



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

**CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE
INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE
CARRETERAS Y PUENTES.**

Del 16 al 17 de Junio del 2000.

APUNTES GENERALES

Ing. Antonio Silva Tonché

Palacio de Minería

Junio/2000

SISTEMAS DE TRANSPORTE

GENERALIDADES

TRANSPORTE.-

Los transportes pueden definirse etimológicamente en: Trans: a través de y Porte: llevar o cambiar de lugar. En general podemos definir al transporte como el cambio de lugar de personas, cosas e inclusive las manifestaciones de las ideas.

El transporte de personas o mercancías puede realizarse por:

- Tierra
- Agua
- Aire

En el primer caso, empleando vehículos que transiten vías terrestres tales como ferrocarriles, carreteras, o bien oleoductos, redes alámbricas, etc. Por donde, en forma impulsada, transiten directamente las mercancías.

En el segundo caso, empleando vehículos flotantes tales como, barcos, lanchas, canoas, etc. Que transiten por ríos, canales, lagos, lagunas y mares.

En el tercer caso: empleando vehículos mas pesados que el aire tales como los aeroplanos, helicópteros y menos pesados que el aire tales como globos y dirigibles, que transitan a través de la atmósfera.

Como se apuntó en la definición de transporte, es muy importante considerar en este la manifestación material del pensamiento, contando para esto con el teléfono, telégrafo, correo, etc.

Importancia del Transporte.-

El transporte es un servicio básico para el desarrollo socio-económico de la humanidad, a continuación veremos la importancia económica y social del transporte.

a) Importancia económica:

La economía se divide, en general, en cuatro Ramos que son: Producción, Distribución, Circulación y Consumo.

Consideramos como producción, a una adquisición o incremento de utilidad y en la inmensa mayoría de los casos, el transporte implica un aumento de utilidad pues a mayor transporte, mayor producción. La producción de bienes y servicios sería imposible sin el transporte.

La distribución, es la remuneración de los factores en la producción, que son: naturaleza o tierra, trabajo, organización y Estado. La concurrencia de esos factores es lo que forma la utilidad. Por ejemplo, hablemos de una fábrica: el terreno en que está construida es la tierra; los trabajadores forman el factor trabajo; los que invierten el dinero son los que forman el factor capital; el Gerente o un Directivo forma el factor organización y, por último, el factor Estado entra en la forma de Impuestos, Seguro Social, etc.

Con un ejemplo sencillo veremos la importancia del transporte en relación a la distribución. El valor de la tierra, en determinada zona aumenta con la construcción de una obra vial; un camino, un ferrocarril, un aeropuerto, etc. Cercano a esa zona. La remuneración o salario que es el emolumento que percibe un trabajador será mayor si cerca de donde vive se construye una obra vial, puesto que recibirá inmediatamente los beneficios en forma de sueldo o incremento del mismo, podemos considerar que en aquellas zonas en donde no hay caminos los salarios que se pagan son los mínimos pero inmediatamente que empieza la construcción de una obra vial en esa zona, viene un incremento en el importe de los salarios por aumento de oportunidades de trabajo y la consecuencia final es que al terminarse la obra, los habitantes de esa zona mejoran su condición de vida, ya que fácilmente pueden desplazarse tanto ellos como los productos que de la tierra obtienen y, posteriormente, viene en la zona la industrialización de los mismos productos.

Por circulación, entendemos el cambio de los bienes y servicios. En la mayoría de los casos el cambio de bienes y servicios de sus poseedores implica un cambio de lugar o sea un transporte.

Por consumo, entendemos el aprovechamiento de los bienes para satisfacer las necesidades: el transporte permite obtener mayor y mejor calidad de los bienes y servicios a precios más bajos.

Como conclusión de lo explicado anteriormente, es fácil darse cuenta de la gran importancia que tiene el transporte desde el punto de vista económico.

b) Importancia social:

Sabemos muy bien que al conectarse distintas poblaciones por medio

De una obra vial, ya sea un camino; ferrocarril, etc., se establece inmediatamente un intercambio material y espiritual de cualquier orden entre esas poblaciones.

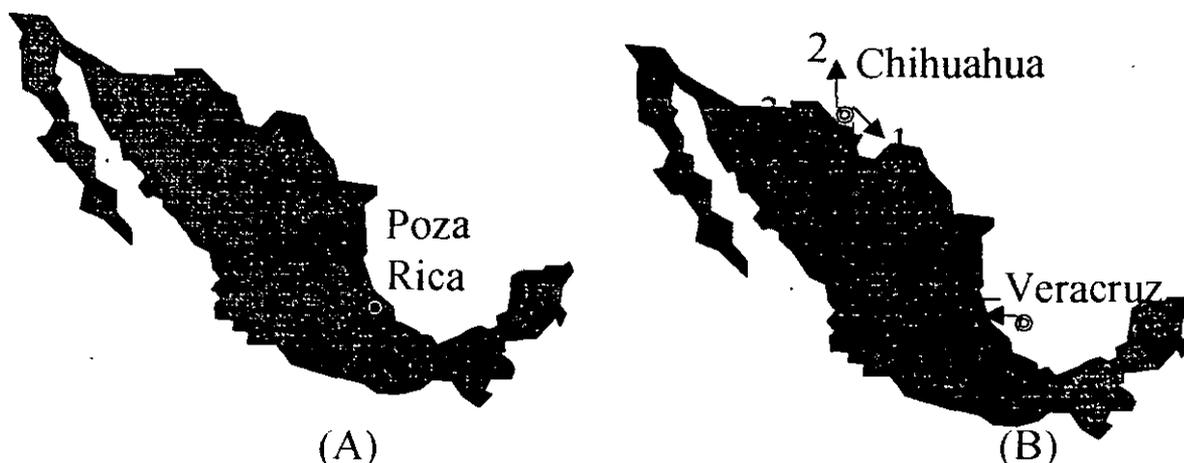
Una obra vial que facilita transportar lo material, también facilita lo espiritual propiciando y adecuando las relaciones humanas. En general, el transporte tiende a uniformizar el pensamiento, el idioma, el modo de vivir y así vemos que los países mejor comunicados como Francia, Alemania, E.U., son los de nivel de vida más alto y uniforme.

La cantidad de tránsito de un país es un índice que muestra en parte su desarrollo, así tenemos que los índices más altos se encuentran en los países Europeos y en el caso de América lo encontramos en los Estados Unidos.

En nuestro País el crecimiento anual de la población es del 2% al 3%. Supongamos que actualmente México tiene una población de 100 millones de habitantes y con un tránsito de 4 Ton/hab/año, se obtendrían 400 millones de Ton/año que se movilizan en autotransportes y ferrocarriles (no se toma en cuenta el acarreo o transporte de carga en el interior de las ciudades ni el foráneo que se realiza en vehículos particulares) por lo que un aumento del 5% representaría 20 millones de toneladas por año que realmente crearía serios problemas de tránsito exigiendo mejores ferrocarriles y caminos más eficientes y de mejores especificaciones. Considerando la distancia media de acarreo de 200 Kms., la cantidad de Ton-Km anualmente sería de 400×200 , lo que daría 80,000 millones de Ton-Km que, como se ve, es una cantidad de gran importancia.

En un foco de tránsito hay tanto un movimiento exportador cuanto un movimiento importador. Llamamos a dichos movimientos Origen y Destino, respectivamente. El tránsito se compone principalmente de productos agrícolas, ganaderos, forestales, mineros y manufacturados.

Como ilustración a los términos Origen y destino, en el siguiente diagrama de la República Mexicana, analizaremos tanto la producción petrolera, cuyo foco de tránsito (origen) se localiza en Poza Rica, Ver. (figura A) y la producción ganadera (figura B),



Que tiene focos de tránsito (origen) en Sonora, Chihuahua y Veracruz. Los destinos de dicho tránsito son los consumidores de esos productos.

Como se ve en el diagrama B, el ganado de Chihuahua no se envía en su totalidad a México debido a que el costo de transporte aumenta mucho el costo de un kilogramo de carne, con lo cual el mercado de Chihuahua no puede competir con el mercado de Veracruz.

La ecuación de costo es :

$$C = c + d + u \quad \text{para Chihuahua, y}$$

$$C' = c' + d' + u' \quad \text{para Veracruz, por lo}$$

que

u' mayor que u

C = Costo total

c = Costo inicial

d = Costo transporte

u = Utilidad

Así, si el ganadero jarocho rebaja su utilidad puede con ello llegar a forzar al de Chihuahua haciendo que su utilidad sea nula y con lo cual resulta improductivo para éste, obligandolo a exportar el ganado casi en su totalidad al extranjero.

Producción Primaria.-

Los economistas han llamado producción primaria a aquellos productos que no son destino final o producto final, así por ejemplo el trigo tiene que sufrir cambios (molerse, cocerse, hacerse harina y llegar a cambiar su forma para el producto final) que son los alimentos a base de trigo y transportes utilizados para llegar a su destino final que es el consumidor de alimentos, de donde podemos definir:

Materia Prima + Insumo + Valor agregado = Producto Final.

Insumo es la serie de procesos para el mezclado o unión de las materias primas que constituirán el producto final.

Valor agregado es el costo de la mano de obra y costo de los procesos de manufactura del producto final.

Como tanto el insumo como el valor agregado son factores que reportan grandes beneficios a la economía nacional, es preocupación de todo el país el procurar que dichos factores se hagan en el propio País y no exportando el material sin tratarlo, es decir como materia prima.

Así, México que como país sub-desarrollado todavía en ciertos aspectos, no realiza la manufactura de sus productos finales, tiene una seria preocupación por realizar dichos aspectos.

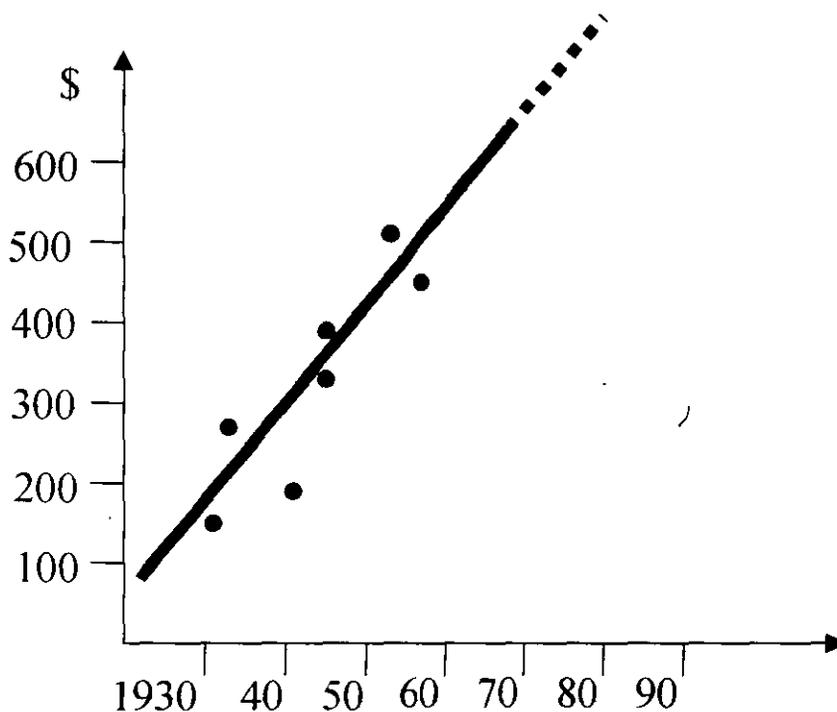
El conjunto de los tres factores antes dichos deben realizarse por entero en el País con técnicos y materiales nuestros; el valor agregado resulta el más importante debido a que proporciona trabajo para muchos profesionales y técnicos y rinden los más altos dividendos a la Nación.

Para que la economía de un país, región o territorio progrese y estimule el crecimiento de dicha entidad, es necesario cumpla o posea su economía en los siguientes términos:

Producto de Ingreso = Consumo + Ahorro Inversión + Exportación-Importación.

El conjunto de los montos de Exportación menos Importación se llama Balanza de Pagos, la cual debe ser positiva, es decir la Exportación debe ser mayor que la importación para establecer una economía favorable al país en cuestión.

Para poder establecer la importancia, tipo y calidad de una vía de comunicación hay que ejecutar un estudio sobre la tendencia histórica de los ingresos per cápita por medio de una gráfica, en las ordenadas \$ per cápita y en las abscisas años; extrapolando al término de la duración del camino por construirse (puede suponerse de 20 años) (Fig. C)



(C)

La tendencia histórica per cápita nos marca el aumento racional, de las vías de comunicación ya sea carreteras, ferrocarril, etc., así como el criterio para el establecimiento de las mismas.

Sistemas de Transporte.

El transporte es una actividad que requiere, para llevarse a cabo, de la combinación de tres distintos elementos materiales, que funcionan superpuestos: el primero son las vías de comunicación que constituyen la infraestructura; el segundo son los vehículos que circulan por esas vías, y que constituyen la estructura, y el tercero son las personas y cosas que los vehículos llevan de un lugar a otro y que constituyen la superestructura.

Los sistemas de transporte son la conjunción o combinación armónica de los tres elementos materiales indicados: vías de comunicación, vehículos y personas o cosas transportadas, es decir; los sistemas de transporte están constituidos por una infraestructura, una estructura y una superestructura.

Con respecto a las vías de comunicación o sean la “Infraestructura para el transporte” se dice de estas que son la “Infraestructura de la infraestructura de la sociedad”.

Esto es fácil de comprender si observamos al concepto sociedad como constituido por tres altos niveles, ubicando en el superior o superestructura a la cultura espiritual compuesta por la concepción del orbe que tiene colectividad y por la leyes e instituciones creadas por ella misma para regir la vida social, familiar e individual, en el segundo nivel o estructura colocamos a la economía, entendida como el esfuerzo que la sociedad tiene que hacer para dominar a la naturaleza, con ayuda de la ciencia y la técnica a fin de producir los bienes y servicios indispensables para la satisfacción de sus necesidades; por último en el último nivel o infraestructura pondríamos a la población misma considerada desde el punto de vista demográfico, asentada en el territorio que utiliza para el transporte de un lugar a otro de las personas y las cosas.

Si el territorio no fuera empleado como vía de comunicación entre las localidades que integran una sociedad solo sería la infraestructura de la infraestructura de cada una de las localidades, aisladamente pero no de la sociedad en su conjunto. En cambio cuando las localidades que forman la sociedad usan el territorio para comunicarse entre sí, es este conjunto de conexiones la que constituye la base geográfica del organismo social, por eso se afirma que “la infraestructura para el transporte, es la infraestructura de la infraestructura de la sociedad”.

Los sistemas de transporte según su infraestructura o sean sus vías de comunicación, tierra, agua o aire se pueden dividir en:

Sistemas de vías terrestres
Sistemas de vías marítimas
Sistemas de vías aéreas.

En los sistemas de vías terrestres tenemos a los carreteros, ferroviarios, transporte urbano y sistemas varios como líneas eléctricas, teléfono, oleoductos, etc.

Los sistemas de vías marítimas los constituyen los sistemas portuarios.

Los sistemas de vías aéreas son los llamados sistemas aeroportuarios, aunque existen otros sistemas aéreos tales como la comunicación inalámbrica como el radio, la televisión, microondas, etc.

Los sistemas de transporte no pueden concebirse como sistemas independientes, pues están relacionados entre sí, por ejemplo, un sistema portuario requiere de sistemas de comunicación terrestre, pues para recibir y/o distribuir las personas o cosas a las que sirve,

Requiere de carreteras, ferrocarriles, etc., ya que el puerto en sí no es el destino final.

Para la ejecución de cualquier obra o conjunto de obras, en un sistema o sistemas de transporte, se requiere llevar a cabo amplios estudios que determinen el estado y demandas de servicio con el tiempo, características básicas y funcionamiento de las obras para satisfacer las demandas de servicios, evaluación de costos y beneficios, para así obtener la factibilidad de las mismas; todo esto significa una planeación del sistema o sistemas en estudio, para esto veremos a continuación que es planeación y como se procede.

Planeación.-

Se ha venido usando en lugar de la palabra planeamiento que a su vez procede de la palabra latina Planus que quiere decir Planes. Podemos decir que Planeación es la palabra que indica la acción de hacer planes..

En la actualidad la Planeación puede aplicarse a diversas actividades: humana, política, económica, educativa, de energía y de transportes. Llamaremos Planeación Integral a la que estudiando las diversas actividades mencionadas nos conduce a un aprovechamiento correcto en su medida de todos aquellos recursos naturales de que disponemos.

Es de suponerse que la primera gran Planeación Integral que debería estudiarse y llevarse a la práctica es la mundial, pero como es sabido, influyen tal cantidad de intereses humanos que por el momento tan solo hay estudios que la bosquejan y entre las grandes obras en esta planeación mundial se han previsto el Dique de Gibraltar que podría regar toda la zona del Mar Mediterráneo y el 50% del Desierto del Sahara, así como el Túnel Islas Británicas-

Francia, el puente Alaska-Asia, y otras muchas obras en las zonas árticas.

Todas las obras antes mencionadas acarrearían beneficios incalculables para todos los pueblos que actualmente habitan nuestro mundo y es de desearse se empiecen a realizar, ya que se cuenta con la energía suficiente para hacerlo.

Hay muchas Planeaciones Integrales de menor escala que si son más factibles de realizarse como son la Planeación Integral Nacional, la de una Región como la cuenca del Papaloapan, la del Noroeste etc.

En toda Planeación el espíritu que debe animar a los Profesionales que intervengan en ella ha de ser el de crear obras que sirvan no sólo a la generación actual, sino a las futuras para no legarles obra inútiles que solo sirvieron para resolver problemas inmediatos.

Para realizar una Planeación completa debe contarse con una serie lo más correcta posible de datos como: económicos, sociales, agrícolas, políticos, y de recursos naturales de la zona, datos que han de tener toda veracidad, y muchos de estos necesitan ser representados en forma objetiva, ya sea en forma de gráficas o en cartas topográficas. Los planos topográficos contienen todas las obras naturales así como las humanas de la zona, debiéndose representar éstas con los signos convencionales. Contando con estos planos y los datos socio-económicos podemos ya situarla en el lugar correcto que ocupa en la Planeación Integral Nacional, y enfocar una Planeación armónica y benéfica para la zona, consistente en la elaboración de una serie de proyectos que al realizarse produzcan bienestar social general.

Puertos, Aeropuertos, Caminos, Ferrocarriles, Escuelas, Presas, Canales y Agricultura deben coordinarse perfectamente para que elevando el nivel de vida permitan el florecimiento.

Planeación Vial.-

El primer paso que se sigue en el estudio de un Camino, Ferrocarril, etc., es la Planeación Vial, que es el proyecto de las comunicaciones que satisfaga las necesidades de una región.

La Planeación Vial indica cual es la red de comunicaciones necesarias a través del tiempo, que clase de vías de comunicación se necesitan, sus características, relación entre las diversas vías, cuando es necesario construirlas, en que etapas y por donde se debe empezar a construirlas.

Para llegar a los resultados anteriores se necesita efectuar estudios, que empezando por los datos geográficos, sociológicos y económicos y terminando con la interrelación de los mismos, nos lleva de una manera precisa a la formación de la Planeación Vial.

La Planeación Vial tiende a satisfacer una de las etapas del ciclo económico; la distribución, que en su parte Ingenieril llamamos transporte, el cual liga los centros de producción con los de consumo, es decir, centros de población entre sí. Es indudable que la misma requiere el conocimiento del Urbanismo y de la técnica Ingenieril propia, debidamente respaldados por conocimientos humanísticos generales.

El concepto de Planeación Vial que necesariamente es dinámico, ya que resuelve la demanda de vías de comunicación actual y prevé la futura, encaja lógicamente dentro del concepto de Planeación Integral.

De aquí se infiere que los encargados de una Planeación Vial deberán estar informados de todas aquellas planeaciones realizadas relativas a la zona o región en estudio.

De las diversas fuentes que es necesario consultar para una Planeación Vial, la primera: Mapas.- En la República Mexicana se pueden conseguir los de Navegación Aérea, los que son apropiados para trabajos de conjunto en amplias zonas. Para zonas reducidas o donde convenga detalle, como en el caso de los lugares densamente poblados o muy abruptos es recomendable utilizar los planos elaborados por la Secretaría de la Defensa Nacional.

Los datos que son convenientes de tener a mano, aparte de los mapas ya citados son:

a) Meteorológicos:

Temperatura.
Precipitación.
Humedad.
Vientos.
Días con sol.

b) Geológicos:

Descubrimientos de cuencas.
Zonas Mineras.
Zonas petroleras.
Zonas boscosas.

c) De Comunicación:

Ferrocarriles, caminos, canales y ríos navegables.

Puertos.

Aeropuertos.

Gasoductos.

Oleoductos.

Líneas de transmisión: eléctrica, telegráfica o telefónica.

Centrales eléctricas.

Datos Demográficos.-

Estos se obtiene de los Censos Nacionales y los que de inmediato nos interesan son:

Población total por Municipio, Distrito, Estado (hombres y mujeres).

Población económicamente activa.

Población urbana y rural.

Clasificación de poblaciones por el número de habitantes; mortalidad, enfermedades endémicas, alfabetismo, razas e ingresos de la población.

Datos Económicos.-

Los datos económicos generales se refieren a: agricultura, ganadería, forestales, minería, petróleo, pesca, industria y comercio.

a) Datos agrícolas.- Tierras de labor, ya sea de regadío temporal o susceptible de abrirse al cultivo, pastizales, etc. Valor total de la producción anual por Municipio; tonelaje total de la producción anual por Municipio; principales productos agrícolas en tonelaje anual por cada uno de ellos. Inversión media anual en aperos y útiles de labranza.

b) Datos ganaderos.- Se refieren a cabezas de ganado vacuno: para ordeña, para matanza; ganado porcino, caprino, bovino, lanar, caballar; aves de corral y producción de huevos, carne, etc.

