera de la autopista e involucrar lo que nos cuesta (tabla de costos fijos y variables con una TIR propuesta) para hacer rentable la autopista en su periodo de concesión, para lo cual tendremos que hacer que la utilidad neta sea atractiva para el concesionario pero sin desalentar el tránsito de vehículos o en su defecto no saturarla para que esto no provoque una baja de tránsito a lo largo del tiempo (cuanto debo variar la tarifa por tipo de vehículo para obtener la máxima utilidad, sin desalentar el aforo vehicular).

Para obtener las variables de aforo de vehículos tendremos que basarnos en los datos obtenidos por medio de:

- encuestas de preferencia declarada
- análisis de sensibilidad
- aforos por tipo de vehículos

también debemos tomar en cuenta que para las encuestas de preferencia declarada los resultados que nos arroje este estudio, mientras no sea el usuario de los vehículos particulares, se empieza a distorsionar dado que los choferes de casi cualquier tipo de vehículo de carga no son los que deciden las rutas, a menos que sean los denominados “Hombre Camión”, para tal efecto tendremos que generar una ecuación que ubique la función de tarifa y que al maximizarla, nos dé una maximización de la utilidad, esto es:

$$\text{Max } T \Leftrightarrow \text{Max } U$$

Restricciones:

Debemos considerar que:

2.  $\text{MaxUt}_{\text{ALT}} < \text{MaxUt}_{\text{BASE}}$
3.  $T_{\text{ALT}} > T_{\text{BASE}}$
4.  $\text{Dem}_{\text{ALT}} < \text{Dem}_{\text{BASE}}$

## **5.2 VARIABLES FUNDAMENTALES PARA LA GENERACIÓN DEL MODELO.**

Como hemos visto en capítulos anteriores, los modelos tarifarios aplicados para los proyectos de autopistas de cuota, invariablemente se avocan a la aplicación de tarifas por medio de porcentajes asignados a cada tipo de vehículo, esto sin duda repercute en el beneficio para un solo tipo de vehículo, mientras que de igual forma afecta sensiblemente a otro tipo de vehículos los cuales sufragar el gasto por mantenimiento que provocan otros. Ante la presencia de ciertas condiciones del entorno que obligan al cambio, después de

realizar análisis sobre ciertos modelos y se ha considerado la necesidad de realizar modificaciones a la metodología que tradicionalmente ha sido aplicada, si a esto se le añade la disparidad en el cobro de tarifas por tipo de vehículo, la modificación del modelo queda más que justificado. La optimización de un modelo tarifario que maximiza la utilidad solo con las variables básicas es limitado; las variables descritas en esta investigación refleja de manera más integral el tanto el nivel de demanda como la utilidad obtenida por la empresa que están avocadas a administrar autopistas de cuota, mas cuando los recursos obtenidos para esta administración provienen de préstamos a largo plazo con intereses establecidos por las empresas fiduciarias, para la obtención de este modelo tarifario, el objetivo es analizar que tanto la asignación de los montos tarifarios inciden en la captación de la utilidad, para esto, el trabajo se avoca principalmente a determinar las variables fundamentales para generar la máxima utilidad para estos proyectos. Para obtener este modelo se proponen una serie de modificaciones a las variables fundamentales diseñadas para obtener los resultados esperados, las variables son:

- Captación de la demanda
- Monto de inversión
- Costo fijo
- Costo de mantenimiento
- Costo de mantenimiento por tipo de vehículo
- Costo de amortización de crédito
- Otros costos fijos por tipo de vehículo
- Generación de la estructura tarifaria
- Estimación de ingresos y utilidad
- Nivel de demanda que maximiza utilidades
- Comparación de la tarifa base contra la tarifa alterna
- Estimación de la comparación
- Búsqueda de modificación de la demanda

### **5.3 PREPARACIÓN DE DATOS DE LAS VARIABLES FUNDAMENTALES**

Las variables fundamentales son una pauta para el seguimiento y construcción del modelo e imprescindibles para que el proyecto tenga éxito, estas variables tienen una de varias soluciones específicas del problema y dependiendo de la profundidad del análisis de estas podemos aproximar un modelo más apegado a la realidad.

#### **5.4 TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TPDA)**

Se define como volumen de tránsito diario promedio, como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos), igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre días del periodo, de acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día:

Los datos se obtienen de:

- ENCUESTAS ORIGEN DESTINO
- ENCUESTAS DE PREFERENCIA DE USUARIO O DECLARADA

El tránsito diario promedio anual se puede representar, obteniendo los datos del tránsito anual, dividido entre los 365 días del año, entonces:

$$TPDA = TA/365$$

Donde:

- TPDA: Es el volumen de tránsito promedio diario anual
- TA: Es el número total de autos que pasan durante un año en este caso  $t=1$  o 365

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos.

#### **5.5 CAPTACIÓN DE LA DEMANDA**

Caracterizar el aforo vehicular, ya sea en autopistas de cuota o libres, mediante la elaboración de un modelo de demanda que estima la modificación del pronósticos de aforo mediante distintas metodologías, genera las bases para la estimación de los modelos para el cobro de tarifas. Para evaluar la viabilidad de la construcción de una autopista de cuota, se necesita estructurar el volumen de tráfico e ingresos. Para establecer una tarifa óptima que maximice las utilidades, se necesitan determinar los factores que interfieren con la captación de la demanda. Cuando interesa preparar y obtener los datos para cada variable, se procede con la siguiente secuencia:

- a) Definir el número de observaciones para cada una de las variables (año de inicio y terminación del proceso).

Se realiza un análisis dentro de un periodo de tiempo determinado.

Esto significa, delimitar el horizonte de estudio en función de los valores más representativos de las variables. Esto se refiere a descartar periodos de tiempo que involucren devaluaciones y/o inflaciones que dificulten la estimación del modelo.

- b) Arreglar y conjuntar los registros en forma adecuada y en periodos anuales. La finalidad de estos periodos se debe a que los valores tarifarios generalmente son aplicados anualmente.

- Tarifa de cuota e ingresos. Para estas variables, el arreglo de los datos resulta sencillo y sin complicaciones ya que la información proporcionada por la administración central es explícita.
- Transito Diario Promedio Anual. Para determinar esta variable, se requiere conocer el tipo de terreno. En otras palabras:

Para un terreno plano, se procede a convertir los volúmenes del flujo vehicular y dividirlo entre 365 días del año.

Para tramos de autopista alojados en terreno tipo lomerío y/o montañoso, se tendrá que convertir el Tránsito Promedio Diario Anual a Transito Promedio Diario Anual Equivalente para considerar las condiciones prevalecientes. Se puede recurrir al cálculo de esta variable; para determinar el TDPA equivalente se aplica la siguiente metodología.

La tabla siguiente muestra para el caso de conversión de unidades equivalentes.

TABLA:

CATEGORIA VEHICULAR EN EL AÑO DE ESTUDIO	FLUJO VEHICULAR	FACTOR DE AUTOS EQUIVALENTES POR TIPO DE TERRENO	AUTOS EQUIVALENTES POR TIPO DE TERRENO	TPDA EQUIVALENTE
--	-----------------	--	--	------------------

La información que debe contener la tabla:

- 1.- la categoría vehicular en el año de estudio:
- 2.- El flujo vehicular:
- 3.- El factor de autos equivalentes por tipo de terreno:
- 4.- La conversión a equivalentes por tipo de terreno:
- 5.- La conversión del TPDA a equivalentes

Para el costo aplicado al deterioro que es el costo relacionado con el mantenimiento necesario para cubrir el daño causado por los vehículos en la carpeta de rodamiento, para conocer esta variable, se requiere conocer otros parámetros que previamente se obtienen de la siguiente forma:

## 5.6 MONTO DE INVERSIÓN (I)

El monto de inversión está constituido por diferentes acciones, tramites, y demás actividades destinadas a la obtención de fondos necesarios para financiar la inversión, en forma o proporción correspondiente, la obtención de préstamos o montos proporcionados por las propias empresa concesionarias, como los impuestos efectivamente contraídos como el IVA, ISR, así como las erogaciones los porcentajes establecidos de ley, durante la duración de la concesión de acuerdo al número de años que se otorga y hasta el momento en que se liquide esta inversión.

Los estudios definitivos, que son los estudios detallados para la construcción de las obras, que son requeridos para otorgar las licencias correspondientes de construcción, también comprenden las etapas de actividades financieras, jurídicas y administrativas.



La ejecución, como es la compra de materia prima, compra de terrenos, compra de maquinaria e instalaciones, contratación del personal; esta etapa consiste en llevar la ejecución o a la realidad el proyecto, el que antes de ella, solo eran planteamientos teóricos.

También se puede hablar de una inversión inicial ( $I_0$ ), que suele ser la que la empresa o el administrador inviertan de capital propio o con el apoyo de alguna sociedad hecha entre inversionistas, incluso con el hecho de vender acciones o activos de la compañía en si. Esta inversión inicial suele no estar sujeta a intereses bancarios y puede ser descontada en su totalidad sin ser afectada por intereses moratorios o de reestructuración de una deuda.

### 5.7 EQUIVALENTE ESAL (CARGA DE EJE SIMPLE EQUIVALENTE)

Como es conocido, el tránsito en una autopista está compuesto por una variedad de vehículos de diferentes pesos, número de ejes, dimensiones capacidades e incluso por su uso, pero para fines prácticos, las diferentes cargas y pesos que actúan sobre un pavimento, producen diferentes tensiones y deformaciones sobre el mismo, debido a esta diferencia de respuesta en el pavimento, las fallas serán distintas, según la intensidad de la carga y las características del pavimento, para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito es reducido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que producirá el mismo daño, que toda la composición de tráfico, se le transforma en número equivalente de ejes de tipo de 80 KN, 18000 lbs. Con el nombre de ESAL mostrado en la siguiente tabla:

FACTOR DE AUTOS EQUIVALENTES POR TIPO DE CAMINO			
TIPO	PLANO	LOMERIO	MONTAÑA
A	1	2	2.7
B2-B4	1.5	3	5
C2-C3	1.7	4	8
C4-C6	2.55	6	12
C7-C9	3.74	8.8	17.6

Fuente IMT

Esta conversión de equivalentes es muy útil para el cálculo de daño, dado que de esta manera resulta más sencillo poder hacer el cálculo de porcentaje asignado a cada categoría vehicular.

## 5.8 DAÑO UNITARIO

Entre los factores más importantes a considerar para ya sea para el cálculo del diseño estructural o el cálculo de optimización de tarifa, están los efectos de los diferentes tipos de vehículos, el volumen del tránsito y el modo de operación, se deben considerar factores como la configuración específica del sistema de rodaje, espaciamiento entre ruedas, carga por rueda, entre otros factores importantes. Otro factor se basa en la hipótesis de idealizar un vehículo estándar con un arreglo múltiple de ruedas en una rueda sencilla equivalente cargada. Normalmente en esta hipótesis de diseño solo un vehículo crítico es usado (por ejemplo un camión con doble semirremolque causa más daño), y es así cuando los otros vehículos más ligeros en cuanto al daño son ignorados.

El procedimiento basado en un tipo de vehículo estándar normalmente requiere de determinar los efectos equivalentes de daño para todos los tipos de vehículos en la mezcla expresado en número de repeticiones de vehículo estándar. Los factores que relacionan la cantidad de daño que provoca un vehículo en particular en relación al daño que produce un vehículo estándar se denomina **coeficiente de daño**. En este estudio se adopta el método basado en Rueda Sencilla Equivalente Cargada (ESAL), por sus siglas en inglés. Un coeficiente de daño por pasada causado a un sistema de pavimento por un eje vehicular cualquiera en relación al daño unitario que causa un eje estándar llamado “eje unitario o equivalente ESAL”, el cual produce un daño igual a la unidad en la misma estructura del pavimento.

De acuerdo al Instituto de Ingeniería de la UNAM, este **daño unitario** lo produce un eje sencillo de 18,000 lbs. Con una presión de inflado en sus neumáticos de  $5.8\text{kg/cm}^2$ .

Para obtener el coeficiente de daño para la variedad de vehículos que existen, se necesita calcular con la relación entre cargas por eje elevado a la cuarta potencia.

$$D_U = \left( \frac{PTC/EJE}{PTC/EQ_{ESAL}} \right)^4$$

Donde:

- $D_U$ : es al coeficiente de daño unitario
- PTC: peso total del camión
- $EQ_{ESAL}$ : es el equivalente esal

## 5.9 ESTIMACIÓN DEL DAÑO

De acuerdo al cálculo del daño relativo se realiza de la siguiente manera:

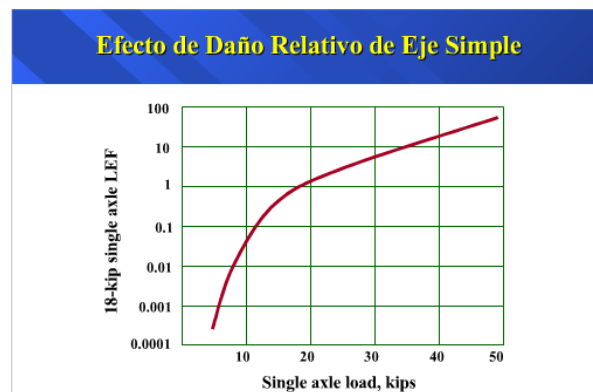
$$\text{Daño relativo} = (\text{relación entre cargas por eje})^4$$

Ejemplo:

Daño relativo de un eje simple de 30 kip comparado con un eje de 18 kip.

$$\text{LEF} = (30,000/18,000)^4 = 7.71$$

La siguiente grafica nos muestra la equivalencia del daño relativo que se produce a partir de un automóvil particular, hasta el camión de carga más pesado.



## 5.10 TPDA EQUIVALENTE POR TIPO DE VEHÍCULO

Una vez que calculamos el daño unitario para cada tipo de vehículo y tomando como base de esta relación el Transito Promedio Diario Anual por medio de la cual asignaremos a cada categoría vehicular su correspondiente factor de deterioro de la sección de la carretera que producen estos al aplicar su peso en la sección de estudio; en este cálculo de TPDA equivalente por tipo de vehículo es necesario tener los siguientes factores:

- EQUIVALENTES DE DAÑO POR TIPO DE VEHICULO.

Para determinar específicamente el daño que se produce en la sección de autopista.

- MULTPLICADO POR EL TPDA POR TIPO DE VEHICULO.

Para poder asignar la porción de daño correspondiente a cada categoría vehicular.

- OBTENIENDO EL PORCENTAJE PARA CADA CASO.

- TODO ESTO DIVIDIDO ENTRE LOS DIAS DEL AÑO

Las categorías serán entonces:

1. A: automóviles particulares y pickups ligeras
2. B: autobuses de pasajeros.
3. C: camiones de carga o tractocamiones

$$TPDAEQ_{A,B,C} = \frac{TPDA_{A,B,C} \times EQ_{A,B,C}}{365}$$

### **5.11 APLICACIÓN DEL COSTO FIJO**

Los costos fijos son aquellos que permanecen constantes en el tiempo de duración de la concesión o la liquidación de la misma, tales como la amortización del capital, administración, cobranza, los seguros e impuestos y que usualmente se expresan en función de tiempo.

### **5.12 COSTO DE AMORTIZACIÓN DE CRÉDITO**

Es el monto que nos resulta de las reducciones graduales de la deuda a través de pasos periódicos sobre el capital prestado, préstamo (principal) más los intereses correspondientes, si ellos existen, hasta el momento de la extinción de la deuda que puede hacerse de una sola vez o mediante pagos parciales por periodos de tiempo previamente establecidos, también reconoce por tanto la pérdida de valor o depreciación de un activo a lo largo de su vida física o económica.

### **5.13 OTROS COSTOS FIJOS POR TIPO DE VEHÍCULO**

Los otros costo por tipo de vehículo son los costos que no son perceptibles, en una estructura de tarifas, pero son imprescindibles dado que también generan un costo por su

participación; uno de estos costos son, el sistema de recaudación de cobro y peaje, comunicaciones, servicios de agua, luz e instalaciones diversas.

Las estimaciones de costos y los datos que figuran son indicativos. No obstante, deberán utilizarse en los casos en que no se haya efectuado ninguna evaluación que refleje de manera más apropiada las condiciones locales o regionales.

#### **5.14 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA**

Los costos de infraestructuras, calculados como los costos de construcción de las infraestructuras de que se trate expresados en forma de un importe anual (incluido un tipo de interés apropiado sobre el capital invertido) a lo largo de la vida útil predeterminada de las infraestructuras, deberán imputarse en proporción al número de vehículos/kilómetro recorridos anualmente para cada categoría de vehículos.

Costo unitario de las inversiones (\$/vehículo.km)= Anualidades de amortización de la inversión y de los intereses del capital invertido \* cuota del tráfico comercial / kilómetros recorridos por los vehículos comerciales

#### **5.15 COSTO DE MANTENIMIENTO (VARIABLE)**

Los costos de mantenimiento o variables, son aquellos que varían dependiendo principalmente del aforo por tipo de vehículo al año, fluctúan de manera directa los cambios que se pudieran suceder en el aforo, por ejemplo la mano de obra, los materiales, impuestos sobre ingresos, comisiones, etc.

La imputación de los costos de mantenimiento debería ser cargado directamente en la tarifa, dependiendo de la categoría vehicular y tomando en cuenta el tipo de vehículo, el daño que le causa a la carpeta asfáltica y el porcentaje directo asignado.

