



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ LA CUOTA EN LAS CARRETERAS
CONCESIONADAS ”

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
ENRIQUE DIAZ MORALES
ALEJANDRO RAMIREZ MUCIÑO



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señores
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
CALLE DE LA ESTADÍSTICA, S/N
MEXICO, D.F.

Señores
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
CALLE DE LA ESTADÍSTICA, S/N
MEXICO, D.F.

Señores
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
CALLE DE LA ESTADÍSTICA, S/N
MEXICO, D.F.

Señores
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
CALLE DE LA ESTADÍSTICA, S/N
MEXICO, D.F.

Señores
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
CALLE DE LA ESTADÍSTICA, S/N
MEXICO, D.F.

Señores
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS
CALLE DE LA ESTADÍSTICA, S/N
MEXICO, D.F.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-049/94

Señores
ENRIQUE DIAZ MORALES
ALEJANDRO RAMIREZ MUCIÑO
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. ROBERTO MAGALLANES NEGRETE**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

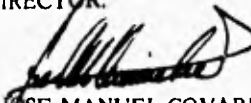
"LA CUOTA EN LAS CARRETERAS CONCESIONADAS"

- I. INTRODUCCION
 - II. JUSTIFICACION PARA EL COBRO
 - III. ELEMENTOS PARA EL ANALISIS
 - IV. DETERMINACION OPTIMA
- CONCLUSIONES
REFERENCIAS

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 26 de septiembre de 1994.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Ingeniería y sus dignísimos maestros

Al Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. y muy en especial al M. en I. Roberto Magallanes Negrete por su gran apoyo y dedicación a este trabajo.

A la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por el apoyo recibido para la realización de este trabajo, especialmente a la Dirección General de Servicios Técnicos y Concesiones por la información proporcionada.

Al Ing. Gustavo Manzo Garcia por su valiosa ayuda en la realización de este trabajo.

Al Ing. Miguel A. Nava por sus valiosos consejos

A mis maravillosos padres Hernando y Graciela que por su amor y confianza durante mi vida y carrera me motivaron a alcanzar esta meta, GRACIAS !!!

A mi hermana Graciela, por su apoyo y aliento.

A la memoria de una gran mujer, Marcelina, cuyo recuerdo y amor están en mi corazón día con día.

A mis abuelitos Herminio, Alejandra y Alfonso.

A mis tios y primos.

A mis amigos (la banda) con los que pase inolvidables días.

Enrique Díaz Morales

**A mis Padres, Abuelos y Tíos
que me apoyaron a lo largo de
mi vida y mi carrera.**

A mis queridos amigos:

**Alejandro, Victor, José, Hugo, Octavio,
Ignacio, Jaime, Gustavo y Javier.
Por su gran ayuda a lo largo de la
carrera.**

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
JUSTIFICACION PARA EL COBRO	9
Las carreteras de cuota	10
Las carreteras concesionadas	11
Marco legal	12
Rentabilidad y financiamiento	13
CAPITULO III	
ELEMENTOS PARA EL ANALISIS	15
Demanda de tránsito	16
Atributos de servicio	21
CAPITULO IV	
DETERMINACION OPTIMA	24
Criterios para asignar cuotas	25
Criterio de optimización	27
Aplicación	28
CONCLUSIONES	35
REFERENCIAS	38

CAPITULO I
INTRODUCCION

En México, el transporte carretero es el modo más importante de movilización interno, por sus ventajas de flexibilidad y disponibilidad que le permiten integrar más rápida y fácilmente diversas regiones del país a la economía nacional. En 1989, este modo representó el 99 por ciento del transporte interurbano de pasajeros y el 84 por ciento del transporte de carga por vía terrestre, al transportar a 1800 millones de pasajeros y 390 millones de toneladas de productos básicos y manufacturados. En varios tramos carreteros los volúmenes de tránsito han llegado a ser importantes; por ejemplo en una gran parte de la red troncal se tienen volúmenes cercanos a los 10,000 vehículos diarios y en la décima parte aún superiores. Se entiende entonces la importancia de las carreteras en el desarrollo económico, político y social del país.

Esa importancia del modo carretero no hubiera sido posible sin la existencia de una red de amplia cobertura, producto del esfuerzo sostenido por más de medio siglo por parte de los Gobiernos Federal, Estatales y Municipales. A la fecha, la red carretera tiene una longitud aproximada de 250 mil kilómetros, de los que una quinta parte corresponden a la red federal o troncal, una cuarta parte a la red alimentadora y el resto a la red de caminos rurales y brechas mejoradas. Parte de la red troncal está constituida por el sistema de carreteras de cuota y concesionadas que en la pasada administración alcanzó una extensión de más de 4,500 km. La red troncal está totalmente pavimentada, la alimentadora está pavimentada en un 60 por ciento y el resto revestida.

No obstante su importancia, la red carretera aún tiene serios problemas derivados de su mismo desarrollo y de la situación económica del país. Así, las características modestas de varios tramos antiguos de la red, los cada vez mayores volúmenes de tránsito, la creciente participación de vehículos pesados en el tránsito y la escasez de recursos para una conservación y modernización sistemática, han ocasionado que los niveles de servicio no sean óptimos. Así por ejemplo, a principios de la actual década se estimó que solamente el

28 por ciento de la red troncal operaba con niveles de servicio aceptables y el 10 por ciento con niveles de servicio francamente deficientes. También constituyen problemas importantes la falta de libramientos en las ciudades grandes y medianas, la falta de mejores accesos terrestres a puertos marítimos o fronterizos y la falta de suficientes enlaces transversales que mejoren la comunicación interregional.

La necesidad de ampliar y modernizar la infraestructura carretera, en un marco de escasez de recursos, hizo que en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 se contemplara la participación de los particulares mediante la figura de la concesión, en los casos y términos en que la ley lo permite. De esa manera, se encontró una alternativa para satisfacer esa necesidad, a la vez que se liberaban recursos para atender otras obras y programas prioritarios de comunicaciones y transportes, cuya ejecución es exclusiva del sector público.

Los títulos de concesión señalan las condiciones para garantizar un servicio público eficiente; pero también establecen las seguridades jurídicas que precisan los concesionarios. En todos los casos, al término del plazo de concesión los bienes se revierten a la Nación. Para apoyar la obtención de recursos es factible emitir instrumentos financieros que apruebe el Gobierno Federal en cada caso.

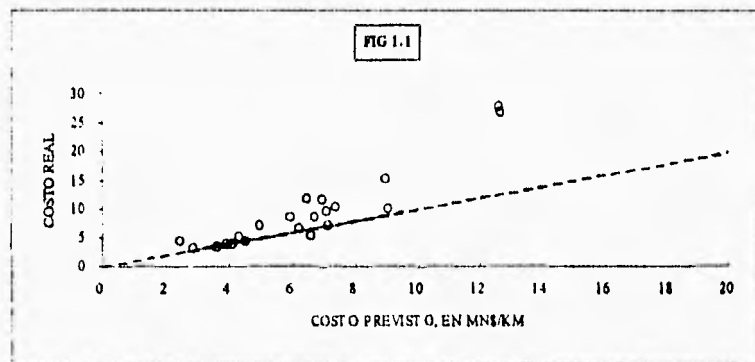
El procedimiento de licitación de concesiones se dió sobre la base de una amplia participación, con mecanismos transparentes y con estricto apego a la ley. La selección de los proyectos a licitar dió prioridad a los de mayor rentabilidad, que coadyuvaran en mayor medida a eliminar cuellos de botella y apoyaran claramente el desarrollo de actividades productivas. Una vez autorizadas las cuotas, el criterio para otorgar la concesión fue el de menor plazo de concesión y, en caso de empate, el tiempo mínimo para construir el proyecto y ponerlo en operación. Por su parte, el Gobierno Federal se comprometió a garantizar el derecho de vía, proporcionar el proyecto básico, supervisar la construcción y conservación, así como vigilar la seguridad de la operación vehicular y la correcta aplicación de las cuotas.

Mediante el sistema de concesiones se esperaba incorporar, durante la administración pasada, más de 4,000 kilómetros de carreteras y varios puentes de cuatro o más carriles (ref. 1). Finalmente, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes otorgó alrededor de 50 concesiones para construir, explotar y conservar más 5,000 kilómetros de tramos carreteros, libramientos y puentes ubicados en las principales rutas troncales y zona metropolitanas del país. El ritmo de construcción fue, en promedio, de 892 kilómetros por año, cifra muy significativa si se compara con los 500 que se lograron en los programas de autopistas de Francia o España durante los años de construcción más intensa.

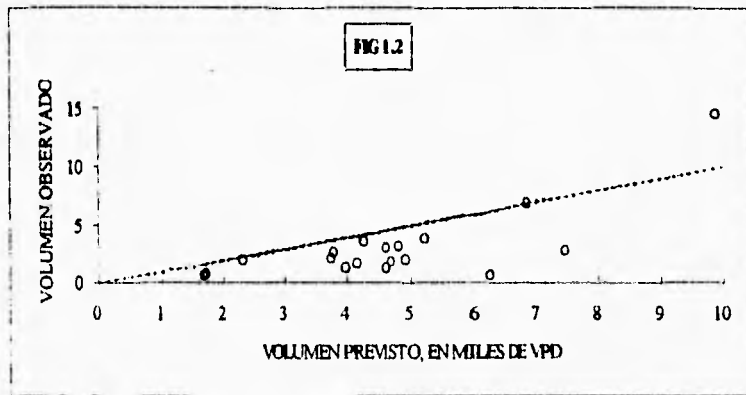
El programa mexicano incluyó, además de las carreteras concesionadas a los particulares, a los gobiernos estatales y a BANOBRAS, las correspondientes a las carreteras federales y estatales libres o de cuota, así como las de CAPUFE, que hacen un total de aproximado de 7,000 km. en el período 1989-1994. De ellas, el 89% son de cuatro o más carriles (ref. 2).

Es indudable que el Programa Nacional de Autopistas ha sido exitoso desde el punto de vista de su ejecución, pues las metas se cumplieron, incluso, con más de un año de anticipación. No obstante, a medida que las obras se fueron terminando y poniendo en operación se hicieron evidentes ciertas fallas, respecto a las cuales ocurrieron reacciones de muy diversa índole, desde las críticas periodísticas (ref. 3), hasta artículos en revistas (ref. 4), síntesis informativas (ref. 5) y aún libros promocionales (ref. 6).