Valor total de cada clase de ganado.

Valor total de las instalaciones.

c) Datos forestales.- Estos registran su producción en metros cúbicos o también por piezas; valores de la madera de construcción, de los durmientes, de la leña, para carbón, del desperdicio industrializable y resinas.

d) Industria minera.- Cantidad de minerales explotados por Municipios.

Valores totales de la producción y de las instalaciones.

e) Datos petroleros.- Pozos en explotación. Zonas con domos estudiados, zonas probablemente petroleras. Volúmenes de explotación, volúmenes de refinación de los diferentes productos, sus valores así como los de las instalaciones.

f) Industria pesquera.- Interesa conocer: producción anual de pescado y su valor, el número de naves pesqueras, el tonelaje total de las naves y la inversión anual en naves, avíos y tripulación.

g) Datos industriales.- Es necesario conocer: Valor anual de la producción y su tonelaje anual; kilowatts producidos en la plantas termoeléctricas e hidroeléctricas y valor de todas las industrias. El valor de las instalaciones nos puede dar idea del tiempo de la estabilidad de la industria.

h) Datos comerciales.- Se debe conocer: el monto anual en la recaudación de impuestos y monto anual de créditos bancarios que se otorgan y posibilidad de incremento de estos créditos.

Datos Complementarios.-

Aforos Viales.- Se refieren a tránsito en las vías existentes y composición del mismo, deducción del tránsito futuro, tonelaje por mover en ferrocarril, barco, avión, etc.

Estudiando todos y cada uno de los conceptos enumerados anteriormente se determina la conveniencia de construir o no la vía de comunicación, determinando también la clase, ya sea carretera, ferrocarril, u otro tipo de vía, así como sus características o especificaciones que debe tener.

CAPITULO I

CRITERIOS DE EVALUACION DE PROYECTOS

GENERALIDADES

En vista de que la inversión en cualquiera de los sectores económicos del país representa sacrificio de parte del consumo actual en aras de una esperanza de mayor consumo en el futuro, y puesto que en México, el consumo aún no alcanza niveles satisfactorios, se impone un cuidadoso análisis de las inversiones en la infraestructura, que deberá cubrir tanto el monto de la inversión como sus efectos.

Mucho se ha hablado sobre la imperiosa necesidad de planear el desarrollo de los países donde el nivel de bienestar material es bajo, si se compara con el nivel alcanzado ya en los países industrializados. Un gran número de naciones, que reúnen a más de la mitad de la población del globo, se han dado cuenta de que les es posible alcanzar, aunque con grandes sacrificios, un grado de desarrollo que les permita disfrutar de los últimos adelantos de la civilización, educación, servicios asistenciales, servicios municipales, etc., extendidos a todos los integrantes de una colectividad y no solamente a algunos de sus miembros. Este fenómeno se ha intensificado durante la segunda mitad del presente siglo, debido en gran parte, al inusitado desarrollo de los medios de comunicación.

Parecería simple lógica, el que estas naciones siguieran el camino ya recorrido por las más adelantadas, iniciando el proceso con el estímulo a la empresa individual, seguido por la concentración de capitales después del libre juego de la oferta y la demanda y la supuestamente natural conciliación entre las utilidades de las empresas y los intereses colectivos. Pero no debe olvidarse que se trata de una carrera contra el tiempo: lo que algunos países, unos cuantos, lograron en dos siglos, el resto de la humanidad lo debe alcanzar en pocos años. Esto sólo se puede lograr mediante una definición de objetivos, metas parciales consecutivas, estudio de los recursos disponibles, empleo óptimo de ellos y acción programada; en una palabra, con el empleo de las técnicas de planeación, como un instrumento para proporcionar al hombre una vida digna y decorosa.

Para proporcionar la base del desarrollo económico, se requiere llevar a cabo grandes inversiones en los sectores básicos o de infraestructura, puesto que el uso óptimo de los recursos para lograr los objetivos propuestos implica, entre otras cosas, la modificación del medio físico. Tales son, por ejemplo, las inversiones en obras para la generación de energía, para aumentar la productividad del campo mediante el riego, los complejos industriales básicos y las obras para el transporte eficiente de bienes y personas.

En la tercera década del presente siglo, México tuvo que afrontar la urgente necesidad de contar con la infraestructura para impulsar su desa-

rollo económico y su evolución social. Las inversiones se realizaron mediante el análisis individual de la bondad de cada proyecto, sin establecer una relación con la economía en general. Los resultados fueron satisfactorios, porque la magnitud de los problemas requería solución inmediata y no se hacía necesario establecer una prelación en las inversiones: era urgente lograr la comunicación entre las ciudades más importantes del país; era indispensable dotar de servicios a las grandes ciudades, rehabilitar los ferrocarriles y los puertos y proporcionar energía eléctrica a la incipiente industria.

Las administraciones que han venido actuando desde entonces, han sentido la preocupación por mejorar los procedimientos que permitan definir con precisión, cuáles son las inversiones en obras que resultan más benéficas para los intereses de la colectividad.

Actualmente, existe en México una política de desarrollo sustentada en varios factores tales como la estabilidad monetaria, la reforma fiscal, la estimación periódica de los posibles recursos de inversión y la necesidad de crear empleo para medio millón de mexicanos cada año; esta política permite la formulación de planes sectoriales, de los que se derivan programas coordinados para todo el Gobierno Federal.

Con base en estos lineamientos, la Secretaría de Obras Públicas, tuvo la necesidad de contar con un marco de referencia en el que queden inscritas sus actividades, razón por la cual preparó un plan sectorial a mediano plazo, para definir metas por alcanzar en la expansión y mejoramiento de la red de carreteras, vías férreas y aeropuertos, del cual se han derivado los proyectos de programa de inversiones y en el que se fundarán sus futuras proposiciones.

Un plan así formulado, considera la interacción entre todos los sectores que participan en el esfuerzo común y toma en cuenta, además, que las metas por lograr deben fijarse en razón de las rápidas transformaciones de la estructura social y económica, que caracterizan a la etapa de desarrollo actual y que, por lo mismo, obligan a establecer plazos que hagan buenas las previsiones.

Al señalar los objetivos y los medios necesarios para alcanzarlos, se han tenido presentes las posibilidades y restricciones en materia de recursos. No es razonable suponer una disposición libre en fondos para su encauzamiento a un sector y, por lo mismo, se ha considerado que el crecimiento de 6% anual en la economía, implica un ritmo superior, en cierto grado, al que se ha venido desarrollando en las inversiones en vías terrestres.

Los principales lineamientos de política general en materia de carreteras, que se toman en cuenta para la formulación de proposiciones, pueden resumirse en lo siguiente:

1. Conservar en buen estado la red existente, para asegurar el servicio eficaz y permanente.
2. Terminar, al ritmo adecuado, las obras iniciadas, buscando la oportuna obtención de los beneficios previstos.
3. Construir nuevas carreteras que sirvan a núcleos de población actualmente incomunicados y propicien la incorporación de zonas capaces de aumentar la producción.
4. Construir obras que mejoren el sistema carretero en zonas ya comunicadas, cuando la demanda así lo requiera. Tal es el caso de ampliaciones, acortamientos y autopistas.

El crecimiento de una red de carreteras y el uso cada vez más intenso a que se encuentra sujeta, obligan a otorgar una particular atención a su conservación, dentro de los programas de inversiones. Dentro de esto, algunos tramos de la red deben ser reconstruidos por haber sido realizados con las limitaciones y experiencias propias de la época en que se construyeron; otros tramos requieren una verdadera modernización, entendida ésta como una modificación radical de las características geométricas y físicas.

Con relación a las proposiciones de nuevas obras que se incluyan en un plan, se hace necesario analizar los enlaces carreteros necesarios para desarrollar las actividades generadas entre los diversos centros de concentración en el país, con objeto de determinar cuáles resultan más deseables desde los puntos de vista político, social y administrativo por una parte y económico por la otra, para su posterior evaluación.

Es deseable que la capital federal se encuentre ligada por carretera, con las capitales de los Estados, etapa que ya ha sido alcanzada; pero que admite proposiciones que se refieren al establecimiento de rutas más rápidas o más cortas. También es conveniente que se establezcan relaciones político-administrativas de la capital federal con los puertos marítimos y fronterizos, de las capitales de los Estados entre sí y entre los puertos, condición que se logra cumplir al establecer un cierto número de proposiciones que se suman a las ya mencionadas. Todo ello puede representarse gráficamente, resultando la red integrada por las carreteras existentes y por las proposiciones obtenidas en cada una de las estructuras anteriores.

En cuanto al aspecto económico, el análisis del funcionamiento de una red se lleva a cabo mediante la determinación de los enlaces carreteros necesarios entre los polos de concentración de la producción y los centros consumidores, según las siguientes actividades:

- a) Agrícolas
- b) Ganaderas y Pesqueras
- c) Industriales
- d) Comerciales, Educativas y Turísticas

El primer paso consiste en fijar los polos de concentración de los diferentes productos seleccionados en los estudios sobre el uso actual y potencial del suelo en el territorio nacional, con base en la información obtenida de publicaciones estadísticas que en México provienen de las Secretarías de Industria y Comercio, Recursos Hidráulicos y Agricultura y Ganadería, la cual se representa en cartas geográficas. En seguida se procede a la determinación de los centros representativos del consumo, tomando en cuenta investigaciones por muestreo y censos tanto industriales como de población. La diferencia entre el volumen de producción y el consumo de cada uno de los distintos artículos analizados, define una corriente en el sentido en que el consumo es mayor que la producción.

El esquema de enlaces resultante permite determinar las proposiciones de carreteras deseables en relación con las actividades económicas.

Finalmente, se realiza la síntesis dando como resultado una proposición de red que satisface las necesidades de transporte carretero al nivel nacional.

Pero estas proposiciones constituirán sólo un catálogo de proyectos de inversiones en obras que deberán ser sujetos a evaluación para definir relaciones que conduzcan a la elaboración de un programa, es decir, se impone la necesidad de realizar un cuidadoso análisis de los efectos que producirán las inversiones que corresponden a cada proposición.

Con referencia a inversiones en carreteras, los efectos son diferentes según el medio económico en que se aplican. Es decir, las consecuencias serán muy distintas si la inversión se realiza en una zona con cierto grado de desarrollo, o en otra en la que apenas se inicie un proceso de incorporación a la economía de mercado; ello determina que la naturaleza dominante de las consecuencias de invertir en carreteras, dé lugar al establecimiento de las siguientes categorías en las operaciones: carreteras de función social, carreteras de penetración económica y carreteras para zonas en pleno desarrollo. Para cada uno de estos tipos, el patrón de medida y los procedimientos de cálculo para cuantificar los beneficios, serán forzosamente diferentes. Por supuesto, pueden presentarse casos intermedios.

Las carreteras de función social son las obras en las que las consecuencias de invertir se manifiestan principalmente en el campo social, porque la zona afectada sea de escasa potencialidad económica pero con fuerte concentración de población. Allí, la comunicación permanente entrañará un cambio decisivo en el modo de vida. Es pues, natural, que en estos casos el criterio de evaluación se base en la relación entre el monto de la inversión y el número de habitantes por servir.

Las carreteras de penetración económica son las obras en las que el impacto principal sea la incorporación al proceso de desarrollo general de zonas potencialmente productivas. Son obras que propician la realización de inversiones en otros sectores y el rápido incremento de las actividades económicas y, por lo tanto, la principal consecuencia será el aumento de la producción, primero en las actividades primarias y después en las de transformación y servicios. El método de evaluación en este caso, se basa en el cálculo de la producción que será agregada a la economía nacional, una vez se lleva a cabo la construcción de la obra considerada.

El criterio de selección empleado en este caso, se basa en la productividad de la inversión que se calcula a partir de la producción que sería agregada a la economía nacional, mediante la construcción de la obra vial considerada. Entonces, el valor de esa producción, en cierto año, se relaciona con el costo de la obra y se obtiene, así, un índice llamado de productividad que, aun cuando no expresa un valor absoluto de las ventajas de la inversión, permite comparar distintas inversiones dentro de esta categoría.

En el cálculo del valor de la producción, se tienen en cuenta las actividades primarias y se estima de acuerdo con las técnicas y rendimientos tradicionales de la región, sin considerar la evolución de esa producción a través del tiempo, a fin de mantener una posición conservadora en cuanto al indicador del beneficio de la inversión. El cálculo del costo se limita a la consideración de la cantidad necesaria para la construcción de la obra vial idónea. Como la relación que proporciona el índice de productividad se establece al margen del factor tiempo, no se consideran los costos de conservación, ni las inversiones necesarias para mejorar las condiciones de las obras, de acuerdo con su evolución. La omisión de estos costos se

encuentra ampliamente compensada con los beneficios de carácter social, no mensurables, que la obra supone.

La expresión que establece el índice de productividad puede escribirse como sigue.

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^* P_i}{C}$$

En la que:

IP = Índice de productividad

X_i^* = Volumen de la producción del bien i , en el año a , en la zona servida por la obra vial.

P_i = Precio del bien i .

C = Costo de construcción de la obra vial.

Normalmente, como antes quedó expuesto, sólo se consideran los productos derivados de actividades primarias, principalmente agrícolas, entre los que destacan los siguientes: maíz, trigo, arroz, caña de azúcar, café y frutales.

Las carreteras para zonas en pleno desarrollo son aquellas ubicadas en una zona en la que ya existen las vías necesarias para prestar el servicio de transporte y las cuales se desea mejorar o substituir. La consecuencia principal de su construcción será la disminución en los costos de transporte que los usuarios tienen necesidad de afrontar. La posibilidad de cuantificar este ahorro con cierta precisión, con base en observaciones directas y en la proyección al futuro, permite compararlo con los gastos que habrá necesidad de efectuar a lo largo del plazo de previsión y establecer un índice de rentabilidad de la inversión propuesta. Los beneficios directos cuantificables que aportan a la colectividad estas obras, son los ahorros en costos de tracción y en tiempos de recorrido y la supresión de pérdidas motivadas por los posibles congestionamientos, que se presentaran al rebasarse la capacidad del camino.

El cálculo de cada uno de estos ahorros se realiza mediante la comparación entre los costos para la situación actual y los que prevalecerán una vez construida la obra propuesta. Esa comparación se hace para toda la vida útil de la nueva obra y se calculan los ahorros totales, o sea el beneficio que ésta proporcionará, en cada uno de los años en que estará en servicio. La estimación de costos se realiza, también, a lo largo de la vida útil de las obras, tomando en cuenta tanto la inversión inicial, como los costos de conservación y de posibles reconstrucciones que hubieran de realizarse. Una vez obtenidos los beneficios y costos que se presentarían durante la vida útil de las obras, se procede a determinar lo que puede estimarse como su valor actual.

Para determinar el valor actual de un peso ganado o gastado en cada uno de los años futuros, se aplica una tasa de actualización del 12% que expresa, en términos económicos, el punto de equilibrio entre la necesidad de sacrificar el consumo actual, dadas las necesidades del momento. (Desde el punto de vista financiero, la tasa de actualización incluye el "costo" del capital utilizado en la inversión y la disminución en el tiempo del poder

adquisitivo de la moneda.) La aplicación de las consideraciones anteriores se resume en una comparación para cada alternativa de los elementos son los beneficios y costos por año y sus respectivos valores actualizados. La suma de los beneficios actualizados representa el valor que podemos asignar hoy a los beneficios que la inversión producirá en el periodo considerado; asimismo, la suma de costos actualizados representa el valor actual que la inversión implica durante el mismo periodo.

El cociente que resulta de dividir los beneficios actualizados entre los costos actualizados es un índice de rentabilidad que expresa la calidad de la inversión, el cual permite rechazar las inversiones no rentables y, por comparación, establecer la prelación de las rentables.

El cálculo del índice de rentabilidad se sintetiza en la siguiente expresión:

$$IR = \frac{B_0 + B_1 \frac{1}{1+a} + B_2 \frac{1}{(1+a)^2} + \dots + B_n \frac{1}{(1+a)^n}}{C_0 + C_1 \frac{1}{1+a} + C_2 \frac{1}{(1+a)^2} + \dots + C_n \frac{1}{(1+a)^n}}$$

donde:

IR = Índice de rentabilidad.

B_i = Beneficio total en el año i .

C_i = Costo causado por la obra en el año i .

a = Tasa de actualización, considerada constante en el periodo estudiado

En virtud de la distinta naturaleza de las consecuencias que se presentarán, es necesario aclarar que los criterios de evaluación descritos sólo permiten, hasta el momento, el establecimiento de prelación en cada categoría, ya que no es posible compararlos entre sí y la parte proporcional que a cada una de ellas corresponda en los programas, dependerá de la sana evolución de la red, a fin de evitar cuellos de botella en la economía y una concentración de ingresos en sectores privilegiados de la población.

Es útil hacer algunos comentarios adicionales con relación a la experiencia obtenida en México, así como de las posibles modificaciones a la práctica seguida hasta la fecha.

1° Los métodos descritos para la evaluación de inversiones en vías terrestres han funcionado con buen éxito debido a que su aplicación es factible en todo proyecto, sin necesidad de efectuar modificaciones de fondo, que involucren problemas de investigación en relación con cada proposición. Dentro de esta tónica, cualquier cambio que se pretenda introducir en estos métodos, deberá contemplar el mejoramiento en la aproximación de los procesos, con el uso de las nuevas técnicas disponibles, sin entorpecer la sencillez de su aplicación y con el propósito de obtener mejores elementos de juicio para la formulación de programas.

2° Aquellos proyectos que se evalúan atendiendo a su función social deben estudiarse, añadiendo consideraciones relativas a la capacidad productiva de los sectores, fuentes de inversión e indicadores que midan los beneficios secundarios provenientes de su puesta en servicio. Sería deseable contar pues, con el conocimiento de las restricciones, deducido de los primeros juicios y con índices que traduzcan el número de traba-

jadores empleados por unidad de capital invertido, el producto por unidad invertida, etc. Con estos argumentos, además de redondear una idea más general de su buen éxito, podrán llevarse a cabo programas que conduzcan en el nivel nacional, a óptimos de ocupación de mano de obra y del producto involucrado en estas actividades.

3° Las carreteras de penetración económica, cuya función es romper situaciones de autoconsumo e integrar áreas productivas a la economía nacional, se evalúan en términos de uno de los conceptos más complejos asociados a toda vía de comunicación: su zona de influencia. A este respecto, la estimación de los potenciales agropecuarios, sería relativamente sencilla con el auxilio de la fotointerpretación que, a su vez, podría arrojar luz sobre la utilización y dimensiones de las áreas de influencia de caminos de penetración económica, ya construidos y en funcionamiento, lo que se traducirá en una comparación a lo largo del tiempo, con las previsiones que resultaran de la evaluación. El método empleado para formar las pre- laciones de este tipo de proyectos, se juzga adecuado para lograr su programación y sólo restaría realizar estudios encaminados a determinar restricciones.

4° Tocante a las obras que sirven zonas desarrolladas, debe cuidarse el estudio de mercado de servicios, tratar de obtener relaciones entre los niveles de actividad regional y los propios del tránsito generado. Más aún, es conveniente analizar estas vías conjuntamente con la red que las contiene, pues los efectos que trae consigo una modernización o un acortamiento no se limitan a la obra en cuestión, sino que se difunden en todo el conjunto entendido como red. La Ingeniería de Sistemas ofrece métodos aplicables a estos casos, tales como el establecimiento de modelos probabilísticos aplicables al tránsito, el análisis de flujos y la determinación de rutas óptimas.

5° La proposición de programas anuales de obras, debe considerar esencialmente el proceso productivo que significa la construcción misma, pues en él existen los insumos tales como materiales, energía, la mano de obra y el empleo de los bienes de capital y por otra parte, el desarrollo de toda actividad constructiva, se lleva a cabo dentro de restricciones técnicas, financieras, políticas y en general, de disponibilidad de factores de producción. En estas condiciones, la aplicación de la Programación Matemática a la formulación de acciones que conduzcan al beneficio máximo dentro de las restricciones que priven, podría robustecer los sistemas actuales y evitar estados de desequilibrio durante la ejecución de los proyectos.

EVALUACIÓN DE LAS CARRETERAS

En Estados Unidos, hasta 1950 con frecuencia los ingenieros de carreteras podían seleccionar los proyectos y planes convenientes de carreteras, diseñarlas y construirlas atendiendo principalmente los factores ingenieriles y de demanda de viajes. Los ingenieros, y también el público, entendieron la necesidad de realizar grandes mejoras en el sistema de carreteras y reconocieron los considerables beneficios de tales proyectos.

Durante las décadas de los 50 y 60, se construyeron miles de millas de carreteras nuevas, muchas de ellas en áreas densamente pobladas, provocando disolución social, hostilidad del público, y en ciertos casos oposición organizada. Algunos sectores del público manifestaron preocupación acerca de un posible daño ecológico y ambiental provocado por la construcción de las carreteras. La satisfacción parcial de la necesidad de carreteras nuevas y de los cambios en las actitudes del público ocasionaron que se establecieran estándares más altos para la revisión económica, social y ambiental.

Conforme el sistema de carreteras interestatales tiende a estar completo, las oficinas de carreteras prefieren dedicar su atención a la reconstrucción y mejoramiento de los sistemas de carreteras ya existentes, más que a la construcción de nuevos servicios públicos. Ahora, los nuevos sistemas de carreteras y las mejoras a las instalaciones existentes se sujetan a un examen más detallado; y la evaluación formal de los impactos económicos, social y ambiental causados por los proyectos de carreteras se realiza comúnmente.