#### **5.16 EL COSTO DE AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO**

Implica traer a costos actuales y tomar en cuenta la tasa de interés aplicada en el periodo de estudio, la cual relaciona la siguiente ecuación:

$$ANUALIDAD\ DEL\ CREDITO = MONTO\ DEL\ CREDITO \times \left( \frac{n(1+r)^m}{(1+r)^m - 1} \right)$$

DONDE:

R: TASA DE INTERES REAL ANNUAL

M: AÑOS DE AMORTIZACION

### 5.17 COSTO DE MANTENIMIENTO POR TIPO DE VEHÍCULO

Los costos de mantenimiento por tipo de vehículo es tomado del aforo vehicular (TPDA) transformado en vehículos particulares para calcular el daño ocasionado a la carretera por las condiciones de rodaje sobre esta y que también se aplica a cada categoría vehicular que circula por la sección dependiendo del aforo vehicular, dependiendo también de la longitud de la sección de la autopista, este costo es aplicado en un periodo determinado de tiempo al cual se le asigna un costo de mantenimiento por tipo de vehículo. Para estimar este valor es necesario generar una ecuación que relacione estos rubros para fines de actualización constante de esta variable, la ecuación es de la siguiente manera:

$$CMTV = TPDA_{EQVP} (D_U) (L) \left[ \frac{365}{1000} \right] (COSTO_{MMTO})$$

### 5.18 GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA TARIFARIA

La identificación de las variables necesarias para determinar los parámetros de costos implicados por los servicios de el uso de una autopista, los cuales explicamos anteriormente y que derivan al final en un “COSTO DE MANTENIMIENTO POR TIPO DE VEHICULO” y el precio que se cobra a los distintos usuarios, que en este caso es la tarifa, es a lo que se le llama “Estructura Tarifaria”

Este costo de servicio que se aplica a una autopista de cuota es el resultado de agregar cada uno de los costos estimados en cada una de las etapas de la administración de la autopista.

De realizar este análisis del costo que en particular es la parte más considerable dado que el mantenimiento de una autopista equivale al 30% de toda la inversión. Este costo de mantenimiento está basado en el daño que sufre la autopista al transitar diferentes tipos de vehículos. Dado que las categorías vehiculares no dañan de la misma forma la autopista, se les asigna un porcentaje de daño que estos provocan. Hasta la fecha este daño había sido mal determinado.

Pero la tarifa no solamente está basada en calcular los costos que se aplican por los daños que causan las categorías vehiculares que transitan en ella, puesto que de la administración de esta autopista, el administrador de ella deberían obtener un ingreso que serviría en una parte para mantenerla operando en condiciones optimas y otra porción de esta tarifa debería estar encaminada en obtener el máximo beneficio propio de estos ingresos.

Hasta la fecha, los modelos tarifarios tradicionales se avocaban a la determinación de los ingresos máximos, para que de ese ingreso máximo se determinara de nuevo un estándar tarifario para los siguientes periodos de concesión de la autopista tratando de mantener un aforo, basándose en una estructura tarifaria que le daba mucha preferencia a los camiones de carga, con el fin de mantenerlo constante y no de manera decreciente.

Analizando esto último, resulta que la estructura tarifaria no es en cierto punto justa con todas las categorías vehiculares, y para eso se tiene pensado reestructurar la tarifa que en este caso maximice las utilidades de la concesionaria, asignándole una más justa estructura tarifaria a cada categoría vehicular. Siendo así, entonces que sucedería si se modificara la tarifa. Para esto se tendrá que generar la estructura tarifaria que maximice la utilidad de la siguiente forma.

## **5.19 ESTIMACIÓN DE INGRESOS Y UTILIDAD**

### **LOS INGRESOS**

Los ingresos están definidos como el aumento de activos resultado de la prestación de un servicio que en este caso es el uso de la autopista. Pero lo que realmente se contabiliza es solo la ganancia que es la realización productiva, que incluye las actividades que se ejercen dentro de este como el pago de intereses, los dividendos, los arrendamientos, que quedan incluidos en el monto del ingreso. La estimación de los ingresos en esta etapa será de la siguiente forma.

Teniendo:

- 1.- tarifa
- 2.- aforo
- 3.- longitud de la autopista o sección

El cálculo de los ingresos nos muestra la siguiente ecuación:

$$I_{k,m} = \text{TARIFA}_{k,m} \times \text{AFORO}_{k,m} \times \text{LONGITUD}$$

Donde:

$$\begin{aligned} & \text{TARIFA}_{k,m} \text{ [$/Km]} \\ & \text{AFORO}_{k,m} \text{ [VEHICULOS (TPDA*365)]} \\ & \text{LONGITUD DE LA SECCION [Km]} \end{aligned}$$

DONDE:

k: TIPO DE VEHÍCULO

m: AÑO

Cuando se han realizado todas las actividades que tienen como fin el cobro de un servicio, se da por hecho que el ingreso se ha logrado.

## **LA UTILIDAD**

La utilidad se obtiene de la aplicación de los descuentos de los ingresos totales mencionados anteriormente tales como el cobro de tarifas, cobros de servicios, etc. Para la estimación de los ingresos y la utilidad, necesitamos un nivel de demanda que maximice las utilidades.

## **UTILIDAD NETA**

De la ecuación del cálculo de ingresos se obtiene la utilidad neta que servirá para obtener un nivel de demanda y aplicando la definición de maximización, se determinara el nivel de demanda que maximiza las utilidades.

## **5.20 COMPARACIÓN DE LA TARIFA BASE CONTRA LA TARIFA ALTERNA**

La comparación de la tarifa base contra la tarifa alterna esta mostrada en el planteamiento del problema.

## **5.21 COMO SE MODIFICA LA DEMANDA**

El pronóstico del volumen de tránsito futuro, por ejemplo el TPDA del año de proyecto, en el mejoramiento de una carretera existente o en la construcción de una nueva carretera, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera.

Muestras de los datos sujetas a las mismas técnicas de análisis permiten generalizar el comportamiento de la población. No obstante, antes de que los resultados se puedan generalizar, se debe analizar la variabilidad de la muestra para así tener cierto nivel de confiabilidad, y ésta confiabilidad se puede aplicar a otro número de casos no incluidos, y que forman parte de las características de la población.

El análisis de rentabilidad de una inversión pública requiere una evaluación ex ante de sus efectos económicos. En el caso concreto de las infraestructuras de transporte, el elemento clave para estimar estos efectos es la cuantificación de los cambios en la demanda de transporte. Para esto, se desarrolla un modelo de demanda de transporte, que se adapte a las características específicas del transporte incorporando una dimensión monetaria y



temporal, y teniendo en cuenta la existencia de diferentes alternativas para efectuar el mismo desplazamiento.

La toma de decisiones en un proyecto público debería sustentarse en un análisis económico que permitiese identificar y valorar sus principales costos y beneficios y con ello determinar su rentabilidad. En el caso concreto de la inversión en infraestructuras, los estudios de rentabilidad.

No obstante, para someter una inversión a un análisis ex ante que supere estas limitaciones, es necesario disponer de un modelo de demanda de viajes que sirva para analizar los cambios en el comportamiento de la población ante modificaciones de la oferta de transporte.

Cuando realizamos una operación, en la cual va implicada la tarifa que se aplica a diferentes tipos de vehículos, como lo son vehículos particulares, vehículos de transporte de pasajeros o vehículos de carga, podremos observar, dependiendo de la tarifa aplicada a cada uno de los tipos de vehículos, como cambia el comportamiento de aforo, es decir, la demanda por tipo de vehículo no va a ser la misma dado que dependiendo del monto a aplicar, los requerimientos para usar ese tramo de autopista se verán reflejados en desembolsos económicos en los cuales se tendrá que analizar, si para estos tipos de vehículos es rentable utilizar dicho tramo de autopista o hacer una elección alterna que no genere ese tipo de costos que no se podrían solventar, esta situación hará que en algunos tipos el aforo de vehículos disminuya y en otros tipos el aforo aumente.

Es así que para el modelo es necesario realizar un análisis de la situación de referencia, para comparar, si es que necesitamos variar de acuerdo a la tarifa. Estos cambios pueden ser de dos tipos, por una parte se modifica el comportamiento de los actuales usuarios del sistema que ante la aparición de una mejora en una alternativa pueden alterar sus elecciones modales o demanda desviada, y por otra parte, es posible que este cambio en la oferta modifique la cantidad de viajes realizada, tanto por parte de los actuales usuarios como no usuarios o demanda generada.

Cuando abordamos el estudio de cualquier demanda analizamos la cantidad de bien que desean adquirir los consumidores a los diferentes precios. En el caso del transporte este estudio de demanda debe incorporar tanto la combinación de variables monetarias y temporales como la disponibilidad de múltiples alternativas, por este motivo, no contamos con una tarifa única y claro para los desplazamientos entre los mismos orígenes y destinos, incluso para el mismo individuo. De este modo, obtener una tarifa base del viaje se convierte en una tarea fundamental para poder aproximarse al análisis de la demanda de transporte.

Se analiza la demanda actual de una sección y los cambios que pueden ocurrir si varía la tarifa alguno de los modos de transporte disponibles necesitamos determinar

simultáneamente tanto el aforo como la tarifa. Más aún cuando la experiencia de otras secciones nos indica que implementar mejoras sustanciales altera la distribución de los aforos entre los modos de transporte y modifica significativamente el TPDA total, el incremento de demanda que puede venir tanto de incrementos de aforo por tipo de vehículos, para esto se necesita una metodología que nos permita analizar el comportamiento de la demanda ante la actual tarifa y que nos muestre los cambios que pueden producirse, tanto en la demanda como en la tarifa aplicada, si esta demanda se modifica se realiza una descripción de las características específicas el aforo y se propone un modelo de estimación de demanda, esta propuesta se realiza a partir de la reformulación del modelo de Weibull a la demanda de transporte, suponiendo que las elecciones de los individuos siguen un proceso en dos etapas. En la primera, los individuos asignan su gasto entre grupos y, en la segunda, se decide la asignación de este gasto entre las alternativas disponibles.

## **5.22 EL MODELO DE DEMANDA DE TRANSPORTE**

Generalmente cuando se produce un cambio en la demanda de un modo de transporte aparecen unan serie de efectos que es necesario identificar, por un lado, se modifican el aforo de vehículos y, por otra parte, se altera el porcentaje de aplicación de la tarifa de cada tipo de vehículos.

El incremento del tránsito es el volumen de tránsito que se espera use la nueva carretera en el año futuro seleccionado como de proyecto. Este incremento se compone del **crecimiento normal del tránsito**, que es el incremento del volumen de tránsito debido al aumento normal en el uso de los vehículos. El deseo de las personas por movilizarse, la flexibilidad ofrecida por el vehículo y la producción industrial de más vehículos cada día, hacen que esta componente del tránsito siga aumentando, el **tránsito generado** que consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera. El tránsito generado se compone de tres categorías: el tránsito inducido, o nuevos viajes no realizados previamente por ningún modo de transporte; el tránsito convertido, o nuevos viajes que previamente se hacían masivamente en taxi, autobús, tren, avión o barco, y que por razón de la nueva carretera se harían en vehículos particulares; y el tránsito trasladado, consistente en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no al cambio en el uso del suelo y el **tránsito desarrollado** que es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera.

## **5.23 PARA MODIFICAR LA DEMANDA, TENEMOS LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL**

Debido a que los proyectos carreteros presentan beneficios crecientes en el tiempo, se debe realizar una proyección a lo largo del tiempo del aforo vehicular o TPDA, haciendo una

estimación de su crecimiento tomando como base el modelo de distribución de Weibull (curva de Weibull). En México se basa la información existente en de datos históricos de la flota vehicular.

Asimismo, se establecen tendencias en el crecimiento de la flota vehicular y con ello las tendencias en el número de ELV (cálculo del numero vehículos actual y futuro al final de su vida útil). La metodología empleada se basa en la colección de información relevante de la flota vehicular y en la construcción de distintos escenarios y la aplicación de la distribución de probabilidad ReliaSoft (2005) a dichos escenarios.

La estimación del tiempo que un vehículo permanece en circulación ha sido motivo de diferentes estudios. Algunos de ellos fueron los desarrollados por Sliker (2003) y Van Schaik (2001).

En este contexto, la distribución Weibull es la herramienta clásica para la estimación de confiabilidad y tiempo de demanda útil, entre los que se encuentran los aforos de vehículos. Uno de los principales beneficios de dicha distribución es la versatilidad con la que modela diferentes comportamientos de demanda. Esta versatilidad en gran medida se debe a los diferentes valores que pueden tomar sus parámetros de posición, forma y escala. La forma más general de la función de densidad probabilística de Weibull está dada por (1).

$$f(t) = \alpha\beta (t - \gamma)^{\beta-1} e^{-\alpha(t-\gamma)^\beta} \quad (1)$$

Donde:  $f(t) \geq 0, t > \gamma, 0, \alpha > 0$  y  $\beta > 0$

Con la definición en (1), la función tiene un valor mínimo y respecto del cual no puede ser inferior la variable t. Para muchas aplicaciones, el valor de t es de cero; sin embargo, en la aplicación presentada en este trabajo se considera  $t > 0$ .

La función de distribución acumulada es como se indica en (2),

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad (2)$$

Donde F(t) es la probabilidad de demanda ocurra en t años;  $\beta$  es el parámetro de forma y  $\theta$  es el parámetro de amplitud de la distribución Weibull. En general:

$$F(t) = e^{-\alpha(-\gamma)^\beta} - e^{-\alpha(t-\gamma)^\beta} \quad (3)$$

Donde:  $t > \gamma > 0, \alpha > 0$  y  $\beta > 0$

En los trabajos realizados por Sliker (2003) y Van Schaik (2001), los registros históricos vehiculares fueron clasificados por demanda, de tal suerte es posible hacer satisfactoriamente los modelos con la distribución de Weibull. El ajuste de la distribución se realiza para diferentes modelos de demanda en los Estados Unidos de América y Holanda, respectivamente.

En el caso de México, es posible observar la demanda en diferentes países de Europa y los EUA, (Van Schaik 2001, Sander 2002, Sliker 2003, DOE 2006).

## CONCLUSIONES

---

...“Este documento plasma la propuesta metodológica y estructural del modelo alterno, los pasos aplicados en la metodología y el conjunto de las variables que se proponen para poder maximizar la utilidad en el cobro de tarifas de forma general, que beneficiaría en mayor forma las finanzas con las cuales se administran las autopistas concesionadas y que modificara la demanda. Dado que es esperado que los ajustes realizados ofrezcan una tarifa mas real”...

## CONCLUSIONES

De acuerdo al documento, se observa que a lo largo de tres décadas se han venido transformando los esquemas de administración de las autopistas, en principio el gobierno era el que administraba todas las autopistas de cuota en México, posteriormente, tratando de cubrir las necesidades de comunicación y transporte de mercancías y dado que no se contaba con los recursos necesario, se tomo la determinación de permitir que la iniciativa privada construyera y administrara autopistas de cuota; todo esto fue hasta el momento en que una serie de factores afectaron negativamente los créditos de los cuales eran sujetas las empresas que administraban las autopistas de cuota hasta el punto de declararse en la quiebra varias de estas (año de 1994). Fue entonces que el gobierno Mexicano implemento un esquema mediante el cual se rescataron varias concesiones de autopistas de cuota y generando un esquema que ahora conocemos como el FIDEICOMISO DEL RESCATE CARRETERO (FARAC). En los cuales entraron las carreteras que fueron las más afectadas siendo absorbidas nuevamente por el gobierno Mexicano, después de este acontecimiento las empresas adquirieron experiencia en el esquema de proyectar una concesión de autopista de cuota y haciendo un análisis más exhaustivo de los costos que implica administrar una autopista concesionada y la manera de generar los ingresos necesarios para poder solventar el pago de los créditos y los gastos de operación y mantenimiento que son necesarios para mantener la autopista a lo largo del periodo de su concesión. Se han venido realizando nuevas etapas en las cuales el gobierno ha puesto nuevamente a licitación de concesión a las autopistas que fueron rescatadas y que hasta el momento tiene en su poder, así como nuevos tramos carreteros fruto del crecimiento económico del país.

De las experiencias obtenidas tanto a nivel nacional como internacional, y con los antecedentes que se tienen durante el tiempo en los que han existido las autopistas de cuota en México, se han generado las bases de la estructura tarifaria que en este momento se aplican en el país. Que es la que beneficia en mayor porcentaje a los camiones de carga, siendo que estos son los que causan mayor daño y generan más costos de mantenimiento a las autopistas de cuota y afecta en mayor porcentaje a los automóviles particulares, siendo estos también los que el daño que generan a las autopistas es casi nulo y por ende sus costos de mantenimiento también tiende a ser cero.

Ante esta disparidad en los porcentajes asignados a las categorías vehiculares que circulan a lo largo de México, y con el fin de beneficiar en mayor forma a los concesionarios de las autopistas de cuota en la maximización de la utilidad de los ingresos que se generan, se realizo el análisis de los factores que influyen en este esquema, incluyendo nuevos factores y modificando los que hasta el momento se utilizan para llegar a una comparación y una determinación de una tarifa optima, que evidentemente modificara los porcentajes que se les asignan a las categorías vehiculares. Llegando a la conclusión de que estas modificaciones serán realizadas en base a los datos generados del modelo tradicional y con los aforos que determinaran las afluencias proyectadas y posteriormente con las aplicación

del modelo alternativo se llegue a un nivel de demanda que maximice las utilidades, esto es que con este modelo se manejen los niveles de tarifa de cada categoría vehicular intentando no afectarlas negativamente y designándoles una tarifa más de acuerdo al porcentaje de daño que causan, en los resultados que se observan, obviamente los más afectados serán los camiones de carga a los cuales se les tendría que hacer un ajuste de tarifa de la manera en la cual, la combinación entre las dos categorías que restan absorban de alguna manera el costo de mantenimiento que generan y para que de alguna manera no disminuya significativamente su aforo en las autopistas pero que al reducir o equilibrar los costos de mantenimiento les brinde a los concesionarios ingresos y una utilidad más significativa ya sea una utilidad marginal o en el mejor de los casos una maximización de esta.