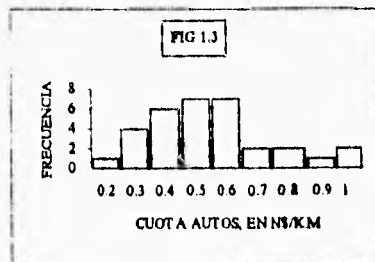
No obstante lo anterior, los aciertos han sido mayores que los errores. Los aciertos incluyen el tener ya una red carretera en la que ya se distinguen corredores con enlaces cuyo proyecto geométrico es francamente bueno, sobre todo si se consideran las restricciones orográficas de gran parte del territorio. Respecto a los errores, la mayor parte tienen su origen en los tiempos tan cortos de que se dispuso para completar un programa tan ambicioso; sobre todo que muchos de los proyectos tuvieron elementos de características francamente diferentes a los tradicionales que requerían diseños más cuidadosos. Las consecuencias fueron las pequeñas fallas funcionales ocasionadas casi siempre por defectos constructivos, pero las más importantes han sido los incrementos que tuvieron los costos de construcción reales en algunas de las carreteras respecto a los que se habían previsto. En la figura 1.1 (ref. 7) se aprecia que en las carreteras de relativo bajo costo, las diferencias entre costos constructivos reales y previstos no fueron grandes; pero en aquellas en que se tuvieron grandes costos por la presencia de cortes y terraplenes de gran altura, así como de puentes, túneles y viaductos, las diferencias fueron muy considerables.

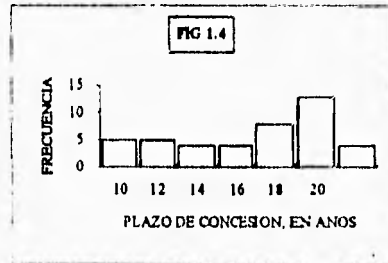


En lo relativo a la previsión de la demanda de tránsito, la realidad casi siempre quedó corta, como se aprecia en la figura 1.2. Esto, aunado a los eventuales incrementos en los costos constructivos, ha generado presiones para incrementar las cuotas y para ampliar los plazos de concesión, puesto que el Gobierno otorgó las concesiones bajo la garantía de que ocurriría una demanda de tal nivel que, con las cuotas autorizadas, se generaban ingresos suficientes para que los concesionarios recuperaran su inversión con márgenes razonables.



Estos problemas han influido para que los plazos y las cuotas no sean uniformes en el sistema de carreteras de cuota, como se aprecia en las figuras 1.3 y 1.4 ; lo que contribuye a disminuir aún más la demanda entre ciertos segmentos de usuarios.





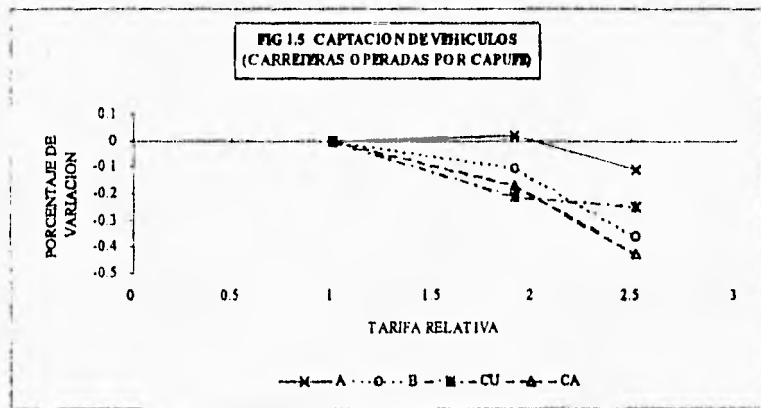
Debiera ser posible usar todas estas experiencias para mejorar las estimaciones de los costos constructivos, los modelos predictivos de la demanda y la toma de decisiones sobre aspectos técnicos, económicos o financieros de los proyectos por construir. Aún para las carreteras ya construidas debiera ser posible emplear algunos de esos modelos para analizar las decisiones aún abiertas al concesionario y al Gobierno, como puede ser el caso de la fijación del monto de las cuotas.

Hasta donde pudimos investigar, en la determinación del monto de las cuotas se han considerado primordialmente los criterios financieros, aunque al final se revisa de manera más o menos intuitiva si tales montos resultan razonables en función de las ventajas de la nueva carretera respecto a los atributos de comodidad, seguridad y economía. No obstante, en términos crudos, el análisis se limita a verificar que los ingresos sean mayores que los egresos en una proporción que resulte atractiva al concesionario. Los egresos están dados por un programa de inversiones que cubren los costos de construcción, conservación y operación de la carretera más los financieros; costos que si bien tienen incertidumbres muy fuertes, no tienen interdependencias importantes o al menos imprevisibles. Por su parte, los ingresos están dados por el producto del monto de las cuotas por el número de usuarios. Como los niveles de ingresos quedan definidos por los de egresos, el monto de las cuotas podrá determinarse exactamente siempre que pueda definirse la demanda; sin embargo la interdependencia entre tales variables amerita un análisis más cuidadoso.

La demanda en las carreteras, caracterizada por la magnitud del flujo de tránsito, es una demanda derivada de las actividades humanas, sean estas económicas, políticas o sociales. Por lo tanto no se puede generar espontáneamente. En el caso de las carreteras concesionadas, construidas entre regiones ya comunicadas por una carretera libre, la demanda potencial inicial es medible, basta con efectuar estudios origen-destino adecuados. Una fracción de esa demanda potencial constituye la demanda inicial en la carretera concesionada. El incremento de la demanda inicial a través del tiempo requiere de la aplicación de modelos predictivos que, en lo general, se apoyan en el comportamiento de variables características de las actividades humanas, generalmente de tipo económico, de las cuales puede estimarse su comportamiento futuro con base en lo ocurrido en el pasado. Dependiendo de las variaciones regionales, el 74 por ciento de los análisis de las carreteras

concesionadas han considerado un incremento anual de la demanda de cuatro por ciento, un 8 por ciento incrementos mayores y el resto menores. Se antoja que estas cifras son razonables en vista de la situación actual del país.

Para explorar la interdependencia de la demanda actual y el monto de las cuotas, se analizó el comportamiento histórico de la demanda cuando se han modificado las cuotas en carreteras operadas por CAPUFE, que se ilustra en la figura 1.5 (ref. 7), una vez descontado el efecto de las variaciones por el incremento del parque vehicular. Se observa que un incremento en la cuota de 152 %, genera una reducción en la captación de 10.68, 36.12, 24.63 y 42.52 % para automóviles, autobuses, camiones unitarios y articulados respectivamente. Las elasticidades resultantes son de -0.07, -0.24, -0.16 y -0.28 para los vehículos descritos, que indican una demanda relativamente inelástica, pero sensible, sobre todo en los vehículos comerciales. También puede determinarse que para un incremento de la cuota del 91 % las elasticidades son de 0.02, -0.12, -0.23 y -0.18 para los mismos vehículos.



El signo negativo de casi todas las elasticidades verifica la noción intuitiva de que a menores cuotas, mayores demandas y viceversa; por lo que es razonable plantearse la conveniencia de cobrar menos a más, en vez de más a menos. Debe recordarse que el interés de los usuarios es que las cuotas sean mínimas y el del concesionario que los ingresos sean máximos. Así la cuota nula es la más conveniente para el usuario pero la peor para el concesionario porque sus ingresos son nulos. Las cuotas demasiado altas son malas para el usuario, pero también lo son para el concesionario, porque sus ingresos tienden a ser nulos, puesto que los usuarios no las quieren o no las pueden pagar. Entre ambos extremos debiera haber una

cuota óptima que maximice los ingresos del concesionario y sea acorde al interés en función de las ventajas reportadas por la nueva concesión. Si la elasticidad de la demanda respecto a la cuota fuese constante en todo el rango posible de las cuotas, sería fácil emplearla en el análisis; pero lamentablemente la información disponible indica que no es así, además de que los incrementos de las cuotas llevan implícitas ciertas otras ventajas difíciles de tomar en cuenta; por lo que habrá que considerar otros aspectos. Por otra parte, si bien es cierto que la demanda de tránsito no se genera espontáneamente, no es posible suponer que puede incrementarse si se mejoran cuotas y atributos de servicio.

Este trabajo analiza los efectos en la demanda al incrementarse o disminuirse la cuota. Con ello se pretende aportar elementos para racionalizar la toma de decisiones respecto a este importante parámetro. Las conclusiones del análisis pueden complementarse a las realizadas hasta ahora, sobre todo considerando que en el futuro inmediato parece que el Gobierno ya no garantizará al concesionario la mantención de la demanda. El trabajo se organizó de la siguiente manera:

- CAPITULO I:** Se describe el sistema en que se ubica el problema estudiado y se plantean los objetivos generales.
- CAPITULO II:** Se plantea la metodología de las estimaciones econométricas y se mencionan las razones que justifican la elección de esta metodología para el estudio de la oferta y de la demanda de tránsito en el sistema y sus variantes.
- CAPITULO III:** Se describe en palabras sencillas y con ejemplos para facilitar el análisis, funcionamiento, estructura, ventajas, costos y beneficios.
- CAPITULO IV:** Se describe la metodología para estimar el efecto de los cambios en las cuotas de tránsito en el sistema que se estudia. Se hace una referencia a los datos de una encuesta realizada sobre el tránsito de pasajeros en el sistema.
- CINCO ANEXOS:** Se presentan los principales resultados de las estimaciones y las recomendaciones.

cuota óptima que maximice los ingresos del concesionario y sea atractiva al usuario en función de las ventajas reportadas por la nueva carretera. Si la elasticidad de la demanda respecto a la cuota fuese constante en todo el rango posible de las cuotas, sería fácil emplearla en el análisis; pero lamentablemente la información disponible indica que no es así, además de que los incrementos de las cuotas llevan implícitos factores inflacionarios difíciles de tomar en cuenta; por lo que habrá que considerar otras opciones. Por otra parte, si bien es cierto que la demanda de tránsito no se genera espontáneamente, es razonable suponer que puede incrementarse si se mejoran cuotas y atributos de servicio.

Este trabajo analiza los efectos en la demanda al incrementarse o decrementarse la cuota. Con ello se pretende aportar elementos para racionalizar la toma de decisiones respecto a este importante parámetro. Los resultados del análisis pueden complementar a los realizados hasta ahora, sobre todo considerando que en el futuro inmediato parece que el Gobierno ya no garantizará al concesionario la ocurrencia de la demanda. El trabajo se organizó de la siguiente manera:

- CAPITULO I:** Se describe el ámbito en que se ubica el problema abordado y su planteamiento general.
- CAPITULO II:** Se plantean los antecedentes de las carreteras concesionadas y sus antecesoras inmediatas: las carreteras de cuota; su sustento jurídico, la justificación para el cobro de la cuota y su influencia en los análisis económicos y financieros.
- CAPITULO III:** Se describen los modelos requeridos y sus parámetros para realizar el análisis, fundamentalmente velocidades, costos y demanda.
- CAPITULO IV:** Se describe la metodología para optimar la cuota desde el punto de vista de los actores que intervienen. Se hace una aplicación a un tramo de una carretera específica: Tierra Colorada-Acapulco en la Autopista del Sol.
- CONCLUSIONES:** Se resumen los principales resultados y se puntualizan ciertas recomendaciones.

CAPITULO II
JUSTIFICACION PARA EL COBRO

LAS CARRETERAS DE CUOTA

En México, durante el Virreinato Español, en muy escasas ocasiones el gobierno aportó recursos para la construcción o mantenimiento de los caminos. Esto se hizo principalmente por asociaciones de comerciantes quienes cobraban peaje a los viajeros, esto es un pago por el derecho de paso. Durante más de medio siglo de la época independiente, nada se hizo para construir nuevos caminos o conservar los existentes; la primera vez que se destinaron recursos gubernamentales para esto, fue en el año de 1867 en que el Presidente Juárez lo encargó a la Secretaría de Relaciones Exteriores; pero la red carretera nacional inició su desarrollo formalmente en la segunda mitad de la década de los 20's y principios de los 30's de este siglo.