En este capítulo, examinaremos algunas de las técnicas y procedimientos para hacer tales evaluaciones. Como en el caso de muchos de los temas tratados en este texto, el espacio no permite una explicación muy detallada de todos los aspectos de la evaluación de carreteras. Por lo tanto será necesario simplificar algo del material presentado, enfatizando ciertos principios de fundamental importancia.

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CARRETERAS

Aun cuando desde mediados del siglo XIX se propusieron utilizar el análisis económico como herramienta para la toma de decisiones en los proyectos de carreteras, la técnica fue adoptada por los funcionarios correspondientes mucho tiempo después. Alrededor de 1920, se publicaron por primera vez los datos relacionados al costo de recorrido de los vehículos de motor, pero el análisis económico para las carreteras no fue aceptado en forma general sino hasta después de la publicación del "Libro rojo" de la AASHTO (1) en 1952. Este libro fue actualizado en 1960, y desde entonces se han publicado otros (2) referentes a los factores de costo de los usuarios de las carreteras y a la metodología del análisis económico especializado. Un informe del *Stanford Research Institute* (Instituto de Investigación de Stanford) (6) elaboró un informe para el *National Cooperative Highway Research Program* (Programa Nacional Cooperativo de Investigación sobre Carreteras) el cual contiene los costos unitarios de los factores que afectan a los usuarios de las carreteras basándose en las características de funcionamiento y en los precios de los vehículos en 1975; dicho informe ha reemplazado al original "Libro rojo" de AASHTO como la fuente de referencia básica. El material de los párrafos siguientes se fundamenta en gran medida en el informe del *Stanford Research Institute*.

Los estudios económicos dirigidos principalmente a las carreteras, se hacen por una o más de las siguientes razones:

1. Para determinar la viabilidad de un proyecto
2. Para comparar ubicaciones alternativas
3. Para evaluar diferentes aspectos del diseño de carreteras, por ejemplo, el tipo de superficie que va a utilizarse.
4. Para determinar la prioridad de mejoramientos.
5. Para asignar la responsabilidad de los costos del mejoramiento de las carreteras entre las diferentes clases de usuarios (y no usuarios, en algunos casos).
6. Ocasionalmente, para comparar proyectos de mejoramiento de carreteras de otros proyectos públicos como la educación.

Antes de describir los conceptos analíticos y los planteamientos necesarios para efectuar estudios económicos, se examinarán brevemente los costos y beneficios del transporte por carretera.

4-1 Costos del transporte por carretera

El costo del transporte por carretera se ha definido como la suma de los costos de inversión, operación y mantenimiento de las carreteras más los

costos de los usuarios. Donde hay tránsito de autobuses, los costos de transportación incluyen los costos del capital de transporte, los costos de operación del sistema de transporte y los costos que resultan del transporte de los usuarios (tarifas y tiempo de viaje). En la tabla 4-1 se presentan ejemplos de los costos de transporte por carretera.

El costo de inversión, es el costo que se requiere en la preparación del mejoramiento de una carretera para el servicio, incluyendo el costo de derechos de vía, diseños de ingeniería, construcción, dispositivos de control de tráfico y la adaptación del terreno. El costo de mantenimiento es el costo que se requiere para la preservación de la carretera y sus anexos y para conservar las instalaciones en condiciones de servicio. Los costos de operación incluyen los costos del control de tránsito, alumbrado y demás aspectos de la operación.

Los costos de capital de transporte son las inversiones en instalaciones fijas para el transporte en autobuses tales como, terminales, talleres, instalaciones para estacionamiento de autobuses, bancas y cobertizos. También, puede incluirse los carriles especiales para autobuses en las carreteras. La referencia 6 trata del costo de los autobuses como un costo de operación.

TABLA 4-1 Ejemplos de costo de transporte por carretera

Tipo de costo	Ejemplos
Costo de inversión de la carretera	Proyecto de ingeniería, derecho de vía, rasante y drenaje, pavimento.
Costo de mantenimiento de la carretera	Arreglo y cuidado de los parques adyacentes a la carretera, alumbrado
Costo de los usuarios de la carretera	
(a) Costo de operación de los vehículos de motor	Combustible, lubricación, llantas.
(b) Tiempo de viaje	Total de horas-vehículo de viaje por el valor del tiempo.
(c) Costos de accidente	Easa estimada de accidentes por costo unitario de accidente
Costo del capital de transporte	Terminales, tiendas, oficinas administrativas
Costos de operación del transporte	Salario de los conductores, costo de operación y mantenimiento de los autobuses.
Costo de los usuarios del transporte	
(a) Costo monetario del transporte	Suma de tarifas pagadas, costo de recorrido en auto para llegar a la terminal.
(b) Costo del tiempo de viaje del transporte	Tiempo de espera por el autobús por el valor unitario del tiempo. Tiempo de viaje en el autobús por el valor unitario del tiempo

más que como un costo de capital. Otros costos de operación de transporte son los salarios de los conductores, el gasto en combustible, llantas y mantenimiento, así como los costos de gerencia, administración y seguros.

Los costos de los usuarios del transporte se forman con la suma de las tarifas que se pagan en el autobús, los costos en que incurren los usuarios al pagar un coche para llegar a una parada o terminal, los costos de la espera y caminata a la terminal en su caso (6).

Costos de los usuarios de carretas

Uno de los mayores componentes de los costos del transporte por carretera, el costo de los usuarios, incluye los costos de operación de los vehículos de motor, el valor del tiempo de viaje y los costos de los accidentes de tránsito. Por lo general, en los análisis económicos de las carreteras, sólo se incluyen aquellos costos de operación que dependen de las millas de viaje, junto con el costo de combustible, llantas, aceite, mantenimiento y una parte de depreciación. Cuando se estima que los costos de los usuarios se redujeron debido al mejoramiento de las carreteras se pueden excluir los gastos del registro y estacionamiento, bonificaciones de seguros y la parte de depreciación que depende del tiempo. Anderson y colaboradores (6) han publicado un conjunto de nomogramas con los que se pueden hacer estimaciones de los costos de operación. En la sección 4-4 se presentan ejemplos de estos nomogramas y una explicación de su uso.

El valor del tiempo de viaje es el producto del total de horas-vehículo de viaje (por tipo de vehículo) y el valor unitario promedio del tiempo. La magnitud del tiempo de viaje depende de la velocidad de recorrido promedio y del número y duración de las paradas. Los estudios han indicado que el valor que se le otorga al tiempo de viaje depende del propósito del viaje y con el tiempo ahorrado por viaje. Por lo general, los viajeros otorgan valores pequeños a los ahorros de tiempo menores a 5 minutos. La referencia 6 recomienda para los automóviles un valor de tiempo de viaje de 3.00 dólares por hora para los vehículos, tomando como base un valor de 2.40 dólares por hora-persona y 1.25 personas por vehículo. El informe recomienda un valor del tiempo de 7.00 dólares por hora en un camión sencillo y 8.00 dólares por hora en las combinaciones, tomando como base el salario del conductor del camión y los beneficios marginales.

Los accidentes que ocurren cada año en las calles y carreteras de Estados Unidos representan grandes pérdidas económicas junto con la pena y sufrimiento que provocan. El total en las pérdidas económicas resultantes de accidentes de vehículos de motor se estimó en 47.6 miles de millones de dólares durante 1984 (7). En este total se incluyen las pérdidas registradas en accidentes fatales, en accidentes con daños no fatales a las personas y aquellos que únicamente ocasionaron daños a la propiedad. De lo anterior, se desprende que desde un punto de vista económico las mejoras a las carreteras que tienden a reducir las tasas de accidentes, traen consigo abo-

rrros monetarios para los usuarios de los caminos y para el público en general.

El Consejo de Seguridad Nacional publica informes periódicos (3) sobre el costo de los accidentes de tránsito. Tales costos incluyen las pérdidas en salario, los gastos médicos, los daños a la propiedad y los costos de administración de seguros. En 1983, los costos de estos conceptos por caso fueron:

Muerte	210 000 dólares
Lesiones graves no mortales	8 600 dólares
Accidentes que ocasionaron daños a la propiedad (incluyendo lesiones leves)	1 150 dólares

Para evaluar los ahorros en el costo de los accidentes al hacer los estudios económicos de las carreteras, debe estimarse la tasa de accidentes antes y después de realizar una mejora. En muchas ocasiones, el analista puede confiar en datos empíricos que describan en forma acertada las diferencias regionales en la mezcla que utilizan los vehículos, en el comportamiento de los conductores y en el clima. En la tabla 4-2 se da una guía general de las tasas de accidentes típicos en diferentes clases de caminos. Por ende, un cierto número de investigadores (9, 11) ha desarrollado ecuaciones de regresión múltiple por medio de las cuales se estima que las tasas de accidentes se pueden obtener fundamentándose en las características del camino y del tránsito.

4-2 Beneficios de las mejoras a las carreteras

Es obvio que se obtienen muchos beneficios de las mejoras realizadas en las carreteras o, expresado más ampliamente del transporte en carreteras mejoradas. Algunos de estos beneficios son directos y fácilmente identificables; otros son indirectos y de más difícil comprensión. De manera semejante, algunos beneficios pueden evaluarse inmediatamente en términos monetarios por el contrario, resulta casi imposible evaluar otros beneficios con ese criterio, aunque éstos sean tan reales y duraderos como los monetarios. Algunas veces, por supuesto, los resultados de una mejora practicada a una carretera no siempre son benéficos, por ejemplo, la construcción de una supercarretera urbana puede producir un descenso en el número de abonados del ferrocarril; y los fondos públicos que provee la tesorería general para emplearse en carreteras no pueden utilizarse, por decir, en la educación. Tales consecuencias deben considerarse en análisis económicos comprensibles.

Para una mejor explicación, es conveniente agrupar los beneficios de las carreteras en las siguientes categorías: 1) beneficios directos que resultan de reducir los costos de los usuarios, y 2) beneficios indirectos, en los que se incluyen los beneficios a las propiedades adyacentes y al público en general. Los beneficios mejor cuantificables y los más importan-

TABLA 4.2 Tipos de accidentes para diferentes tipos de camino

Ubicación y tipo de camino	Tasa (Número por MVA ^a)			
	Accidentes fatales	Accidentes con lesiones	Accidentes que sólo ocasionan daños a la propiedad	Accidentes totales
Rural				
Sin control de acceso				
2 carriles	0.070	0.94	1.39	2.39
4 ó más carriles no dividido	0.047	0.89	1.95	2.89
4 ó más carriles divididos	0.063	0.77	1.25	2.09
Control parcial de acceso				
Vía rápida 2 carriles	0.051	0.52	0.76	1.33
Vía rápida dividida	0.038	0.44	0.76	1.24
Autopista	0.025	0.27	0.49	0.79
Urbano				
Sin control de acceso				
2 carriles	0.045	1.51	3.38	4.94
4 ó más carriles no dividido	0.040	2.12	4.19	6.65
4 ó más carriles dividido	0.027	1.65	3.19	4.86
Control parcial de acceso				
Vía rápida 2 carriles	0.033	0.65	1.05	1.73
Vía rápida dividida	0.022	1.08	2.04	3.14
Autopista	0.012	0.40	1.01	1.43
Suburbano				
Sin control de acceso				
2 carriles	0.048	1.26	2.56	3.88
4 ó más carriles no dividida	0.037	1.58	3.31	4.93
4 ó más carriles dividida	0.030	1.10	2.21	3.37
Control parcial de acceso				
Vía rápida 2 carriles	0.096	0.82	1.42	2.34
Vía rápida dividida	0.060	0.82	1.29	2.16
Autopista	0.015	0.32	0.74	1.07
Estatales				
Sin control de acceso				
2 carriles	0.066	1.01	1.66	2.74
4 ó más carriles no dividida	0.041	1.88	3.97	5.88
4 ó más carriles dividida	0.031	1.50	2.89	4.13
Control parcial de acceso				
Vía rápida 2 carriles	0.053	0.54	0.81	1.40
Vía rápida dividida	0.037	0.61	1.08	1.73
Autopista	0.015	0.36	0.86	1.23

^a 1 milla = 1,6093 km

FUENTE: A Manual on User Benefit Analysis of Highway and Bus Transit Improvements. American Association of State Highway and Transportation Officials (1977)

tes para el analista son aquellos que dan por resultado una reducción en los costos de los usuarios. Como se indica en la sección previa tales beneficios son el resultado de reducir los costos de operación aumentando la velocidad de operación, de un número de retrasos menor, y de pérdidas menores por causa de accidentes. Más adelante en este capítulo se examinan los procedimientos para hacer una estimación de dichos beneficios.

Los beneficios que resultan para los dueños de propiedades afectados por las carreteras mejoradas son evidentes pero en cierto modo, es difícil de evaluarlos. En la mayor parte de los casos, las mejoras practicadas a las carreteras dan por resultado un aumento en el valor de los terrenos adyacentes, o que resultan beneficiados con las ampliaciones. Un caso sencillo en el que puede apreciarse el beneficio directo a la propiedad: en rancho o un cierto número de ranchos localizados a lo largo de un camino de tierra, accidentado, lodoso en tiempo de aguas y polvoriento en tiempo de secas, recibirán beneficios directos por cualquier mejora que se practique en el camino, por pequeña que ésta sea. Estas propiedades tendrán un acceso más fácil a los mercados, escuelas y a las áreas recreativas. En forma similar, los habitantes de una ciudad que viven en una calle residencial a la que se le hacen ciertas mejoras pueden obtener beneficios directos. En muchos casos, puede ser más difícil descubrir y evaluar los beneficios que obtienen las propiedades.

Puede considerarse a los beneficios que resultan para el público en general al transportarse por una carretera mejorada como los más importantes de entre los tres tipos de beneficios mencionados. Estos beneficios se traducen en forma de ventajas que comúnmente se atribuyen a la civilización moderna, incluyendo cosas tales como protección eficaz contra el fuego, seguridad policial, distribución postal rápida, accesos mejorados a las áreas recreativas, educativas y sociales, disminución del costo de los productos, una defensa nacional más eficaz y así sucesivamente. Las ventajas generales que se obtienen por el uso de las carreteras mejoradas, están tan vinculadas con cada fase de la vida moderna en Estados Unidos, que resulta casi imposible imaginarse la existencia sin ellas.

Aun cuando la importancia de los beneficios indirectos es evidente, por lo general, no pueden evaluarse más que, en un sentido general y, por lo tanto, rara vez se incluyen en los cálculos económicos.

4-3 Conceptos del valor presente

Es importante tener en cuenta en los estudios económicos, el valor del dinero con respecto al tiempo. Debido a la existencia del interés, una cantidad de dinero tiene mayor valor ahora que la misma cantidad en una fecha futura. Por consiguiente, a fin de comparar en forma congruente los costos y beneficios de las mejoras a las carreteras, estos deberán convertirse a valores equivalentes en alguna fecha dada. Este procedimiento, conocido como descuento, se efectúa mediante una tasa de interés apropiada, de acuerdo

con los conceptos de interés compuesto y de valor presente. Estos conceptos se explican más ampliamente en la mayoría de los libros de texto que tratan de análisis económico. Por ejemplo, véanse Winfréy (2) y Grant e Ireson (12).

El valor presente P (también llamado beneficio presente) de algún pago futuro F , puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n} \quad (4.1)$$

donde

- i = el interés o tasa de descuento por período.
- n = número de períodos de interés, usualmente años.

Otra posibilidad es que el valor presente puede determinarse utilizando los factores de beneficio presente (PW), tal como se dan en la tabla 4-3.

EJEMPLO 4-1 En 20 años, el valor residual o de rescate de cierta carretera será de 250 000 dólares. Determine el valor actual de esa suma utilizando una tasa de interés del 6 por ciento.

Con la ecuación (4-1)

$$\text{Valor presente} = \frac{250\,000}{(1 + 0.06)^{20}} = 77\,951 \text{ dólares}$$

El mismo resultado se obtiene multiplicando 250 000 dólares por el factor de valor presente PW apropiado dado en la tabla 4-3.

El valor presente P , de una serie de pagos uniformes anuales a fin de período A , puede determinarse empleando la ecuación de la siguiente plana.

TABLA 4-3 Factores de interés compuesto del valor presente (PW) y de serie de valor presente (SPW) para un dólar y diferentes tasas de interés

Años n	4%		6%		8%		10%	
	PW	SPW	PW	SPW	PW	SPW	PW	SPW
5	0.8219	4.4518	0.7473	4.2124	0.6806	3.9927	0.6209	3.7908
10	0.6756	8.1109	0.5584	7.3601	0.4632	6.7101	0.3855	6.1446
15	0.5553	11.1184	0.4173	9.7122	0.3152	8.5595	0.2394	7.6061
20	0.4564	13.5903	0.3118	11.4699	0.2145	9.8181	0.1486	8.5136
25	0.3751	15.6221	0.2330	12.7834	0.1460	10.6748	0.0923	9.0770
30	0.3083	17.2920	0.1741	13.7648	0.0994	11.2578	0.0573	9.4269
40	0.2083	19.7928	0.0972	15.0463	0.0460	11.9246	0.0221	9.7791

SOURCE: A Manual on User Benefit Analysis of Highway and Bus Transit Improvements. American Association of State Highway and Transportation Officials (1977).

$$P_t = A \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right] \quad (4.2)$$

o bien,

$$P_t = A(SPW) \quad (4.3)$$

donde

SPW = factor de la serie de valor presente (tabla 4-3)

EJEMPLO 4-2 Se ha estimado que el beneficio de los usuarios de una cierta carretera es de 85 000 dólares por año. Determine el valor presente de estos beneficios, suponiendo una tasa de interés del 8 por ciento y un período de análisis de 25 años.

De la ecuación (4-2),

$$P_t = 85\,000 \left[\frac{(1 + 0.08)^{25} - 1}{0.08(1.08)^{25}} \right] = 907\,358 \text{ dólares}$$

En muchos casos, el valor anual de los beneficios de los usuarios (o costos de la carretera) cambian de un año a otro. En estos casos, no puede calcularse el valor presente empleando las ecuaciones (4-2) ó (4-3), pero con la ecuación (4-1) pueden calcularse para cada año del período sujeto a análisis y sumarse los resultados. Una ecuación dada en la referencia 6, hace posible aproximar con bastante exactitud el valor actual de una serie de valores anuales, tomando como base la tasa de crecimiento anual promedio de los valores. La ecuación que sigue, se basa en la suposición de que los valores anuales aumentan (o disminuyen) en un porcentaje anual aproximadamente igual. El factor de valor presente es:

$$PW_g = \frac{e^{in} - e^{in} - 1}{r - i} \quad (4.4)$$

donde

- i = tasa de interés supuesta (fracción decimal).
- r = tasa de crecimiento del valor anual (porcentaje por año/100).
- n = período de análisis (años)

La tasa promedio de crecimiento r puede aproximarse tomando como base los valores estimados de dos años:

$$r = \frac{\ln(\alpha)}{t} \quad (4.5)$$

donde

α = valor anual futuro estimado/valor estimado del primer año.

Y = el número de años entre estimaciones.

EJEMPLO 4-3 Cierta carretera ha producido a los usuarios beneficios por 17 500 dólares durante el primer año, que aumentan de manera uniforme a una tasa del 4 por ciento por cada año que pasa. Determine el valor actual de los beneficios, dado un período de análisis de 12 años. Use una tasa de interés de 6 por ciento.

De la ecuación (4-4), el factor de beneficio actual,

$$PW_g = \frac{e^{(0.04-0.06)12} - 1}{0.04 - 0.06} = 10.67$$

$$\text{Valor presente} = 10.67 \times 17\,500 = 186\,725 \text{ dólares}$$

4-4 Técnicas de análisis financiero

Los cálculos financieros que sirven para demostrar la justificación económica de un proyecto en particular, para permitir la comparación de esquemas o ubicaciones alternativas, para determinar la prioridad de las mejoras etcétera, pueden ser llevados a la práctica por varios métodos. Los métodos utilizados en los estudios económicos de ingeniería comprenden: 1) la relación beneficio/costo, 2) el valor presente neto, 3) la comparación de costos anuales, y 4) la determinación de la tasa de interés en la que las alternativas son igualmente atractivas. La relación beneficio/costo (B/C) y el valor presente neto (VPN), descritos aquí, son los utilizados comúnmente por los ingenieros de carreteras y administradores. Para información adicional sobre estas dos técnicas, el lector puede recurrir a cualquier libro de texto sobre análisis financiero.

Relación beneficio/costo

Tradicionalmente, en el método de la relación beneficio/costo, se ha hecho el análisis comparando las relaciones del costo *anual* de los usuarios de caminos con el costo *anual* de la carretera en las alternativas lógicas de ubicación y diseño. El uso de la fórmula de la relación beneficio/costo, en la cual se utilizan los valores actuales, se recomienda ahora como un indicador aproximado de la conveniencia del proyecto de carretera (6). La relación beneficio/costo:

$$\frac{B}{C} = \frac{PV(\Delta U)}{PV(\Delta I) + PV(\Delta M) - PV(\Delta R)} \quad (4-6)$$

donde

PV = valor presente de la cantidad o serie indicada.

ΔU = beneficios de los usuarios, la reducción en los costos de los usuarios de la carretera o del transporte público, debidos a la inversión (costos sin la mejora menos costos con ella).

ΔM = incremento en los costos anuales de mantenimiento, operación y administrativos debidos a la inversión (costos con la mejora menos costos sin ella).

ΔR = aumento en el valor residual debido al proyecto al finalizar la vida del mismo.

ΔI = incremento en los costos de la inversión debido al proyecto.