Este documento plasma la propuesta metodológica y estructural del modelo alternativo, los pasos aplicados en la metodología y el conjunto de las variables que se proponen para poder maximizar la utilidad en el cobro de tarifas de forma general, que beneficiaría en mayor forma las finanzas con las cuales se administran las autopistas concesionadas y que modificara la demanda. Dado que es esperado que los ajustes realizados ofrezcan una tarifa más real a cada categoría vehicular, tratando llegar a tarifas que no afecten de manera significativa el aforo en general, obteniendo finalmente una tarifa alterna menor o igual que la tarifa base.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Ricardo J. Sánchez*, 2003 “El pago por el uso de la infraestructura de transporte vial, ferroviaria y portuaria, concesionada al sector privado”, División de Recursos naturales e Infraestructura, Unidad de Transporte, Chile.
2. Centro de Estudios Sociales y de opinión pública, Cámara de Diputados, 2004, “Análisis comparativo de tarifas de autopistas concesionadas: Los casos de Argentina, Brasil, España y México”
3. *Belenky P.* (2002). “Principios para un financiamiento eficiente, Presentación preliminar del marco conceptual”, Documento de discusión, Argentina.
4. *Carles Vergara Albert, Francesc Robusté Antón* 2002, “Un modelo de autopistas con peajes como precios de servicios”, CENIT, Centro de Innovación del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, canales y Puertos de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, España,.
5. *Bonifaz J. L., Urrunaga R, Wakeham J.* (2001). “Financiamiento Privado e Impuestos: El caso de las Redes Viales en e Perú, Universidad del Pacífico, Centro de Investigación, Consorcio de Investigación Económica y Social, Proyecto Mediano, Lima, Perú.
6. *Hun Ko, Chun K.* Artículo, (2003) “An Application of Two – Part Tariff Pricing to Expressway: A case of Korea”, Seoul, Korea.
7. *Acha, J.; Manzo, G.,* (2000). “Traffic Data Collection and Use in the Mexican Interurban Road Network”, IMT, SCT. México.
8. *Aguerreberere R., Cepeda F.,* (2002). “Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras”, Publicación No. 202, IMT, SCT. México.
9. *Aguerreberere, R., Cepeda F.,* (1991). “Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras”, Publicación No. 30, IMT, SCT. México.
10. *Arroyo, S., Aguerreberere, R.,* (2002). Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras, Publicación No. 202, IMT, SCT. México



- 11.** Baca, G., (1994). “Fundamentos de Ingeniería Económica”, Mc Graw Hill.
- 12.** Barreiro, B.; (2006). Organización de Planificación Metropolitana. Universidad Internacional de Florida. USA
- 13.** Belenky, P., (2002). “Principios para un financiamiento eficiente, Presentación preliminar del marco conceptual”, Documento de discusión, Argentina.
- 14.** Cal y Mayor, R.; Cárdenas, J., (2007) “Fundamentos y Aplicaciones de Ingeniería de Tránsito”, 8ª Edición, Alfa y Omega. México
- 15.** Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (2004), Análisis de las tarifas fijas para el uso de carreteras de peaje (autopistas) en México, México
- 16.** Chih, C.; Jyh, K., (2004); Road pricing models with maintenance cost. Transport. Kluwer Academia Publishers, Netherlands. Holanda.
- 17.** Datos Viales (1980 – 2005), Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.
- 18.** Escobar G., (2006), Propuesta de un modelo de gestión para el mantenimiento de carreteras en el Estado de Lara – Venezuela, Tesis Doctoral, Universidad de Granada, España.
- 19.** Fisher, G., (2004), Suman Babear, Private Financing of toll Roads, World Bank’s Finance and Guarantees Group. Inglaterra
- 20.** Ginés, de R.; Romero, M.; Trujillo, L., (2000). Financiación Privada de Carreteras y Tarifación Óptima, Departamento de Análisis Económico Aplicado, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, III Encuentro de Economía, Valencia., España.
- 21.** González J., (2007), Las concesiones de las autopistas mexicanas, examen de su vertiente legislativa. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. México.
- 22.** Highway Capacity Manual, (2000). Special Report 209, Third Edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.USA

23. Hun, H.; Chun, K., (2000). An Application of Two – Part Tariff Pricing to Expressway: A case of Korea. Korea.
24. Libro Blanco, (2004), Comisión Europea, Dirección General VII – Transportes, Tarifas justas por el uso de infraestructuras Estrategia gradual para un marco común de tarificación de infraestructuras de transporte en la UE, España.
25. Manual de Capacidad Vial, (2000), Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Dirección General de Servicios Técnico. México.
26. Megan Khoshyaran, Bruno De Borges, Stef Proost, (2002), Decision on road freight tolls: Country versus EU Perspectives, Catholic University of Leuven, Belgium, MC-ICAM Workshop, September, Irlanda.
27. Moreno, E., (2005). Control de Flujos Carreteros de Carga por Inducción en la Selección de la Ruta, Publicación Técnica No. 270, Sanfandila Qro. IMT, SCT, México.
28. Ovalle, H., (1997). Las Carreteras del Siglo XXI, Fundación ICA AC, Cuadernos FICA, 1997. México.
29. PPS Carreteros, Irapuato – la Piedad, Presentación Informativa, SCT; 2005. México.
30. Rico, A.; Mendoza, A.; Rivera, C., (1995). Criterios para establecer la cuota óptima en una autopista de cuota (Logro del máximo ingreso del recaudador y del mínimo costo nacional del transporte), IMT, SCT, publicación No. 60, Qro., México.
31. Rico, A., (1995). Análisis Económico del comportamiento de secciones estructurales de carreteras en diversas circunstancias, IMT. México.
32. Robusté, F., (2002). El peaje en autopistas como precio por un servicio y como garante de sostenibilidad, Centro de Innovación del Transporte, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
33. Romero, M.; Rivera, P.; García, D., (2004). Carreteras de Peaje en Europa. España.

- 34.** Torres, G.; Pérez, J., (2002). Método de Asignación de Tránsito en Redes Regionales: Dos Alternativas de Solución, I.M.T., S.C.T., Publicación Técnica No. 214, Qro. México.
- 35.** Urbiztondo, S., (2001). Los nuevos criterios tarifarios a la infraestructura vial. Argentina.

## ANEXO DEL ESTADO DEL ARTE

### MODELOS TARIFARIOS USADOS ALREDEDOR DEL MUNDO

En esta sección se describen los aspectos teórico – prácticos que servirán de sustento al análisis pretendido.

Estos son algunos títulos de autores conocedores de la problemática que refieren un panorama general del tema principal como es el sistema de tarificación en autopistas privadas como son catalogadas en otras partes del mundo.

**Artículo. El pago por el uso de la infraestructura de transporte vial, ferroviaria y portuaria, concesionada al sector privado, Ricardo J. Sánchez, División de Recursos naturales e Infraestructura, Unidad de Transporte, Chile, 2003.**

Grandes cambios se han presentado en la región en los últimos años, se produjo un proceso de transferencias de las infraestructuras de transporte de los países a las empresas comerciales.

Las modalidades han sido variadas, así como los procesos de licitación, adjudicación y operación y la operación de los organismos de control y regulación, cambiando de país a país, adoptando diferentes modalidades en el tiempo o entre jurisdicciones sub – nacionales. En cada caso se han establecido contraprestaciones por la transferencia de derechos, diferentes por tipo de infraestructura. Cada carretera concesionada, por ejemplo, implica un contrato específico entre el estado concedente y la entidad concesionaria, con pagos al estado como cánones por el uso o subsidios al concesionario cuando ciertas características de la operación así lo recomendarán.

Una cuestión importante en los precios fijados para el uso de carreteras por peaje “Se trata de precios regulados, fijados en los procesos de licitación, adjudicación y concesión.” es la diferencia entre los precios pagados y los costos totales que genera el uso de las carreteras.

En la literatura económica sobre precios del transporte, se describe la existencia de desviaciones entre los precios verificados y aquellos que corresponden al costo marginal social.

Estas divergencias se deben a como se fijan los precios en el mercado del transporte, teniendo en cuenta diversas fuentes de costos. Esta sólo tiene en cuenta los costos privados del proveedor quien presta el servicio o del usuario quien paga el servicio. Este costo privado incluye el costo de capital de la infraestructura y/o los vehículos, costos operativos y carga fiscal.

Estos costos privados se calculan habitualmente mediante el análisis de costo de capital y costos e depreciación junto con los costos operativos y que son simplemente los costos de constituyen la función de producción de las firmas.

#### Costo marginal social

En un sistema de mercado puro, sin que existan distorsiones de ningún tipo el “CMS” es la suma de los costos marginales individuales. O sea el valor de añadir una unidad más de producto (de tráfico).

#### Costo marginal privado

Es el valor que enfrenta un productor, por agregar una unidad más de producto.

#### Costo marginal externo

Representa el valor del costo externo que añade la unidad de tráfico adicional.

En un contexto de mercado puro sin distorsiones ni costos externos, el costo marginal social es la suma de todos los costos marginales privados.

En este contexto se dice que el equilibrio de mercado es Pareto eficiente si los recursos iniciales y la tecnología, no existe otra alternativa que organizar la producción y distribución de los bienes que haga que un consumidor este en mejor situación sin empeorar la situación de otro consumidor.

Equilibrio competitivo.

Maximización de ganancias. Cada firma decide sus cantidades de producción, precios y combinación de recursos de manera de hacer máximas sus ganancias.

Maximización de utilidad. Cada consumidor decide la composición de su canasta de consumo y cantidades, dada su restricción presupuestaria de manera que su utilidad sea la máxima alcanzable por el a los precios vigentes.

Market clearing. Al precio de equilibrio, los deseos de consumo y niveles de producción dados por 1 y 2 son mutuamente compatibles, esto es que la oferta agregada de un bien es igual a la demanda agregada por ese bien, de no ser así a los precios existentes la economía no se encontraría en equilibrio.

QUE PASA EN MÉXICO

CAMBIOS EN LA PROVISIÓN DE INFRAESTRUCTURA:

Características de la reforma

Desde 1989, el gobierno federal anunció la construcción de 4000 Km. de carreteras a través de concesiones privadas con financiamiento a base de peajes. Especificaría el peaje máximo a ser cobrado con indexaciones por inflación. La SCT daría las predicciones del tráfico (garantizando parcialmente), costos estimados y los precios deberían financiarse en forma privada. Si el tráfico fuese menor al estimado, el gobierno compensaría al concesionario incrementando la duración de la concesión.

El programa se extendió hasta 1994 con la adjudicación de 3,600 Km. de autopistas y 1,500 en servicios.

Las concesiones que prometían más beneficios potenciales se entregaron primero. En 1992 sólo 4 de 12 concesiones tenían retornos razonables, mientras que 6 de 12 tenían retornos negativos con periodos cortos de 12 años.

Cabe destacar que a pesar de ciertas dificultades, se extendió el programa en 2,000 Km. adicionales apoyado en que la economía crecía de 6 a 7 % anual, se adjudicaron en suma 52 concesiones totalizando 5,500 Km. de carreteras.

En 1994 hubo una devaluación del peso trajo apareados menores beneficios y tasas altas. En consecuencia la mayoría de los concesionarios quedaron endeudados, y se obligo al gobierno a lanzar paquetes de ayuda a través de subsidios y créditos en 1995 y 1997. Además 23 concesiones fueron rescatadas por el FARAC

Para fines del 2000 la red nacional se componía de 333, 247 Km. de la siguiente manera:

- 106,576 carreteras libres
- 5,933 autopistas de cuota
- 160,185 caminos rurales y alimentadores
- 60,557 a otros tramos

Las carreteras libres se componían:

- 41,868 red federal
- 64,708 repartidas entre los 31 estados

Las autopistas de cuota conforman un sistema muy extenso.

- 4,715 están operadas por CAPUFE
- operada por terceros y el FARAC
- operada por los estados

La red nacional tiene un gran componente que es el sistema de 14 corredores que interconectan las 5 meso regiones

La red concesionada está constituida por autopistas construidas entre los años 89 y 94 y por otras vías más recientes con niveles de aforo e ingreso variables, dependiendo esto de su mayor o menor grado de madurez. La ley de Caminos, Puentes y Auto transporte federal estipula 30 años de concesión.

#### Compensación por el usufructo de la infraestructura concesionada

Los ingresos por peaje se fijan para diferentes tipos de vehículos, estableciéndose una regla de actualización en el título de concesión. El gobierno le garantiza al concesionario una parte de los costos y de las proyecciones de tránsito. Si el tránsito fuera menor al estimado o los costos más de un 15% respecto del proyectado el gobierno puede compensar esta pérdida a través de un incremento en la duración de la concesión. Legalmente está estipulado que por cada carretera de peaje debe de existir otra sin esa forma de recaudación, se originaron problemas relacionados con aforos sobreestimados, tarifas altas, que asociados a sobrecostos llevó al gobierno a fomentar un programa de consolidación de autopistas concesionadas, conocido como FARAC, a raíz de esto 23 de las 31 carreteras adjudicadas al sector privado regresaron al estado en 1997 lo que significó un costo de 3,000 millones de dólares, evidenciándose la falta de adaptación de los concesionarios a las condiciones económicas e institucionales del mercado, la falta de experiencia en el gobierno al estructurar obras por concesión con estudios precarios y sin tener en cuenta aspectos macroeconómicos.

Las dificultades para los concesionarios fueron en 1994 con la devaluación del peso que trajo aparejados menores beneficios y altas tasas de intereses llevando al gobierno a tomar medidas compensatorias. Durante las negociaciones con los concesionarios, el gobierno asumió que la crisis que afectaba las carreteras de peaje no se solucionaría con reestructuraciones financieras, sería necesaria una reducción en los peajes a fin de elevar los tráficos y conseguir mejoras en los ingresos. Consecuencia de esto, 28 concesionarios



disminuyeron los peajes en un 28 % y en 1997 se volvieron a rebajar en un 8% para automóviles y 16.7 para camiones livianos y 25 – 29 % para camiones pesados.

En marzo de 2002, se licitaron 8 proyectos de concesión al sector privado, redistribuyendo los riesgos a través de un proceso de coinversión, en el que tanto el gobierno federal como el concesionario, aportarían el 30% y el restante 40% será contribuido por agentes financieros con el fin de compartir proporcionalmente los riesgos.

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS AUTOPISTAS DE CUOTA EN OPERACIÓN

<i><b>Característica</b></i>	<i><b>Capufe</b></i>	<i><b>FARAC</b></i>	<i><b>Concesionadas</b></i>
Red	Autopistas construidas por el Estado y entregadas a Capufe para su administración y explotación	Autopistas rescatadas en 1997 y las que la SCT ha puesto en operación a partir de 1998	Autopistas construidas entre 1989 y 1994; están concesionadas particulares, gobiernos locales o Instituciones financieras
Autopistas predominantes	Maduras con altos riesgos de ingresos	Nuevas, construidas entre 1989 y 1994; en proceso de maduración	Realmente nuevas con excepción concesiones otorgadas para lograr objetivos financieros
Propiedad	Patrimonio nacional	Patrimonio nacional, concesionadas a	Patrimonio Nacional. Concesionadas a

		Banobras, institución fiduciaria, contrata a Capufe para operar y administrar	terceros para pago de créditos y recuperación inversiones.
Tarifas	Autorizadas por SCT	Autorizadas por el Comité Técnico del FARAC	Autorizadas por SCT bajo reglas específicas
Presupuesto	Autorizado por el H. Congreso de la Unión y controlado por la SHCP	Autorizado por el Co Técnico del FARAC	Autorizado por el Co Técnico de fideicomiso administración de concesión
Decisiones	Consejo de Administración de Capufe	Comité Técnico del FARAC	Comité Técnico de Fideicomisos de Administración

### Una aproximación a los subsidios cruzados viales

El objetivo de esta sección es comparar el pago que realizan las distintas categorías de vehículos en autopistas por peaje, en relación al daño que cada una de ellas provoca a la infraestructura, para lograr de esta manera una aproximación al grado de subsidio que se produce en el sentido antes mencionado desde las categorías más livianas hacia las más pesadas.

Este tema es muy completo y menos desarrollado en materia de concesiones viales, que no podría ser resuelto en el presente estudio, razón por lo que se tomará como punto de partida. En Thomsón 1999, se remarca que el tránsito de los vehículos pesados causa daños estructurales a las carreteras, y estos varían exponencialmente de acuerdo con el peso descargado por cada eje de los vehículos, la unidad básica es el eje-equivalente (EE), un eje

cargado con un peso de 18,000 libras (8,160 tons); dado que el desgaste ocasionado a una carretera depende del peso colocado por cada eje de los vehículos, de la calidad del pavimento.

- *Este análisis no explica el costo que genera, en materia de mantenimiento y daños ocasionados, al paso de cada una de las categorías vehiculares.*
- *Destaca que los vehículos con mayor peso y cantidad de ejes producen un incremento en estos costos en proporciones mucho mayores que los más livianos.*
- *El pago en forma de peaje que efectúan las categorías mayores no suele ser proporcional al costo que ocasionan, pasando así a asumir esas diferencias o parte de ellas las categorías menores, por medio de un subsidio cruzado.*
- *En el caso de México se seleccionaron las tarifas de los principales tramos, dividiendo por la cantidad de Km. alcanzados.*

De esta manera, los resultados obtenidos son aproximaciones a la estimación del subsidio cruzado, ya que este requerirá un cálculo especial en cada ruta dependiendo del tipo y estado del pavimento y del cumplimiento de los pesos máximos por eje por parte de los camiones y la capacidad del estado de verificar y hacer cumplir esto, como así la repercusión directa que tiene el uso de la infraestructura por cada uno de los tipos de vehículos en los costos del concesionario de carreteras.

En el siguiente cuadro se observan las tarifas/Km de los principales tramos de carreteras mexicanas, para cada categoría vehicular y la relación que guardan estas, frente a la menor categoría de vehículos.