Bajo el principio constitucional de libre tránsito, la red carretera se empezó a desarrollar exclusivamente con recursos federales. El criterio de decisión para seleccionar las carreteras por construir era simple y efectivo: unir las ciudades y puertos más importantes del país; era la época en que se *necesitaban más caminos antes que mejores caminos* y por lo tanto las carreteras tuvieron limitaciones en su geometría. Sin embargo, en la década de los 50's se alcanzó la meta inicial de comunicación y hubo necesidad de emplear criterios más elaborados para tomar decisiones sobre las carreteras por construir. Fue así como se aplicaron, por primera vez en México, técnicas formales de planeación y con ello el reconocimiento del desequilibrio regional y sectorial que hacía factibles y necesarias tanto las carreteras de altas especificaciones y gran costo, como las de especificaciones modestas y bajo costo. Se decidió entonces la construcción de una clase especial de carreteras que además de ser convenientes para el país, no atentaran contra el principio constitucional de libre tránsito y se pudieran recuperar los recursos invertidos. Así, en 1952 nacieron las carreteras de cuota.

Las carreteras de cuota, al igual que todas las demás, deben justificarse económica, política y socialmente. Ello implica que deben ser rentables para el país, además debe considerarse su principal característica: la de su uso voluntario. Por lo tanto, debe haber una opción alterna a los usuarios que es el uso de una carretera libre entre los mismos puntos comunicados por la carretera de cuota. Luego la cuota debe justificarse en términos de una mejor calidad de

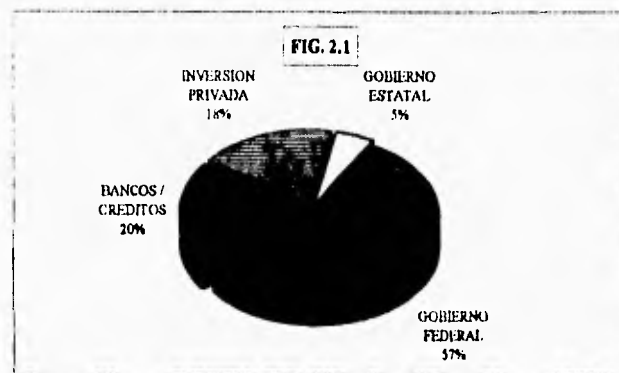
servicio caracterizada a través de atributos tales como seguridad, comodidad, economía y conveniencia. De esa manera la cuota no se interpreta como peaje, sino como el pago por un servicio a través del cual el usuario obtiene beneficios; al mismo tiempo que permite cubrir los costos de construcción y operación (ref. 8). Es importante hacer notar que las carreteras de cuota son totalmente financiadas por el Gobierno Federal, quien creó un organismo descentralizado, hoy denominado CAPUFE, para operarlas y administrarlas.

LAS CARRETERAS CONCESIONADAS

En la década de los ochentas y como resultado de serios problemas económicos, México redujo considerablemente su inversión pública, de la que el sector carretero era una parte importante. Surgió entonces la necesidad de diseñar esquemas financieros y jurídicos que permitiesen y alentasen el uso de recursos privados en el sector que, a la vez que la hicieran posible, le imprimiesen una mayor dinámica a la inversión. De esta manera nace el concepto de las carreteras concesionadas.

Desde el punto de vista del usuario, las carreteras concesionadas se parecen mucho a las de cuota, porque para poder utilizarlas también se requiere hacer un pago. También deben de cumplir con criterios de rentabilidad para el país. Sin embargo, la gran diferencia con las tradicionales carreteras de cuota es que los recursos para construirlas ya no provienen en su totalidad del Gobierno, sino también de la iniciativa privada. En consecuencia se rigen por un marco jurídico diferente llamado concesión (ref. 2), mediante el cual la carretera es administrada por los concesionarios, no por CAPUFE, durante un plazo determinado por la recuperación de la inversión con los márgenes adecuados, sin que tal plazo exceda a treinta años.

Actualmente, los Gobiernos Estatales y Federal financian entre el 5 y el 20 por ciento del costo constructivo de las autopistas, los Bancos el 57 por ciento y las constructoras e inversionistas privados el resto, como se ilustra en la fig. 2.1 (ref. 7).



Los Bancos y grupos financieros han obtenido los recursos necesarios a través de la llamada bursatilización de la carretera que es un proceso de emisión y colocación de bonos que se garantiza de alguna manera. En México tal garantía está constituida por las cuotas futuras; a tal fin, el Gobierno Mexicano se comprometió a extender los plazos de concesión cuando no se alcanzaran los ingresos previstos con las cuotas, con ello se reduce considerablemente el riesgo de los bonos. A partir de 1993 esos bonos se ofrecieron en el mercado internacional y se garantizaron con las cuotas de las carreteras ya construidas. A pesar de que los inversionistas extranjeros expresaron su desconfianza de que el Gobierno pudiera dar marcha atrás en los convenios establecidos o que las cuotas fueran tan altas que afectarían la demanda y no se cumplieran las previsiones de la demanda, los recursos captados mediante esta vía fueron a ritmos razonables, independientemente que se buscaban otras formas mejores de financiamiento (ref. 9).

MARCO LEGAL

Las leyes mexicanas fundamentan perfectamente el marco jurídico de las carreteras concesionadas en todos sus aspectos (refs. 10 a 14). Específicamente, los principales ordenamientos legales aplicables son:

- . Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (art. 11)
- . Ley General de Bienes Nacionales (arts. 29 y 30)
- . Ley de Vías Generales de Comunicación (arts. 8, 12 y 46)
- . Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (art. 36)
- . Reglamento Interior de la SCT (arts. 4 y 5)

La estructura jurídica y legal de las carreteras concesionadas a la iniciativa privada, está contenida en un documento llamado Título de Concesión, redactado con base en las leyes anteriores. Contiene: el acta constitutiva de la empresa concesionaria, el programa de Obra, el reglamento para la explotación de la concesión, el programa financiero, las tarifas iniciales y las sanciones aplicables a la empresa en caso de incumplimiento. La conformación del documento y sus anexos son:

- | | |
|-----------------------------|--|
| Título de concesión: | <ul style="list-style-type: none">-Denominación de la concesionaria-Carretera, tramo y subtramo efecto a concesionar.-Personalidad de cada participante.-Condiciones de la concesión-Obligaciones, sanciones y "reglas del juego"-Fecha de firma de la Concesión. |
| Acta constitutiva : | <ul style="list-style-type: none">-Capital social mínimo.-Accionistas mayoritarios nacionales.-Objetivo social. |

Programa de obras:	-Inicio y fin de actividades. -Programa de recursos financieros. -Realizado por cada concepto de obra.
Reglamento:	-Mecánica de operación y mantenimiento. -Mecánica de cobro y actualización de tarifas. -Facultades de la SCT y del Concesionario.
Participantes:	-Secretaría de Comunicaciones y Transportes -Constructora y Concesionarios -Agentes financieros

Las concesiones son otorgadas por SCT mediante un procedimiento abierto y claro . La selección de los proyectos a licitar da prioridad a aquellos que resulten ser mejores desde el punto de vista del país. Para un proyecto específico, los criterios de selección para otorgar las concesiones consideran los siguientes parámetros: costo de construcción, tiempo de construcción y puesta en operación, plazo de concesión, monto de las cuotas y formalidad del respaldo financiero. Por su parte, el planteamiento que el concesionario hace a una institución financiera contiene los parámetros técnicos y de costos que la SCT ha aceptado previamente como requisitos para la participación en el concurso de obra

RENTABILIDAD Y FINANCIAMIENTO

A veces suele confundirse el análisis de rentabilidad con el análisis financiero. En términos generales, el análisis de rentabilidad tiene por objetivo determinar la conveniencia para el país de construir la carretera en proyecto; por lo tanto, contrasta los beneficios que le produce a sus habitantes, usuarios o no, con los costos requeridos para construirla y operarla, empleando para ello parámetros globalizadores tales como relación beneficio/costo, valor presente neto, tasa de retorno, etc. Una vez que se ha decidido la conveniencia de construir la carretera, el análisis financiero tiene por objetivo cuantificar los recursos requeridos para construirla y operarla, para así determinar la forma de obtenerlos. Entonces, el análisis financiero implica también considerar los costos para construir y operar la carretera, aunque a diferencia del de rentabilidad, no determina los beneficios de los usuarios, sino la manera como los ciudadanos, usuarios o no, pagarán tales costos, ya sea directamente o ya sea por la vía fiscal. La fig. 2.2 esquematiza el análisis financiero para las carreteras concesionadas, en las que los usuarios pagan la carretera directamente a través de las cuotas.

Para las carreteras concesionadas, el análisis financiero es responsabilidad del concesionario, así que debe considerar estimaciones realistas sobre los parámetros que intervienen . En ese análisis resulta determinante la experiencia del concesionario sobre operación de carreteras, ya que debe usar la información proporcionada por la SCT y sus propias estimaciones para hacer un balance realista, a través de flujos de efectivo, entre los ingresos y los egresos, incluidas las ganancias, a lo largo del plazo de concesión. Para simular el flujo de recursos a través del tiempo, se utilizan las llamadas *corridas financieras*, en donde se ejecuta un

programa de computadora que permita obtener los valores en los límites de las variables que, por su naturaleza, pueden tener límites sustituidos en el caso de las características del crédito, programas de obra, plazo de recuperación, interés, rendimiento y actualización, monto de las cuotas y número de cuotas.

En este trabajo no se pretende revisar todas las implicaciones del método, sino una de sus partes fundamentales: la determinación del límite de la cuota, considerando la disposición real del usuario para pagarla, desde cualquier punto de las fuentes de desconfianza del inversionista, siempre la disponibilidad o parte de los usuarios inversionistas.