Método del valor presente neto

En este método, el procedimiento consiste en reducir todos los beneficios y costos a su valor actual de acuerdo con los principios dados en la sección 4-3. Se ha definido el valor presente neto NPV como la diferencia entre los valores actuales de los beneficios a partir del proyecto y los costos realizados para desarrollarlo. Este valor puede calcularse como sigue:

$$UPN = PV(\Delta U) + (PV(\Delta R) - PV(\Delta I) - PV(\Delta M)) \quad (4-7)$$

expresado de otra forma:

$$UPN = \frac{B_1 - C_1}{(1+i)} + \frac{B_2 - C_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n + R}{(1+i)^n} \quad (4-8)$$

donde B_1 y C_1 son el beneficio y el costo para el primer año, B_2 y C_2 para el segundo año, y así sucesivamente, R es el valor residual, i es la tasa de descuento y n es el período de análisis.

Reglas de decisión en el análisis económico

Las reglas para aplicar la relación B/C y la técnica del valor presente neto varían de si existen restricciones presupuestales y de si los proyectos en consideración son independientes o mutuamente excluyentes. Considérese en primer lugar, el caso en el que no hay restricciones presupuestales y en el que se comparan proyectos independientes, es decir que la elección de un proyecto no impide la elección de otros. En este caso, todos los proyectos que tengan valores presentes netos positivos o relaciones beneficio/costo mayores que uno, serán económicamente factibles.

Pero si el presupuesto restringe la inversión* el analista deberá seleccionar la combinación de proyectos que produzcan el máximo valor pre-

*Se recomienda un procedimiento de programación lineal o dinámica para aquellas situaciones en que tanto el presupuesto de inversión como el mantenimiento futuro y el presupuesto de operación están restringidos (6).

rente neto, pero cuidando que éstos no excedan el presupuesto disponible. Alternativa y aproximadamente, pueden seleccionarse los proyectos en orden decreciente de las relaciones B/C, agregando proyectos hasta agotar el presupuesto.

En los casos en que diversas ubicaciones o proyectos son mutuamente excluyentes, deberá escogerse la alternativa con el valor presente neto más alto. Si se utilizan relaciones beneficio/costo para elegir el proyecto, la selección debe hacerse en incrementos. Empezando con la alternativa de más bajo costo que tenga una relación B/C mayor de uno, cada incremento de costo adicional se justifica únicamente si el incremento de la relación B/C es mayor de uno. Esto queda ilustrado por el siguiente ejemplo:

EJEMPLO 4-4 Considérense para un entronque importante tres diseños alternativos (X_1 , X_2 y X_3). Para cada alternativa, se muestran abajo los valores actuales de los beneficios, a los usuarios, de los costos de inversión, y de mantenimiento y del valor residual. Con las ecuaciones (1-6) y (1-7), se calculan la relación B/C y el UPN como se indica. ¿Cuál es la alternativa elegida?

Tomando como base el valor presente neto, se escoge la alternativa X_2 .

Para hacer la selección utilizando el método de la relación B/C, es necesario emplear las relaciones de incrementos, es decir, hay que basarse en la diferencias en los costos de pares de alternativas. Se selecciona tentativamente la alternativa X_1 , que tiene el costo de inversión más bajo. La alternativa siguiente más costosa X_2 , se prueba por el cálculo de la relación B/C para el incremento $X_2 - X_1$. La relación es mayor de 1, por lo que se selecciona la alternativa X_2 para reemplazar X_1 . Después se prueba la alternativa X_3 por la relación de incremento de la relación B/C para $X_3 - X_2$. Como esta razón es menor que uno, la alternativa X_3 no se justifica, y se elige X_2 .

	X_1	X_2	X_3	$(X_2 - X_1)$	$(X_3 - X_2)$
$PV(\Delta U)$	95	127	128	32	1
$PV(\Delta I)$	12	13	20	1	7
$PV(\Delta M)$	7	20	17	13	-3
$PV(\Delta R)$	2	1	3	-1	2
B/C cociente	5.6	4.0	3.8	2.1	0.5
NPV	78	95	91	17	-1

4-5 Medida de los beneficios a los usuarios

Uno de los aspectos más difíciles del análisis económico para carreteras, es la medida de los beneficios a los usuarios. Primero se analizan las carreteras que no dan servicio de transporte público de pasajeros. Los costos unitarios de los usuarios de la carretera para un tramo dado de carretera CC expresa-

dos en dólares por miles de vehículos, es la suma de los costos básicos del tramo, costos por accidentes y costos por retrasos.

$$CC = (B + A)L + T + D \tag{4-9}$$

donde

B = costos básicos del tramo, formados por el costo unitario (valor del tiempo y otros de recorrido de los vehículos) asociados con el flujo de vehículos y la geometría básica (pendientes y curvas) del tramo que se analiza.

A = costo unitario del accidente en ese tramo.

L = longitud en millas del tramo

T = costos de transición (costos unitarios de recorrido y de tiempo causados por cambios de velocidad al pasar de un tramo a otro de diferentes características)

D = costos unitarios de recorrido y de tiempo causados por retardos en las intersecciones, en los semáforos, señales de alto, u otros dispositivos de control del tráfico.

El beneficio de los usuarios ΔU en la ecuación (1-6) es la diferencia en el costo de los usuarios de la carretera para dos alternativas cualesquiera.

$$\Delta U = IU'_a - IU'_b \tag{4-10}$$

Los costos de los usuarios de las carreteras se determinan principalmente con base en datos empíricos, y la referencia 6 proporciona datos para la estimación de los costos básicos del tramo, costos de transición, y costos de retardo para diferentes carreteras y condiciones de tráfico.

Los textos revisados incluyen nomogramas que dan costos básicos del tramo en un sentido de circulación para tres clases de vehículos (autos de pasajeros, camiones unidad sencilla y tractor semitrailer 3-S2) en cuatro tipos de carreteras (autopistas, carreteras multicarril, carreteras de dos carriles y arteriales). En la figura 4-1 se reproduce uno de los doce nomogramas que muestra los costos básicos del tramo para autos de pasajeros en carreteras de varios carriles.

Para usar la figura 4-1, se entra a la parte inferior izquierda del nomograma con la velocidad promedio de recorrido o la relación volumen/capacidad para la hora representativa de la operación en el tramo sujeto a análisis. El tiempo de viaje (el inverso de la velocidad de recorrido) puede leerse en la ordenada izquierda de la gráfica inferior del mismo lado. Hecho esto, se proyecta hacia la derecha una línea horizontal al nivel de la velocidad de recorrido promedio para determinar el costo de recorrido en tangente (a lo largo de una pendiente especificada) y el costo de recorrido adicional debido a las curvas. Finalmente, se determina el costo de recorrido adicional debido a los ciclos de cambio de velocidad, entrando a la gráfica superior izquierda con la relación volumen/capacidad y leyendo el costo adicional

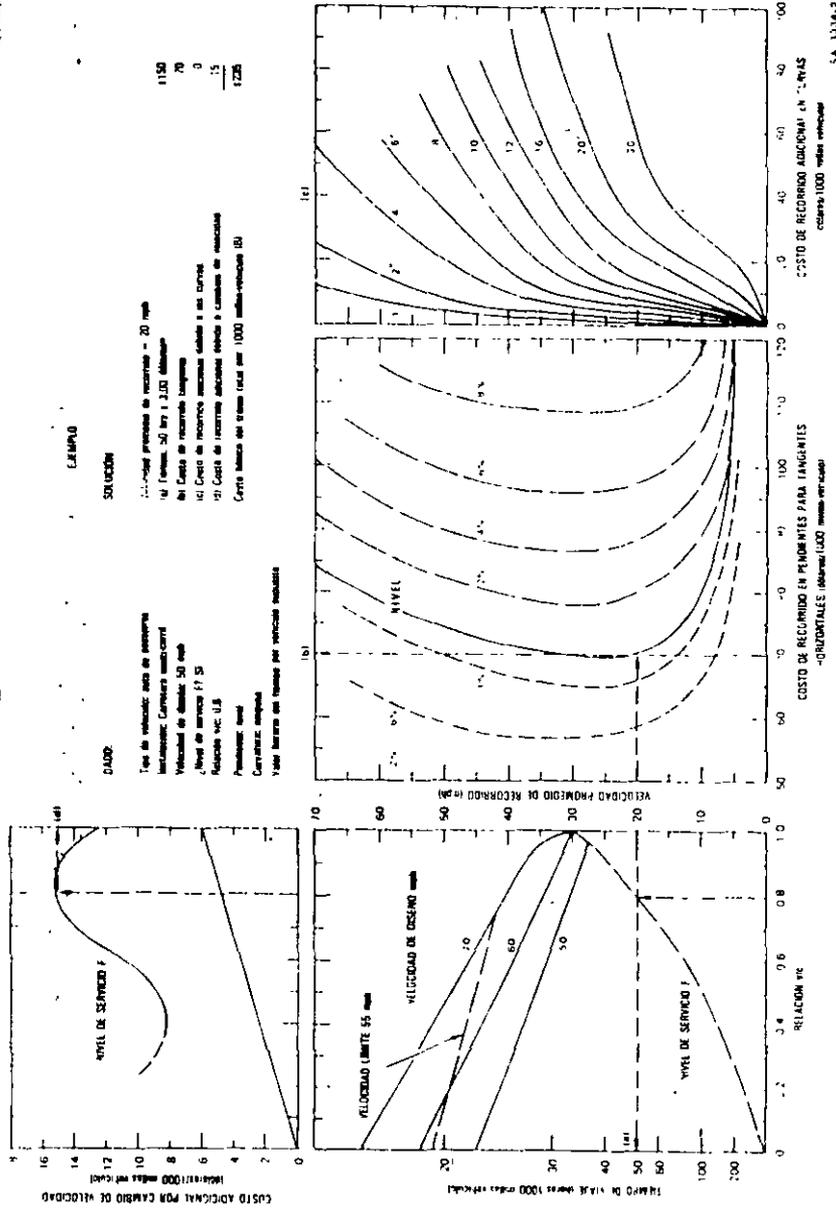


Figura 4.1 Costos básicos del tramo B) para automóviles de pasajeros en carreteras de varios carriles.

en la ordenada. Los costos adicionales debidos a los ciclos de cambio de velocidad son relativamente bajos excepto para el nivel de servicio F (formación de conos). En la figura se muestra un ejemplo del uso del nomograma.

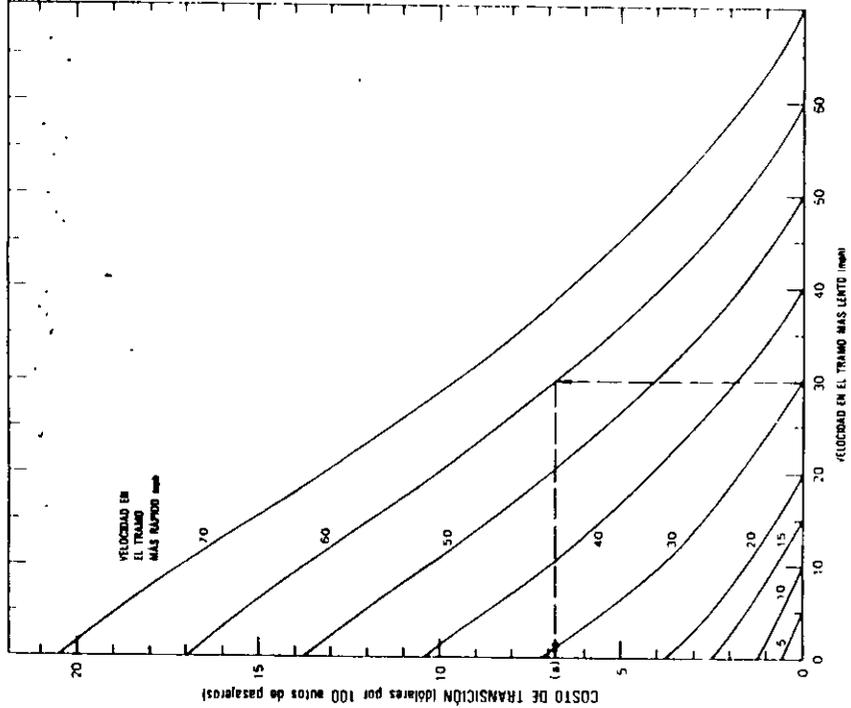
El costo básico del tramo dado en la figura 4-1 se aplica únicamente a caminos pavimentados. Pueden estimarse los costos de operación de los vehículos sobre caminos con superficie de grava o piedra multiplicando los costos básicos del tramo obtenidos de los nomogramas, (por ejemplo, la figura 4-1), por un factor de ajuste. En autos de pasajeros, el intervalo de cada factor de conversión se encuentra más o menos entre 1.1 para velocidades de 5 millas/h hasta más o menos 1.6 para velocidades de 60 millas/h (2). Se recomienda el empleo de valores más grandes para camiones, ya sean de unidad sencilla o combinaciones.

Como se detalla en la sección 4-1 puede estimarse el costo unitario de accidentes sobre la base de tasas empíricas de accidentes que reflejan los efectos regionales de la mezcla de vehículos, comportamiento de los conductores, el tipo de carretera, y el clima, o puede estimarse a partir de las tasas promedio (tabla 4-2) y de los costos (por tipo de accidente), establecidos previamente.

Los estudios empíricos han hecho posible estimar los costos de los cambios de velocidad, cuando pasan entre secciones con diferentes características físicas o de tráfico. Estos costos de transición, simbolizados por la letra T en la ecuación (4-7), dependen de la magnitud del cambio de velocidad promedio. La figura 4-2 proporciona un medio para estimar los costos de transición para tráfico en un solo sentido, el cual tiene como base las velocidades en las secciones adyacentes. En la referencia 6 se dan los factores de ajuste que pueden aplicarse a los valores gráficos para estimar los costos de transición para camiones de unidad sencilla y combinaciones.

Quizá uno de los aspectos más complejos para determinar el costo unitario de los usuarios en un tramo de carretera, es la estimación de los costos debidos a las demoras en intersecciones (añadidas como D en la ecuación (4-7)). Anderson y colaboradores (6) publicaron dos nomogramas para determinar los costos por demoras en las intersecciones: uno para estimar el costo unitario al pararse en un semáforo y el otro para estimar el costo unitario mientras se está parado. Estos nomogramas se muestran en las figuras 4-3 y 4-4. Los nomogramas requieren los datos de tránsito y de los parámetros del semáforo siguientes:

- 1) *Relación λ entre el tiempo que dura la luz verde y el tiempo total del ciclo.* La relación del tiempo de luz verde efectivo del semáforo (generalmente tomado para que sea el tiempo de luz verde real) comparado con la longitud del ciclo del semáforo, expresados ambos en la misma unidad de tiempo (por lo común, segundos).
- 2) *Flujo s de saturación.* El volumen de entrada a la intersección en vehículos por hora de tiempo de luz verde cuando el factor de carga es 1.0 y se han aplicado los factores de ajuste apropiados. Si no se cuenta



FACTORES DE AJUSTE PARA EL TRÁNSITO DE CAMIONES

CAMIONES UNIDAD SEÑALA (vehículos)	TRACTOR-TRAILER 3-52									
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	15
0	1.00	1.10	1.19	1.28	1.38	1.48	1.57	1.71	1.99	2.31
1	1.02	1.12	1.21	1.31	1.40	1.50	1.59	1.76	2.04	2.39
2	1.04	1.14	1.23	1.33	1.42	1.52	1.61	1.81	2.09	2.44
3	1.06	1.16	1.25	1.35	1.44	1.54	1.63	1.83	2.11	2.46
4	1.08	1.18	1.27	1.37	1.46	1.56	1.65	1.85	2.14	2.49
5	1.10	1.20	1.29	1.39	1.48	1.58	1.67	1.87	2.17	2.52
6	1.12	1.22	1.31	1.41	1.50	1.60	1.69	1.89	2.20	2.54
8	1.16	1.26	1.35	1.45	1.54	1.64	1.73	1.93	2.24	2.58
10	1.20	1.30	1.40	1.49	1.58	1.68	1.77	1.97	2.28	2.62
20	1.41	1.50	1.60	1.70	1.78	1.88	1.94	2.12	2.34	2.72
50	2.02	2.12	2.21	2.31	2.39	2.49	2.56	2.76	3.00	3.30
100	3.04									

EJEMPLO

DADO: Una carretera de tráfico normal
 con un 5% de vehículos pesados
 y un 10% de camiones 3-52.
 El tráfico es de 1000 autos por hora
 y entra a un tramo más lento
 en el cual la velocidad es de 30 mph.

SOLUCIÓN:
 (a) Costo adicional por pasajero = 6.75 dol.
 T = 6.75 dólares × 2.06
 = 13.91 dólares por 1000 vehículos.

Figura 4.2 Costos de transición entre tramos.

DADO: Volumen 400 veh/corriente
 Tipo de saturación 1000 veh/corriente
 Costo de tiempo de saturación 50 mg
 Velocidad de acceso = 30 mph
 Velocidad de acceso a la intersección 30 mph
 Costo de parada por vehículo 5%

SOLUCIÓN:
 A = 1000000 - 0.5
 B = 400000 - 0.6
 C = 1000000 - 0.5
 D = 400000 - 0.6
 E = 1000000 - 0.5
 F = 400000 - 0.6
 G = 1000000 - 0.5
 H = 400000 - 0.6

VELOCIDAD DE ACCESO (mph)	CAMIONES 3-52 DIESEL				CAMIONES 3-52 DIESEL			
	COSTO DEL TIEMPO	COSTO DEL TIEMPO	VELOCIDAD DE ACCESO (mph)	VELOCIDAD DE ACCESO (mph)	COSTO DEL TIEMPO	COSTO DEL TIEMPO	VELOCIDAD DE ACCESO (mph)	VELOCIDAD DE ACCESO (mph)
30	1.00	1.15	1.30	1.45	1.00	1.35	1.70	2.40
40	1.07	1.22	1.37	1.52	1.08	1.43	1.78	2.48
50	1.13	1.29	1.43	1.58	1.16	1.51	1.86	2.57
60	1.26	1.41	1.57	1.87	1.32	1.68	2.03	2.73
70	1.35	1.51	1.70	2.05	1.50	1.85	2.21	2.91
80	1.50	1.69	2.11	2.31	1.67	2.02	2.48	3.07
90	1.65	1.86	2.41	2.57	1.84	2.19	2.65	3.24
100	1.98	2.29	2.98	3.17	2.27	2.62	3.17	3.76

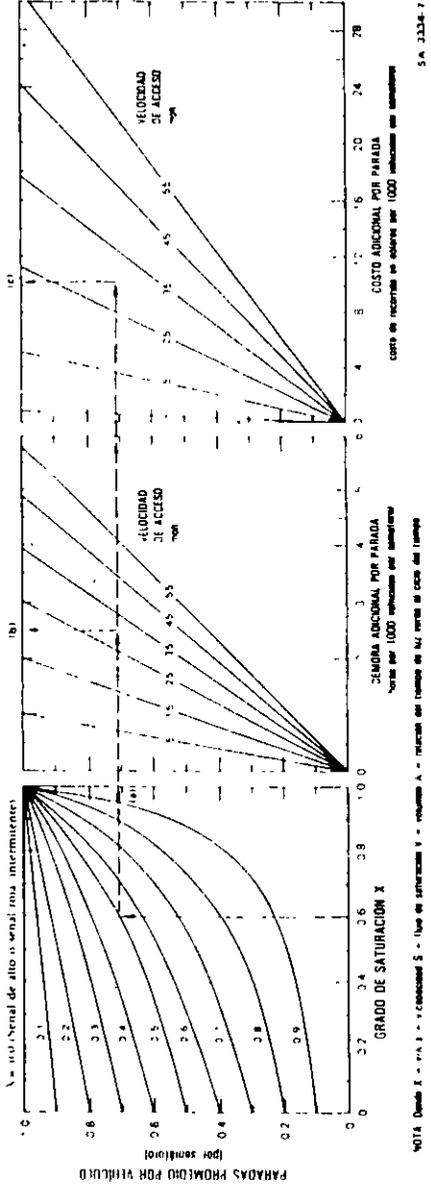


Figura 4.3 Costos debidos a paradas en las intersecciones (excluyendo la marcha en vacío).

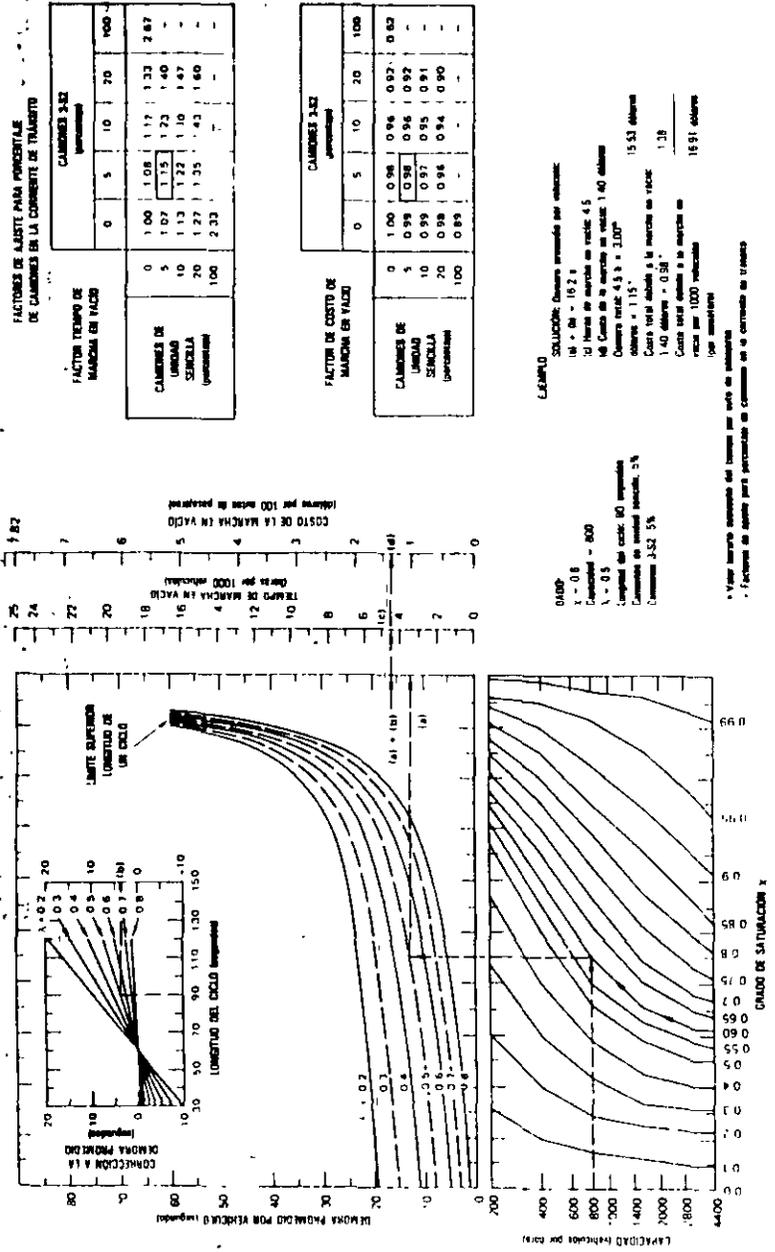


Figura 4.4 Costos debidos a marcha en vacío en las intersecciones.