Tramo A, Chamapa – Lechería

Tramo B, Cuernavaca – Acapulco

Tramo C, Ecatepec - Pirámides

Tramo D, Guadalajara – Colima

Tramo E, Guadalajara – Zapotlanejo

Tramo F, México - La Marquesa

## Categorías

1 Automóviles

2 Vehículos de 2 ejes

3 “ 3 “

4 “ 4 “

5 “ 5 “

6 “ 6 “

7 “ 7 “

8 “ 8 “

9 “ 9 “

## RELACION ENTRE CATEGORIAS Y PEAJES

Tarifa/Km.	Tramo A	Tarifa en relación categoría 1	Tarifa/Km.	Tramo B	Tarifa en relación categoría
1	1.28	1.00	1	1.295	1.00
2	2.121	1.65714	2	2.133	1.64706
3	2.121	1.65714	3	2.133	1.64706
4	2.121	1.65714	4	2.133	1.64706
5	2.999	2.34286	5	2.799	2.16176
6	2.999	2.34286	6	2.799	2.16176
7	4.096	3.2000	7	3.104	2.39706
8	4.096	3.2000	8	3.104	2.39706
9	4.096	3.2000	9	3.104	2.39706

Tarifa/Km.	Tramo A	Tarifa en relación categoría 1	Tarifa/Km.	Tramo B	Tarifa en relación categoría
1	1.346	1.00	1	3.636	1.00
2	1.538	1.14286	2	7.273	2.0000
3	1.538	1.14286	3	10.901	3.0000
4	1.538	1.14286	4	14.545	4.0000
5	2,962	2.20000	5	18.182	5.0000
6	2,962	2.20000	6	21.818	6.0000
7	3.846	2.85714	7	25.455	7.0000
8	3.846	2.85714	8	29.091	8.0000
9	3.846	2.85714	9	32.727	9.0000

Tarifas vigentes a febrero de 2003 (incluyen IVA)

En los tramos Chamapa – Lechería y Guadalajara – Colima puede observarse que hay una magnitud importante de subsidios cruzados desde las categorías de menor cantidad de ejes hacia aquellas que tienen un número mayor. Si se toma la categoría 6 se observa que en general aportan sólo 2.32 veces en relación con la menor categoría.

La antitesis a los tramos descritos anteriormente son: México – Marquesa y Ecatepec - Las Pirámides. Aquí las tarifas que pagan cada una de las categoría vehiculares son más proporcionales al daño que ocasionan a la infraestructura vial. Como ejemplo puede apreciarse que en las categorías 5 y 6 las tarifas a pagar son 5 y 6 veces mayor a la que abona la menor categoría. En conclusión puede decirse que en el país se presentan distintas situaciones, en algunos casos puede verse con mayor claridad los subsidios cruzados de una categoría a otra.

#### Consideraciones

Como indica Thomsón “por lo general, al licitar la concesión de una carretera, un gobierno fija la relación entre el peaje cobrado a un vehículo de tipo  $i$  ( $i$  = por ejemplo, camión liviano, camión rígido de tres ejes, camión semi – remolque de tres ejes, bus de dos ejes) y

el que se aplica a un automóvil, y usa el peaje por automóvil, como la variable crítica en la adjudicación de la concesión...” y “es evidente que la variación en el valor del peaje, entre los diferentes tipos de vehículos, no refleja la variación correspondiente en los valores en ejes equivalentes” (EE).

## Opinión

El estudio aborda un análisis interesante relacionado con el pago de los peajes por diferentes categorías y para distintos tramos y se observa claramente las diferencias que existen en los pagos entre uno y otro tramo, así como los subsidios que ejercen los vehículos de menor categoría a los de mayor categoría. Esto se refleja en el deterioro del camino por parte de estos.

**Artículo: Análisis comparativo de tarifas de autopistas concesionadas: Los casos de argentina, brasil, España y México, Centro de Estudios Sociales y de opinión pública, Cámara de Diputados, 2004.**

### *Fijación de tarifas en autopistas concesionadas*

En este documento se analizan los criterios para la fijación de tarifas para carreteras de peaje concesionadas y su evolución.

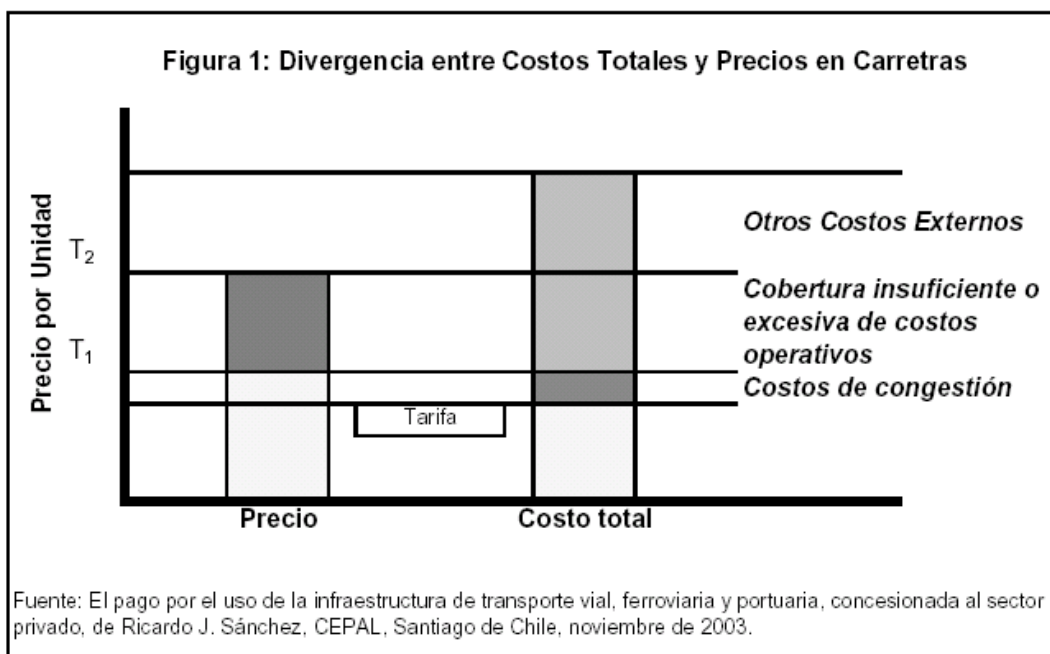
Una cuestión relevante en los precios fijados para el uso de las autopistas es la diferencia que existe entre los precios pagados y los costos totales que genera el uso de las carreteras. Es decir, los precios que pagados por los usuarios no compensa el costo marginal, esto es el costo que la sociedad en su conjunto termina pagando de alguna otra manera, como son: el deterioro ambiental, mayores tiempos de viaje por la congestión o subsidios (en impuestos) para la cobertura de costos operativos. Es difícil determinar quien paga por ellos.

Estos costos no suelen ser enfrentados por quienes los generan, y por lo tanto, no constituyen parte de la tarifa aún cuando puedan formar parte de las tarifas fijadas. En muchos casos, la tarifa pagada en la autopista concesionada (T1) no cubre del todo los costos operativos, y es ahí cuando se requieren los subsidios gubernamentales para mantener la operación de las mismas y subsanar el déficit generado por la fijación de tarifas que no contemplan el costo marginal (T2).

## El caso de Argentina

Al programa de concesiones Viales en la República argentina, se le puede identificar por los aspectos:

- 1) La recuperación de las inversiones en obras mediante las tarifas de peaje, plazos fijos de concesión, contratos de riesgos privados, inexistencia de garantías estatales de ingresos o tránsitos mínimos asegurados y la existencia de subsidios especiales en casos aislados de carácter mensual o aportes directos a la construcción de obras.



El sistema abierto de tarifas funcionó hasta 1991. Hasta esa fecha el nivel de peajes fue determinado en base a una tarifa inicial uniforme para todos los usuarios, que se actualizaba según un índice de precios promedio combinando de precios al mayoreo, al menudeo y por el tipo de cambio. En ese país, se ha establecido un sistema de tarifas diferenciales por tipo de vehículo, atendiendo el peso y altura. En 1995, se da la segunda renegociación de contratos en donde los mecanismos para la fijación de tarifas van a ser actualizados tomando como punto de referencia los precios al consumidor de USA. Así mismo se extenderán los plazos de duración de la concesión por 13 años. Para el caso particular de los accesos a la Ciudad de Buenos Aires, el estado fija una tarifa máxima de peaje en dólares convirtiéndola mensualmente en pesos argentinos. Se fija además una tarifa diferenciada atendiendo el peso de los vehículos.

## Brasil

Aquí se establecen las tarifas en función del tipo de vehículo y del número de ejes. En general las tarifas se establecen de diferentes maneras:

1. Unas veces resultan de estudios en los que se estiman las inversiones a realizar
2. Otras veces se propicia el cobro de un precio progresivo en forma proporcional al cumplimiento del concesionario (por obras efectivamente cumplidas).

El estado al fijar las tarifas, pretende que no se establezcan subsidios cruzados entre las diferentes categorías de vehículos.

Es preciso destacar que en Brasil, los municipios situados a lo largo de las carreteras concesionadas reciben 5% de la recaudación de peajes, haciéndose un promedio en función de la localización de las casetas de peaje en cada localidad

De manera general, los concesionarios pagan una tasa de fiscalización que puede ser un valor fijo o un porcentaje de la recaudación por peaje. También las concesionarias deben contribuir al financiamiento del resto de la infraestructura carretera.

Comparativo y análisis de tarifas de autopistas concesionadas de cuota

## Argentina

<i>Rutas Nacionales</i>	<i>Longitud km</i>	<i>Costo total de la ruta en su tarifa para autos</i>	<i>Costo / km</i>
Corredor 1 / RN 205	254.980	3.2000	0.0126
Corredor 1 / RN 226	404.320	4.7000	0.0116
Corredor 1 / RN 3	615.520	7.1000	0.0115
Corredor 1 / RN252	6.800	N.A.	N.A.
Corredor 18 / A-015	15.000	N.A.	N.A.
Corredor 18 / RN 117	12.480	N.A.	N.A.

<sup>4</sup> Tipo de cambio \$ 0.3369 (USD) por AR\$ 1.00 (peso argentino). Tipo de cambio al 5/oct/04; Fuente: xe.com (Convertidor Universal de Divisas): <http://www.xe.com/ucc/es/>



Corredor 18 / RN 12	75.190	4.2000	0.0559
Corredor 18 / RN 135	14.480	N.A.	N.A.
Corredor 18 / RN 14	496.350	5.5000	0.0111
Corredor 18 / RN 193	3.670	N.A.	N.A.
Corredor 2 / RN 5	541.640	6.2000	0.0114
Corredor 2 / RN 7	724.020	8.6000	0.0119
Corredor 29 / Av. De Circunvalación	8.680	N.A.	N.A.
Corredor 29 / RN 151	3.300	N.A.	N.A.
Corredor 29 / RN 22	5.400	0.5000	0.0926
Corredor 3 / -009	12.060	N.A.	N.A.
Corredor 3 / A-012	41.830	N.A.	N.A.
Corredor 3 / AU Rosario Armstrong	17.563	N.A.	N.A.
Corredor 3 / RN 11	463.840	3.7000	0.0080
Corredor 3 / RN 188	479.250	6.0000	0.0125
Corredor 3 / RN 19	280.200	3.2000	0.0114
Corredor 3 / RN 9	205.390	4.3000	0.0209
Corredor 4 / A-005	11.420	N.A.	N.A.
Corredor 4 / RN 193	31.650	N.A.	N.A.
Corredor 4 / RN 33	233.080	2.6000	0.0112
Corredor 4 / RN 36	187.660	2.7000	0.0144
Corredor 4 / RN 38	109.730	1.8000	0.0164
Corredor 4 / RN 8	665.850	6.9000	0.0104
Corredor 4 / RN34	777.670	9.3000	0.0120
Corredor 5 / RN 11	217.600	1.5000	0.0069
Corredor 5 / RN 12	756.310	8.9000	0.0118
Corredor 5 / RN 16	176.330	3.3000	0.0187
Corredor 5 / RN 9	736.520	7.2000	0.0098
PRECIO PROMEDIO/KM =			0.0182
Notas : Las tarifas están en pesos argentinos (ARS) N.A.: No Aplica Fuente: Elaboración propia con datos del <i>Órgano de Control de Concesiones Viales (OCCOVI)</i> de Argentina; Corredores Viales Nacionales; Página Web: <a href="http://www.occovi.gov.ar">http://www.occovi.gov.ar</a>			

En la tabla se aprecian las tarifas/Km. para el caso de la categoría 1. Además se observa que la tarifa promedio es de  $0.0182 = 0.0061$  dólares.

## México

Para el país se analizaron la Red de Autopistas CAPUFE en sus tres subsistemas:

Red Propia

Red FARAC

Red Concesionaria

Autopistas concesionadas y/o administradas por gobiernos estatales (20)

Se observa que las tarifas/Km. promedio de la red de autopistas concesionadas estatales resulta ser la red más cara: autos = 1.55 pesos, en cambio CAPUFE da 0.84 pesos.

Las autopistas concesionadas por CAPUFE en promedio cuestan 0.91 pesos por Km. y en el caso de la red FARAC es de 1.18 pesos

**Tabla 3**

**TARIFA/KLÓMETRO PROMEDIO PARA AUTO POR RED DE AUTOPISTAS DE CUOTA DE MÉXICO**

RED	Autopistas analizadas	Tarifakm promedio (en Pesos)	Tarifakm promedio (en Dólares) <sup>1</sup>
CAPUFE	15	0.84	0.074
FARAC	35	1.18	0.104
Concesionadas (por CAPUFE)	6	0.91	0.080
Otras Autopistas Concesionadas	20	1.55	0.136
<b>TARIFA/KM PROMEDIO DE LAS REDES:</b>		1.12	0.0985

<sup>1</sup> En base al tipo de cambio interbancario con fecha del 30 de septiembre de 2004.  
Fuente: Elaboración propia, con datos de Unidad de Autopistas de Cuota de la SCT; pág. Web: <http://uac.sct.gob.mx>

<sup>5</sup> Tipo de cambio \$0.3535 (USD) por R\$ 1.00 (real). Tipo de cambio al 5/oct/04; Fuente: xe.com (Convertidor Universal de Divisas): <http://www.xe.com/ucc/es/>

#### Comparativo de los casos

**Tabla 5**

**COMPARATIVO DE TARIFAS/KILÓMETRO PROMEDIO EN DÓLARES Y EN PESOS MEXICANOS.**

País	Tarifakilómetro promedio para autos (en dólares)	Tarifakilómetro promedio para autos (en pesos mexicanos)
Brasil	0.01537 <sup>1</sup>	0.17 <sup>4</sup>
Argentina	0.0061 <sup>2</sup>	0.06 <sup>5</sup>
México	0.0985 <sup>3</sup>	1.12
España	0.0848 <sup>6</sup>	0.96

Notas:  
<sup>1</sup> Tipo de cambio \$ 0.3535 (USD) por R\$ 1.00 (real). Tipo de cambio al 5/oct/04; Fuente: xe.com (Convertidor Universal de Divisas): <http://www.xe.com/ucc/es/>  
<sup>2</sup> Tipo de cambio \$ 0.3369 (USD) por AR\$ 1.00 (peso argentino). Tipo de cambio al 5/oct/04; Fuente: xe.com (Convertidor Universal de Divisas): <http://www.xe.com/ucc/es/>  
<sup>3</sup> Promedio en dólares en base al tipo de cambio interbancario con fecha del 30 de septiembre de 2004.  
<sup>4</sup> Tipo de cambio \$ 3.9892 (pesos) por R\$ 1.00 (real). Tipo de cambio al 5/oct/04; Fuente: xe.com (Convertidor Universal de Divisas): <http://www.xe.com/ucc/es/>  
<sup>5</sup> Tipo de cambio \$ 3.8007 (pesos mexicanos) por AR\$ 1.00 (peso argentino). Tipo de cambio al 5/oct/04; Fuente: xe.com (Convertidor Universal de Divisas): <http://www.xe.com/ucc/es/>  
<sup>6</sup> Conversión de Euros a dólares. El costo por kilómetro en euros es de: 0.0690.  
Fuente: Con datos de las tablas 1, 2 y 3 de este documento.

Tarifas de autopistas en otros países

## ***Chile***

\* Para el uso de la autopista central se calcula que la tarifa es de 26 pesos/Km.

\* Para el tramo El Salto la tarifa es de 20/Km. en periodos fuera de punta y de 40/Km. en periodo de punta y 60/Km. en periodo de congestión.

## **Europa**

En los casos de Alemania, Bélgica, Dinamarca, Holanda y Reino Unido, viajar es gratuito.

Para el caso de Francia, viajar los 588 Km. entre Burdeos y París cuesta 42.8 euros = 0.07278 euros/Km.

En Portugal entre Lisboa y Oporto hay 305 Km. que salen a 15.09 euros = 0.04947 euros/Km.

Resumen de tarifas en diferentes países

**Tabla 6**

**COMPARATIVO DE TARIFAS/KILÓMETRO PROMEDIO EN DÓLARES, EUROS Y PESOS MEXICANOS DE DIFERENTES PAÍSES.**

<i>Pais</i>	<i>Tarifalkm para autos (en moneda de uso nacional)</i>	<i>Tarifalkm para autos (USD)</i>	<i>Tarifalkm para autos ( Euros)</i>	<i>Tarifalkm para autos (Pesos Mexicanos)</i>
<i>México</i>	1.12 (Pesos mexicanos)	0.0985	0.0807	1.12
<i>Brasil</i>	0.04287 (Reales)	0.0154	0.0123	0.17
<i>Argentina</i>	0.0182 (Pesos Argentinos)	0.0061	0.0050	0.07
<i>Chile</i>	25.00 (Pesos Chilenos)	0.0415	0.0338	0.46
<i>España</i>	0.0690 (Euros)	0.0848	0.0690	0.96
<i>Francia</i>	0.0728 (Euros)	0.0894	0.0728	1.01
<i>Portugal</i>	0.0494 (Euros)	0.0607	0.0494	0.68
<i>Rusia</i>	1.00 (Rublo)	0.0342	0.0278	0.38

Nota: Los tipos de cambio fueron consultados en la página electrónica: <http://www.xe.com/ucc/es/>  
Fuente: Elaboración propia con datos del presente documento.