VII. 1.1

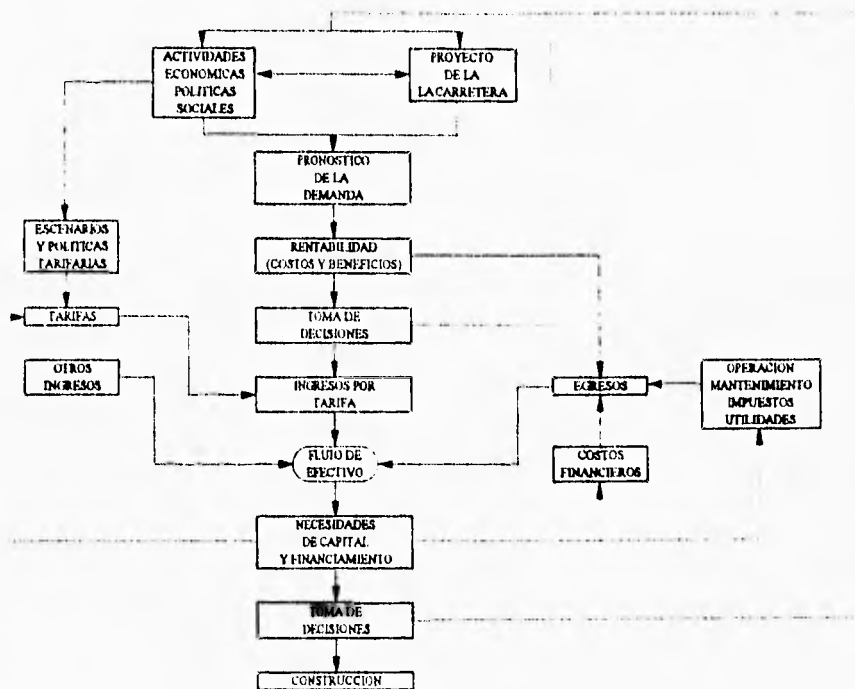
ANEXO DEL ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LOS USUARIOS INVERSIONISTAS

USUARIO	INVERSIÓN	PLAZO	INTERÉS	RENTAMIENTO	ACTUALIZACIÓN	MONTO DE CUOTAS	NÚMERO DE CUOTAS
1	1000000	12	12	10	1.05	100000	12
2	2000000	18	15	12	1.06	200000	18
3	3000000	24	18	15	1.07	300000	24
4	4000000	30	20	18	1.08	400000	30
5	5000000	36	22	20	1.09	500000	36
6	6000000	42	24	22	1.10	600000	42
7	7000000	48	26	24	1.11	700000	48
8	8000000	54	28	26	1.12	800000	54
9	9000000	60	30	28	1.13	900000	60
10	10000000	66	32	30	1.14	1000000	66

programa de computadora que permite determinar los efectos en los flujos al variar algunas de las variables que, por su naturaleza, pueden tener fuertes incertidumbres; como puede ser el caso de las características del crédito, programas de obra, plazo de recuperación, tasas de interés, rendimiento y actualización, monto de las cuotas y volumen de demanda prevista.

En este trabajo no se pretende revisar todas las implicaciones del análisis financiero, aunque si una de sus partes fundamentales: la determinación óptima de la cuota respecto al ingreso, considerando la disposición real del usuario para pagarla. Esto también responde a una de las fuentes de desconfianza del inversionista extranjero: la disposición a pagar la cuota por parte de los usuarios mexicanos.

FIG. 2.2
ESQUEMA DEL ANALISIS FINANCIERO DE LAS CARRETERAS DE CUOTA



CAPITULO III

ELEMENTOS PARA EL ANALISIS

El objetivo de la planeación del transporte es identificar las acciones que permitan mejorar su funcionamiento. Una de estas acciones es indudablemente la determinación de la cuota óptima, motivo de este trabajo. Pero para ello, se requerirán instrumentos que permitan calcular los parámetros importantes para el análisis. En este capítulo se describen los modelos predictivos que después se utilizarán en dicho análisis.

DEMANDA DE TRANSITO

La demanda de tránsito está caracterizada por los flujos tanto en magnitud como en composición y distribución. Una conceptualización del fenómeno usado frecuentemente para la predicción de la demanda es el llamado modelo secuencial, denominado así porque utiliza una serie de modelos encadenados en la que los resultados de uno se convierten en los datos de entrada del siguiente. Cada uno de estos modelos interactuantes, representan la parte del mundo real de interés. En su forma más general, el modelo secuencial contempla cuatro fases: Generación, Distribución, Elección modal y Asignación (ref. 15). En cada una de estas fases se utilizan modelos predictivos que, en su conjunto, permiten determinar la demanda de tránsito en la vía. A continuación se describen de manera general.

Generación. Estos modelos predicen la producción y/o atracción de viajes, es decir, el número de viajes originados en o con destino a una región (ref. 16). El número total de viajes, a veces desagregado por motivo, constituye la variable dependiente del modelo; las variables independientes deben tener tres características esenciales: estar relacionadas con la generación o atracción de los viajes, que puedan predecirse con algún criterio racional, como puede ser a través de una serie de tiempo y que puedan desagregarse de acuerdo con los segmentos de mercado de interés. Por lo tanto, es usual utilizar las variables de tipo socioeconómico que se miden y reportan sistemáticamente en censos y encuestas, tales como población total, población económicamente activa, índices de empleo, niveles de ingreso, conformación familiar, usos del suelo, posesión de vehículos, consumos de gasolina y hasta índices sectoriales del PIB.

Distribución. Dada la producción y atracción total de viajes entre varios orígenes y varios destinos, determinados con los modelos de generación antes descritos, los modelos de distribución determinan la llamada matriz de origen-destino, en donde la suma de renglones y columnas de la matriz pueden representar los viajes generados y atraídos. Estos modelos suelen emplear criterios de distribución que dependen de factores de impedancia al viaje entre el origen y el destino, tales como distancia, tiempo y costo o una combinación de ellos, a veces denominada costo generalizado.

Elección Modal. El propósito de estos modelos es determinar el modo de transporte elegido por los usuarios, dado el número de viajes entre cada origen y cada destino. Estos modelos consideran, al menos tres variables independientes: las opciones abiertas a los viajeros, los atributos de servicio de cada modo de transporte y la percepción de los usuarios respecto a los atributos de servicio. La variable dependiente está caracterizada por el porcentaje de viajeros que usarán cualquiera de los modos viables.

Asignación. Estos modelos intentan predecir, para los viajes realizados por determinado modo entre un origen y un destino, la ruta que será escogida por el viajero. Mediante la agregación de estas predicciones o asignaciones a una ruta o carretera podrá determinarse los volúmenes de tránsito. Los modelos de asignación generalmente no están expresados mediante una expresión algebraica, sino que están constituidos por un algoritmo que involucra ciertas reglas de decisión, en sí mismas simples, pero que pueden involucrar gran volumen de cálculo numérico. Por ejemplo, la regla de decisión puede ser que los usuarios usen aquella vía que mejores atributos de servicio presenta (principio de Wardrop generalizado); pero como esas variables dependen de lo que se quiere determinar, suele ser necesario un procedimiento iterativo a veces complicado, pero siempre laborioso.

En la práctica, suelen usarse variaciones del modelo secuencial, incorporando unos modelos en otros o utilizando técnicas *híbridas*. En cuanto a la estructura matemática, los modelos pueden ser de tipo polinomial, gravitacional o distributivos y pueden ser estocásticos o deterministas según se considere o no la incertidumbre asociada a la toma de decisiones por el usuario o consumidor.

La modelación de la toma de decisiones del usuario sobre cada una de las alternativas, se basa en un paradigma que caracteriza al usuario como un integrador de atributos. Esto supone que el decisor es capaz de integrar de alguna forma los atributos de las alternativas y elegir aquella que maximice sus expectativas. Para simular ese proceso se hace uso de la teoría de utilidad (ref. 17), que considera un proceso funcional de los atributos relevantes en un parámetro único, llamado utilidad, cuya magnitud usa para tomar sus decisiones. Se hace la hipótesis de que siempre elegirá aquella alternativa que tiene la utilidad máxima. Otro paradigma posible es considerar al usuario como un discriminador de atributos, más que de integrador; si bien este paradigma representa mejor a la realidad, aún no se ha desarrollado lo suficiente para ser modelado.

Por otra parte, cuando el consumidor no tiene información perfecta para hacer su elección, es decir cuando existe un elemento aleatorio en los atributos de servicio, la decisión puede modelarse considerando una parte determinista de la utilidad a la que se le suma una parte aleatoria. Si se hacen ciertas hipótesis sobre esa parte aleatoria, particularmente en cuanto a la independencia entre atributos y sus distribuciones de probabilidad (refs. 15 a 17) se obtiene el llamado *modelo multinomial logit*, que tiene la siguiente estructura:

$$p[A: M] = \frac{e^{U_A}}{\sum_{m \in M} e^{U_m}} \quad ; \quad \text{en donde:}$$

$p[A: M]$ es la probabilidad de escoger la alternativa A de entre las M posibles

e^{U_A} es la exponencial de la utilidad de la alternativa A

$\sum_{m \in M} e^{U_m}$ es la suma de las exponenciales de las utilidades de las M alternativas posibles

Para los fines de este trabajo, en que se quiere analizar una carretera concesionada que une un origen y un destino entre los que ya existe una carretera, la demanda potencial máxima en la carretera concesionada está limitada por la demanda actual en la carretera libre que, para el primer año, puede medirse directamente mediante estudios de origen-destino. Para estimar el incremento de esta demanda a lo largo del tiempo, lo más simple es el uso de algún método de pivoteo que utilice una tasa de incremento de tránsito estimada a partir de su crecimiento histórico en esa carretera o bien de alguna variable relacionada, tal como se describió en los modelos de generación. Así, el volumen de tránsito diario medio anual en el año n para la autopista ($TDPA_n$), calculado a partir del tránsito diario medio anual actual en la carretera libre ($TDPA_0$), puede calcularse como:

$$TDPA_n = TDPA_0 \cdot \left[\prod_{i=1}^n (1+t_i) \right] \cdot p_n[A]$$

en donde t_i es la tasa de incremento anual de tránsito entre el origen y el destino que se considere en el año i y $p_n[A]$ es la fracción de ese tránsito que utiliza la autopista en el año n de interés. Si no se considerara variabilidad en el tiempo, la expresión se simplifica considerablemente.

Para estimar $TDPA_n$ en cualquier carretera se puede recurrir a la información contenida en la publicación sobre *Datos Viales* que publica periódicamente la SCT. La tasa de incremento anual de tránsito puede estimarse directamente también de esa información junto con los resultados de los estudios origen-destino que también publica periódicamente la SCT; sin embargo, como la información no siempre está actualizada o no se tienen series históricas suficientemente largas, conviene verificar las tasas resultantes con las obtenidas con procedimientos indirectos como los antes delineados.

Para estimar $p[A]$ puede usarse el modelo logit antes planteado; pero como sólo hay dos alternativas posibles, la carretera libre y concesionada, al modelo resultante se le denomina *binomial logit* y tendrá la estructura siguiente:

$$p[A] = \frac{e^{U_A}}{e^{U_A} + e^{U_L}}$$

en donde U_A y U_L son las utilidades que representa para el usuario circular por la autopista y la carretera libre. Debe notarse que $p[A]$, por ser una probabilidad es una fracción menor que uno y es susceptible de interpretarse como frecuencia, lo que hace factible al modelo. No obstante debe considerarse que es esencialmente dinámica, pues varía si varían las utilidades con el tiempo, lo que es muy posible como se justifica a continuación.