3. **Capacidad c.** Cuando se emplea el Manual de Capacidad de Carreteras, la capacidad es el volumen de servicio de la rama de entrada a un factor de carga de 1.0. También, es igual al flujo de saturación por la relación del tiempo de luz verde y el tiempo del ciclo.
4. **Grado de saturación X.** Es la relación del volumen de tráfico aproximándose a la intersección (por lo general, en vehículos por hora) entre la capacidad de la intersección expresados en las mismas unidades.
5. **Velocidad de aproximación.** También llamada "velocidad de media cuadrada", esta es la velocidad promedio de recorrido a la cual la intersección con semáforo es abordada por la corriente de vehículos.

Los ejemplos que acompañan las figuras 4-3 y 4-4 ilustran su uso. Se proporcionan en el manual factores de ajuste para considerar los efectos de camiones de unidad sencilla y combinaciones.

Tránsito en un sentido y tránsito en dos sentidos

Los costos dados por los nomogramas para los usuarios de carreteras son para el tránsito en un sentido de la carretera. En el caso común, donde las mejoras afectan ambos lados del camino y la dirección del tráfico es balanceada en el curso de un día típico, los beneficios calculados a partir del análisis de un sentido deben multiplicarse por dos.

Consecuencias del tránsito inducido y del tránsito desviado

El análisis económico de carreteras deberá tomar en cuenta los cambios en el volumen del tránsito que son: 1) inducido por mejoras, es decir, viajes que no se hubieran hecho de no existir las mejoras, y 2) el tráfico desviado de otras rutas menos atractivas a los nuevos servicios públicos. Por lo tanto, se recomienda multiplicar la diferencia en los costos de los usuarios por el volumen de tránsito promedio con y sin las mejoras.

$$\text{Beneficios a los usuarios} = (U_0 - U_1) \left[\frac{(V_0 + V_1)}{2} \right] \quad (4-11)$$

donde

- U_0 = costo del usuario por unidad de tránsito (vehículos o viajes) sin las mejoras.
- U_1 = costo del usuario por unidad de tránsito con las mejoras
- V_0 = nivel de tránsito sin las mejoras.
- V_1 = nivel de tránsito con las mejoras, incluyendo cualquier cantidad de tránsito inducido o desviado (V_1 puede ser más grande que V_0).

NOTA: Donde X = grado de saturación; C = volumen de tránsito; V = volumen del tránsito en la dirección del tráfico; L = longitud del ciclo del tráfico.

TABLA 4.4 Datos del proyecto

Datos del tramo básico						
Alternativa	Tramo	Longitud (millas) ^a	Carriles (en un sentido)	Pendiente	Curvatura	Velocidad de proyecto (mph) ^a
0	ab	0.20	2	0%	8°	50
1	ab	0.16	2	0%	0°	60

^a 1 mi = 1.6093 km

como se muestra, o más pequeño, como cuando el tráfico es desviado a partir de un tramo a una instalación nueva que es paralela).

Para contabilizar apropiadamente los beneficios para el tránsito ya sea inducido o desviado, así como para el tránsito continuo, se aplica la ecuación a cada tramo en la red de carreteras que está sujeta a análisis y se suman todos estos resultados (6).

Procedimientos de actualización de costos

Se notará que los nomogramas que se muestran en las figuras 4-1, 4-2, 4-3 y 4-4, tienen como base los niveles de precios de enero de 1975. Se sugiere que los costos de los usuarios se revisen para actualizarlos por lo menos una vez cada dos años. La referencia 6 recomienda un procedimiento de actualización de costos que emplea multiplicadores basados en los índices disponibles de precios al consumidor y al mayoreo publicados por la U.S. Bureau of Labor Statistics. (Oficina de Estadísticas del Trabajo de Estados Unidos).

4-6 Ejemplo del cálculo del análisis económico de las carreteras
El siguiente ejemplo, tomado de la referencia 6, ilustra la aplicación de algunos de los datos y procedimientos presentados antes en este capítulo.

TABLA 4-5 Datos de tránsito

Opción	Tramo	Años estudiados	Período	Número de vehículos			Velocidad (millas/h)		
				Volumen en un sentido	Capacidad en un sentido	Relación %	Velocidad promedio de recorrido (millas/h) ^a	Tramo anterior	Siguiente tramo
0	ab	1	Típica hora	1 900	3 800	0.50	36	11	50
1	ab	1	Típica hora	2 000	3 800	0.53	41	11	50
0	ab	20	Típica hora	2 000	3 500	0.83	30	31	15
1	ab	20	Típica hora	3 000	3 500	0.86	31	31	15

^a 1 milla = 1.6093 km

Una dependencia encargada de una carretera multi-carril, está considerando la sustitución de una curva en forma de S por un tramo recto. Se estima que el costo total de la mejora, es de 2 000 000 de dólares y será cubierto al principio del proyecto. Se anticipa que una vez concluida la obra, los costos del mantenimiento anual se reducirán en 2 000 dólares ya que con la eliminación de la curva, los daños al pavimento y a la barrera de protección serán menores.

Actualmente la curva en S está formada por dos continuas de 8 grados, con alineamiento invertido de una con respecto a la otra. Como las curvas tienen el mismo grado de curvatura, pueden analizarse juntas; además puede suponerse que el tránsito es uniforme en todo el tramo de carretera afectado y, por lo tanto, el analista puede ver la mejora en términos del análisis de un solo tramo designado como *ab*. En el análisis de las dos curvas juntas, deberá suponerse que la velocidad promedio a lo largo de cada curva es la misma y que no existen cambios en la velocidad de los vehículos al pasar de una curva a la otra. Si no se pueden hacer tales suposiciones, deberán analizarse por separado para cada una de las curvas.

En la tabla 4-1 se resumen las características de la ruta existente (alternativa 0) y las de la ruta propuesta (alternativa 1). Nótese que la longitud del tramo *ab* incluye ambas curvas de 8 grados. Nótese también que después de la mejora, la velocidad proyecto para la sección recta es de 60 millas/h en vez de 50 millas/h que tenía el tramo curvo.

El analista calculó el tránsito con y sin la mejora propuesta para los años primero y vigésimo (los años de estudio) del período de análisis de 25 años. Se supone que las condiciones del nivel de servicio *F* no prevalecerán durante el período analizado, y que las variaciones del tránsito a diferentes horas son lo suficientemente pequeñas como para no tomar en cuenta las características de los niveles máximos. De aquí que el análisis puede llevarse a cabo esencialmente sobre una base del TPOA. Esto implica el uso de datos sobre el volumen de tránsito en horas típicas de día para cada uno de los años del período estudiado. En la tabla 4-5 se resumen los datos de tránsito, donde el volumen típico por hora se define como TPOA dividido entre 18 (el número de horas supuesto, con el fin de realizar el análisis, en un día). Nótese que se anticipa que un pequeño incremento en el tránsito es consecuencia de la mejora propuesta.

Nótese también que la capacidad en el año 20 es un poco menor que en el primero. Esto es el reflejo del deterioro normal del camino con el paso de los años.

Hay tan pocos camiones en la corriente de tránsito que ésta se considera formada totalmente por automóviles de pasajeros; de otra forma, el porcentaje de camiones por tipo deberá indicarse en la tabla 4-5.

La velocidad de recorrido promedio (determinada en la figura 4-1 como una función de *ab*) también está anotada en la tabla 4-5. Como la velocidad en el tramo que se analiza va a cambiar como resultado de la mejora, los costos

de transición entre los tramos, también cambiarán; la velocidad en las secciones anterior y posterior deberá especificarse (como en la tabla 4-5).

Cálculo de los costos de los usuarios

Los datos del tránsito y de las instalaciones permiten efectuar el cálculo de los costos de los usuarios en las rutas existente y propuesta, como se muestra en la tabla 4-6. Los costos unitarios de los usuarios (*CC*) se calculan a partir de la ecuación (4-9) utilizando los costos básicos del tramo (*B*), la longitud del tramo (*L*) y el costo de transición (*T*). En este ejemplo no se necesita calcular el costo de los retrasos en las intersecciones, y tampoco se han considerado aquí los costos inducidos por accidentes, pero si las tasas de accidentes fuesen conocidas y se previera una reducción sensible como el resultado de esta mejora, el costo unitario de los mismos se hubiera agregado a *B* antes de multiplicar por *L*. Los valores de *B* y *T* fueron tomados de las ecuaciones (4-1) y (4-2), empleando los datos del tránsito y de las instalaciones dados en las tablas 4-4 y 4-5. Se ha supuesto un valor unitario del tiempo de 3 dólares por hora por vehículo.

La determinación de *B* y *T* para la ruta existente (alternativa 0) en el año uno se describe a continuación. En la gráfica inferior izquierda (velocidad-flejo) de la figura 4-1 con una relación *v/c* de 0.50, y una velocidad de diseño de 50 millas/h se obtiene una velocidad de recorrido promedio de aproximadamente 36 millas/h y un tiempo de viaje correspondiente de 27.8 horas por cada millas-vehículo. El costo de recorrido en tangente a 36 millas/h en una pendiente a nivel (0 por ciento) es aproximadamente de 71 dólares por cada mil millas-vehículo (KVM). El costo adicional por curvatura de 8 grados (figura 4-1) es aproximadamente de 20 dólares por KVM. El costo adicional debido a los cambios de velocidad para la relación *v/c* de 0.50 es aproximadamente de 3 dólares por KVM. Por lo tanto, el costo total de recorrido por KVM en la ruta existente es de alrededor de 94 dólares (71 + 20 + 3). Al agregar a esto el valor de tiempo total de aproximadamente 83.40 dólares (27.8 × 3 dólares por hora) por KVM se obtiene un costo unitario básico del tramo (*B*) para la ruta existente en el año uno de 177.40 dólares por KVM.

Tabla 4.6 Cálculo de CC

Alternativa	Tramo	Año	Periodo	$(B \times L)^a$	+ T =	CC por K V ^b en un sentido
0	ab	1	Hora típica	177.4 × 0.2	3.5	\$38.98
1	ab	1	Hora típica	148.7 × 0.16	1.7	\$25.49
0	ab	20	Hora típica	186.90 × 0.2	3.0	\$40.38
1	ab	20	Hora típica	165.00 × 0.16	2.0	\$28.40

^a B y T están dadas en dólares; L en millas, 1 m = 1,6093 km
^b KV = miles de vehículos

Si en la gráfica de la figura 4-2 se considera una velocidad de 41 millas/h en el tramo anterior y 36 millas/h en el tramo que se está analizando se admite que el costo de transición adicional en un sentido es aproximadamente de 1.00 dólar por cada mil vehículos (KV). En forma similar, para la transición del tramo bajo análisis al siguiente, con una velocidad de 50 mph, el costo de transición, según la figura 4-2, es aproximadamente de 2.50 dólares por KV. El costo total de transición de un tramo en un solo sentido es en estos términos de 3.50 dólares por KV.

Un uso similar de las figuras 4-1 y 4-2 aplicado a la ruta propuesta en el primer año y a ambas rutas, la existente y la propuesta, en el año 20 da los correspondientes valores para *B* y *T*. La ausencia de curvas en la opción 1, produce la máxima reducción de los valores de *B* relativos a la opción 0, en tanto que la reducción en la magnitud de los cambios de velocidad entre los tramos reduce los valores de *T* para la alternativa 1 con respecto a la alternativa 0. En la tabla 4-6, multiplicando los costos básicos del tramo (*B*) por la longitud de éste (*L*) y agregando los costos de transición de los tramos se obtienen los costos de los usuarios (*CC*) de las posibilidades en un sentido por KV.

Cálculo de los beneficios de los usuarios

Los beneficios en los años representativos, primero y vigésimo, pueden calcularse a partir del costo del usuario estimado arriba (*CC*), aplicando la ecuación (4-11), como se muestra en la tabla 4-7.

Cálculo de los valores presentes y de las medidas económicas convenientes

Si se supone que los beneficios crecen a una tasa anual constante, pueden convertirse los beneficios en los dos años representativos en una estimación del valor presente de todos los beneficios mediante la aplicación de las ecuaciones (4-4) y (4-5). Utilizando la relación α de beneficios en el año 20 con respecto a los del año 1o ($232\ 190/172\ 827 = 1.34$), se obtiene la tasa de crecimiento del valor anual, $r = \ln(\alpha)/19 = 0.0155$. Con la ecuación (4-4) y para un período de análisis supuesto de 25 años y una tasa de descuento del 4 por ciento, se obtiene un factor de valor presente PW_g de

TABLA 4.7 Cálculo de los beneficios de los usuarios ^a

Tramo	Año	Periodo	Días por año ×	Horas por día en el período ×	$(C_0 - C_1) \times (V_0 + V_1)/2$	Beneficio anual por sentido (dólares)
ab	1	Hora típica	365	18	(38.98 - 25.49) × (1.0 + 2.0)/2	172.827
ab	20	Hora típica	365	18	(40.38 - 28.40) × (2.0 + 3.0)/2	232.190

^a Los costos unitarios de los usuarios (*CC*) están expresados en unidades de dólares por cada mil vehículos y los volúmenes de tránsito (*V*) están expresados en unidades de miles de vehículos.

aproximadamente 18.7. El valor presente de los beneficios es entonces PW_g \times beneficios del primer año, es decir:

$$18.7 \times 172\,827 = 3\,231\,865$$

Como la mejora afecta al tránsito simétricamente en ambas direcciones, este beneficio estimado para un sentido puede multiplicarse por dos para obtener el valor presente total de los beneficios del proyecto, 6.46 millones de dólares.

Un análisis completo del proyecto, también requiere la conversión a valores actuales del costo del proyecto y partidas relacionadas. Los costos del proyecto incluyen el costo de capital de construcción y el cambio en los gastos de mantenimiento que se realizan en el tramo como resultado de la mejora. También, es necesario hacer un ajuste al valor presente del valor residual o sobrante del proyecto al término del período de análisis de 25 años. Conforme se hizo notar, se considera que se incurre en el costo de construcción total de 2 millones de dólares al inicio del proyecto y, por lo tanto, tiene un valor presente de 2 millones de dólares. También se hizo notar, que se ha previsto que los costos anuales de mantenimiento son de 2 000 dólares menos después de la mejora. Se estimó que el proyecto tiene un valor residual aproximado de 500 000 dólares en el 25o. año del proyecto. Utilizando nuevamente una tasa de descuento del 4 por ciento, se convierte el flujo de ahorro anual en el mantenimiento al valor presente, usando el factor serie de valor actual apropiado de la tabla 4-3. También en esta tabla se calcula el valor presente del valor residual al cabo de 25 años. En la tabla 4-8 se resume la conversión al valor presente de los costos relacionados con todo el proyecto.

El valor presente neto del proyecto está dado por la diferencia entre el valor presente de los beneficios y el valor presente de los costos:

$$\begin{aligned} \text{Valor presente neto} &= \text{valor presente de los beneficios} - \text{valor presente} \\ &\quad \text{de los costos (dólares)} \\ &= 6\,463\,730 - 1\,718\,198 \\ &= 4\,745\,532 \end{aligned}$$

El valor presente neto de 4 745 532 dólares indica que el proyecto es económicamente conveniente. Conforme a la ecuación (4.6), la relación beneficio costo es:

$$6\,463\,730 \div (2\,000\,000 - 31\,244 - 187\,558) = 3.62$$

Como la relación beneficio-costo es mayor que el 1.0, el proyecto es conveniente desde el punto de vista económico. Sin embargo, si hay restricciones en el presupuesto, el responsable de la decisión deberá evaluar otros proyectos o diseños alternativos para determinar su atractivo económico relativo

Tabla 4.8 Cálculo del valor actual de los costos relacionados con el proyecto

Partida	Valor presente (dólares)
Costos de construcción (dólares)	2 000 000
Cambios en los gastos de mantenimiento anual (dólares)	$- 2\,000 \times 15.62 = - 31\,244^a$
Valores residual en 25 años (dólares)	$- 500\,000 \times 0.375 = - 187\,558^a$
Valores presente de todos los "costos"	1 781 198

^a Como han disminuido los incrementos de los costos de mantenimiento y como el valor residual es una cantidad positiva, se han expresado estas cantidades como "costos" negativos.

vo antes de tomar una decisión para poner en práctica el proyecto. En cualquier caso, el responsable de la decisión deberá investigar también todos los efectos del proyecto de cualquier comunidad importante, incluyendo los beneficios no costeados o los costos, como la contaminación por ruido o la del aire que antes de tomar la decisión final.

4-7 Costos y beneficios del tránsito de autobuses en caminos mejorados

En los análisis que consideran el tránsito de autobuses, los beneficios de los usuarios deben incluir tanto las reducciones en los costos de los usuarios de las carreteras (como se explicó previamente) como las reducciones en los costos de los usuarios de los autobuses. Estos últimos se forman de los costos de tiempo (en los que se incluyen el tiempo de viaje en el vehículo, el tiempo de espera, el de caminar y el de transferencias) y los costos en efectivo del usuario, como son las tarifas del autobús y los costos que implica transportarse hacia y desde la parada del autobús. Se recomienda que se diferencien los costos de tiempo gastado en el vehículo en tránsito y los del tiempo gastado fuera del vehículo. La referencia 6 recomienda que los costos asignados a caminar, esperar y a la transferencia sean de 1.5 a 2.0 veces los costos del viaje en el vehículo en tránsito.

El cambio en los costos del sistema de tránsito de autobuses es la diferencia en la operación del sistema antes y después de la mejora observando cualquier cambio en los ingresos que se perciben por medio de las tarifas de tránsito. Si el cambio en los impuestos sobre las tarifas no se toma en cuenta para calcular el costo, puede pensarse que una reducción en las tarifas equivale a renunciar a un beneficio neto, aunque, en realidad, los beneficios de los usuarios compensan las pérdidas en los impuestos a las compañías de autobuses (6).

Las investigaciones han mostrado que el costo anual de operación de un sistema de autobuses está en función casi directa a las variables siguientes

tes: 1) millas recorridas anualmente por los autobuses en el sistema de autobuses, 2) tamaño del autobús, 3) salarios del conductor del autobús y 4) velocidad de servicio promedio. Anderson y colaboradores (6) obtuvieron una ecuación empírica por medio de la cual pueden estimarse los costos anuales de operación de los autobuses.

El valor presente de los beneficios a los usuarios por las mejoras al tránsito de autobuses debe compararse con el valor presente de los cambios en los costos del sistema de autobuses. Los beneficios del usuario deben exceder a los cambios en los costos del sistema (expresados ambos en sus valores presente) si se busca que el proyecto sea económicamente viable.

En esta obra sólo se presenta un esbozo del análisis económico relativo al tránsito de autobuses. Para obtener mayor información sobre esta materia, el lector deberá consultar la referencia 6.

CONSECUENCIAS SOCIALES Y AMBIENTALES DE LAS CARRETERAS

En años recientes, se ha incrementado la conciencia pública sobre el impacto que tienen las carreteras y otros proyectos públicos sobre el medio ambiente. En respuesta a esta inquietud el Congreso de Estados Unidos ha aprobado algunas leyes que introdujeron cambios fundamentales en el proceso de evaluación de las carreteras. En lo que resta del presente capítulo, se examinarán estas leyes junto con ciertos procedimientos y técnicas que se emplean para evaluar los impactos sociales y ambientales de las carreteras. En términos generales, es obligatorio seguir las guías de evaluación que se mencionan en este capítulo en los proyectos de las mejoras a las carreteras de ayuda federal, pero normalmente, se prescinde de ellas en los proyectos que se construyen con fondos locales o estatales.

4-8 Legislación sobre el ambiente

Las acciones legislativas de mayor trascendencia con respecto a la evaluación de las consecuencias sociales y ambientales de las carreteras, quedaron plasmadas en la ley del *Department of Transportation* de 1966, la *National Environmental Policy Act* de 1969 (ley sobre el medio ambiente), la *Clean Air Act* de 1963 (ley del aire limpio), (y las leyes subsecuentes que tratan sobre la contaminación del aire), la *Uniform Relocation Assistance and Real Property Acquisitions Policies Act* de 1970, (ley de ayuda para la reubicación uniforme y las políticas de adquisición de inmuebles y la *Federal Aid Highway Act* de 1970, (ley de carreteras de ayuda federal).

En la ley del *Department of Transportation* (Oficina de Transporte) del 16 de octubre de 1966 — conservación de la belleza natural del campo se elevó a política nacional, declarando que deben realizarse esfuerzos especiales en ese sentido. La sección 4 (f) de esta ley establece que la Secretaría del Transporte no aprobará ningún programa o proyecto que afecte los terrenos de un parque público, las áreas de recreación, los refugios de fauna silvestre

y aves acuáticas, o los sitios históricos, a menos de que no exista una alternativa viable y prudente para emplear otro terreno. Además, exige que los programas de transporte que utilicen terrenos de tales áreas incluyan todos los planes posibles para minimizar el daño ambiental.