<sup>9</sup> REVISTA CONSUMER.ES; Viajar por *Autopista: Una opción que se paga a 7 céntimos el kilómetro* (nota de prensa); España a, 3 de abril de 2001; disponible en la dirección eletrónica: <http://revista.consumer.es/>

<sup>10</sup> Nota de la Embajada de Rusia en Chile; disponible en la página electrónica: [http://embajadaderusiaenchile.mid.ru/chile/2004/bull\\_320.html](http://embajadaderusiaenchile.mid.ru/chile/2004/bull_320.html)

## Opinión

Se observa que en México están las tarifas más altas del mundo (1.12) y en argentina existen las más bajas (0.07). También en México se tienen menores restricciones a los concesionarios.

### **Artículo. *Belenky P. (2002). Principios para un financiamiento eficiente, Presentación preliminar del marco conceptual, Documento de discusión, Argentina.***

Históricamente el financiamiento vial en USA de ha dado de la siguiente manera:

1916 – Ley Caminos Rurales Postales: autoriza al Gobierno Federal a pagar hasta la mitad de los costos de construcción de los caminos rurales utilizados para entregar el correo. Financiado por rentas generales.

1932 – Impuesto al combustible: adoptado por el gobierno federal junto con los impuestos a la patente estatal (registros).

1956 - Fondo de Autopistas: se crea y se financia con impuestos al combustible.

1960 – Impuestos diferenciales a vehículos pesados: se introduce en función de su peso total y distancia recorrida.

1980 – Programas de rehabilitación de carreteras: fondos federales disponibles sólo para restauración, rehabilitación o construcción superficial.

1982 – Ley de asistencia al transporte de superficie: elevó el impuesto de 4 a 9 centavos por galón, e incremento impuestos sobre las cubiertas, la venta de camiones y las tasas de uso de los camiones.

1984 – Ley de reducción del déficit: redujo las tasas de uso y elevó el impuesto del diesel a 15 centavos por galón.

El documento propone y centra su aportación en la posibilidad de un cambio radical en la captación de recursos económicos para reducir la carga impositiva en los peajes que afectan seriamente a los usuarios de las infraestructuras carreteras.

Se analiza la problemática que existe en Los Estados Unidos, donde los principales actores del sistema de transporte: gobierno federal, provincial, municipal, constructores, transportistas y usuarios particulares interactúan para dar lugar a controversias muy marcadas. Es decir, por un lado el Estado se ve presionado por los usuarios para que se les construyan mejores carreteras, los transportistas alegan competencia desleal y los constructores piden planes de obras viables y sostenidas en el tiempo. Esto se debe a que la política de tarificación vía impuestos a los combustibles y a la patente les da ese derecho.

Una observación importante del documento está relacionada con los financiamientos que recibe la infraestructura carretera en los países de la Comunidad Europea. Países como Alemania, Bélgica Portugal y el Reino Unido, basan su tarificación en estos aspectos.

### ***Estado actual de la red vial.***

1. Solo se cubre el 62 % de los gastos con fondos genuinos (FHWA 1985)
2. El sector vial tiene un inmenso apetito por fondos públicos. Recibe dinero en forma directa de los peajes y fondos específicos, y sólo alcanzan para cubrir una parte del gasto total, por ello el estado de la red es pobre
3. Los caminos con deficiente mantenimiento causan severos daños económicos en la operación de los vehículos y gastos adicionales en consumo de combustible.
4. El transporte de carga y en especial los camiones pesados no son responsables en términos económicos por los perjuicios que causan. Aún así se mantiene una estructura basada en impuesto al combustible que no refleja el daño causado por los vehículos al pavimento.

### *Intereses de la industria en USA*

1 Una política exitosa de gestión es aquella que involucra a todos los sectores interesados: gobierno federal, provincial, municipal, constructores, transportistas y usuarios particulares.

2 Por un lado el Estado se ve presionado por los usuarios para que se les construyan mejores carreteras, los transportistas alegan competencia desleal y los constructores piden planes de obras viables y sostenidas en el tiempo.

Tasas a los usuarios de caminos (FWHA 1986)			
Tipo de impuesto	Ingreso (billón de US\$)	Participación	
Impuestos a los combustibles	10.25	83.7%	
Impuesto a camiones y remolques	1.34	9.3%	
Impuestos a las cubiertas	0.32	2.6%	
Otros impuestos	0.53	4.3%	
<b>Impuestos federales al uso de vehículos</b>	<b>12.24</b>	<b>100%</b>	<b>30.6%</b>
Impuestos estatales a los combustibles	14.74	53.1%	
Tasas de registros (patentes)	8.42%	30.4%	
Otros impuestos	4.58	16.5%	
<b>Impuestos estatales al uso de vehículos</b>	<b>27.74</b>	<b>100%</b>	<b>69.4%</b>
<b>Total</b>	<b>39.98</b>		<b>100%</b>

Por un lado el Estado se ve presionado por los usuarios para que se les construyan mejores carreteras, los transportistas alegan competencia desleal y los constructores piden planes de obras viables y sostenidas en el tiempo.

### *Tipo de presiones*

- i. Los automovilistas exigen que los camioneros paguen más por los daños que ocasionan
- ii. Los operadores de camiones señalan que los daños son por causas climáticas e inadecuado diseño
- iii. Los constructores desean un programa público de inversión sin demoras

### *Panorama internacional del financiamiento vial*

#### **Fuente de recursos para la construcción y preservación de las carreteras**

País	Impuesto al combustible	Patente Vehicular	Peajes
Alemania	75 %	25 %	-
Francia	74 %	12 %	14 %

Italia	82 %	7 %	11 %
Portugal	93 %	7 %	-
Reino Unido	71 %	29 %	-

En estados unidos el esquema es similar con la diferencia que existen carreteras privadas desde hace 50 años.

### **Países en crecimiento**

En el caso de España, donde las necesidades presupuestarias aumentan conforme lo hace el tránsito (4 % anual), obliga a una importante inversión, incluyendo una fuerte expansión de la capacidad del sector. Se prevé que en el 2010, el tránsito se duplique. Planteos similares se observan en otros países con redes viales no maduras

### **Principios de una tarificación vial**

**Costos de infraestructura:** Son casi todos los costos de capital, los costos corrientes de mantenimiento y funcionamiento suelen ser relativamente pequeños a su vez una parte son fijos.

**Costos de la infraestructura** = Costos de capital + Costos Corrientes de Mantenimiento y Funcionamiento

Es usual que el  $\frac{3}{4}$  del gasto en mantenimiento depende de las condiciones geométricas, del suelo y clima.

**Fijación del precio de la infraestructura:** Actualmente, en la mayoría de los países, la fijación del precio se realiza en forma indirecta mediante el sistema de tarifa bipartita, compuesta por el impuesto a los combustibles y por impuesto a la patente. Es indirecta porque ninguno de los dos considera en forma directa el uso de la red.

**Precios de la Infraestructura (sistema de tarifa bipartita indirecta que no contempla en forma directa el uso de la red vial** = Impuestos al combustible + Ingresos a la Patente

La tarifa bipartita estaba justificada al estar compuesta por un pago fijo para pagar los costos fijos y un pago variable aproximadamente igual al costo marginal de la utilización de la infraestructura.

Con el aumento del tránsito, comenzaron a adquirir mayor importancia otros costos: costos por deterioro al medio ambiente, por congestión (perdida de tiempo), estos costos han alcanzado proporciones mayores que los de mantenimiento.

### **Replanteo de la situación**

Una nueva política vial debe basarse en criterios de eficiencia, equidad y sustentabilidad financiera, debe considerar:

- 1) El deterioro que generan los camiones no depende de su peso total, no del número de ejes sino del peso por eje.
- 2) No se debe gravar la posesión de los vehículos como un cuasi impuesto a la renta.
- 3) El consumo de combustible es sólo una forma indirecta de tarificar el uso y deterioro de la red vial.
- 4) Se deben crear tasas por congestión que dependan de la contribución de cada vehículo a la generación de la misma.

### **Tarificación vial e inversión**

La inversión en caminos tiene dos dimensiones: capacidad y durabilidad, la primera se relaciona con la posibilidad de acomodar vehículos si generar congestión, la segunda responde a la posibilidad de vehículos pesados evitando excesivos daños al pavimento.

Como ambas inversiones son costosas, la inversión óptima abarca escasez de ambas; y los cargos por uso deben responder a la contribución del vehículo a la congestión y a subsanar los daños.

### **Principios de tarificación óptima**

La conveniencia de superar las contingencias marcadas anteriormente a escala mundial, el autor propone el replanteamiento de la situación con una nueva política vial con criterios distintos a fin de analizar la eficiencia del gasto y la recaudación.

- El deterioro que generan los camiones no depende de su peso total, no del número de ejes sino del peso por eje.
- No se debe gravar la posesión del vehículo como un cuasi impuesto a la renta.
- El consumo de combustible es sólo una forma indirecta de tarificar el uso y deterioro de la red vial.
- Se deben crear tasas por congestión que dependan de la contribución de cada vehículo a la generación de la misma.

Los criterios indicados tienen su justificación

- 1) La inversión depende del diseño inicial y de la construcción del camino
- 2) Las cargas al usuario están en función del mantenimiento.
- 3) Los puntos anteriores son independientes.
- 4) A mejor camino, menores costos de mantenimiento y por ende menor precio por su uso de acuerdo al costo marginal.

**Costo marginal:** cambio en el costo social total de viaje, incluyendo los costos de mantenimiento y los incurridos por otros usuarios, por el hecho de incorporar un vehículo adicional específico (peso y dimensiones dadas) en un determinado lugar y momento.



2 La Inversión en caminos tiene dos dimensiones:

**Capacidad.** Relacionada con la posibilidad de acomodar vehículos sin generar congestión.

**Durabilidad.** Responde a la posibilidad de acumular vehículos pesados evitando excesivos daños en el pavimento.

Se recomienda que el precio sea igual al costo marginal: un viaje extra tarifado al costo marginal, sólo se hace cuando se justifica.

### **Reglas de la tarificación y conceptos**

La tarificación debe maximizar el beneficio social neto

**Beneficio social neto (BSN) = Deseo de pago del consumidor – costos de producción**

**Precio óptimo: cargos al usuario según el costo marginal**

Para tarificar caminos existentes, deben considerarse en forma primordial a los costos:

1 Por desgaste: la durabilidad se incrementa con el espesor del pavimento y mejorando la base, drenes, etc.

2 Por congestión: la capacidad se incrementa adicionando carriles o haciendo estos más anchos, construyendo carriles de sobrepeso, banquetas. Etc.

**Costos del desgaste del camino:** incluyen al mantenimiento y los costos operativos (reparaciones, depreciación, combustible y valor del tiempo de las personas o las cargas).

El elemento dominante en los costos de mantenimiento es la necesidad de reconstruir periódicamente el pavimento luego del paso de un número determinado de ejes definidos en forma estándar (el eje estándar es single y de 18,000 libras y se denomina “ESAL”, el daño se expresa en términos de “ESALs”, carga equivalente a un eje estándar.

**Costos por desgaste = mantenimiento + costos operativos incurridos por quienes usan el camino (flujo libre). Es la necesidad de reconstruir periódicamente el pavimento luego del paso de un número determinado de ejes definidos en forma estándar.**

$MC_m$  = Costo marginal por mantenimiento = Necesidad de restituir, acortamiento del periodo de tiempo entre dos restituciones del pavimento.

### **Hechos tecnológicos que determinan la comprensión del desgaste**

- El deterioro generado por el paso de un vehículo es proporcional a la 3ª o 4ª potencia de su peso por eje (el daño causado por un camión de 13 Tons. Es mil veces mayor al causado por un automóvil.

- No depende del peso total del vehículo. Por esta razón la tarificación por número de ejes no se condice con el deterioro causado al pavimento. Ideal sería tarificar de acuerdo al peso por eje.

Así el costo de los usuarios se ve afectado por el estado de mantenimiento del camino, la presencia de baches eleva el costo ( $MC_u =$  **costo marginal de los usuarios**).

**El costo marginal de desgaste del camino ( $MC_w = MC_m - MC_u$ )**

Como la vida del pavimento depende fuertemente de su diseño el  $MC_w$  **varía notablemente de camino a camino.**

### **Inversión Óptima**

La decisión de la elección de un camino, se refiere a: Número de carriles, alineaciones horizontales, verticales, tipo de estructura y pavimento, con el objetivo de reducir posteriormente los costos de mantenimiento y congestión.

Aspectos fundamentales

**D:** espesor de la estructura de la calzada. Es la facultad de aceptar numerosos ejes de carga

Para minimizar el costo total del ciclo de vida, será conveniente agregar espesor **D** hasta que el costo incremental de adicionar durabilidad iguale el ahorro en mantenimiento y costos del usuario.

Es posible computar la durabilidad óptima como la simple minimización del Valor Presente de los costos anualizados de mantenimiento + costos de los usuarios + costos del capital.

**W.** ancho de la calzada. Es la facultad de aceptar numerosos vehículos equivalentes (capacidad) en una hora antes que surja una congestión.

Por otra parte, el ancho del camino medido en número de carriles depende del tráfico horario, desde el punto de vista de la eficiencia es conveniente agregar carriles cuando el costo de adicionar capacidad iguala al ahorro generado en los costos incrementales por congestión.

## **Fórmulas para el costo por desgaste.**

### **Costo marginal de mantenimiento por desgaste**

$MC_m^0$  = costo medio de mantenimiento por “ESAL” (carga equivalente a un eje estándar de 18,000 libras).

$$MC_m^0 = \lambda \cdot C/N$$

Donde:

N = Número de “esal” que resiste el carril derecho antes de una inversión.

C = Costo de la inversión (reconstitución de la estructura de la calzada), incluye la interrupción del tráfico.

$\lambda$  = Proporción de “esal” que circula por el carril derecho: En  $N/\lambda$  se requiere intervención.

### **Costo marginal de los usuarios**

Los costos de los usuarios varían cíclicamente a medida que se deteriora y se reconstituye periódicamente la estructura (depende de la calidad de la superficie de rodamiento). Si la intervención se realiza cuando la calidad cae por debajo de un límite predeterminado, entonces el incremento de tráfico afecta directamente el periodo pero no el valor medio de los costos del usuario.

$$MC_u^0 = 0 \text{ (costo marginal del usuario)}$$

### **Como medidas de política vial se propone.**

Para mejorar el uso de los caminos existentes se propone la creación de un cargo a pagar por los usuarios que sea proporcional al peso por eje de cada vehículo.

Para reducir el costo social total se propone una política de inversión que incremente la durabilidad de los caminos como forma de reducir el mantenimiento ulterior.

### **Componentes de la demanda**

Una nueva política de tarificación en las empresas de transporte provocará los siguientes efectos:

- 1 Cambios en el tipo de vehículo (hacia camiones con mayor número de ejes)
- 2 Ajustes en el tamaño de la carga
- 3 Un nuevo balance entre las cargas del usuario y las economías derivadas de la optimización de la capacidad de carga de los vehículos
- 4 Nuevo diseño de rutas, incluyendo relocalización de terminales.
- 5 Cambios en la operatoria de los agentes despachantes de la carga

Para modelizar el comportamiento de las empresas de transporte es necesario contemplar que cada tipo de camión trae aparejado: costos de capital, costos de operación, volumen de carga durabilidad de la unidad, maniobrabilidad y una serie de cuestiones regulatorias (pesos, dimensiones aspectos impositivos).

## **Reglas simples de tarificación**

Existen tres posibles formas de introducir una nueva política de tarificación vial

- 1 Una tasa uniforme por eje equivalente estándar (ESAL) a ser aplicada a todos los caminos.
- 2 Una tasa en dos partes a ser aplicada, una parte a autopistas y la otra a caminos de dos carriles.
- 3 Una tasa propia por camino a ser calculada en cada caso en forma separada según el costo marginal de cada camino.

En USA se ha verificado que en los tres casos las diferencias no son muy significativas, esto es debido a que la mejora en el bienestar se obtiene principalmente a partir de vehículos menos dañinos.

## **Política de precios máximos**

La utilización de límites al peso de los vehículos es una alternativa obvia a la tarificación según el costo marginal.

Una posibilidad es modificar los pesos máximos hasta llevarlos al límite de las posibilidades de cada camión en referencia a asegurar una operación segura.

**Artículo. Un modelo de autopistas con peajes como precios de servicios Carles Vergara Alert, Francesc Robusté Antón, CENIT, Centro de Innovación del Transporte, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, canales y Puertos de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 2002.**

En este documento se analiza y propone un modelo de peajes como precios de consumo. Se puntualiza la necesidad de considerar los peajes como un pago por el servicio recibido por parte del usuario y no como un cobro para financiar o para pagar las fuertes deudas contraídas con el sector privado por parte de la Administración.

Lo anterior trae consigo altos costos derivados de la operación del servicio carretero, los cuales inciden en el fuerte costo tarifario al que se ve obligado el usuario. Se juzga la importancia que juega el peaje en el sistema de transporte. Es un gestor de la red de vías y de la movilidad.

El estudio menciona la urgente necesidad de desvincular directamente la tarifa de la financiación de la infraestructura y la de asociarlo al servicio recibido por el usuario, el peaje debería fijarse con fines de otros criterios como por ejemplo:

### **Resumen**

Se propone concretar nuevas relaciones entre la Administración y los operadores privados (empresas concesionarias) para llegar a tener un modelo global de autopistas de peaje coherente

y socialmente. Por ello, se plantea la formulación de las bases de un nuevo modelo que considere las concesionarias de autopistas como operadores de transporte en régimen de gestión interesada, forma que el peaje se defina por prestaciones diferenciales de la autopista respecto a vías alternativas y por tasas de congestión en entornos metropolitanos.