En lo general, las funciones de utilidad pueden ser lineales, multiplicativas o exponenciales. A veces el tipo de función se determina por la que mejor se ajusta al conjunto de observaciones disponibles. Sin embargo, si se considera que son los usuarios quienes integran los atributos en su mente, a veces sin plena conciencia, cuesta trabajo elegir formas

funcionales complicadas. En este trabajo se utilizó una función lineal. En lo referente a sus parámetros son dos los vectores a considerar: el de atributos de servicio de las alternativa y el de las percepciones de los usuarios sobre cada uno de esos atributos. Debe notarse que cada uno de esos vectores es variable con el tiempo y de aquí la característica dinámica del fenómeno. Los atributos de servicio son: comodidad, seguridad, economía y conveniencia (rapidez); si bien se considera a todos en la función de utilidad, solo se modelarán explícitamente los dos últimos, ya que los dos primeros son difíciles de cuantificar. Entonces, la utilidad para la alternativa m , U_m , será:

$$U_m = \theta_0 + \theta_{1,m} \cdot t_m + \theta_{2,m} \cdot c_m + \theta_3 \cdot p_m$$

en donde el vector de las θ 's representa las percepciones de los usuarios respecto a los atributos de la alternativa m respecto al vector de atributos, que en este caso está constituido por el tiempo (t_m), costo de operación (c_m) y cuota (p_m). Los ventajas de una carretera sobre otra en los atributos de comodidad, seguridad y otros subatributos de la conveniencia no considerados en la rapidez, quedan englobados en el parámetro θ_0 .

Manipulando el modelo logit binomial antes establecido, se llega a:

$$p[m] = \frac{1}{1 + e^{k \cdot \Delta U}}$$

$$\Delta U = \theta_0 + \theta_{1,A} \cdot t_A + \theta_{1,L} \cdot t_L + \theta_{2,A} \cdot c_A + \theta_{2,L} \cdot c_L + \theta_3 \cdot p_A$$

en donde el factor k vale -1 si se quiere calcular la probabilidad de que el usuario circule por la autopista ($m=A$) ó 1 si por la carretera libre ($m=L$).

Para calibrar esta clase de modelos existen al menos dos técnicas. Una de ellas utiliza la regresión múltiple. Mediante esta técnica, se recurre a la observación de lo que ocurre en los casos en que un origen y un destino están comunicadas al menos por una carretera libre y una concesionada. En tal caso se observan las fracciones de tránsito, respecto a los totales, que circulan por las autopistas: $\{p[m]; m=A\}$, se calculan las ΔU de la primera ecuación y se sustituyen en la segunda. Como resultado se tendrán tantas ecuaciones como observaciones de autopistas se tengan, en las que las incógnitas estarán representadas por los parámetros θ 's. Aplicando las técnicas de regresión pueden obtenerse los valores de las θ 's, así como los parámetros de la bondad de ajuste. Como parte de la calibración de un modelo de demanda, en México se han determinado las funciones de utilidad para los conductores de los cuatro tipos de vehículo más significativos en la red nacional usando el procedimientos anterior (ref. 18). De hecho se tenían expectativas para usar esas funciones en este trabajo, pues los parámetros de ajuste parecían ser aceptables. Sin embargo, un examen cuidadoso del estudio mostró limitaciones respecto a la homogeneidad en la caracterización de los atributos de servicio para los vehículos considerados, así como en su determinación; además la manipulación de las medidas de efectividad para mejorar el ajuste, no parecía muy afortunada.

La otra técnica para calibrar el modelo logit y que se usó en este trabajo, hace uso del principio de máxima verosimilitud. Este principio establece que los mejores valores para las θ 's de la función de utilidad son aquellos que maximizan la probabilidad de ocurrencia de una muestra observada. Entonces, dada la ocurrencia de esa muestra, bastará construir una función, llamada de verosimilitud, que exprese la probabilidad de su ocurrencia, para luego maximizarla. Por lo tanto, la función de verosimilitud, ℓ puede expresarse como:

$$\ell = \prod_{i=1}^n p[A]^{\delta_i} \cdot p[L]^{1-\delta_i} = \prod_{i=1}^n \frac{1}{1 + e^{\lambda \Delta U_i}}$$

en donde δ_i vale uno si el usuario i , de los n posibles, elige la autopista A o cero si elige la carretera libre L, lo cual es equivalente a que k_i , del modelo binomial adquiera los valores -1 ó 1. Como la función logaritmo es monótonicamente creciente, da lo mismo maximizar la función de verosimilitud que el logaritmo de ella. Como esto último facilita el proceso, deben encontrarse las θ 's que maximicen a la función:

$$\ln(\ell) = - \sum_{i=1}^n \ln(1 + e^{\lambda \Delta U_i})$$

Puede notarse que la función de verosimilitud se maximiza cuando $\ell \rightarrow 1$ o bien cuando $\ln(\ell) \rightarrow 0$; lo que ocurre cuando $p[A]^{\delta_i}$ y $p[L]^{1-\delta_i}$ tiendan a uno. En el siguiente capítulo se describe el uso de esta formulación para calibrar el modelo.

Respecto a la significación estadística de las θ 's; esto es, de la percepción de los usuarios sobre cada uno de los atributos, se dispone al menos de dos pruebas (ref 24). La primera construye una estadística t , que se aproxima razonablemente bien a una distribución normal; esto es:

$$t = \frac{\hat{\theta}_k - \theta_k}{\sigma_{\mu}} \approx N[0,1]$$

en donde:

$$\hat{\sigma}_{\mu}^2 = - \frac{1}{E \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln(\ell) \right]}$$

entonces si se hace: $\theta_k = 0$ y resulta que $t \geq N_{95\%}$ se podrá afirmar con 95 % de confianza que la k -ésima variable de servicio tiene efectos significativos.

La otra prueba tiene que ver con las percepciones de los usuarios de cada una de las alternativas sobre los atributos. Por ejemplo, puede plantearse la hipótesis que la percepción de los usuarios de una de las alternativa es la misma que la de los usuarios de las otras alternativas en r de los atributos, o sea que las θ 's correspondientes son iguales para todas las alternativas, en cuyo caso se tendrá un modelo restringido. Entonces, la razón de

verosimilitud, RV , construida con el modelo original y el restringido estará distribuido según una distribución χ^2 con r grados de libertad. Esto es:

$$RV = -2[\ln(\ell_r) - \ln(\ell)] \approx \chi^2_{r, \alpha}$$

y por lo tanto, si $RV \geq \chi^2_{r, \alpha}$ el modelo restringido es erróneo con $\alpha\%$ de confianza.

Con relación a las pruebas para juzgar el ajuste general del modelo, se tendrá una primera idea de la bondad del ajuste cuando, al sustituir en el modelo calibrado los valores medios de las variables explicativas de una alternativa dada, se obtiene que la probabilidad calculada de escoger esa alternativa coincide con la proporción de usuarios que en la realidad escogieron. Otro procedimiento es utilizar un pseudo índice de bondad de ajuste, ρ^2 , que varíe entre cero (no ajuste) y uno (ajuste perfecto) construido a partir de los valores que adquiere la función de verosimilitud, o su logaritmo, para determinados valores de los parámetros; esto es:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\ln[\ell(\theta^*)]}{\ln[\ell(\theta)]}$$

en que el logaritmo de la función de verosimilitud se evalúa para los valores θ^* del modelo calibrado y para otros valores de las θ 's, que representen condiciones alternas (ref 24). Por ejemplo pueden considerarse los valores nulos de todas las θ 's correspondientes a variables de atributos específicos o, alternativamente, considerando solamente las θ 's constantes, que mejora el índice significativamente

ATRIBUTOS DE SERVICIO

Como se estableció en el modelo de demanda antes expuesto, su aplicación requiere conocer las variables características de los atributos de servicio, específicamente los tiempos de recorrido y los costos de operación. Podría ser factible determinar la distribución de estas variables a través de observaciones directas en las carreteras; sin embargo sería laborioso para el caso de los tiempos de recorrido y casi imposible respecto a los costos de operación. Por lo tanto, también se requerirán modelos para estimar esas variables. Los modelos mecánicos planteados por el Banco Mundial a propósito de la determinación de los costos de operación (ref. 19), resultan ideales para estos fines. Una versión de esos modelos, que además de considerar restricciones por capacidad, toma en cuenta las particularidades de las carreteras mexicanas y las características del parque vehicular nacional, así como su variabilidad, se desarrolló en el Instituto de Ingeniería y se le denominó COV, siglas de Costos Operativos Vehiculares (ref. 20). En este trabajo se usó el modelo COV para obtener cada una de las velocidades y costos de operación de una muestra representativa de vehículos, a partir de la cual pudiera calibrarse el modelo. Las características medias geométricas y de tránsito, así como su variabilidad, que se introdujeron al modelo corresponden a las observadas a los tramos en estudio y se detallan en el siguiente capítulo.

El modelo COV genera, con técnicas de simulación Montecarlo, las velocidades a flujo libre de hasta nueve tipos de vehículos, de acuerdo a la composición especificada por el usuario. La velocidad a flujo libre es el resultado de asignar la velocidad mínima que adoptaría el conductor al considerar las restricciones de la carretera en sus elementos de alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal o su propia percepción respecto a su seguridad. El efecto en la velocidad de cada uno de tales elementos se determina por el comportamiento mecánico del vehículo, según leyes físicas, y de aquí la conotación de mecanicista. Por su parte, cada uno de los elementos geométricos de la carretera se caracteriza con parámetros globales que intentan simplificar su variabilidad. Una de las aportaciones más valiosas del modelo del Banco Mundial es precisamente el haber establecido que las velocidades y los costos a lo largo de toda la carretera son semejantes a los de una carretera hipotética cuyo alineamiento horizontal está constituido por una sola curva, el alineamiento vertical con dos tangentes, una ascendente y otra descendente, y la sección transversal con un solo ancho y una sola calidad de superficie de rodamiento. Las características de esta carretera hipotética están constituidos precisamente por las características medias de la carretera real. El modelo COV considera las mismas hipótesis, pero determinar costos y velocidades haciendo variar esas características medias en un rango determinado por el analista.

Las características geométricas medias utilizadas por el modelo COV corresponden a un promedio ponderado, de acuerdo a la longitud, de las características individuales de cada uno de los tramos que constituyen los elementos de la carretera: alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal. Así, para el alineamiento horizontal, constituido por tramos en curva i con una curvatura g_i y tramos en tangente j con curvatura nula, el promedio pesado será:

$$C = \frac{\sum_i g_i \cdot l_i + \sum_j 0 \cdot l_j}{\sum_i l_i + \sum_j l_j} = \frac{\sum_i \Delta_i}{L}$$

en donde Δ_i son los ángulos centrales de la curva circular, equivalentes a la deflexión entre tangentes de entrada y salida.

En forma similar, para el alineamiento vertical, los promedios pesados de las pendientes ascendentes y descendentes, equivalen a lo indicado a los cocientes del ascenso (AS) y el descenso (DS) entre la longitud. Estos cocientes entre altitudes acumuladas y longitudes representan las pendientes hipotéticas de los tramos ascendentes y descendentes con los que se caracteriza el alineamiento vertical. A tales pendientes se le denominan pendiente ascendente o positiva (PG) y pendiente descendente o negativa (NG). La longitud del tramo con pendiente ascendente queda determinada por la proporción de ascenso (LP) que se establece una vez determinada la pendiente positiva. De acuerdo a lo anterior las variables características del alineamiento vertical quedan determinadas por las siguientes relaciones:

$$PG = \frac{\sum_n p_n \cdot l_n + \sum_o 0 \cdot l_o}{\sum_n l_n + \sum_o l_o} = \frac{AS}{L}$$

$$NG = \frac{\sum_n p_n \cdot l_n}{\sum_n l_n} = \frac{DS}{L - A}$$

$$LP = \frac{A}{L}$$

Debe notarse que las relaciones anteriores son útiles para los análisis en una sola dirección de viaje. Cuando se analizan ambas direcciones de viaje, entonces:

$$PG = NG = \frac{AS + DS}{L}$$

$$LP = 0.50$$

Las expresiones para ambas direcciones, son válidas para carreteras de dos o cuatro carriles en un solo cuerpo; pero también pueden emplearse en carreteras de cuatro carriles en cuerpos separados, siempre que la distancia entre cuerpos no sea demasiado grande.