En 1969, en la *Ley National Environmental Policy* se declaró política nacional el uso, por parte del Gobierno Federal de todos los medios y medidas prácticos "para crear y mantener condiciones en las que el hombre y la naturaleza puedan coexistir en armonía productiva". Con objeto de desarrollar las guías para las dependencias afectadas por la ley, se estableció en la oficina ejecutiva del presidente un consejo sobre Calidad del Medio Ambiente compuesto por tres miembros. A continuación se cita la sección 102 de la ley, en la que se establecen los requerimientos que debe cubrir el informe del impacto ambiental

Sección 102: El congreso autoriza y ordena que en la mayor medida posible: 1) las políticas, reglamentos y leyes publicadas de Estados Unidos se interpreten y administren de acuerdo con las políticas declaradas en esta ley, y 2) todas las dependencias del Gobierno Federal deberán:

(A) utilizar un enfoque sistemático interdisciplinario para asegurar el uso conjunto de las artes del diseño ambiental y de las ciencias naturales y sociales en la planeación y en las decisiones que pueden afectar el medio ambiente del hombre.

(B) identificar y desarrollar métodos y procedimientos, aprobados por el Consejo sobre Calidad del Medio Ambiente establecido por el título II de esta ley, el cual verificará que las bellezas y valores ambientales, actualmente no cuantificables, se tomen en cuenta antes de tomar decisiones que sólo consideren los factores técnicos y económicos.

(C) incluir en cada recomendación o informe elaborados con propósitos legislativos y en otras acciones federales trascendentes que afecten de manera importante la calidad del medio ambiente, una exposición detallada por el funcionario responsable que considere:

- i el impacto ambiental de la acción propuesta.
- ii los efectos ambientales adversos que no podrían evitarse en caso de ejecutar la acción propuesta.
- iii las alternativas a la acción propuesta.
- iv la relación entre el uso a corto plazo del medio ambiente local del hombre, y el mantenimiento e intensificación de la productividad a largo plazo.
- v el empleo irreversible de recursos no recuperables en la ejecución de la acción propuesta.

La ley *Clean Air* de 1963 alento la implantación de vastos programas tanto locales como estatales, para controlar la contaminación del aire. En dicha ley se previó también el desarrollo de normas mínimas de pureza del

aje. En 1965, el Congreso aprobó la ley de Control de Vehículos de Motor con la cual se inició el control sobre los fabricantes de vehículos de motor, exigiéndoles la instalación de dispositivos para el control de la contaminación del aire en todos los vehículos nuevos. A partir de entonces se han emitido otras leyes que aumentaron la responsabilidad de las dependencias estatales y federales en el control de la contaminación del aire.

En 1970, el Congreso aprobó la *Uniform Relocation Assistance and Real Property Acquisitions Policies Act* (Ley de Políticas de Adquisición de Propiedad y de Ayuda para la Reubicación Uniforme) en un esfuerzo para establecer un tratamiento uniforme para todas las personas afectadas por los proyectos públicos financiados con fondos federales. La ley establece políticas y procedimientos estándar para determinar una compensación justa, negociar con los propietarios, tomar posesión de la propiedad y, cuando sea necesario, entablar juicios.

Como se indicó en el capítulo 1, en la ley de carreteras de ayuda federal de 1970 se ordena a la Secretaría del Transporte que publique las guías diseñadas para asegurar que se consideren apropiadamente los posibles efectos adversos, económicos, sociales y ambientales durante la planeación y desarrollo de los proyectos de carreteras de ayuda federal.

4-9 Políticas sobre el ambiente para carreteras federales

Como un medio para observar las diferentes leyes relacionadas con el ambiente, la FHWA ha promulgado reglamentos (14, 15) FHWA que especificar el proceso por el cual las dependencias de carreteras planifican y elaboran proyectos en cualquier sistema de carreteras de ayuda federal.

La política de la FHWA es, hasta donde sea posible, coordinar todas las investigaciones, estudios y consultas sobre el ambiente en un solo proceso. La dependencia pretende, además, que las decisiones sobre acciones propuestas se basen en una consideración balanceada de la necesidad de transporte seguro y eficiente y en objetivos nacionales, estatales y locales para proteger y magnificar el ambiente, conservar energía y revitalizar las áreas urbanas.

Otros aspectos de la política ambiental de la FHWA incluyen:

1. Participación del público en el proceso de planificación.
2. Aplicación de un enfoque interdisciplinario sistemático en el proceso de avance de la planificación.
3. Incorporación de medidas para mitigar los impactos adversos de los proyectos propuestos.

4-10 Documentación necesaria para los análisis con respecto al ambiente

La *Federal Highway Administration* define tres clases de acciones que prescriban el nivel de documentación necesaria en el proceso de planificación ambiental (14):

1. *Acciones de Clase I*. Requieren la preparación de una declaración sobre las repercusiones en el ambiente (*environmental impact statement*, EIS). Los ejemplos de proyectos de la clase I incluyen los caminos de acceso controlado; los proyectos con cuatro o más carriles en una nueva localidad y los proyectos principales cuya construcción requiera una gran cantidad de demolición, gran desplazamiento de personas o negocios o trastornos de los patrones del tránsito local.
2. *Acciones de Clase II* (exclusiones categóricas) que no requieren una declaración sobre las consecuencias en el ambiente o una evaluación con respecto al ambiente. Tales proyectos incluyen estudios de planificación y técnicos que no financien la construcción de instalaciones; la construcción de carriles para bicicleta y peatones, veredas e instalaciones; y la reconstrucción de la estructura de puentes existentes esencialmente con la misma alineación o en el mismo lugar.
3. *Acciones de Clase III*, en las que no se establece claramente el significado del impacto. Tales acciones requieren la preparación de una evaluación ambiental (*environmental assessment*, EA) que describa concisamente el efecto sobre el ambiente del trabajo propuesto y sus opciones o posibilidades. Esta evaluación sirve como base para decidir la naturaleza de análisis y documentación posteriores sobre el ambiente. Si la FHWA determina que un proyecto propuesto no tendrá un impacto significativo en el ambiente, se prepara una declaración con ese propósito. Este documento, llamado comprobación de que no hay repercusiones significativas, debe estar disponible a solicitud del público.

4-11 Declaraciones sobre las consecuencias en el ambiente

Debe prepararse una declaración para todas las acciones federales que tengan un "impacto significativo" en el ambiente. Para los proyectos de carreteras con apoyo federal, la FHWA determina la necesidad de un EIS basándose en estudios preliminares sobre el ambiente o cuando el análisis de la evaluación ambiental y los comentarios recibidos indican que los impactos esperados pueden ser significativos.

La declaración sobre el impacto en el ambiente es un informe escrito que contiene una evaluación de los efectos significativos previstos que la acción propuesta puede tener en la calidad del ambiente. El objetivo del EIS es asegurar que se dé atención cuidadosa a los aspectos ambientales y que tales aspectos se tomen en cuenta en la decisión de la dependencia de carreteras. En la tabla 1-9 se esboza el contenido de una declaración sobre las consecuencias en el ambiente.

Las declaraciones sobre el impacto en el ambiente se procesan en dos etapas. La dependencia de carreteras prepara y da a conocer un borrador de la declaración en una forma especial para las dependencias públicas, los grupos de particulares y personas para que la analicen y hagan comenta-

TABLA 4.9 Contenido de una declaración sobre Impacto ambiental

1. Descripción de la acción propuesta y alternativas consideradas.
1.1 Localización; tipo y longitud de la carretera, terminales, números de carriles, ancho del derecho de vía.
1.2 Otras características del proyecto, tales como el alineamiento horizontal y vertical, estructuras, etc.
1.3 Deficiencias en los medios existentes, beneficios anticipados
2. Planeación sobre el uso del suelo.
2.1 Descripción del proceso de planeación para el área.
3. Probable impacto de la acción propuesta sobre el ambiente
3.1 Impactos sobre recursos naturales, ecológicas y estéticas.
3.2 Reubicación de individuos y familias
3.3 Impacto social
3.4 Impacto sobre la calidad del aire.
3.5 Impacto del ruido.
3.6 Impacto sobre la calidad del agua.
3.7 Impacto de la construcción.
4. Alternativas a la acción propuesta.
5. Probables efectos ambientales adversos que no puedan ser evitados
6. Relación entre el uso del medio ambiente del hombre a corto plazo y el mantenimiento e intensificación de la productividad a largo plazo
7. Recursos irreversibles e irrecuperables comprometidos
8. Impacto sobre las propiedades y sitios de significancia histórica y cultural
9. Resumen de coordinación, público y minorías involucradas.

rios. Después de recibir comentarios y recomendaciones sobre el borrador de EIS y de hacer las modificaciones apropiadas, la dependencia somete, para su revisión y aprobación, una EIS final a las oficinas regionales o a las centrales con Washington de la FHWA.

La sección 4(f) de la *Department of Transportation Act* requiere un informe de la sección 4(f). El informe se relaciona con el uso propuesto de terrenos de propiedad pública de un parque, un área recreativa o un refugio para la vida silvestre. Con objeto de que por tales terrenos se traten carreteras, la declaración 4(f) debe establecer que

1. No hay otra posibilidad factible y prudente al uso de tal terreno.
2. El programa propuesto incluye toda la planificación posible para reducir el daño al terreno, en lo que toca a la situación 4(f) que resulte de tal uso.

En la planificación y realización de proyectos de carretera complejos, la FHWA fomenta la preparación de informes sobre el impacto en el ambiente por niveles. El primer nivel se centra en aspectos amplios, como la elección del modo, la ubicación general y la calidad del aire de toda la zona

y las secuelas en el uso del suelo al modificar las opciones de transporte. El segundo nivel es específico del sitio y describe detalladamente las consecuencias del proyecto, así como las medidas para mitigar los efectos perjudiciales.

4-12 Coordinación y participación del público

Las dependencias estatales de carreteras de EE.UU. celebran audiencias públicas para brindar a las personas interesadas la oportunidad de participar en el proceso de determinar la necesidad de una carretera y su ubicación. Para las carreteras de ayuda federal, normalmente se necesitan una o más audiencias públicas para los proyectos propuestos:

1. Si se requieren cantidades importantes de derechos de vía.
2. Si hay un cambio importante en la red de los caminos que conecta o no el proyecto.
3. Si hay efectos adversos en la propiedad limítrofe.
4. Si la propiedad tiene repercusiones sociales, económicas o ambientales significativas desde otros puntos de vista.

En estas audiencias, un representante de la dependencia estatal de carreteras explica el objetivo y la necesidad del proyecto, sus principales características de diseño, las consecuencias sociales, económicas y ambientales y las medidas planeadas para mitigar tales efectos. La dependencia también debe aceptar declaraciones orales y escritas del público y consultar con los ciudadanos en las diferentes etapas de los proyectos con apoyo federal.

En las etapas iniciales de la construcción de todos los proyectos importantes de carreteras de ayuda federal, la oficina u organismo estatal de carreteras responsable deberá notificar el proyecto y planes disponibles al centro de información estatal o del área metropolitana. Después, el centro de información da a conocer el proyecto a otros organismos interesados y solicita sus comentarios sobre el trabajo propuesto. Este mismo proceso se utiliza para los programas anuales que proponen proyectos futuros. El proceso de coordinación es conocido como la "notificación A-95", llamada así por la circular de la *U.S. Office of Management and Budget* en que se exigía. Actualmente se llama *Intergovernmental Review of Federal Programs* (Revisión Intergubernamental de Programas Federales). Varios organismos federales han publicado otras reglas en el *Federal Register* en cumplimiento de la orden ejecutiva 12372 (16).

CONTROL DEL RUIDO EN LAS CARRETERAS

En las secciones siguientes, se analizan los impactos ambientales comunes de las carreteras. El primer impacto que se percibe es quizá el más difícil

de controlar el ruido en las carreteras. Primero, se explicarán las características y medición del ruido y después se examinarán algunos programas para reducir los niveles de ruido y para suavizar sus efectos dañinos.

4-13 Características y medidas del ruido

Se define el ruido como un sonido excesivo o indeseable. Es indeseable por que molesta, interfiere con la conversación, interrumpe el sueño, y llega al extremo de ser un peligro para la salud pública. El sonido ya sea estrepitoso o inaudible, es producido por vibraciones en el aire, agua, u otras sustancias. Cuando un objeto vibra, produce variaciones rápidas de pequeña escala en la presión atmosférica normal. Esta alteración se propaga a partir de la fuente, según un patrón esférico repetitivo a una velocidad (en el aire) de aproximadamente 1,100 pies/seg. (340 m/seg). Puede ser reflejado, absorbido parcialmente o atenuado antes de que llegue al tímpano para producir la sensación de sonido.

El ruido se caracteriza por su *nivel de sonido*, su espectro de frecuencia, y su variación a través del tiempo. El término nivel de sonido se refiere a una medida física que corresponde a la concepción subjetiva del volumen por parte de los oyentes. Es una función de la magnitud de las fluctuaciones de la presión sobre la presión barométrica del aire en el ambiente. Se puede hacer referencia a la fuerza de estas fluctuaciones en términos de diferentes variables, las más comunes son la *intensidad de sonido* y la *presión del sonido*.

La intensidad del sonido (también llamada densidad de potencia del sonido) es la cantidad media de energía de sonido transmitida a través de una unidad de área perpendicular a la dirección de propagación del sonido, medida normalmente en picowatts (10^{-12} watts) por metro cuadrado. El oído humano puede detectar sonidos de intensidades tan bajas como picowatt y tolerar intensidades tan altas como 10^{13} picowatts. Debido a las dificultades de tratar con tan amplio rango de números, se utiliza una medida logarítmica llamada decibel (dB) la cual se utiliza para describir el nivel del sonido. La intensidad del sonido, expresada en dB es.

$$\text{Intensidad del sonido} = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (4-12)$$

donde

- I = intensidad del sonido (picowatts/m²)
- I_0 = 1 picowatt/m², intensidad de referencia estándar que representa aproximadamente la más baja intensidad de sonido audible

En virtud de que no existe un instrumento para medir directamente el nivel de potencia de una fuente, se utiliza la presión del sonido para medir la magnitud de las alteraciones en el nivel; en condiciones normales la pre-

sión es proporcional a la raíz cuadrada de la potencia del sonido. La presión del sonido expresada en decibeles, se calcula como sigue:

$$\begin{aligned} \text{presión del sonido} &= 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \\ &= 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (4-13) \end{aligned}$$

donde

- P = media cuadrática de la presión del sonido, expresada normalmente en newtons/m²
- P_0 = 20 micro-newtons/m² ó 0.0002 dinas/m², una referencia estándar de la presión correspondiente al sonido audible más débil.

El nivel de sonido se mide con un medidor de nivel de sonido el cual consta de un micrófono (el cual convierte el patrón de las fluctuaciones de la presión del sonido en una forma similar al voltaje eléctrico), amplificadores y un voltímetro que está calibrado normalmente para leerse en decibeles. En la práctica, la escala en decibeles parte de cero, que representa el umbral del sentido auditivo, hasta 140 dB, que es el punto donde principia el dolor. Por cada incremento de 10 dB, se duplica el volumen aparente del sonido.

El volumen aparente de un sonido depende también de la *frecuencia* del sonido. La frecuencia es la tasa de ocurrencia de las fluctuaciones de la presión del sonido, expresada por lo común, en ciclos por segundo o hertz (Hz). La frecuencia determina el tono del sonido, a mayor frecuencia corresponde un tono más elevado. El oído humano normal puede escuchar sonidos con frecuencias de 20 a 20 000 Hz, pero es más sensible a los sonidos que se encuentran entre la frecuencia media y la alta.

La mayoría de los ruidos se forman de una mezcla de componentes con frecuencias diferentes, el sonido de un tractor/remolque de diesel que circula a gran velocidad en una carretera, combina el tono alto del zumbido de las llantas y el estruendo de tono bajo del motor y escape, los cuales puede distinguir fácilmente el oído. Por otro lado, una flauta tocada suavemente, produce un tono casi puro que contiene una sola frecuencia prominente. La forma en que los componentes de un ruido se distribuyen en la frecuencia, influye en el juicio subjetivo de "calidad" que hacen nuestros oídos (17).

Se han utilizado una gran cantidad de escalas para expresar los niveles de ruido. Una de las técnicas más sencillas y más directas de medición del ruido, consiste en medir el *nivel de presión total del sonido* que está relacionada a la energía total del sonido en el rango de frecuencia audible. No obs-

tanje, la respuesta del oyente al ruido no depende del nivel total de presión del sonido no ponderado. Como se indicó en un principio, el oído humano es por lo general más sensible a los sonidos de frecuencia relativamente alta.

El nivel de sonido ponderado *A* fue ideado para representar mejor la respuesta subjetiva de las personas frente al sonido. En la red de filtro ponderado *A* se eliminan las frecuencias más bajas en forma similar al oído humano. El nivel de sonido ponderado *A*, medido en decibeles (dBA), es la escala aceptada para medir los ruidos del transporte por carretera.

El grado de molestia que siente una persona a causa del ruido depende en gran medida de la duración de éste. La molestia temporal se origina por el intervalo que dura un ruido por su carácter repetitivo y por el tiempo de ocurrencia. Evidentemente, cuanto más dure un ruido y más frecuentemente se repita, mayor es la interrupción de la actividad humana y más clara la molestia.

Un factor que da una buena idea tanto de la magnitud como el patrón de fluctuación del ruido es el nivel del percentil 10, L_{10} , es decir, el nivel de ruido que excede al 10 por ciento del tiempo (18). Tomando como referencia la figura 4-5, el nivel de ruido L_{10} es el valor para el cual la suma de los deltas es igual al 10 por ciento del tiempo total considerado, T_T .

Por razones obvias, el ruido tiende a ser más molesto durante las horas de la tarde y de la noche que durante el día. La necesidad de silencio es mayor durante las horas de sueño y durante los periodos en que hay menos

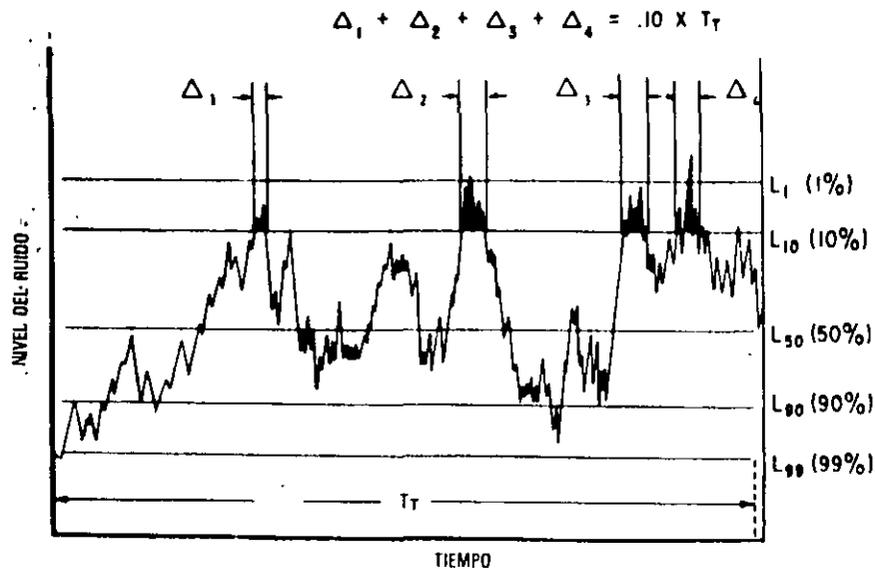


FIGURA 4-5 Medidas estadísticas del ruido. (Cortesía de American Association of State Highway and Transportation Officials)

ruido de otras fuentes, los ruidos débiles del tránsito tienden a ser más molestos que los de volumen más alto de las horas diurnas.

4-14 Estudios y especificaciones del ruido

La AASHTO (19) recomienda que se hagan estudios de ruido durante la etapa de ubicación de los trazos alternativos que se consideran en los proyectos de carreteras. Una de las primeras medidas que debe considerar un proyecto, es la determinación de los usos presente y futuro de los terrenos adyacentes a la carretera y la identificación de áreas sensibles al ruido.

Las mediciones de campo, utilizando tiempos y localizaciones representativas, permiten conocer los niveles de ruido, y éstos tienen una utilidad especial en las áreas y horas potencialmente sensibles al ruido. Existe una gran variedad de equipo con diferentes niveles de sofisticación y no todas las dependencias dedican el mismo esfuerzo a los estudios sobre el ruido. En la referencia 19 se dan los procedimientos detallados para efectuar estas medidas.

La predicción de los niveles futuros de ruido es una tarea compleja en la cual deben considerarse los efectos de un gran número de parámetros, como son: el volumen y la composición del tránsito, aceleraciones y velocidades, la pendiente de los caminos, la topografía, la existencia y clase de barreras, y la distancia entre la carretera y el área afectada. En las referencias 19 y 20 se dan algunas guías para la predicción de los niveles futuros de ruido.