Se propone pues, que el peaje no se aplique como un mecanismo estrictamente financiero como en la actualidad, sino que el usuario pague una tarifa variable que refleje:

- El ahorro de tiempo entre la autopista y las vías alternativas,
- El incremento de regularidad de tiempo de viaje,
- El incremento de seguridad y de confort,
- Los costos sociales o externalidades del tráfico y
- La variación horaria del flujo de vehículos, entre otros posibles indicadores.

De esta manera, el peaje representaría para el usuario un precio por un servicio recibido. El operador privado debe explicar sus procesos y costos de financiación, operación y de mantenimiento. La administración debe regular los costos y la calidad del servicio de la empresa concesionaria de forma similar al actual sistema de control sobre los operadores de transporte público de viajeros y procurar que se garantice el equilibrio financiero. El uso de índices de calidad objetivos que incluyan parámetros suficientes para que la administración pueda medir con aceptable precisión el nivel de servicio prestado por el operador – conduce a la verificación objetiva de la calidad de la gestión de las autopistas y una regulación basada en incentivos y penalizaciones.

### ***Introducción***

La existencia de una red de carreteras completa, gestionada y conservada de forma adecuada y con suficiente capacidad en los tramos que la conforman es indispensable para la buena marcha de la economía de un país. En este sentido, está plenamente demostrada la correlación entre indicadores de movilidad por carretera e indicadores de riqueza. (Ver estudios para algunas autopistas catalanas en Grau 2001) Pero a pesar de que los países europeos han considerado las inversiones en infraestructuras viarias, los recursos públicos disponibles actualmente son inferiores a los que se consideran necesarios por diversos motivos (convergencia europea, otras prioridades sociales, etc.) y esto ha provocado que los planes de inversión pública se hayan complementado con capital aportado por el sector privado.

Históricamente, los operadores privados de carreteras han desarrollado tareas de explotación de tramos de autopista en régimen de concesión. Este sistema en un principio, fue aceptado como mal menor para evitar el freno del desarrollo económico del país. Sin embargo, cuando han transcurrido más de treinta años desde que las primeras concesiones entraron en vigor, se observa la necesidad de la renovación del vigente modelo de autopistas.

## **DEFINICIÓN DE UN MODELO ECONÓMICO DE GESTIÓN DE CARRETERAS.**

### ***Cambio de mentalidad de todos los agentes implicados.***

La teoría del principal y el agente permite analizar las relaciones contractuales entre operador de transporte y la autoridad pública competente. Esta teoría económica estudia como un principal

(empresario) puede diseñar un sistema de compensación (contrato) que motive a un agente (empleado) a actuar para el interés del principal.

En la gestión de vías de altas prestaciones el papel del principal lo desempeñan la administración y el del agente los operadores del transporte. Según esta teoría, tanto la administración como el operador del servicio buscan su máximo beneficio a partir de la maximización de sus funciones de utilidad teniendo en cuenta múltiples variables.

En el mundo del transporte esta teoría ha sido desarrollada y aplicada para contratos de transporte público. Pero tratándose de un entorno económicamente más favorable que el del transporte público urbano (la microeconomía prescribe déficit de forma estructural) como es el las carreteras de altas prestaciones, se deberá diseñar no solamente métodos por la compensación económica por parte de la administración para paliar pérdidas, incluso cánones a pagar por parte de las empresas concesionarias a beneficios más elevados.

A partir de aquí, se plantea la necesidad de un cambio de mentalidad que afecte, no solamente a las diferentes administraciones y las empresas concesionarias, sino también a los usuarios de las carreteras. Es necesario que se produzca este cambio de consideración y las autopistas pasen de un mecanismo financiero como en la actualidad a un operador de transporte con vocación de servicio al usuario para conseguir un aprovechamiento óptimo de la red de transporte.

El primer paso a llevar a cabo para imponer la perspectiva del usuario es el de considerar una cierta desvinculación entre el peaje y los mecanismos financieros de una carretera (Robusté, 1999). Este hecho se hace más necesario aún en países como España donde existen carreteras de altas prestaciones sin peaje directo y autopistas de peaje con características similares.

Es difícil plantear un modelo percibido como racional sin concertar dicha reunión porque resulta imprescindible consolidar el cambio de concepción de las concesiones de autopistas, entendidas como soluciones financieras a restricciones de presupuesto. Es necesario, pues, que el peaje no sea concebido como pago para sufragar los pagos financieros y la obtención de cierto beneficio por parte de la entidad privada concesionaria, sino que debe asociarse al pago por un servicio diferencial que recibe.

El usuario tomaría conciencia de dos aspectos fundamentales:

- Que el uso de una autopista comporta unos gastos, y no sólo de tipo económico sino también de tipo social.
- Que el paso por una determinada infraestructura con unos niveles de calidad y seguridad establecidos es un servicio recibido y dicho servicio tiene un precio que tiene que pagar.
- La empresa concesionaria, por su parte, debería tener en cuenta que:
  - Está prestando un servicio a unos usuarios y que, debe garantizar unos niveles de calidad prefijados.
  - Tiene derecho a buscar el beneficio en sus ejercicios pero siempre respetando que se deben cumplir los estrictos requerimientos, normas y limitaciones acordadas con la administración.
- La administración debe considerar que:

- La aplicación de un modelo de operación de autopistas debe ser coherente, armónico y global evitando agravios comparativos tanto a nivel interregional como a nivel intraregional o incluso entre usuarios.
- El modelo debe ser sostenible y que, como indican las directivas europeas en materia de transporte (ver Comisión de la Comunidades Europeas, 2001), los ingresos procedentes de la tarificación pueden constituir una reserva de recursos financieros parte de los cuales podría utilizarse para invertir en realizar otras infraestructuras, especialmente las ferroviarias y de transporte público.
- Debe definir y regular la calidad del servicio dando respuesta a las expectativas de los usuarios de la carretera y de la sociedad porque un sistema de transporte eficaz y de calidad es símbolo de una buena economía
- Debe mejorar su colaboración con las empresas concesionarias explicando y clarificando sus expectativas de negocio y motivando al sector privado en la mejora continua del servicio.

### ***EL PEAJE COMO GESTOR DE LA RED DE ALTAS PRESTACIONES Y COMO GESTOR DE LA MOVILIDAD.***

Si se desvincula directamente la tarifa de la financiación de la infraestructura y se socia al servicio recibido por el usuario, el peaje debería fijarse en función de otros criterios, como por ejemplo:

- Tiempo ahorrado entre autopista y la vía alternativa
- Incremento de seguridad entre autopista y alternativa
- Incremento de regulación del tiempo de viaje entre las dos vías
- Uso (intensidad/capacidad) entre las dos vías
- Variación horaria del flujo de vehículos (tasa por congestión)
- Efecto red
- Multimodalidad (alternativa de movilidad con otros modos de transporte)
- Flujo de vehículos, tipología de movilidad y motivos de viaje
- Desarrollos económicos de la zona
- Costos sociales incrementales del tráfico: ahorro del coste asociado a la congestión y externalidad evitadas por la autopista.
- Rentabilidad social de la autopista y de la vía alterna

Se plantea, pues, una tarifa basada en las características diferenciales de la vía de altas prestaciones respecto a los ofrecidos por las vías alternas y aplicando tasas de congestión en entornos metropolitanos. De ésta manera, y simplificando al considerar solamente a la mejor de todas las alternativas posibles, se obtiene una tarifa en función de la diferencia de las prestaciones entre la autopista y su mejor alternativa y en función del flujo para entornos metropolitanos tal como se muestra en el gráfico de la figura 1. En este gráfico se observa como la tarifa crece según una función polinómica de grado 4 hasta niveles muy elevados cuando las prestaciones son muy diferentes entre las dos opciones. En este caso, la alternativa no es razonable y se debe modelizar una reducción de la tarifa a partir de un umbral de diferencial de prestaciones (zona entre P y R en el gráfico B de la figura 1) para evitar que el incremento de tarifa en la autopista no revierta aún más viajes a la alterna que se encuentra cerca del colapso.

Por tanto, la tarifa debe ser creciente con el diferencia de prestaciones entre autopistas y su mejor alternativa hasta llegar a una situación en que la alterna ofrece prestaciones muy bajas respecto a la autopista y, después de una zona de estabilidad donde se alcanza el máximo de la tarifa (zona entre P y R), si las prestaciones siguen aumentando, el peaje se reduce progresivamente para equilibrar flujos en el total del corredor. Esta consideración permite alcanzar situaciones muy próximas al óptimo social en cada corredor.

Estos criterios permitirán el uso del peaje como gestor a dos niveles:

- El peaje como gestor de la red de las vías de altas prestaciones, permitirá aplicar compensaciones entre concesiones. De ésta forma, concesiones que se encuentran en su inicio y que deben soportar enormes gastos derivados de la construcción y financiación inicial podrían recibir aportaciones de concesiones más maduras que generan beneficios elevados.
- El peaje como gestor de la movilidad en todo el sistema de transporte en tanto que el valor de la tarifa (variable con el tiempo) regula la elección modal del usuario y permite un transporte totalmente sostenible al pagar el usuario las externalidades que provoca y permitir la financiación del transporte público con parte de la tarifa de las vías de altas prestaciones.

Naturalmente este es un modelo de futuro que, para su aplicación necesitaría establecer un consorcio de administraciones competentes y empresas concesionarias para cierta delimitación geográfica donde se expliciten las nuevas relaciones con los costos de construcción y el tráfico imperante.

## **NECESIDAD DE UNA AUTORIDAD REGULADORA**

Partiendo de las consideraciones anteriores, para poder gestionar la red de vías de altas prestaciones y, en general, la movilidad de todo el sistema de transporte de forma conjunta e integrada se debe establecer un ente público o consorcio regulador, que controle la calidad del servicio ofrecido en los diferentes tramos en concesión y que efectúe un seguimiento de toda la red, tal y como han las Autoridades del Transporte con las concesiones del transporte público. Así de la misma manera que en la red de transporte público el usuario no paga una tarifa según el coste de construcción del tramo por el que se circula, en la red de carreteras de altas prestaciones tampoco se debería de pagar por ésta razón.

Esta autoridad permitirá en primer lugar, una correcta regulación y homogenización de criterios y condiciones en todos los tramos de la red y, por otra parte, establecer compensaciones económicas para los tramos deficitarios a partir de los excedentes financieros de las concesiones con cierto nivel de beneficio.

## ***FORMULACIÓN DEL MODELO ECONÓMICO FINANCIERO.***

### ***Garantía del equilibrio financiero***



El cambio de manera de concebir el peaje debe de disponer de una robusta base económica que permita que ningún agente implicado resulte perjudicado, o mejor aún, que todos salgan beneficiados. En primer lugar es necesario que se establezca un equilibrio financiero para que las empresas privadas obtengan una rentabilidad de sus inversiones a riesgo moderado (beneficio para los operadores) operando con tasas de peaje bajas (beneficio para el usuario) y realizando el mantenimiento y la explotación según los criterios de calidad pactados con la administración (autoridad reguladora). La garantía de equilibrio financiero rebaja el riesgo de las concesiones actuales ofreciendo más seguridad al inversor porque el sistema revierte recursos en las concesiones en caso de pérdidas – pero también limita los beneficios pareciéndose más a las explotaciones basadas en rendimientos prefijados.

Sea el caso idealizado que se presenta, suficiente para exponer los conceptos básicos de una:

$I(Q_0)$ , inversión realizada instantáneamente en el año cero y que después depende de un nivel de calidad fijado por la administración a través de la autoridad reguladora.

$m_j(q_j, Q_0)$ , son los costos anuales de operación y mantenimiento para cada año  $j$ , función del tráfico  $q_j$  y de los estándares de calidad  $Q_0$ . Dicho nivel de calidad debe responder a un óptimo social y depende de la calidad de vida que la zona de aplicación quiera o se pueda permitir.

Los costos citados pueden actualizarse a una tasa de descuento determinada que no aporta ninguna mejora conceptual y, por simplicidad y sin pérdida de generalidad, se asume nula. A pesar de ello, cuando se desarrollen aplicaciones del modelo propuesto será indispensable tener en cuenta todas las simplificaciones efectuadas para clarificar la notación y cuantificarlas debidamente. Por otra parte, a efectos de notación, no se distinguen inicialmente variaciones del peaje según el tráfico.

El periodo de operaciones es  $T$  años (periodo variable) y  $\tau_j$  es la tasa de peaje óptima para el año  $j$  desde el punto de vista social calculada anteriormente. La condición de equilibrio de la concesión es que de forma acumulada sobre los  $T$  años, el tráfico, el nivel de calidad fijado, los beneficios  $B_j$ , previstos por el operador en el año  $j$  y los costos de inversión y de operación-mantenimiento permitan generar excedentes o ingresos netos. En caso contrario, la administración contribuye con un peaje sombra  $\sigma$  (que en los casos de desequilibrio financiero favorable al operador podría ser negativo, es decir, un cobro en forma de canon que garantiza el equilibrio financiero. De forma simplificada, este equilibrio puede plantearse con la siguiente expresión:

$$I(Q_0) + \sum_{j=1}^T m_j(q_j, Q_0) + \sum_{j=1}^T B_{j0} = \sum_{j=1}^T (\tau_j + \sigma) q_j$$

## Conclusiones

Se han formulado las bases de un modelo que considera las concesiones de autopistas de peaje como operadores de transporte en régimen de gestión interesada de forma que el peaje se define por prestaciones diferenciales de la autopista respecto a vías alternas y por tasas de congestión en entornos metropolitanos. La administración regula los costos y la calidad del servicio del operador privado utilizando indicadores de calidad objetivos.

La tarifa no se aplica como mecanismo estrictamente financiero, sino que el usuario paga un peaje variable que responde al pago de los costos sociales por externalidades y a prestaciones diferenciales respecto a alternativas razonables.

El modelo propuesto, mediante la contribución parcial de la administración en el peaje(o el cobro de un canon, según sea el caso) para garantizar el equilibrio financiero, permite considerar las vías de altas prestaciones a nivel de red y no de concesión a concesión Este hecho permite alcanzar situaciones próximas al óptimo social sin renunciar a unos beneficios industriales razonables para los operadores y a un riesgo de la inversión menor que el actual.

### **Artículo. *Bonifaz*, Financiamiento privado e impuestos: el caso de las redes viales en el Perú, 2001, Lima**

#### Introducción

El Perú y la mayoría de los países del mundo han tenido severos problemas para garantizar los recursos que permitan el mantenimiento de las carreteras. Los sistemas de concesiones viales, adecuadamente administrados, han sido exitosos en captar los recursos necesarios para la construcción, rehabilitación, operación y mantenimiento de las carreteras alrededor del mundo. Además si dichas concesiones son diseñadas de forma tal que crean incentivos adecuados a las empresas concesionadas. Estas enfrentan las condiciones ideales para realizar una buena gestión del negocio, lo que implica un mantenimiento eficiente y una mejora en la calidad de las vías. Si se logra este objetivo se garantiza un importante ahorro de recursos a la sociedad, que puede traducirse en mayor inversión y crecimiento.

En Perú, la promoción de la inversión privada en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de infraestructuras y servicios públicos mediante el otorgamiento de concesiones se inició en 1991, con la promulgación de del Decreto ley No. 758. El marco legal vigente para el otorgamiento de concesiones de obras de infraestructura y de servicios públicos está dado por la ley de promoción de la inversión privada y de servicios públicos de infraestructura y servicios públicos (Decreto Ley No. 839), que regula la entrega en concesión al sector privado de dichas obras y crea un organismo encargado de promoverla y dirigirla.

De esta manera, a través del Ministerio de Transporte, Comunicaciones, vivienda y Construcción (MTC), el Estado impulsó el programa de Concesiones de redes Viales. Éste permitirá otorgar en concesión aproximadamente 7, 000 Km. de carreteras a través de once proyectos, cuyos ámbitos de operación fluctuaban entre 150 y 1,000 Km. cada uno. Cabe destacar que estas redes en su mayoría, están conformadas por privadamente rentables (más de 5,000 vehículos diarios) siendo estos últimos, tramos de penetración hacía el interior del país. Las inversiones totales movilizadas sobre la base del programa ascendían a US\$ 760 millones para los primeros 10 años, calculándose que podrían llegar a US\$ 1,400 millones en el año 2019. Por la magnitud de los montos involucrados y por la importancia que tiene para el desarrollo futuro del país la mejora de su infraestructura vial, es esencial que el mecanismo de concesiones funcione adecuadamente.

Además del programa de concesiones viales, se tiene los caminos y carreteras con alta rentabilidad social pero baja rentabilidad privada que son manejados directamente por el estado a través del MTC. Este es el encargado del mantenimiento de todas las redes viales del país con recursos del tesoro Público y créditos de organismos multilaterales.

En función a lo anterior, resulta indispensable dedicar a esfuerzos al estudio del programa de concesiones de redes viales desde una perspectiva global, lo que significa conciliar los objetivos privados de los usuarios y de los inversionistas, con los objetivos sociales perseguidos por el gobierno. Es decir, se trata de discutir si resulta conveniente trasladar todas las redes viales al sector privado, aún cuando existan tramos no rentables, o sugerir alternativas de financiamiento público para dichos tramos.

Al tratar de plantearse cuál es rol del estado frente a la construcción y mantenimiento de carreteras, surgen las siguientes interrogantes ¿debería el estado construir aquellos caminos que son socialmente rentables, más no privadamente rentables una vez que decide trasladar los caminos rentables al sector privado? En caso de respuesta afirmativa ¿Con que fondos debería financiarlos, sería suficiente utilizar los aportes de canon por parte de los concesionarios, el IGV y el impuesto a la renta? ¿Que papel juega el impuesto selectivo al consumo (ISC) de los combustibles o el impuesto al rodaje en el financiamiento y mantenimiento de la Red Vial Nacional?