El modelo COV determina las velocidades a flujo libre en el tramo ascendente y en el tramo descendente, considerando restricciones por alineamiento horizontal (curvatura), sección transversal (tipo y superficie de rodamiento) y características del conductor; para luego hacer un promedio pesado de acuerdo a la longitud relativa de los tramos ascendente y descendente..

Determinada la velocidad a flujo libre, el modelo COV determina la velocidad restringida por el volumen de tránsito, considerando aleatoriamente la posibilidad de que el flujo pudiera ocurrir en alguno de los volúmenes pico. En los primeros años de la operación de la carretera, estos picos son ocasionales y su magnitud no es importante respecto a la capacidad. Por lo tanto, el efecto en la velocidad y en los costos es reducido. Sin embargo, los efectos pudieran ser importantes cuando la demanda excede a la capacidad en muchas de las horas del año.

La velocidad así determinada se utiliza, junto con las características de la carretera, para cuantificar los costos de operación constituidos por consumos de combustible, desgaste de llantas, niveles de mantenimiento del vehículo (partes, mano de obra y lubricantes) y conceptos asociados a la utilización del vehículo, como depreciación, interés del capital y sueldo de operadores.

En este estudio se utilizan los resultados del modelo COV una vez introducidos las características de la carretera, del tránsito y del parque vehicular como se describe en el siguiente capítulo.

CAPITULO IV
DETERMINACION OPTIMA

Para optimizar las cuotas de las carreteras concesionadas, es necesario establecer claramente el criterio respecto al cual estuvo basado la determinación de su monto, para así identificar la variable de optimización y el procedimiento mismo de optimización; pues resulta lógico que los diferentes actores que intervienen tengan perspectivas contradictorias respecto a la cuota óptima. Por ejemplo, para una carretera específica, suele suceder que la cuota óptima para los usuarios sea francamente diferente a la del concesionario o a la de la sociedad.

Criterios para asignar cuotas

A nivel internacional, se han establecido cuotas de las carreteras con los siguientes criterios (ref. 9):

- . Que se paguen los costos totales de la carretera en el plazo previsto, al término del cual podrá o no seguirse cobrando la cuota.
- . Que se paguen los gastos corrientes de la carretera, como operación, conservación y utilidades al operador.
- . Que se pague un equivalente al ahorro en el costo asociado al congestionamiento que se evitó con la nueva carretera.
- . Que se pague la cuota que establezcan las condiciones del mercado, esto es: las que determinen el libre juego de la oferta y la demanda.

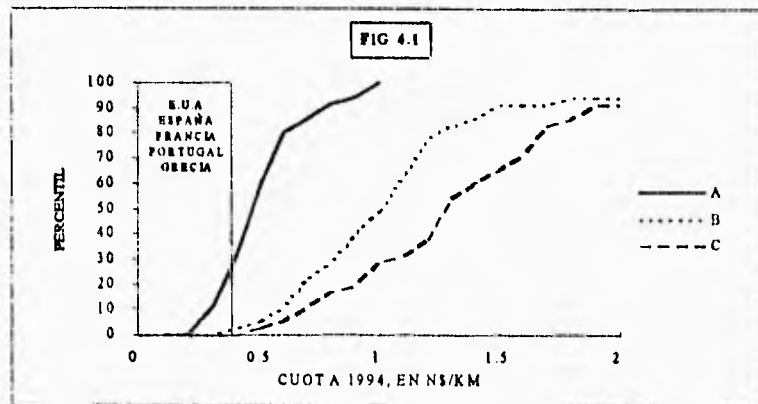
En México, para las carreteras concesionadas se ha optado por utilizar el primero de los criterios mencionados: la cuota debe ser la suficiente para que los usuarios paguen el total de la carretera. Por lo tanto la cuota se ha determinado de manera que los flujos totales netos de ingresos y egresos resulten equilibrados durante el plazo de concesión.

Las llamadas corridas financieras tienen por objeto simular el flujo de recursos a partir de hipótesis iniciales formuladas por el analista; por lo que constituye una excelente herramienta para determinar la cuota, siempre que las hipótesis sean razonables y realistas. No obstante, alguna hipótesis de independencia no suelen cumplirse. La primera de ellas es que los egresos son independientes de los ingresos; que no resulta cierta porque la demanda va a depender del nivel de los atributos de servicio y estos a su vez de la calidad del proyecto, que está muy ligada al costo constructivo. La asignación a priori de la calidad del proyecto con las Especificaciones Generales de Proyecto Geométrico, ha resuelto gran parte de esta dificultad en la práctica; pero aún queda por resolver la dependencia entre las variables que determinan los ingresos: como es la cuota y la demanda.

Parte de esta dificultad se ha resuelto considerando que la demanda que tendrá la carretera concesionada está acotada por la demanda potencial, ligada más a factores económicos externos, que a la calidad de servicio de la carretera en sí. Entonces, es razonable la hipótesis de que la demanda y la calidad de servicio son independientes y tiene sentido hacer

tantas corridas financieras como se requiera de manera de asegurarse que la cuota que se establezca cubra las incertidumbres de la demanda.

Las cuotas establecidas en México, determinadas con el criterio de cobrar al usuario la totalidad del costo de la carretera, han resultado muy por arriba de las establecidas en otros países y dado que dependen del costo constructivo, que por la orografía y tipo de carretera tiene gran variación, tendrán también grandes variaciones. Esto se ilustra en la fig. 4.1 (ref. 7 y 9), en donde se aprecia que menos de la quinta parte de las carreteras nacionales tienen cuotas comparables a las internacionales; el resto tienen cuotas bastantes más altas.



Independientemente del nivel de las cuotas y en congruencia con la hipótesis de independencia entre cuota y demanda, en México se ha supuesto que, una vez determinada, la cuota se aplicará a lo largo de todo el plazo y solo se modificará con autorización de la SCT para cubrir eventos no previstos, tales como variaciones en tasas de interés, inflación y otros factores financieros, pero no por factores asociados a la demanda. Las consecuencias están a la vista, como no se han cumplido las previsiones de demanda se han alargado los plazos de concesión, a veces hasta llegar cerca del máximo legal de 30 años. Hasta donde tenemos noticia no se han intentado procedimientos que traten de optimar las cuotas desde el punto de vista de los ingresos, que no necesariamente implica el incremento de las cuotas.

Criterio de optimización

La cuota óptima para la sociedad es la que propicia una demanda tal que minimiza el consumo de recursos de tipo económico, político o social. Normalmente ese análisis es obligado para tomar la decisión de construir o no la carretera. Por lo tanto, una vez tomada la decisión solo resta considerar los criterios de optimización desde los puntos de vista de los usuarios y los operadores o concesionarios. Al respecto, a los usuarios les interesaría una cuota mínima y a los operadores aquella que maximizara sus ingresos, que principalmente están constituidos por el producto de las cuotas por el volumen de la demanda.

Como los intereses de usuarios y operadores son contradictorios, habrá que establecer un compromiso entre ambos. En un extremo, la cuota óptima para el usuario sería la nula porque no le significa desembolsos para beneficiarse de una buena carretera. Para el concesionario tal cuota no es óptima porque, si bien genera la mayor demanda, sus ingresos son nulos. En el otro extremo, si la cuota fuera excesivamente alta la demanda se anula porque los usuarios no pueden o no quieren pagar esa cuota, así los ingresos vuelven a ser nulos. Entonces, se intuye la existencia de una cuota intermedia que genere la demanda suficiente para maximizar los ingresos del operador. Sin embargo, es posible que tales ingresos no alcancen a cubrir todo el costo de la carretera, en cuyo caso debe haber una ampliación del plazo de concesión, un subsidio por parte del Gobierno o acciones que estimulen las variables que generan incrementos de la demanda. Excepto por la manipulación de las cuotas, la justificación de las demás acciones podrán o no ser razonables desde una óptica nacional, pero eso vá más allá del alcance de este trabajo.

Este trabajo pretende analizar la conveniencia de maximizar los ingresos en la carretera, es decir la demanda, a través de la manipulación de las cuotas. Este análisis requiere determinar la relación entre la demanda y las variables de servicio, entre las cuales está la cuota, para entonces predecir la variación de la demanda al variar la cuota. Una posibilidad es el uso de relaciones empíricas establecidas en muy diversos ambientes, pero que han dado resultados más o menos razonables. Por ejemplo, una relación que pretende determinar la fracción de la demanda potencial en la nueva carretera, $p[A]$, está dada por:

$$p[A] = \frac{1}{1 + \left(\frac{C_L}{C_C}\right)^{10}}$$

en donde C_L y C_C son los costos de operación en la carreteras antigua y la nueva. Si se cuantificara aceptablemente en términos monetarios el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad y la conveniencia, entonces podrían emplearse esta expresión en particular, siempre y cuando el parámetro representado por el exponente se ajustara a las preferencias de los usuarios de las diferentes clases de vehículos. Por otro lado, este tipo de expresiones deterministas no consideran la variabilidad asociada con el fenómeno.

Por las razones anteriores, se descartaron este tipo de expresiones empíricas y se decidió usar un modelo en el que pudieran determinarse variables y parámetros con base en datos

específicos de la carretera y usuarios. Por la facilidad de usar información desagregada para calibración se decidió utilizar el modelo Binomial Logit descrito en el capítulo anterior.

La metodología de optimización, relativamente simple que propone este trabajo, para cada clase de vehículos consiste en lo siguiente:

- . Determinar las condiciones de ambas carreteras: libre y concesionada
- . Calibrar el modelo de demanda para esas condiciones.
- . Calcular la demanda para las condiciones medias y un rango amplio de cuotas.
- . Identificar el incremento máximo del ingreso o la demanda al modificar la cuota.