La AASHTO (18) ha establecido las especificaciones para evaluar el impacto del ruido que produce una carretera sobre la utilización o actividades en los terrenos próximos. Las especificaciones proporcionan un criterio para la elección de medidas apropiadas que atenúen el ruido. Los siguientes niveles de ruido L_{10} exterior se recomiendan para los usos y actividades indicados de los terrenos:

Categoría	Descripción	Nivel de ruido
A	Terrenos en los cuales la serenidad y quietud son de extraordinario significado, la conservación de estas cualidades es esencial si el área continuara al servicio del objetivo propuesto.	60 dBA (exterior)
B	Áreas para días de campo, zonas recreativas, campos de juego, áreas de deportes activos, parques, residencias, moteles, hoteles, escuelas, iglesias, bibliotecas y hospitales.	70 dBA (exterior)
C	Terrenos urbanizados, propiedades o actividades no incluidas en las categorías A y B anteriores.	75 dBA (exterior)
D	Terrenos sin urbanizar.	—
E	Residencias, moteles, hoteles, salas de reuniones públicas, escuelas, iglesias, bibliotecas, hospitales y auditorios.	55 dBA (interior)

Las condiciones fuera de lo común pueden requerir de análisis especiales que conduzcan a adoptar en los proyectos niveles de ruido diferentes a los indicados antes.

4-15 Atenuación del ruido

Los ingenieros de carreteras pueden reducir el impacto del ruido de las carreteras sobre las actividades humanas de tres formas:

1. Disponiendo una zona de amortiguamiento entre la carretera y las actividades en los terrenos adyacentes.
2. Modificando el alineamiento horizontal o vertical de la carretera.
3. Proporcionando una protección contra el ruido.

El ruido tiende a esparcirse uniformemente conforme se aleja del origen y el nivel del sonido decrece más o menos a una razón de 6 dB cada vez que se duplica la distancia. Por lo tanto, disponer de una zona amortiguadora entre la carretera y los usuarios de los terrenos adyacentes constituye una forma eficaz para atenuar el ruido. La adquisición de una franja adicional de derecho de vía puede resultar costosa y no justificarse solamente con el propósito de atenuar el ruido. No obstante, dichas áreas sirven para otros propósitos, como calzadas para bicicletas, banquetas peatonales, zonas de seguridad vial para recuperarse de las fallas mecánicas, etc.

Los proyectistas pueden reducir considerablemente el impacto del ruido de las nuevas carreteras orientando el trazo de modo que evite las áreas sensibles al ruido. Se pueden disminuir los niveles del ruido a lo largo de las áreas adyacentes disponiendo carriles independientes para cada sentido de tránsito, y aprovechando las particularidades naturales que permitan atenuar el ruido (18). El mismo efecto puede obtenerse modificando la altura hacia arriba o hacia abajo de ciertos tramos de la calzada o reduciendo la pendiente de la carretera.

Se ha utilizado una gran variedad de protecciones y barreras contra el ruido para disminuir su impacto en los terrenos adyacentes. Entre éstas se encuentran: 1) bermas de tierra, 2) paredes de troncos, 3) paredes de concreto y mampostería, 4) paredes metálicas, 5) pantallas vegetales, y 6) estuco y cerca de alambre. La experiencia indica que con una barrera bien diseñada se obtiene una atenuación del ruido de 10 dBA más o menos.

A continuación se esbozan algunos principios generales para diseñar barreras contra el ruido.

1. Las barreras deben ser suficientemente altas y largas para interceptar la línea visual entre la fuente y el observador. Es especialmente importante que la barrera sea bastante alta para que proteja contra el ruido del escape de los camiones. Para lograr esto sin sacrificar la estética, algunos organismos han construido barreras combinadas

que consisten de una berma sobre la cual se apoya algún tipo de pared vertical.

2. Para ser más eficaces, las barreras deben construirse para "dar sombra" a un sonido fuerte. Por lo general, esto implica colocar la barrera cerca de la fuente o bien cerca del receptor. Debe tenerse en cuenta que las barreras contra el ruido son objetos fijos, que si se colocan cerca de los carriles de tránsito, pueden resultar peligrosos. Por esta y otras razones es frecuente que las barreras se localicen cerca del límite del derecho de vía.
3. Las barreras deben construirse de materiales compactos que no permitan el paso del aire a través o por debajo de ellos, ya que esto provoca fugas de ruido.
4. En busca de la aceptación de la comunidad, las barreras deberán hacerse lo más atractivas posible; también deben ser compatibles con la arquitectura local y armonizar con el paisaje.

En la referencia 21 se da información adicional sobre la selección, diseño y construcción de las barreras contra el ruido.

CALIDAD DEL AIRE EN LAS CARRETERAS

La contaminación del aire puede significar el impacto ambiental más grave que provoca el transporte en carretera. Es un problema complejo y es posible que sólo se pueda evaluar y controlar mediante la intervención de especialistas ambientales muy experimentados. En esta obra no se pretende explicar detalladamente el tema. En esta sección se incluye un breve análisis del problema de la contaminación del aire y de la forma en que los ingenieros de carreteras pueden disminuir su impacto. Para obtener información adicional, se sugiere consultar la publicación *Fundamentals of Air Quality* (22) de la FHWA la cual ha servido como fuente principal de referencia para el presente material.

4-16 Contaminación del aire

Los contaminantes del aire en la atmósfera pueden ser naturales o fabricados por el hombre. La Agencia de Protección Ambiental ha estimado que durante 1974 se produjeron en Estados Unidos 198 millones de toneladas de contaminantes al aire. El 50 por ciento de esta cantidad fue producida por los transportes. Los contaminantes del aire pueden agruparse en cin-

* Las fuentes de transporte incluyen todos los vehículos de motor de carretera más las fuentes móviles que no utilizan carreteras como aeronaves, ferrocarriles, barcos y maquinaria industrial, de construcción y para la agricultura.

co. grandes categorías:

1. Monóxido de carbono (CO).
2. Hidrocarburos (HC) y oxidantes fotoquímicos.
3. Óxidos de nitrógeno (NO_x)
4. Partículas de materia.
5. Dióxido de azufre (SO₂).

El monóxido de carbono es el contaminante del aire distribuido más ampliamente y el más común, no tiene color ni olor y es un gas altamente venenoso, resultado de la combustión incompleta de los combustibles carbónicos. Durante el proceso de combustión se producen también compuestos orgánicos gaseosos de carbón e hidrógeno (hidrocarburos), así como óxidos de nitrógeno. En tanto que las concentraciones prevalentes de hidrocarburos, al parecer no causan detrimento en la salud de los humanos, algunas de estas sustancias pueden reaccionar con los óxidos de nitrógeno para producir contaminantes nocivos. El ozono y otros agentes oxidantes se forman cuando los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno se exponen a la luz del sol. Estos oxidantes fotoquímicos pueden causar la irritación de los sistemas respiratorio y alimenticio, así como daños a la vegetación, metales y otros materiales. También, existe cierta evidencia de que la exposición de los seres humanos al dióxido de nitrógeno durante períodos largos, aún cuando sea en bajas concentraciones, puede causar enfermedades respiratorias crónicas.

Las partículas de materia están formadas por cualquier materia sólida o líquida que se encuentra dispersa en el aire en condiciones normales de temperatura y presión. Las descargas de partículas a la atmósfera pueden ser en forma de polvo, hollín, ceniza volátil, etcétera. Por lo general, las partículas liberadas a la atmósfera debido a la actividad del hombre miden de una a 10 micrones.

El dióxido de azufre se genera en la combustión de combustibles que contienen azufre y en ciertos procesos industriales en los que se emplean materias primas que contienen azufre. Los vehículos de motor no constituyen una fuente importante de contaminación por dióxido de azufre.

En Estados Unidos, los vehículos en las carreteras constituyen la fuente de contaminación del aire más importante. Éstos son la principal fuente de monóxido de carbono y de hidrocarburos y contribuyen con casi la mitad de la emisión total anual de óxidos de nitrógeno. Además, los vehículos de motor producen la mayor parte de las partículas de plomo que se encuentran en la atmósfera.

La contaminación del aire en las carreteras es resultado principalmente de las emisiones de los motores diesel y de combustión interna. Las emisiones de estos últimos se originan en tres fuentes básicas dentro del sistema de los vehículos: (22)

1. *Emisiones por el escape.* Los contaminantes que están presentes en los gases del escape se descargan en la atmósfera.
2. *Emisiones por evaporación.* Vapores que escapan directamente desde el tanque de combustible, el carburador, o alguna otra parte del sistema; y
3. *Emanaciones de la caja del cigüeñal.* Gases y vapores que bajo presión escapan de la cámara de combustión, pasan por los pistones del motor y entran a la caja del cigüeñal.

Todavía no ha sido bien definido ni cuantificado el problema de las emisiones de un motor diesel. La mayor fuente aparente de contaminación atmosférica de un motor diesel, es el humo y el olor de su escape. Además, se sabe que los motores diesel emiten fuertes concentraciones de hidrocarburos no quemados, óxidos nítricos y compuestos oxigenados. (22) Los estudios muestran que la concentración de emisiones de los motores diesel varía ampliamente, dependiendo de la velocidad y la carga del motor.

4-17 Normas de calidad del aire y modelos de contaminación

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) tiene la responsabilidad total para fijar las normas de calidad del aire ambiental en el país. Dichas normas se han establecido y publicado en el *Registro Federal*. La obligación de hacer cumplir estas normas es responsabilidad de las agencias estatales de control de la contaminación del aire aprobadas por la EPA.

Para hacer una evaluación plena del impacto del mejoramiento propuesto para carretera, es necesario estimar el nivel de concentración de los contaminantes dentro del área en estudio, antes y después del mejoramiento. Este tipo de evaluación depende en gran escala de un análisis estadístico minucioso de los datos meteorológicos del pasado y de una evaluación del efecto del volumen de tránsito existente y pronosticado. El proceso de evaluación es complejo por lo que requiere de dos tipos de modelos con sus correspondientes programas de computadora: 1) modelos de emisión y 2) modelos de dispersión.

Los modelos de emisión proporcionan la estimación de cantidades de diferentes tipos de contaminantes basándose en la cantidad de viajes, en los patrones de conducción y en las cantidades de gases emitidos para diferentes clases de vehículos. Los modelos calculan la dispersión de los contaminantes en el área de interés durante ciertos períodos, utilizando para ello datos de las fuentes emisoras a partir de los modelos de emisión y utilizando también información acerca de las condiciones meteorológicas, las fronteras geográficas, etc.

4-18 Control de la contaminación del aire en carreteras

Los programas para controlar la contaminación del aire que ocasionan los vehículos de motor, se concentran principalmente en la modificación al di

seno de los motores para estar dentro de los niveles máximos de emisión permitidos federalmente. No obstante, las emisiones de los vehículos de motor no son consecuencia solamente del funcionamiento mecánico del motor, también son resultado de un gran número de características del sistema de transporte. Los siguientes párrafos, que se citan directamente de la referencia 23, explican cómo disminuir el impacto de la contaminación del aire mediante una planeación, proyecto y operación adecuados de las instalaciones en las carreteras.

Planificación Las fuentes de emisión móviles como son los automóviles o aviones, y las fuentes de emisión estacionarias, como fábricas y plantas de potencia afectan la calidad del aire. En teoría, debería haber normas de localización óptima para las diferentes actividades, con lo que se minimizarían la concentración de contaminantes al nivel del suelo. Las diferentes manchas urbanas, como los asentamientos irregulares, un núcleo centralizado o ciudades satélite, afectan la calidad del aire debido a las diferentes necesidades de los sistemas de transporte y del consumo de energía. En realidad, la formación de este tipo de manchas urbanas que se aproximan a las formas teóricas se ha limitado generalmente a nuevas poblaciones. Así, es posible incluir medidas sobre la calidad del aire en la distribución básica de una nueva comunidad propuesta.

Lo que ocurre con mayor frecuencia es que los estudios de planificación se lleven a cabo a partir de un modelo de desarrollo existente. La planificación de las mejoras a las redes de carreteras y de autobuses debe hacerse de modo que el diseño permita la transferencia entre los medios de transporte público y los automóviles particulares. Esta estrategia de planificación es el método más eficaz para reducir la contaminación del aire en las ciudades producida por las carreteras, ya que los vehículos de servicio público son más eficaces que los automóviles en las áreas centrales urbanas de alta densidad de tránsito. No obstante, es probable que la implantación de un método que reduzca el número de viajes de los vehículos particulares no sea aceptado con facilidad, ya que reduce la flexibilidad en los viajes individuales.

Las mejoras a las carreteras planificadas adecuadamente pueden aumentar la capacidad de desahogo de las congestiones de tránsito y proporcionan a la red de caminos tramos con velocidades más altas y distancias de viajes más cortas. Las dos primeras estrategias tienden a reducir las emisiones de CO y HC al conseguir que el flujo del tránsito sea continuo y al aumentar y volver uniforme la velocidad promedio. La tercera reduce todas las emisiones. Debe reconocerse que estos enfoques para reducir las emisiones son soluciones a largo plazo, con períodos que requieren de cinco a veinte años para su implantación.

Diseño. La disposición física de las instalaciones en las carreteras, también afecta las emisiones de los vehículos. En general, las características

en el diseño de las carreteras que reducen la congestión e incrementan las velocidades de operación, también contribuyen a reducir la emisión de contaminantes al aire.

Número de carriles. El número de carriles es obviamente, un factor que afecta el potencial total de contaminantes que pueden ser emitidos en un corredor. Con un mayor número de carriles, se incrementa la capacidad de la carretera, es decir que aumenta el potencial para soportar densidades más altas del tránsito y, por lo tanto, la emisión de contaminantes también aumenta.

Capacidad de los carriles. La cantidad de vehículos que pueden circular en cada carril es limitada y las emisiones dependen del número de vehículos que utilizan cada carril. Una de las muchas variables que intervienen en la evaluación de la capacidad de un carril es el comportamiento del conductor. La anchura de los carriles afecta la capacidad de las carreteras de dos o más carriles y a la maniobrabilidad en las interacciones, debido a que los conductores tienden a invadir los carriles adyacentes (o a evitar totalmente un carril) cuando éste es estrecho o cuando las condiciones del camino lo hacen aparecer así. Este tipo de reacciones hacen que ciertos carriles se saturen, por lo que baja la velocidad y, en consecuencia, se reduce la capacidad. Las obstrucciones laterales, como las barreras centrales, las guarderías y los estribos de los puentes, contribuyen a reducir la anchura del carril. La presencia de una sola restricción lateral puede provocar un embotellamiento que obligue a acelerar y desacelerar alternadamente y, por lo tanto, a la emisión de contaminantes. La falta de acotamientos adecuados a lo largo de la carretera o en las estructuras de los puentes puede crear también embotellamientos cuando ocurren accidentes o averías, aún en situaciones de poco tránsito.

Alineamiento horizontal y vertical. Las curvas, tanto horizontales como verticales, afectan también la emisión, ya que ocasionan que varíen los requerimientos de potencia de los vehículos. Las emisiones de todos los tipos de vehículos varían cada vez que hay un cambio con respecto al estado estacionario de la velocidad o la potencia. La capacidad de la red puede disminuir con las largas pendientes, a pesar de que se puedan utilizar carriles exclusivos para el ascenso de camiones que puede ayudar a aliviar este problema.

También, debe tomarse en consideración la variación de los efectos en los tramos de carretera que se encuentran a nivel, elevados o hundidos. Aun cuando la altura no afecta la emisión, sí influye en la dispersión, en un tramo, de los contaminantes. En general, en una carretera elevada las concentraciones al nivel del piso con el viento soplando hacia abajo serán menores a las que ocurren en un tramo que se encuentra al final de una pendiente. La capacidad de dispersión está más

limitada en un tramo en corte, en el que los contaminantes queden atrapados y se acumulen.

Velocidades de operación. Como ya se mencionó, las emisiones contaminantes de los vehículos dependen de la velocidad. Conforme aumentan las velocidades de operación en un tramo de carretera dado, disminuyen las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos, en tanto que aumentan los de óxidos de nitrógeno. Los cambios en la velocidad contribuyen a emisiones mayores, ya que las de HC y NO_x que corresponden a la aceleración son significativamente más altas que las que se obtienen a una velocidad constante.

Entronques e intersecciones. La existencia de entronques y rampas afecta las velocidades de operación. Generalmente, los entronques direccionales en las autopistas permiten un flujo más uniforme y requieren de menor número de cambios de velocidad y, por lo tanto, provoca menos emisiones que los entronques en trébol o en diamante.

En las intersecciones a nivel se generan cantidades importantes de emisiones, debido principalmente a los cambios en la forma de conducir originados por la desaceleración, aceleración y marcha en vacío de los vehículos. En términos generales, las estrategias que mejoran el flujo del tránsito contribuyen también a disminuir el volumen total de emisiones.

Operación. Las estrategias de gestión del sistema de transporte, pueden contribuir a la reducción de las emisiones de contaminantes, mediante acciones que generen un flujo uniforme del tránsito en arterias y autopistas. Por ejemplo un sistema de semáforos sincronizados contribuye a reducir las emisiones al disminuir los tiempos de demora de los vehículos y aumentar las velocidades de circulación. Si se reemplazan las señales de alto por señales de "ceda el paso", o si se permite la vuelta a la derecha con luz roja, aumenta la velocidad promedio de los vehículos, lo que da por resultado una disminución en las emisiones de CO y HC. En las autopistas, las rampas de distribución y las diferentes señales con información y avisos pueden reducir las congestiones, y en consecuencia, reducir también las emisiones.

OTRAS REPERCUSIONES DE LAS CARRETERAS

Además de las mencionadas, las mejoras a las carreteras producen muchos otros impactos sociales y ambientales; los cuales deben considerarse como una parte del proceso de evaluación entre éstos se encuentran:

1. El impacto en el uso del suelo.
2. Los impactos hidrológicos, incluyendo inundaciones y desviaciones de los cursos de agua.

3. La contaminación del agua, incluyendo erosión de los suelos.
4. Los impactos ecológicos.

Es lamentable que las limitaciones de espacio impidan una explicación más amplia de estas repercusiones de las carreteras.

PROBLEMAS

4-1 Determine los costos básicos del tramo para autos de pasajeros utilizando una carretera de múltiples carriles, bajo las siguientes condiciones:

- Velocidad de proyecto = 60 millas/h
- Relación volumen-capacidad = 0.7
- Nivel de servicio = B.
- Pendiente = 2 por ciento
- Curvatura = 6°

4-2 Calcule los costos de transición de un tramo en un solo sentido para la carretera descrita en el problema 4-1 dado que la velocidad promedio de recorrido en un tramo adyacente es de 33 mph.

4-3 El volumen de tránsito a lo largo del acceso de una cierta intersección es de 600 autos de pasajeros por hora. Determine el costo debido a las detenciones (excluyendo la marcha en vacío) en la intersección bajo las siguientes condiciones:

- Flujo de saturación = 1650 vehículos/h
- Duración del ciclo del semáforo = 60 seg
- Tiempo de duración de la luz verde = 33 seg
- Velocidad de acceso = 15 millas/h

4-4 Para las condiciones descritas en el problema 4-3, determine los costos debidos a la marcha en vacío.

4-5 Se ha planeado que un nuevo proyecto de carretera tenga un costo de inversión inicial de 1.2 millones de dólares. Se estima que los beneficios de los usuarios de la instalación (además de los costos de mantenimiento) son de 87 000 dólares por año durante su vida útil de 20 años. Al final del periodo de 20 años, el valor residual (de rescate) será de 200 000 dólares. Tomando como base el concepto del valor presente, ¿Deberá construirse el proyecto? Si se supone una tasa de interés (de descuento) de 8 por ciento, ¿Cuál es la razón beneficio/costo?

4-6 Una dependencia de carreteras está evaluando dos sistemas alternativos de absorción de energía para disminuir la gravedad de los choques contra las columnas de los puentes y otros objetos fijos peligrosos. Estos sistemas se esbozan a continuación. El sistema A tiene un bajo costo inicial, pero requiere muchas reparaciones después de cada colisión. El sistema B tiene un alto costo inicial, pero necesita muy poco mantenimiento. La expectativa de que ocurran colisiones es de una cada dos años para cada dispositivo. Tomando como base el concepto del valor presente, ¿cuál es el sistema elegido? Utilice una tasa de interés anual de 10 por ciento.

	Sistema A	Sistema B
Costo primario	\$3500	\$8500
Mantenimiento rutinario anual	300	200
Costos de reparación después de cada colisión	1200	Ninguno
Vida	20 años	20 años
Valor de rescate	1000	2500

4-7 Se ha estimado que los beneficios de un cierto proyecto de carretera son de 12 000 dólares en el primer año y de 30 000 dólares en el año 21. Si se supone una tasa de crecimiento uniforme y una tasa de interés de 9 por ciento, calcúlese el valor presente de los beneficios en un período de análisis de 20 años.