## ***EL PROGRAMA DE CONCESIONES DE REDES VIALES EN EL PERÚ***

### **Características del Programa**

#### ***Peajes***

La tarifa Básica (aquella que se cobra por vehículo o por eje de vehículo pesado) estimada por el Sistema nacional de mantenimiento de carreteras (SINMAC) para enfrentar los costos de mantenimiento (que incluyen los gastos de mantenimiento rutinario, periódico, control de pesos y rehabilitaciones al final del periodo de vida útil), fue de US\$ 1.60 cada 100 KM.. Esta tarifa corresponde a un nivel mínimo necesario para la conservación de las vías rehabilitadas.

Sin embargo, según cálculos del área de Concesiones viales, la tarifa promedio propuesta sería de US\$ 2.00 por cada 100 Km. la idea era que el concesionario empiece cobrando la tarifa básica, que se elevaría a US\$ 2.00 después de que los contratistas cumplan con los compromisos de inicial del proyecto. De esta forma, los usuarios de las vías y las poblaciones aledañas percibirían claramente los beneficios de las obras, lo que permitiría pagar un poco más por el uso de la infraestructura. Este incremento en los peajes cumpliría con el propósito de otorgar fondos a los contratistas del sector privados para que realicen inversiones adicionales de manera que la calidad del servicio brindado sea adecuada.

Otro punto importante era si la tarifa básica del sistema debía ser uniforme o si podría variar proyecto a proyecto. El Sistema de concesiones Viales de Perú consideró una tarifa uniforme, que se determina a través de una combinación de plazo u aporte al fondo vial (o cofinanciamiento) en cada proyecto. EL aporte al fondo vial es un porcentaje de la reducción de los peajes y provendría de los inversionistas, con el objetivo de utilizar en caminos de baja

rentabilidad privada y alta rentabilidad social. El cofinanciamiento es el porcentaje de inversión que podría ser cubierto por el estado en aquellos tramos no muy rentables.

Por último, las mismas estimaciones indicaban que con un peaje de US\$ 2.22 por cada 100 Km., ningún proyecto requeriría cofinanciamiento y se lograría un aporte al fondo vial equivalente a 7.1% de la recaudación. Con un peaje de US\$ 1.50 se requeriría US\$ 150 millones de cofinanciamiento. La tarifa de equilibrio recomendada generaría sólo US\$ 8 millones de cofinanciamiento (1.9% de la inversión inicial) y un fondo equivalente al 1.3 % de la recaudación anual de peajes.

### ***Tarifas y su impacto sobre el Transporte Terrestre***

Un elemento importante al momento de diseñar un programa de concesiones viales es un análisis de los peajes (que probablemente aumenten) sobre los costos de las empresas del transporte y carga del país. De otro lado, también es importante establecer cual es el ahorro que obtiene los usuarios por transitar en una carretera en buen estado de conservación respecto a una carretera en mal estado.

Para aclarar esos detalles, en esta sección se resume un estudio realizado por Bonifaz y Ramos que trata este problema con amplitud a través del desarrollo de un modelo de costos basado en los ahorros de costos operacionales y totales del parque vehicular debido exclusivamente a la mejora en el estado de las carreteras entre los años 1992 y 1997. Así mismo, se analiza el efecto producido por los peajes sobre los mismos sobre la base de simulaciones.

La idea detrás del estudio era validar la hipótesis de que el costo del peaje que sería establecido por el sistema de concesiones en ningún caso debería determinar pérdidas netas para los usuarios de las vías. El nivel de peaje debía considerar la estructura de costos del servicio de la infraestructura rehabilitada. Por esto, era necesario estimar dichos impactos en forma adecuada.

#### **Ahorro en costos**

Los coeficientes de mayor costo para cada tipo de vehículo según las condiciones de los subtramos de las rutas consideradas fueron extraídos a partir del estudio. Los coeficientes de mayor costo se refieren a la identificación y determinación de factores que nos indiquen la mayor proporción que existe en el costo atribuido a un rubro específico ante características diversas al escenario base de pista asfaltada, recta en horizontal, llana y ubicada en la costa.

La determinación de los coeficientes de mayor costo va a depender del número y tipo de variables que se estimen pertinentes aplicar. La cuantificación de los costos de transporte corresponde al recorrido que efectúa un vehículo a una distancia dada. En el trayecto de la

carretera se exige al vehículo una serie de maniobras de aceleración, desaceleración y frenadas para afrontar diversos obstáculos en ruta. Estas operaciones se asocian a un mayor consumo de combustibles y lubricantes, mayor desgaste de llantas y deterioro en la conservación de la unidad motriz. Los obstáculos o factores de las vías que afecten el costo del servicio pueden clasificarse en:

- Factores físicos de diseño y construcción
- Factores topográficos
- Factores de medio ambiente.

***Los costos anuales se calcularon para cada tipo de vehículo de la siguiente forma:***

$$\text{Costo anual (US\$)} = \text{Costo-KM.} \cdot \text{IMD} \cdot \text{Coef. mayor costo} \cdot \text{Distancia subtramo} \cdot 30 \cdot 12$$

IMD corresponde al índice Medio Diario de tráfico en cierto tramo. El costo-Km. se cálculo a partir del modelo desarrollado en el estudio sobre la base de precios a 1992 y 1997.

Se realiza este cálculo para cada subtramo y por cada tipo de vehículo. Sumando los costos anuales de cada vehículo se obtienen los costos anuales por subtramo.

Finalmente, sumando todos los subtramos correspondientes a la ruta de análisis se obtiene el Costo Anual de la Ruta

Realizando exactamente el mismo procedimiento, y considerando el estado de las carreteras en varios años, puede calcularse el costo anual de la ruta para dichos años. La diferencia entre estos costos corresponde al ahorro anual de la ruta debido exclusivamente a la mejora en el estado físico de las carreteras.

**Incidencia del peaje sobre los costos operativos totales**

Los cosos de operación son aquellos que están relacionados íntimamente con la puesta en marcha de la unidad vehicular. Es decir, aquellos costos que varían proporcionalmente con el kilometraje recorrido por la unidad vehicular. Así, para que un vehículo opere es necesario considerar las remuneraciones de la tripulación y el pago de los peajes. Así mismo, el vehículo necesita los insumos necesarios para su puesta en marcha, es decir, combustibles, lubricantes y filtros, llantas y repuestos.

Por lo tanto, para efectos de cálculo de los costos operativos se considera como “no existentes las siguientes partidas: gastos generales y administrativos, depreciación, gastos financieros y seguro vehicular.

**Incidencia de peajes en costos operativos (1997)**

Ruta	VL	CR	B2E	B+2E	C2E	C3E	C+E
	9.84	9.53	3.91	5.31	5.66		
	10.02	9.7	3.99	5.41	5.77		
	9.90	9.58	3.93	5.34	5.7		

	10.31	10.47	4.32	5.86	6.25		
	9.25	8.96	3.41	4.64	4.95		
	8.46	8.11	2.61	3.63	3.75		
	9.71	9.39	3.70	5.03	5.34		

En el cuadro se observan porcentajes de alrededor del 9% en los casos de automóviles y camiones rurales debido a que estos tipos de vehículos no se considera la partida correspondiente a remuneraciones de tripulación. Esto hace que la incidencia de los peajes sobre los costos operativos sea relativamente alta si lo comparamos con los demás vehículos

### ***Simulación de incidencias de peajes sobre los costos totales***

En esta sección se muestra la incidencia de diferentes tarifas de peajes sobre los costos totales para cada ruta y tipo de vehículo. Se realizaron simulaciones para tarifas desde US\$ 2.000 por cada 100 Km. Los resultados muestran para la tarifa actual (US\$ 0.777 por cada 100Km. incidencias desde alrededor de 4% en buses y camiones hasta 9% en automóviles y camiones rurales

Sin embargo, para tarifas de US\$ 2.00 por cada 100 Km. se observan incidencias de alrededor de 8% en buses y camiones, y 20% en vehículos livianos y camionetas

Análisis de un contrato de concesión abortado: el caso real de la red vial No 5

La red vial No 5 era la primera de las redes viales que se concesionaría bajo el programa de concesiones viales de 1997. Los estudios de ingeniería y tráfico se concluyeron y se esperaba que dicha red entrara en licitación a mediados del año 2001. Entre 1997, año donde se lanzó el programa de concesiones viales, y mediados del 2000 algunos parámetros del programa habían cambiado. Como se mencionó anteriormente, las redes estaban conformadas por tramos rentables y tramos no rentables. Para el caso particular de la red vial 5 se tenía que el tramo Lima-Huacho-Pativilica tenía un tráfico de 11,000 ejes diarios, mientras que el tramo Lima-canta poseía un tráfico de tan sólo 1,500 ejes diarios.

Por otro lado, es importante analizar como han ido cambiando los mecanismos de licitación de dicha red. En 1997, cuando se diseñó el programa, se pensaba que el factor de competencia sería el mejor cofinanciamiento estatal pedido por el concesionario para obtener la red dada su baja rentabilidad. Luego, se planteó un factor de competencia donde el ganador de la concesión sería aquel que ofrezca el mayor pago al estado como porcentaje de los ingresos obtenidos por el concesionario.

### **Características.**

La red vial No 5 requería una inversión estimada de US\$ 135 millones los cuales incluían la construcción de dos autopistas en los sectores de Huacho-Primavera y Puerto Supe en el tramo norte y el asfaltado del tramo Huayllay Unís. El plazo para realizar estos trabajos era de dos años. Sin embargo, para la construcción del tramo lima-canta existía la opción que el concesionario lo construya durante los 4 y 5 años de la concesión con cofinanciamiento estatal, o hasta el año 10 sin cofinanciamiento.

El plazo de ejecución sería de 25 años (incluyendo los dos años de construcción) y el factor de competencia sería el pago al estado. Aquel postor que presente el mayor pago al estado (como porcentaje de sus ingresos) obtendría la concesión. El estado tendría la opción de exigir al concesionario, dentro de los primeros 6 meses del año 3 de la concesión, aportando para ello un cofinanciamiento. En caso el estado no decida ejercer la opción, el concesionario estaría obligado a culminar la construcción del tramo mencionado antes de finalizar el décimo año de la concesión, sin ningún cofinanciamiento.

### ***Tarifas.***

La tarifa básica inicial sería de US\$ 1.20 y correspondería al valor que pagaría cada vehículo ligero. Cada vehículo pesado pagaría una tarifa básica por cada eje. El valor de las tarifas podría ser elevado hasta US\$ 1.60 en el segundo año de la concesión. Finalmente, a partir de la aceptación de la obra inicial correspondiente a la construcción del tramo Huacho pativilica, el concesionario podría incrementar la tarifa básica hasta US\$ 2.00

Las tarifas serían revisadas en forma ordinaria y extraordinaria. La revisión ordinaria se realizaría cada 12 meses y se reajustará según la ecuación siguiente:

Peaje = tarifa \*Tipo de cambio\*CPI2/CPI1

Donde:

Peaje: es la tarifa básica en soles

Tarifa: es US\$ 1.20 (valor inicial), 1.60 (valor en el segundo año de la concesión y 2.00 (tarifa inicial para la aceptación de otro tramo).

Tipo de cambio: es el tipo de cambio de compra promedio del Sistema financiero establecido por la Superintendencia de banca de seguros y publicado en el diario oficial “El Peruano”

CPI1: es el índice de precios al consumidor (todos los rubros) publicado por el Departamento de Comercio de los USA para el mes en que fue otorgada la concesión.

CPI2: es índice descrito arriba, correspondiente a los dos meses anteriores al ajuste de tarifas.

En la eventualidad de que se produzca una devaluación de más de 10% desde la última revisión ordinaria, se procederá a realizar una revisión extraordinaria que incorpore dicha devaluación a la tarifa permitida.

A las tarifas de peaje mencionadas deberá sumársele el importe correspondiente del Impuesto General a las Ventas (IGV).

### ***Retribución del Concesionario***

El concesionario deberá pagar al estado una retribución, la cual será depositada por este al fondo Vial, ascendente al 55 de sus intereses anuales, por concepto de peaje. En el caso de que los ingresos anuales por concepto de peaje del concesionario superen en 10% a más a los ingresos proyectados nominales deberá pagar una retribución equivalente al 50% del superávit.

### ***Garantía de Ingresos mínimos***

El estado garantiza un mínimo de ingresos al concesionario de acuerdo con los siguientes plazos:

En caso que se termine la construcción de todas las obras en el año quinto dicha garantía se otorgará desde el cuarto hasta el decimosegundo año inclusive de vigencia de la concesión.

En el caso de que se termine la construcción de todas las obras en el año décimo, dicha garantía se otorgará desde el cuarto al décimo año inclusive de vigencia de la concesión.

Los ingresos Mínimos garantizados para cada año de la concesión será el menor de:

a) El porcentaje de ingresos proyectados nominales para dicho año, de acuerdo al cuadro 1.8

Año	Concesionario En el año décimo	Concesionario En el año quinto
4	63.4%	63.4%
5	60.6	60.6
6	57.9	67.3
7	55.4	64.4
8	53.0	61.6
9	50.6	59.0
10	48.4	56.4
11	No aplicable	54.0
12	No aplicable	51.7

De acuerdo a si el estado ejerce o no la opción, se aplicará la tercera o segunda columna.

### ***Conclusiones***

Los recursos para el mantenimiento adecuado de las redes del país son insuficientes. Esto se debe a dos factores (1) Los peajes actuales de 0.71 por cada 100 Km. por eje no son suficientes para mantener adecuadamente las redes viales y (2) el estado o dispone de los recursos públicos necesarios para invertir en la construcción y mantener adecuadamente las vías de penetración. Por tanto, dado que el peaje que recauda el SINMAC no es suficiente para mantener las vías bajo su jurisdicción y adicionalmente las partidas presupuestales del MTC no son suficientes para atender el mantenimiento (y menos las construcciones) de las vías bajo la tutela de la Dirección general de caminos, entonces es necesario repensar la estrategia para enfrentar de manera óptima el mantenimiento de la red vial.

De acuerdo con Bonifaz y Ramos, dicho estudio muestra que un peaje de US\$ 2.00 por cada 100 Km. tendría un impacto alto sobre la estructura de costo de las empresas de transporte de carga y pasajeros pero peajes de menor magnitud (US\$ 1.30 por cada 100 Km. si serían soportados por las empresas.



**Artículo. Bonifaz J. L., Urrunaga R, Wakeham J. (2001). Financiamiento Privado e Impuestos: El caso de las Redes Viales en el Perú, Universidad del Pacífico, Centro de Investigación, Consorcio de Investigación Económica y Social, Proyecto Mediano, Lima.**

El presente Artículo, define su estudio en un análisis profundo de los severos problemas que se presentan para garantizar los recursos que permitan el mantenimiento de las carreteras en la mayoría de los países.

Actualmente los sistemas de concesiones viales son exitosos para captar recursos para la construcción, rehabilitación, operación y mantenimiento; dichos sistemas esta diseñados y garantizados por el Estado mediante promulgaciones de decretos para que las empresas se incentiven y realicen una buena gestión del negocio.

El documento aporta si es verdaderamente conveniente trasladar todas las redes viales al sector privado o que deban sugerir alternativas de financiamiento público para ciertos tramos. Distinguiendo cuales caminos son socialmente rentables y los fondos financieros para su construcción.

La investigación también describe las características del Programa de Concesiones de Redes Viales en el Perú, desde su implantación.

**Características:**

Tarifa básica (US \$ 2.00 cada 100 Km.): Aquella que se cobra por vehículo ligero o por eje de vehículo pesado, estimada por el SINMAC para enfrentar los costos de mantenimiento (rutinario, periódico, control de pesos y rehabilitación al final del periodo de vida útil).

Esta tarifa promedio permitiría claramente distinguir los beneficios de las obras a los usuarios y poblaciones aledañas. Otro punto era si la tarifa sería uniforme o si podría variar de proyecto a proyecto. En cálculos efectuados por el Área correspondiente y tomando como plazo uniforme de 15 años arrojó una tarifa diferenciada de US\$ 1.75 y US\$ 2.33 por cada 100 Km..

Describe el documento que una tarifa de US\$ 2.22 por cada 100 Km. aplicada a los proyectos no requiere cofinanciamiento y una de US\$ 1.50 requeriría de US\$ 150 millones de cofinanciamiento.

Para llegar a una tarifa de US\$ 2.00 se considero una tasa de retorno (15.1%), clave en el diseño del programa: Para su obtención se buscó la mejor combinación de cofinanciamiento y plazo requerido.

***Mecanismos de Licitación***

- a) Licitación por Menor Valor Presente de los Ingresos (MVPI). En este mecanismo el estado Licitación de Plazo Fijo. Es el método más usado en licitar las carreteras en el mundo, consiste en la fijación del tiempo de fijación y las tarifas máximas y mínimas. Gana la firma que ofrece la menor tarifa dentro del rango establecido. Este método tiene la desventaja que el estado tiene que garantizar un tráfico mínimo para que las firmas accedan al financiamiento.

- b) fija el valor mínimo y máximo, el plazo de ejecución y la tasa de descuento. Gana la firma que solicita el menor valor presente de sus ingresos por peajes, descontados con la tasa de descuento especificada en las bases de la licitación. La concesión finaliza cuando se alcanza el valor presente de los ingresos por peajes. Al igual que el anterior este método tiene sus ventajas y desventajas.
- c) Licitación por Menor Plazo de Ejecución. El estado fija la tarifa por peaje y el aporte al o del estado, si lo hubiera. En el caso de una carretera con alto tráfico se podrá fijar un aporte al estado y en el caso de una carretera deficitaria, se deberá fijar el aporte del estado.
- d) Licitación por Menor Cofinanciamiento Estatal. Se trata de proyectos que requieren un aporte del estado, pueden ser otorgados en concesión a la firma que solicite el menor aporte. En la licitación el estado fija la tarifa por peaje y el plazo de ejecución.
- e) Licitación por Mayor Pago al Estado. Se presenta cuando existen proyectos muy rentables. En este método se incluyen factores de competencia: menor tarifa, menor plazo, menor cofinanciamiento, mayor pago al estado y mínimo valor presente de los ingresos. El factor de competencia es clave si se persigue el beneficio a los usuarios y la eficiencia en la entrega del servicio.