Aplicación

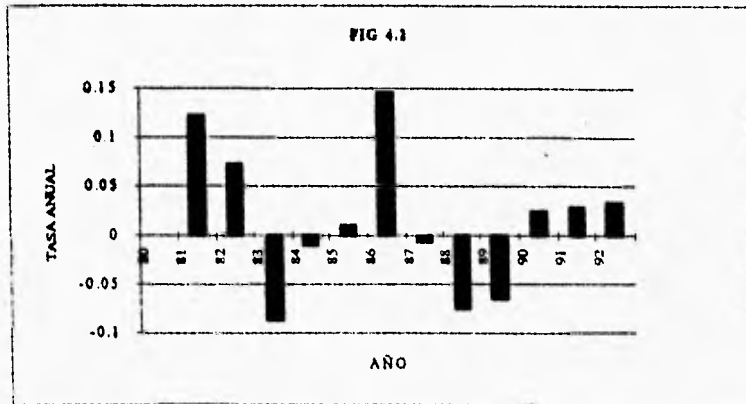
La metodología descrita se ilustra con la aplicación a los tramos carreteros entre Tierra Colorada y Acapulco, uno en la carretera libre y el otro en la Autopista del Sol, que corresponde a una carretera concesionada a Grupo Mexicano de Desarrollo y que fue construida por esa empresa, GMD, junto con ICA y TRIBASA y financiada por BANCA SERFIN. La estructura financiera comprende un 30% de capital, un 40% de crédito y el resto por participación gubernamental, de la cual el 25% corresponde al gobierno federal. El título de concesión se otorgó el 28 de julio de 1989 y se empezó a operar el 31 de octubre de 1991. El plazo de concesión otorgado fue de 14.7 años. Aunque el volumen de tránsito en junio de 1994, correspondió a 4870 vpd, superior a los 4070 previstos en el título de concesión, el costo constructivo se elevó a más del doble, pues los costos de 3,318 MNS originalmente previstos, ascendían hasta junio de 1994 a 7,398 MNS (ref. 7).

A continuación se establecen las características medias de las carreteras entre Tierra Colorada y Acapulco que se usaron en esta aplicación, en los términos especificados para el modelo COV. En lo general se aceptaron los coeficientes de variación propuestas por dicho modelo excepto por las características geométricas en donde se consideró un valor menor (20%) por haber sido medidas directamente de los planos, para la autopista, o estimadas de entrevistas a funcionarios de la SCT, para la carretera libre.

GEOMETRIA	CARRETERA	
	Libre	Cuota
Altitud sobre el nivel del mar	300	300
Curvatura o deflexión	138°	41°
Pendiente ascendente/descendente	2%	1.2%
Proporción de ascenso	50%	50%
Rugosidad (IRI)	5.0	2.6
Ancho de carril	3.25	3.50
Número de carriles	2	4

Las características del tránsito se estimaron a partir de los estudios de tránsito disponibles (refs. 21 a 23). Dado que los datos de los estudios disponibles se efectuaron en fechas diferentes, se requirió utilizar una tasa anual de incremento del tránsito que de acuerdo a la

variación media del TDPA en los últimos años (fig. 4.2) fue de 3 por ciento, un punto por abajo de la tasa considerada por el título de concesión.



Por lo tanto, las características del tránsito que se usaron en los modelos fueron las que se muestran a continuación. Es importante observar que la magnitud de los volúmenes de tránsito no son lo suficientemente altos como para justificar la consideración de congestión en un número significativo de horas en el año.

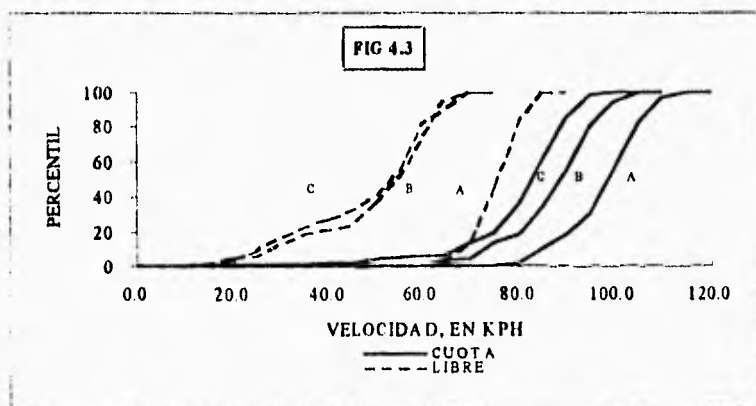
TRANSITO	CARRETERA Libre / Cuota
Tránsito Diario Medio Anual:	3018 / 3412 (53%)
Automóviles:	2021 / 2866 (59%)
Buses:	158 / 485 (75%)
Camiones:	839 / 61 (7%)
 Composición Automóviles:	0.68 / 0.84
Chicos	0.500
Medianos	0.400
Grandes	0.100
 Composición Buses:	0.05 / 0.14
Dos ejes	0.900
Tres ejes	0.100
 Composición camiones:	0.27 / 0.02
Chicos	0.852
Medianos	0.065
Grandes	0.045
Articulados	0.038

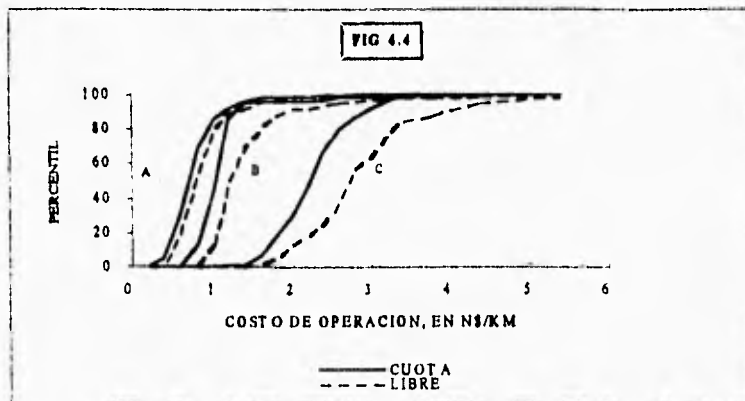
El modelo de costos operativos vehiculares COV también demanda los precios de diferentes tipos de insumos. Los precios medios considerados en este trabajo se determinaron a partir de los precios de mercado que, a diferencia de los usados en análisis económicos, pudieran ser más adecuados en análisis financieros. De cualquier forma, se consideraron los coeficientes de variación sugeridos por el modelo COV.

Precio de los automóviles, en miles de NS	40 000, 60 000, 80 000
Precio de los autobuses, en miles de NS	450 000
Precio de los camiones, en miles de NS	80 000, 130 000, 170 000, 400 000
Precio de llantas automóviles, " "	180, 270, 330
Precio de llantas autobuses, " "	1 500
Precio de llantas camiones, " "	500, 750, 900, 1 500
Precio del litro de gasolina, en NS	1.34
Precio del litro de diesel, en NS	0.87
Precio del litro del aceite, en NS	10.50
Sueldo horario de operadores, en NS	25
Sueldo horario de mecánicos, en NS	20

Los precios de los insumos considerados en este estudio pudieran no ser representativos del entorno económico general; sin embargo ello no invalida las conclusiones de tipo general ni la metodología planteada.

Utilizando la información anterior en el modelo COV, pudieron determinarse las velocidades y costos de operación de cada una de las categorías de vehículos consideradas (A B C), tanto para la carretera libre como para la de cuota. Las figs. 4.3 y 4.4 muestran las distribuciones respectivas.





Las distribuciones ilustradas en las figuras anteriores son representativas del comportamiento de cada clase de vehículos en las carreteras y se obtuvieron simulando las condiciones del tránsito y de la carretera estudiadas. Si además se considera que cada uno de los conductores de esos vehículos puede elegir libremente entre una y otra vía, se podrá representar aceptablemente el fenómeno. Por lo tanto a cada uno de los vehículos se le asignó aleatoriamente un valor de k de tal manera que se reprodujera el porcentaje real de captación de la autopista. Entonces, para cada vehículo se tendrá costo y velocidad como si circulara por la carretera libre y por la carretera de cuota, así como la decisión (valor de k) asignada aleatoriamente. Por lo tanto se tendrán todos los elementos para calibrar el modelo logit como se indicó en el capítulo anterior.

Como ya se estableció, la calibración del modelo consiste en determinar los valores de los parámetros $\{\theta_i, i = 0, 3\}$ de la función de utilidad en cada clase de vehículos. El procedimiento que se utilizó fue el de hacer variar cada uno de los parámetros hasta cumplir con las condiciones marcadas por el principio de máxima verosimilitud. Se empezó por hacer variar θ_0 hasta que obtener tal condición; luego se sigue con el siguiente parámetro y así sucesivamente. Al terminar con el último de los parámetros se regresa de nuevo al primero y se repite el proceso hasta converger a la máxima verosimilitud posible. Esta técnica de iteración, si bien rudimentaria, fue factible de implantar con las herramientas de cómputo disponibles, tanto de hardware (PC), como de software (hoja de cálculo).

Como se estableció en el capítulo anterior, la función de utilidad usada para la alternativa m fue:

$$U_m = \theta_0 + \theta_{1m} \cdot t_m + \theta_{2m} \cdot c_m + \theta_3 \cdot p_m$$

en donde las variables de servicio: t , c y p corresponden a: tiempo de recorrido, costo de operación y cuota pagada por el usuario. Se determinó, con 95% de confianza, que los parámetros θ_{1m} y θ_{2m} eran independientes de la alternativa m , es decir que los usuarios de

ambas carreteras tenían percepciones similares del tiempo y costo en cada una de ellas. Los parámetros que resultaron del proceso de calibración, utilizando las diferencias entre las utilidades de la carretera de cuota y libre, que resultan en diferencias de tiempo de recorrido, en horas por kilómetro, en costos de operación, en NS por kilómetro y en cuota, también en NS por kilómetro, fueron:

	Autos	Buses	Camiones
θ_0	6.92	14.17	21.32
θ_1	68	34	-12
θ_2	0.108	0.0470	-0.405
θ_3	-5.345	-5.288	-5.643

Si bien el índice de bondad de ajuste del modelo, ρ^2 , no fue inferior a 0.78 en ninguno de los vehículos, se observa que los signos de algunos de los parámetros no coinciden con lo esperado ya que, excepto por θ_0 , los demás debieran ser negativos, puesto que los atributos son negativamente valorados, esto es, que entre menor sea la magnitud del atributo, mayor la utilidad. Estos resultados podrían indicar que la percepción de los usuarios no es muy clara respecto a los atributos de servicio correspondientes a tiempos de recorrido y a costos de operación. La aplicación de la prueba estadística correspondiente a un nivel de confianza del 95 por ciento confirmó esta suposición.