### **Tarifas y su Impacto sobre el Transporte Terrestre**

Aquí se menciona la importancia de analizar el impacto de los peajes (que probablemente aumenten) sobre los costos de las empresas y más carga para el país, así como los ahorros que obtienen los usuarios por transitar en una carretera en buen estado respecto a una carretera en mal estado.

#### **Ahorro en costos**

Factores u obstáculos que afectan el costo del servicio: físicos de diseño y construcción, topográfico y de medio ambiente. Para determinar el costo de servicio se utilizan coeficientes de mayor costo que dependen del número y tipo de variables que se estime pertinente aplicar.

La cuantificación de los costos de transporte corresponde al recorrido que efectúa un vehículo en una distancia dada. En el trayecto se exige al vehículo un serie de maniobras de aceleración, desaceleración y frenadas para afrontar los diversos obstáculos en ruta y que están asociadas a un mayor consumo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y deterioro en la conservación de la unidad.

$$\text{Costo anual (US\$)} = \text{Costo-Km.} * \text{IMD} * \text{Coef. Mayor costo} * \text{Distancia subtramo} * 30 * 12$$

Donde:

IMD = corresponde al Índice Medio Diario de tráfico en cierto subtramo.

Costo-Km. = Se calculó a partir de un modelo desarrollado sobre la base de Precios de 1992 y 1997.

EL cálculo se realiza para un subtramo y por cada vehículo.

Si se desea calcular el Costo Anual de la Ruta se deben sumar todos los subtramos.

### **Tarifas:**

Las tarifas se revisan en forma ordinaria y extraordinaria. La ordinaria se realiza cada 12 meses y se reajusta según la ecuación siguiente:

$$\text{Peaje} = \text{Tarifa} * \text{Tipo de Cambio} * \text{CPI}_2 / \text{CPI}_1$$

Donde:

Peaje: es la tarifa básica en soles

Tarifa: es US\$ 1.20, US\$ 1.60 o US\$ 2.00 según sea el caso

Tipo de Cambio: es el tipo de cambio de compra promedio del sistema financiero establecido por la Superintendencia de Banca de Seguros y publicado en el Diario oficial “El Peruano”

CPI<sub>1</sub>: es el índice de precios al consumidor (todos los rubros), publicado en el Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América para el mes en el cual la concesión fue otorgada.

CPI<sub>2</sub>: es el índice descrito arriba, corresponde a los dos meses anteriores al ajuste de la tarifa.

Si se presentara una devaluación de más del 10%, se realizará una revisión extraordinaria que incorpore dicha devaluación a la tarifa máxima permitida.

### **Opinión**

La ecuación que indican los autores Bonifaz, Urrunaga y Wakeham relativa a determinar el peaje en autopistas de cuota:

$$\text{Peaje} = \text{Tarifa} * \text{Tipo de Cambio} * \text{CPI}_2 / \text{CPI}_1$$

Donde:

Peaje: es la tarifa básica en soles

Tarifa: es US\$ 1.20, US\$ 1.60 o US\$ 2.00 según sea el caso

Tipo de Cambio: es el tipo de cambio de compra promedio del sistema financiero establecido por la Superintendencia de Banca de Seguros y publicado en el Diario oficial “El Peruano”

CPI<sub>1</sub>: es el índice de precios al consumidor (todos los rubros), publicado en el Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América para el mes en el cual la concesión fue otorgada.

CPI<sub>2</sub>: es el índice descrito arriba, corresponde a los dos meses anteriores al ajuste de la tarifa.

Corresponde a una forma elemental de determinar los peajes, ya que toma en cuenta conceptos de inflación, establecidos en los índices los que van directamente a los usuarios de las infraestructuras viales. De ésta manera el Estado aplica los términos sencillos y seguros para la captación de los recursos para cumplir con la deuda.

## Casos no resueltos

El documento se concreta a informar que la tarifa de 1.20, 1.60 y 2.00 en dólares respectivamente, no indica como se obtienen estos valores y tampoco refiere si corresponden a cada Km.

### **Artículo. Hun Koo H., Chun K. An Application of Two – Part Tariff Pricing to Expressway: A case of Korea**

En el país Coreano, La Korea Highway Corporation (KHC), propone un modelo tarifario en función de una tarifa mínima relacionada a una distancia base de 20 Km.

Existe un estado actual de la estructura de las tarifas de cuota, esto significa que para la obtención de los peajes, se considera el total de costos incurridos para la construcción y mantenimiento de las autopistas.

#### ***Se proponen:***

- El total de los costos es la suma del costo óptimo y el rendimiento de la inversión.
- El costo óptimo es la suma de los costos operacionales, impuestos integrados, depreciación de la carretera, costos no operativos menos ingresos no operativos
- El rendimiento de la inversión se calcula multiplicando el peaje base (suma de los activos operativos fijos de operación y el capital de trabajo) por el retorno de la inversión esperada

Al momento, la estructura del peaje dispone de una tarifa sencilla y es el mínimo peaje en el tiempo. La tarifa sencilla, se calcula multiplicando la distancia manejada por los usuarios por la tasa/Km. Sin embargo, si el cálculo del peaje es menor de 1,100 Won, se aplica 1,100 Won.

- Peajes calculados por la Closed Operations Cister Highway = mínimo peaje (1,100 Won)

Donde la distancia manejada se calcula sustrayendo del actual kilometraje: 20 Km. por vehículo de categoría de 1, 2 y 3 y 10 Km. por vehículo de categoría de 4 y 5.

- Peajes calculados por la Open Operation System highway = kilometraje promedio aplicable a peajes locales + tarifa base.

El nivel de tarifas indicado como la tasa/Km, se determina considerando todos los factores para el año fiscal, incluye el total de costos, estabilidad de tarifa, igualdad de cargas y factores económicos en general.

A continuación se proporciona una tabla que relaciona la tasa /Km, por categorías de vehículos:

Categoría	Vehículo	Tasa/Km (Won)
1	. Sedan . Autobús para 16 pasajeros . Camiones fleteros de 2.5 M/T	34.8
2	. Autobuses de 17 a 32 pasajeros . Camiones fleteros de 5.5 – M/T	36.6
3	. Autobuses de mas de 33 pasajeros . Camiones fleteros de 5.5 – 10 M/T	37.6
4	. Camiones fleteros de 10 – 20 M/T	64.8
5	. Camiones fleteros de 20/ M/t o mas	66.1

Fuente: Korea Highway Company

### ***Ajuste de peajes***

Cada año fiscal, la KHC ajusta los peajes tomando en consideración: renta y gasto, el efecto de las carreteras sobre los precios al consumidor y la economía nacional. Existe ambigüedad en la determinación de las tarifas, tampoco existe una base real que de luz a la aplicabilidad de tasas por categoría de vehículos.

La adopción de un peaje mínimo basado en 20 Km. causa controversias entre los usuarios quienes tienen que pagar en un recorrido menor a esa distancia.

### ***Carencia de transparencia***

Los problemas de claridad en los peajes, provienen de varias causas: la complejidad en el procedimiento en la determinación de los peajes, aplicación de diferentes fórmulas entre vehículos de diferentes categorías en la distancia manejada, descuento permitido para distancias largas, descuentos permitidos o premios cargados por el uso de otros carriles.

El procedimiento para el ajuste de peajes no es sencillo ni transparente, depende de decisiones arbitrarias de la KHC o de los gobiernos. El ajuste de peajes se ha efectuado a la vista del consumidor para mejorar la productividad, sin embargo causan ineficacia, resultando con esto que algunos usuarios se dan cuenta de la existencia de carreteras sin pago de peajes, resultando nuevamente controversias.

## ***UNA PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE PEAJES***

### ***Precondiciones de un razonable sistema de peajes***

La teoría sobre peajes libre en carreteras está basada en la obligación que el gobierno tiene de proveer el servicio, peajes libre en autopistas obligará a más impuestos principalmente a aquellos que no son usuarios de autopistas.

Es deseable adoptar una razonable estructura de pago de peajes, basado en el principio de costos beneficiarios.

### ***Tarifa en dos partes***

Este proceso teóricamente puede conformar con lógica los precios de costos marginales y también controlar la corta – distancia, viaje – demanda, tiene la ventaja de recobrar los costos de la inversión, en caso de que sea alta la inversión. Este método también puede usarse en otro tipo de proyectos (energía eléctrica, abastecimientos de agua). Puede ser una buena práctica y posible repuesta al sistema de peajes en carteras.

### ***Tarifa en dos partes, consiste:***

- Una tarifa base: La tarifa base es cargada a todos los usuarios indiferentes, para recobrar la porción de la inversión fija. Estos costos son los de construcción, incluyendo desarrollo, expansión y mejoramiento de los caminos.
- Una tarifa variable, se carga en proporción a los usuarios de la misma, para recobrar la porción de los costos variables (costos de mantenimiento), costos de venta, gastos de administración general y el rendimiento de la inversión

### ***Periodo de peajes a ser considerado***

Es apropiado tener un periodo de peajes de 30 años, el mismo como el periodo de reembolso de los costos relevantes de la inversión, considerando el nivel de tarifas de los usuarios.

El periodo recuperado esta establecido para que los costos fijos de la inversión por 5 años de ahora en adelante puedan ser recuperados durante el periodo de 30 años siguientes y cualquier variable de costos a ser recuperada en el mismo año que se incurrieron, sujeto de ajuste el nivel de peajes cada 5 años.

Este método tiene el merito de garantizar consistencia en el nivel y estructura de peajes, continuidad en la administración y autonomía en la determinación de tarifas.

En caso de los costos fijos de la inversión por los 5 años siguientes se tomen en cuenta en la determinación de peajes,

Una aplicación de tarifa en dos partes en autopistas de Corea

### ***Fundamentos***

- Costos

En principio los costos totales relacionados con la construcción y operación por KHC de autopistas será enteramente recuperada.

Con respecto a la estructura básica de peajes, se recomienda adoptar el sistema “tarifa en dos partes” que consiste de la tarifa base y la tarifa milla.

i) división de costos a ser recuperados

ii) Los costos fijos serán recuperados a través de tarifas base los costos variables a través de tarifa kilómetro.

Costos fijos	- costos de inversión para construcción de autopistas (Costos de construcción de nuevas autopistas, expansión y mejoramiento autopistas existentes.
Costos variables	- Costos para administración de autopistas (mantenimiento y operación peajes) - Costos de administración general - rendimiento de la inversión de autopistas disponible para uso público.

### ***Operación del sistema***

Para la operación del sistema, un sistema combinado de dos operaciones de sistemas. (Sistema de operación abierta y sistema de operación cerrada) a ser adoptada. Se asumió que OOS aplica solamente a la sección para el Área Metropolitana de Seoul y COS aplica a otras secciones.

El periodo de colección de peajes es en conjunto de 30 años. Los costos de inversión para autopistas de terminación durante 2000-2002 es el costo a ser recuperado. Con respecto a la variable costo, el promedio de los costos variables para cada 5 años a ser recuperada en el mismo año, sujeto a ajustes futuros cada 5 años.

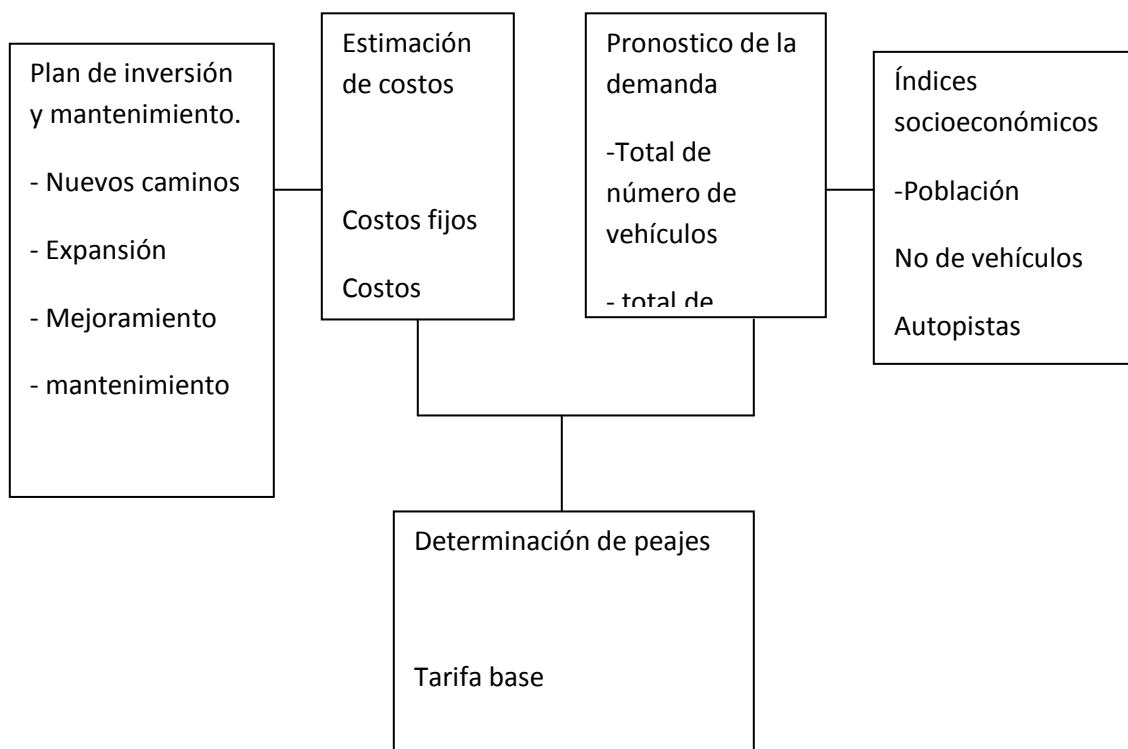
Costos diferenciales (para tarifa base y tarifa kilómetro) por categoría de vehículos son cargadas, por aplicación de los pesos aplicables a la existencia de peajes por categoría.

Categoría de vehículos	Cat. 1	2	3	4	5
Peso por categoría	1.00	1.05	1.08	1.86	1.9

### ***Determinación de peajes***

#### ***Procedimiento***

Los peajes de autopistas son determinados con el siguiente procedimiento, ver figura. El cálculo del peaje inicia con la estimación de la demanda del tráfico en autopistas y el total de costos de la KHC de autopistas de construcción, mantenimiento, operación. Cuando la demanda y los costos de peajes son estimados, los cuales son igualados con el total de los peajes réditos, pueden ser calculados.



### ***Estimación del tráfico de la demanda***

La estimación del tráfico de la demanda en autopistas en Korea, las líneas son divididas como sub-regiones. El siguiente modelo de regresión es usado para estimar la demanda de estas zonas.

$$V (\text{vim} - \text{km}) = e_a \cdot T^{b1} \cdot P^{b2} \cdot N^{b3} \cdot C^{b4}$$

Donde:

V = Demanda de tráfico (Veh-Km)

T = Peaje autopista

P = Precios de combustible

N = Número de vehículos

C = Capacidad de la autopista.

Para el propósito de la estimación de la demanda de tráfico para los próximos 30 años, el modelo fue establecido y define como variables independientes: costo de combustibles, número de vehículos, capacidad de la autopista y también define el volumen de tráfico como una variable dependiente, demás la estimación hecha de coeficientes relevantes, usando técnicas econométricas y con el pronóstico de la demanda en base a los coeficientes estimados. De acuerdo al pronóstico el número de vehículos que usan carreteras se espera de 872,450 en el año 2000.



### ***Cálculo de costos***

Todos los costos incurridos en el pasado se convirtieron a precios constantes al año 2000, en base al índice de precios al consumidor.

### ***Costos fijos***

Los costos fijos fueron calculados en base a los costos de inversión permaneciendo no recuperados en 1999 y también para la carretera durante los años 2000-2002.

El total de los costos fijos es pronosticado a sumar aproximadamente 29,195 billones de Won en precios constantes en el año 2000.

### ***Costos variables***

El total de la variable es la suma de los costos de operación y de los rendimientos de cada año sobre los costos de la inversión permaneciendo no recuperados.

Los costos activos (costos de mantenimiento costos de administración general) durante los años 2000 – 2003 fueron estimados para aplicarse el promedio de los costos para un KM. de carril para los 5 años pasados, y de ahí en el año 2003 incrementar 4% por año, para reflejar la tendencia del costo.

El rendimiento de la inversión aplicada del 8% (basada en precios constantes) equivalente al promedio de la tasa de interés pagable sobre sus préstamos.

El costo variable es estimado aproximadamente en 1,033 billones de won en 2000, 1200 billones de won en 2001 y 1700 billones de won en 2002, en constantes precios del año 2000.

### ***Estimación de peajes después del mejoramiento propuesto.***

#### ***Cálculo de la tarifa base.***

Tarifa base = total de la cuenta pública a ser recuperada / total de número de vehículos que usan la autopista durante el periodo de recuperación

La tarifa base para cada categoría de vehículos fue calculada multiplicando el peaje base superior por el peso aplicable a cada categoría de vehículos.

#### ***Cálculo del valor del peaje para tarifa milla***

Valor del peaje para la tarifa milla = total del costo variable para el año/ total de millas de todos los vehículos para el año

La tarifa base para cada categoría de vehículos fue calculada multiplicando la tarifa base superior por el peso aplicable para cada categoría de vehículos.

*Nivel de tarifas calculado.*

Categoría de vehículos	1	2	2	4	5
Peso por categoría	1.00	1.05	1.08	1.86	1.90
Tarifa base (won)	700	736	756	1,303	1,330
Tarifa milla	36.5	38.4	39.4	68.00	69.3

A lo largo del análisis de estas lecturas y de las conclusiones que de estas emanan, se sientan las bases para poder proponer un modelo tarifario alternativo para autopistas de cuota en México.

## ANEXO 2 DIAGRAMAS

En este anexo se muestran los diagramas de la metodología propuesta del modelo tarifario alterno descrito en el capítulo 4 y están ubicados como, diagrama 1 y diagrama 2, consecutivamente.