Por otra parte, como el interés principal de este trabajo se refiere a la determinación de los efectos de variar las cuotas, puede suponerse que los otros atributos toman el valor que les imponen las características geométricas y de tránsito de las carreteras. Por lo tanto, debería usarse un modelo en el que no aparecieran los tiempos de recorrido ni los costos de operación. Una manera de llegar a este modelo es sustituyendo en el modelo anterior los valores medios de tiempo de recorrido y costo de operación, obteniendo una θ_{012} en vez de una θ_0 . Otra manera es recalibrar el modelo considerando agrupados del primero al tercer parámetro y dejando independiente al cuarto. Los resultados obtenidos con ambas técnicas fueron sensiblemente los mismos:

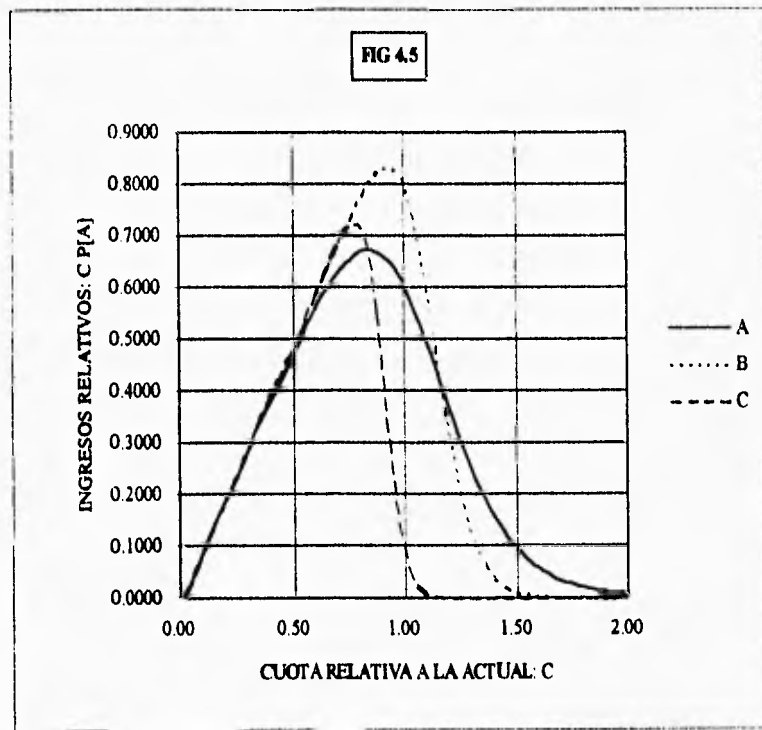
	Autos	Buses	Camiones
θ_{012}	6.72	13.71	21.61
θ_3	-5.340	-5.288	-5.643

Los pseudo índices de bondad de ajuste, ρ^2 , para estos modelos simplificados fueron también razonables, pues para ninguno de los vehículos considerados fue inferior a 0.75. Por lo tanto, la probabilidad de que los usuarios seleccionen la autopista, $p[A]$, está dada por:

$$P[A] = \frac{1}{1 + e^{-t(\rho)}}$$

$$g(p) = \theta_{012} + \theta_3 \cdot p_A$$

En la fig. 4.5 se muestran las variaciones de los ingreso relativos totales para las tres categorías de vehículos, dados por el producto de la cuota relativa por la captación en la autopista, cuando se hace variar la cuota relativa entre cero y una cuota equivalente al doble de la que se cobra actualmente. Una característica interesante de estas variaciones es que definen dos zonas. En la primera, un incremento en las cuotas resulta en un incremento en los ingresos totales; pero en la otra zona, el incremento en las cuotas resulta en un decremento en los ingresos totales. Las dos zonas están divididas por la cuota óptima que maximiza los ingresos para el concesionario. Lo interesante de los resultados es que tal cuota óptima es menor que la actual; o sea que pueden bajarse las cuotas y se incrementan los ingresos.



Podrá notarse que la cuota unitaria corresponde a la cuota actual, por lo que los ingresos relativos totales son equivalentes a la captación actual de la autopista; pero lo que puede resultar atractivo de este análisis es que bajando las cuotas de los automóviles en 18 por ciento se logra un incremento en los ingresos actuales de 8 por ciento. Para los autobuses bajando las cuotas un 10 por ciento se logra incrementar los ingresos en 10 por ciento. Finalmente, bajando la cuota de los camiones en 29 por ciento, se logran incrementos en los ingresos totales del 65 por ciento.

Debe recalarse que los resultados anteriores serán correctos, en tanto sean correctas las percepciones de los usuarios. En este momento tales percepciones parecen ajustarse a la realidad, no obstante, las percepciones tienden a cambiar con el tiempo, por lo que es posible que en algunos años ya no sean las mismas. Por lo tanto, deberían repetirse los análisis periódicamente, para ver si las cuotas son todavía las adecuadas.

En el modelo simplificado, puede encontrarse la cuota para la cual habría indiferencia en el uso de la carretera de cuota y la autopista. Esta cuota de indiferencia esta representada para la condición de $g(p)=0$, o sea por el cociente del parámetro θ_{012} entre θ_1 . Por lo tanto las cuotas de indiferencia para automóviles, autobuses y camiones serán de 1.26 , 2.59 y 3.84 NS por kilómetro. Resulta lógico que las dos primeras sean mayores que las actuales en vista que la captación es superior al 50 por ciento. En cambio para los camiones, el fenómeno es inverso.

CONCLUSIONES

Es posible calibrar un modelo binomial logit en una carretera concesionada a partir de la observación del volumen captado y de los resultados de velocidades y costos de un modelo previamente desarrollado (COV). Es posible calibrar ese modelo con mayor o menor número de variables, siempre que puedan medirse tanto en la carretera libre como en la de cuota. Lo que es más importante, las características desagregadas de esta clase de modelos los hacen fácilmente calibrables con técnicas de máxima verosimilitud.

El modelo logit, así calibrado, es útil para optimar la cuota con un criterio de maximización de los ingresos obtenidos por el concesionario. Se demuestra que aún así, es factible que disminuya el monto de la cuota para el usuario. Sin embargo, es del todo posible que aún con esas cuotas óptimas, los ingresos no alcancen para cubrir los costos de la carretera, aún considerando los plazos de concesión máximos legales de 30 años. En tal caso deberían buscarse mecanismos alternos de financiamiento, sobre todo en carreteras ya construidas o las que tienen altos índices de rentabilidad.

De acuerdo a los resultados específicos obtenidos en el tramo de carretera estudiado, parece posible, desde el punto de vista de la optimización del monto de las cuotas, usar funciones de utilidad con solamente dos parámetros: el que representa la percepción de los usuarios respecto a las cuotas y otro que aglutine globalmente las ventajas de la carretera concesionada respecto a la libre considerando todos los atributos deseables, tales como: comodidad, seguridad y conveniencia, incluidos costos de operación y tiempos de recorrido.

Lo anterior no indica que no sea importante determinar la percepción de los usuarios respecto a costos y tiempos, solo que para estimar con más precisión esas percepciones se deberán incluir en el estudio a varias carreteras. Los resultados de un estudio semejante podrían utilizarse para optimar, por ejemplo, las características geométricas.

En la carretera estudiada se encontró que con una reducción en las cuotas cobradas a todos los tipos de vehículo se logra un incremento en los ingresos totales.

Por otra parte, las cuotas de indiferencia, que pueden interpretarse como el valor monetario de las ventajas ofrecidas por la carretera de cuota o concesionada sobre la carretera libre, son mayores que la cuota real cobrada para los vehículos de pasajeros, pero menor para los vehículos de carga. Esto indica que los conductores de los vehículos de carga no valoran las ventajas de circular por la carretera concesionada, o al menos lo valoran menos que la cuota que se les pretende cobrar y, en consecuencia, prefieren usar la carretera libre.

Los vehículos de carga que inicialmente se consideraron para calibrar el modelo fueron, por un lado camiones y por el otro camiones articulados. Sin embargo, como estos últimos casi no circulan en el tramo estudiado, en la distribución de costos y velocidades se consideraron básicamente camiones unitarios y unos cuantos articulados y se utilizó una cuota compuesta. Es posible que parte de las distorsiones observadas en las curvas de indiferencia se deban a esta circunstancia.

Además de la demanda, un aspecto importante para que las previsiones financieras se cumplan es que los costos constructivos no resulten tan dispares como en algunas de las carreteras importantes. Es entonces indispensable que tanto el diseño geométrico como el estructural se apoyen en estudios geotécnicos, geológicos, hidrológicos y topográficos confiables. La experiencia ha indicado que no se pueden extrapolar los resultados de estudios de menor alcance.

Finalmente, se hace notar que la pretensión de este trabajo ha sido el de plantear una metodología de análisis a través del uso de modelos, en este caso el binomial logit, más que resolver un caso específico que, en todo caso, se utilizó para mostrar la factibilidad del análisis.

REFERENCIAS

ESTA ESTO NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

1. **Plan Nacional de Desarrollo (1989 - 1994)**, *Secretaría de Programación y Presupuesto*, Mayo 31 de 1989, México 1989
2. Programa Nacional de Autopista; Resumen. *SCT, Subsecretaría de Infraestructura*, 19 Julio de 1994
3. Villegas C, **Tarifas rentables, requisitos para proyectos carreteros concesionados**, *El Financiero* ; Negocios, Noviembre 1994, pág. 10, México (1994)
4. Corro S, **Las autopistas privadas: costaron más de lo calculado, cobran tarifas excesivas, no tienen usuarios**, *Proceso No 921*, Junio 27 de 1994, pags. 18 - 21, México (1994)
5. Hernández J, **Por los suelos la rentabilidad de las autopistas**, *El Financiero*; Negocios, Enero 19 de 1994, pág. 10, México (1994)
6. **Las Carreteras Concesionadas en México**, *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*. México (1994).
7. **Síntesis informativa de autopistas concesionadas**, *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, Agosto 11 de 1994, México (1994)
8. Etcharren R, **Construcción de las obras de cuota**; Ciclo de conferencias: *Obras de Cuota*, *Secretaría de Obras Públicas*, México (1962)
9. Harrop P, **Charging for Road Use Worldwide, an appraisal of road pricing, tolls and parking**, a *Financial Times Management Report*. Londres (1993)
10. **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**, Ed. Ediciones Jurídicas, México (1994)
11. **Ley General de los Bienes Nacionales**, Ed. Porrúa, 29ª edición, México (1993)

12. **Ley de Vías Generales de Comunicación**, Dirección General de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México (1993)
13. **Ley Orgánica de la Administración Pública Federal**, Ed. PAC, S.A de C.V, México (1993)
14. **Reglamento Interno de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, Dirección General de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México (1993)
15. **Kresge D T, Roberts P O, Techniques of Transport Planning**, John R. Meyer, Editor, Volume 2: Systems Analysis and Simulation Models, The Brookings Institution, *Transport Research Program*, Washington, D.C. (1971)
16. **Papacostas C S, Prevedoros P D, Transportation Engineering and Planning** (second edition), *University of Hawaii at Manoa Honolulu*, Hawaii (1993)
17. **Manheim M L, Fundamentals of Transportation Systems Analysis**, MIT press, Massachusetts (1979)
18. **Moreno Bonett y Asociados, Modelo para pronóstico y asignación de tránsito en las autopistas de cuota; informe final**, Diciembre de 1992, México (1992)
19. **Harrison C A, Vehicle Operating Costs: Evidence from Developing Countries**, *The World Bank - The Johns Hopkins University Press*, The Highway Design and maintenance Standards Series, Baltimore (1987)
20. **Magallanes R, Costos de Operación Carreteros**, *Instituto de Ingeniería UNAM*, informe de proyecto 0516, México (1990)
21. **Datos Viales: (volúmenes correspondientes a 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992)**, *Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones, Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, México (1993)
22. **Estudios Origen y Destino: 1985 - 1986, Estación Don Pinito**, *Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones, Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, México (1989)
23. **Autopista Cuernavaca - Acapulco, Informe de aforos al 30 de Julio de 1994**, *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, México (1994)
24. **Ortúzar J de D, Willumsen L G, Modelling Transport (second editton)**, Ed. Wiley, Great Britain (1994)