REFERENCIAS

1. American Association of State Highway Officials, *Road User Benefit Analysis for Highway Improvements*. Washington, D.C. (1952).
2. Winfrey, Robley, *Economic Analysis for Highway* International Textbook, Scranton, Pa. (1968).
3. Claffey, P. J. *Running Costs of Motor Vehicles as Affected by Road Design and Traffic* National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report No. 111, Washington, D.C. (1971).
4. Winfrey, R., and Zellner, C. *Summary and Evaluation of Economic Consequences of Highway Improvements* NCHRP Report No. 122, Washington, D.C. (1971).
5. Curry, D. A., and Anderson, D. G. *Procedures for Estimating Highway User Costs, Air Pollution, and Noise Effects*, NCHRP Report No. 133, Washington, D.C. (1972).
6. Anderson, D. G., Curry, D. A., and Pozdena, R. *Use Benefit Analysis for Highway and Bus Transit Improvements* Final Report NCHRP Project 212, Stanford Research Institute, Menlo Park, Calif. (published as *A Manual on User Benefit Analysis of Highway and Bus—Transit Improvements, 1977* by the American Association of State Highway and Transportation Officials).
7. *Accident Facts, 1985 Edition*. National Safety Council, Chicago (1985).
8. *Estimating the Cost of Accidents 1983* National Safety Council Bulletin, Chicago (1983).
9. Cribbins, P. D., Arey, J. M., and Donaldson, J. K. *Effects of Selected Roadway and Operational Characteristics Accidents on Multi-Lane Highways* *Highway Research Record No. 188* (1967).
10. Datt, Oln K., and Mann, Jr., Lawrence. *Relationships of Rural Highway Geometry to Accident Rates in Louisiana* *Highway Research Record No. 312* (1970).
11. Kihlberg, J. K., and Tharp, K. J. *Accident Rates as Related to Design Elements of Rural Highways*. NCHRP Report No. 47, Washington, D.C. (1968).
12. Grant, Eugene L., and Peterson, W. Grant. *Principles of Engineering Economy*, 7th ed. Wiley, New York (1982).
13. *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board Special Report No. 209 (1985).
14. *Code of Federal Regulations*, Title 23 Part 771

15. *Federal-Aid Highway Program Manual*, Vol. 7, Chap. 7. Federal Highway Administration Washington, D.C.
16. *Intergovernmental Review of Federal Programs* Executive Order 12372 *Federal Register*, Vol. 48, No. 16 January 24, 1983.
17. Schultz, T. J., Bolt Benanek and Newman, Inc. *Noise Assessment Guidelines: Technical Background* Prepared for U.S. Department of Housing and Urban Development, Washington, D.C. (1972).
18. *Guide on Evaluation and Attenuation of Traffic Noise* American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. (1974).
19. *Highway Noise—A Design Guide for Highway Engineers*, NCHRP Report No. 117, Highway Research Board Washington, D.C. (1974).
20. *Fundamentals and Abatement of Highway Traffic Noise* Federal Highway Administration, National Highway Institute, Washington, D.C. (3 vols.) Vol. 1 (1973), Vol. 2 (1974), and Vol. 3 (1974).
21. Snow, C. H. *Highway Noise Barrier Selection, Design, and Construction Experiences, A State of the Art Report—1975* Implementation Package 76-8, Federal Highway Administration Washington, D.C. (1976).
22. *Fundamentals of Air Quality*, Implementation Package 76-5, prepared for the Federal Highway Administration by General Engineering Sciences, Inc., Baltimore, Md. (1976).

PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

La planificación es un proceso o actividad consciente, dirigido a la realización de las metas del estado o de la comunidad.(1) Debe tener capacidad para tratar con temas complejos y para evaluar soluciones u otros cursos de acción. La planeación significativa se apoya en la suposición de que se cuenta con los medios suficientes para llevar a cabo los planes desarrollados.

La construcción de los sistemas de transporte tiene un impacto profundo y trascendente en el uso del suelo y en el bienestar socioeconómico de la población. Se considera a las actividades de planificación, locales y estatales en conjunto, como la parte principal de la planeación del transporte. En Estados Unidos, la planificación del sistema de carreteras tiende a ser la parte más importante en la del transporte multimodal.

Antes de 1930, el objetivo principal de los organismos de carreteras era generar un sistema de caminos rurales pavimentados. Se hizo poco énfasis en la planificación mientras los departamentos de carreteras se concretaban a mantener a los usuarios de los caminos "fuera del lodo". El aumento abrupto en la venta de vehículos de motor y en los viajes durante los primeros años de la década de los 30 demostró que el sistema de carreteras en breve no podría satisfacer las necesidades futuras. Para obtener un sistema nacional de carreteras adecuado y eficiente se requería información objetiva para la toma de decisiones firmes y la elaboración de políticas adecuadas.

Un decreto del Congreso, promulgado en 1934 y al que se conoce con el nombre de Ley de Hayden Cartwright proporciona el impulso para iniciar un gran número de levantamientos topográficos para planear carreteras en 1935. Los estudios se llevaron a cabo para determinar las condiciones de las obras existentes, el volumen y la clase de tránsito que circula por el sistema de carreteras, las expectativas de uso y de vida de los caminos comprendidos en el sistema, y las necesidades futuras de carreteras.

En la ley de Hayden-Cartwright se autorizó a los estados a gastar un máximo de 1.5 por ciento de la aportación por concepto de ayuda federal en la estructuración de estudios, planes e investigaciones de ingeniería sobre proyectos de construcción futura. Para 1940, en casi todos los departamentos estatales de carreteras se llevaban a cabo dichos estudios en colaboración con el *Bureau of Public Roads* (Oficina de Caminos Públicos). Cuando se promulgó esta ley, la tendencia que sustentaba el Programa de Ayuda Federal para Carreteras era la de ayudar a las áreas rurales, pero con el aumento en la cantidad de vehículos de motor nuevos y por consiguiente en el volumen del tránsito, hizo evidente que las áreas urbanas y suburbanas requerían mayor atención. Por lo tanto, las actividades de planeación se orientaron lógicamente a aliviar estas áreas. Con la promulgación en 1944 de la ley de la *Federal Aid* se dispuso de fondos para la construcción de carreteras de ayuda federal en áreas urbanas.

La ley *Federal Aid Highway* de 1962, estableció además que las áreas urbanas de más de 50 000 habitantes, tenían que contar con un proceso de planeación adecuado como prerrequisito para otorgarles la ayuda federal, a más tardar el primero de julio de 1965. Dicho proceso de planeación del transporte se caracterizaría por ser "cooperativo, de gran convergencia y continuo" en cada una de las áreas afectadas que sumaban más de 200 en el país. Al acercarse el límite del plazo, todas éstas habían cumplido con el requisito.

Hacia la mitad de los años 70, la planeación del transporte multimodal se había convertido en la actividad principal de prácticamente todos los organismos estatales de carreteras y de transporte, de muchas dependencias de planeación urbana. En este capítulo se analizan las políticas de planeación y los procedimientos de dichos organismos.

6-1 Definición

Como el término sugiere la planeación del transporte se refiere a la elaboración de un plan de transporte para un área urbana o para todo un estado. Esto implica el diseño y comparación de planes diferentes, la evaluación del impacto social, económico y ambiental de las obras de transporte propuestas, y la participación adecuada de los ciudadanos, representantes políticos y organismos públicos en la elección del plan.

La planeación del transporte debe entenderse como un proceso continuo que responde a los cambios en las necesidades y deseos de la población y de sus representantes políticos y que hace uso de los procedimientos y técnicas de planeación más avanzadas. Por esta razón, algunos proyectistas piensan que debe evitarse la adopción de un plan maestro único de transporte de gran alcance(1). Sería más conveniente que los organismos de planeación de transporte decidieran actualizar y publicar los planes o informes de transporte en forma periódica, por ejemplo, cada dos años.

La planeación del transporte consta de tres niveles: 1) planeación de políticas, 2) planeación del sistema y 3) planeación del proyecto u

obras. A la primera le concierne el establecimiento de las políticas de transporte y creación de metas y objetivos. "Considera aspectos tales como la asignación de recursos ..., tanto en términos de asignación por área geográfica y por modo de transportación. No incluye la revisión o recomendación de las instalaciones, los corredores o las redes de transporte específicos"(2).

La planeación del sistema es "un proceso para determinar la ubicación de las redes de transporte y de los corredores, ... partiendo de predicciones del crecimiento económico y de la población, y teniendo en cuenta las estimaciones de movimiento de bienes y personas para poder hacer una descripción física de los sistemas que se requieren para satisfacer las necesidades reales o implícitas" (2).

A la planeación de proyectos u obras le concierne principalmente la determinación del nivel y disposición de instalaciones individuales para acomodar la demanda anticipada. Normalmente en un organismo estatal de carreteras, este nivel de planeación lo maneja la división modal (por ejemplo, aviación, carreteras, etc.) o en una organización funcional, por la división de proyectos. En otros capítulos de este libro se tratan algunos aspectos de la planeación de proyectos.

La planeación puede subdividirse en tres categorías según en el período abarcado:

1. Planeación A largo plazo
2. Planeación A mediano plazo
3. Planeación A corto plazo

La planeación a largo plazo se hace para un período que abarca más o menos de 15 a 30 años en el futuro(3). En este tipo de planeación el nivel de detalle es generalizado, periódicamente deben reevaluarse y cambiarse los planes a largo plazo para considerar los cambios inesperados en población, progreso, etcetera. La planeación a mediano plazo cubre un período que va de 5 a 15 años en el futuro. "En esta fase, tanto las características y los rendimientos de las instalaciones, como la ubicación de la ruta, deben ser más específicas, lo cual se logra por medio de la evaluación de proyectos y tres trazos alternativos a partir de un análisis de rendimiento, en el que debe incluirse el análisis tradicional de beneficio/costo, así como el impacto ambiental y las consecuencias para el progreso"(3). La planeación a corto plazo es manejada típicamente en períodos de cinco años o menos. En los planes a corto plazo, las características físicas de la obra de transporte, así como los efectos previstos en el tránsito y en el desarrollo del terreno, deben quedar especificados con precisión y detalle considerables. }

6.2 Organización

Como se vio en el capítulo 2, la organización de los departamentos estatales de transportes pueden ser modal, funcional o una mezcla de ambas. En los

diversos estados existen niveles diferentes de necesidad y capacidad; por lo tanto, (véase figura 2.2), no hay un tipo de organización ideal único que se adapte a las necesidades de todos los estados.

Algunos planificadores recomiendan que la planificación de políticas y sistemas se realicen a través de una sola unidad de planificación que informe directamente al jefe ejecutivo del departamento de transporte(3). En un departamento con una organización funcional o mixta, la unidad de planificación puede comprender una de las principales divisiones (o líneas) de operación. En una organización modal, la unidad de planificación se encuentra subordinada jerárquicamente y el director debe informar directamente al ejecutivo en jefe. Otros planificadores(4) recomiendan que se establezca una unidad de nivel jerárquico para la planificación de políticas y otra unidad a nivel para la planeación del sistema.

Debido a la naturaleza de la función de planificación, se prefiere tener un equipo multidisciplinario. Por lo común, las unidades de planificación estatal de transporte disponen de especialistas en una gran variedad de disciplinas como son planificación del transporte, ingeniería de carreteras, conservación del ambiente, economía del transporte, finanzas públicas, psicología de la conducta y sociología.

También es importante que las políticas y planes se elaboren con la participación amplia de otros organismos, grupos interesados e individual. Por lo general, deberán contribuir al proceso los siguientes tipos de organismos, grupos o personas(2):

1. La legislatura estatal.
2. Grupos presupuestales y de política general de la rama ejecutiva del gobierno estatal.
3. Otras dependencias estatales, como son el departamento de desarrollo industrial, la comisión de servicios públicos, la comisión de actividades recreativas y la de turismo.
4. Comisiones de planificación local y regional.
5. Diversos grupos de interés.
6. Empresas privadas de transporte.
7. Grupos de coordinación multi-estatal.
8. Individuos y grupos de ciudadanos.

En la actualidad, los planificadores de los proyectos de ayuda federal en Estados Unidos deben coordinar sus actividades por medio del centro distribuidor de información del estado o de la región(5). En las áreas metropolitanas, el centro distribuidor es una institución regional (por ejemplo, la comisión de planeación regional), reconocida por la Office of Management and Budget (Oficina de Administración y Presupuesto) como un organismo indicado para evaluar, revisar y coordinar los programas y proyectos de asistencia federal. En áreas no metropolitanas, el centro distribuidor de infor-

mación es un organismo de planificación a largo plazo facultado por el gobernador o por la ley estatal para revisar y coordinar tales actividades.

Por lo general, la coordinación entre los organismos públicos, grupos privados e individuos se lleva a cabo mediante dos o más comités. Por ejemplo, un comité de revisión técnica puede estar formado de individuos que representen organismos gubernamentales, comisiones, etcétera. Un comité consultivo de ciudadanos puede formarse con representantes de organizaciones cívicas, grupos con intereses especiales e individuos. En el capítulo 4 se vio que la reglamentación actual establece que el público debe tener la oportunidad de participar en audiencias públicas en las que se trate la construcción de ciertos proyectos de carreteras de ayuda federal. Tales audiencias dan a los individuos la oportunidad de comentar el proyecto en sus etapas de selección del corredor y de proyecto en sí.

PLANIFICACIÓN DE POLÍTICAS

6-3 El proceso de planificación de políticas

La planificación de políticas es un proceso deliberado que conduce a una serie de decisiones políticas útiles en la consecución de un conjunto de metas y objetivos específicos(2). Establece la dirección general que seguirán las decisiones de los gobiernos estatales con respecto al transporte. Determina en forma general, lo que se va a hacer, quién lo hará, cómo lo hará y con qué restricciones.

La planificación de políticas incluye las siguientes actividades(6):

1. Identificar los problemas, las opciones y los cursos optativos de acción en relación al transporte.
2. Interpretar la información y los datos analíticos para el uso de quienes fijan las políticas y del público en general.
3. Analizar y monitorizar la legislación federal y evaluar su impacto en la política local o estatal.
4. Suministrar material de consulta al personal administrativo y de información al público.

6-4 Metas y especificaciones de la planificación del transporte

Una función importante es el establecimiento y la definición de metas y objetivos. Para los planificadores, las metas específicas son parte de los objetivos generales que se persiguen en los planes. Los planes de transporte tienen como base metas tales como reducir el congestionamiento de tránsito, proporcionar seguridad en los viajes, conservar la energía, fomentar el crecimiento económico, y preservar y mejorar el medio ambiente. En lo posible, las metas u objetivos deberán establecerse en términos específicos y medibles y deben acompañarse de las especificaciones o criterios necesarios para eva-

lugar el logro. Por ejemplo, uno de los objetivos fijados por el estado de Wisconsin fue el de proporcionar un plan que permita alcanzar de manera económica y eficiente todos los demás objetivos al menor costo posible"(3). Las especificaciones utilizadas para medir el logro de dicho objetivo fueron:

1. La suma de los costos de organización del sistema de transporte por carretera y los costos de operación de los usuarios deberán minimizarse.
2. Debe hacerse el máximo uso económico de las instalaciones en las carreteras existentes y en las proyectadas.
3. Deberán construirse instalaciones adicionales en las carreteras para satisfacer o promover la demanda futura de los viajes al nivel de servicio deseado(3).

PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS

Existen grandes diferencias al nivel de planificación entre los organismos relacionados con las carreteras, tanto en términos de necesidad como en el nivel técnico empleado. En la planificación de sistemas se definen las redes y enlaces del transporte, se hacen pronósticos del tránsito futuro, y se describen las instalaciones físicas requeridas para cubrir las necesidades futuras.

En los procedimientos tradicionales que todavía se emplean en un cierto número de estados, se establece la necesidad de efectuar las mejoras tramo por tramo, en lugar de hacerlas simultáneamente en todo el sistema. En esos estados, las necesidades se establecen hasta cierto punto de manera subjetiva, apoyándose en los resultados de diferentes estudios entre los que se incluyen los inventarios de carreteras, la medición de tránsito, los estudios sobre la vida de servicio de las carreteras y estudios de suficiencia. Los datos obtenidos de tales estudios proporcionan una base para las proyecciones de la tendencia y para la identificación y clasificación de las necesidades para mejorar las carreteras.

En la planificación del transporte estatal, los organismos estatales utilizan cada vez más los procedimientos que han sido ampliamente empleados en la elaboración de los planes de transporte urbano. Por lo general, tales procedimientos se aplican a las necesidades de transporte a escala de redes viales o de sistemas e incluyen las siguientes actividades o pasos consecutivos:

1. Recopilación de la información.
2. Análisis de los datos.
3. Elaboración y evaluación del plan.
4. Implantación del plan.

6-5 Colección de datos para medir las condiciones de transporte existentes

Para planificar inteligentemente, los planificadores deben basarse en datos sobre el sistema de transporte y de su uso. Para obtenerlos se realizan estudios sobre la capacidad, uso y condición de las obras existentes, la vida útil que se espera alcance el sistema y la naturaleza y el volumen de tránsito que lo utiliza. Algunos de estos estudios se describen en los siguientes párrafos.

Inventario de carreteras

Durante muchos años, diferentes organismos de carreteras han estado efectuando inventarios de carreteras, recopilando información sobre el millaje, las características físicas, y las condiciones de todas las carreteras del sistema. Un inventario de carreteras debe contener la siguiente información:

1. La clase funcional de carreteras.
2. La clasificación por tipo de pavimento.
3. El tipo, dimensiones y condición de todas las estructuras.
4. La ubicación de granjas, viviendas rurales, escuelas, iglesias y otros lugares de interés.
5. Las características de diseño físico incluyendo ancho del pavimento, pendientes, curvatura, distancia de visibilidad, ubicación de obstáculos a los lados de las carreteras y otros peligros.

Muchos organismos de carreteras presentan la información obtenida en un inventario de carreteras utilizando mapas como el que aparece en la figura 6-1. También, elaboran otros mapas reproduciendo el mapa básico y agregándole la información pertinente. Por ejemplo, se puede hacer mapas que muestren: 1) las condiciones de la carpeta y tipo de la misma, 2) las rutas de los camiones, autobuses y camiones de carga, 3) las rutas postales y las de autobuses escolares y 4) el tránsito diario promedio.

Los organismos de carreteras deberían mantener inventarios actualizados de las carreteras que se encuentran en su jurisdicción. Si esto no se ha hecho, el inventario debe levantarse y mantenerse al día.

Estudios sobre el uso de las carreteras

Los planificadores de carreteras realizan estudios para conocer el uso relativo de diferentes partes del sistema de carreteras. La información puede obtenerse a través de encuestas llevadas a cabo en muestras representativas de los conductores de vehículos de motor registrados dentro de la jurisdicción de una carretera. En entrevistas personales, se pregunta a los operadores sobre la distancia total que recorren en un año y se les pide que indiquen qué proporción le corresponde a cada una de las diferentes clasificaciones de calles y carreteras. Los planificadores, con dicha información, determinan el uso proporcional que hicieron de las diferentes carreteras

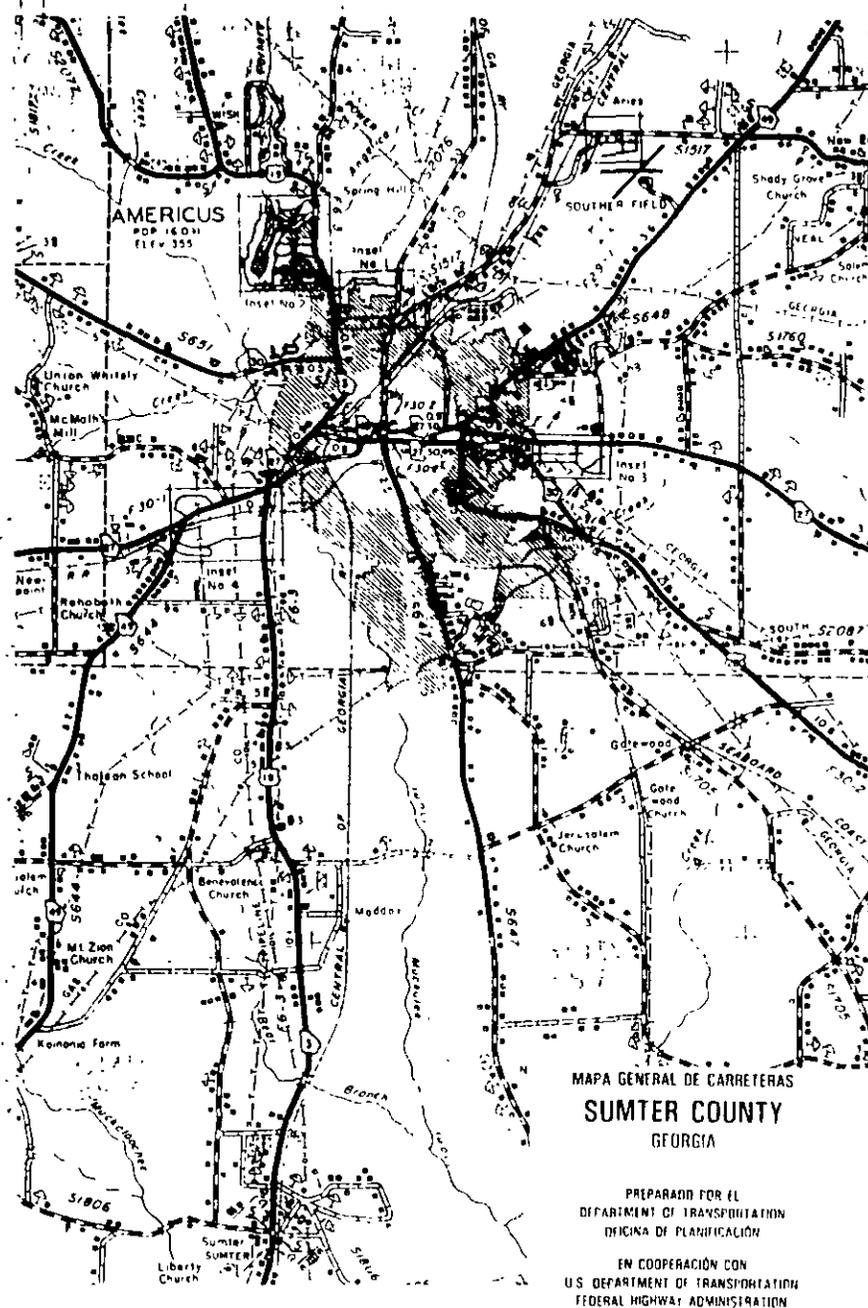


FIGURA 6.1 Mapa general de carreteras (Cortesía de Georgia Department of Transportation)

los residentes urbanos, suburbanos y los de las zonas rurales. Por correlación con los datos financieros, los planificadores pueden comparar los beneficios obtenidos por los usuarios con los impuestos pagados por los diferentes sectores de la población. Muchos estados utilizan tal información para distribuir más equitativamente los costos del transporte por carretera entre los diferentes grupos beneficiados de acuerdo con los lineamientos presentados en el capítulo 2.

Estudios sobre la vida útil de las carreteras

Los organismos estatales de carreteras realizan estudios sobre la vida útil de éstas desde mediados de la década de los 30. El objetivo principal de dichos estudios es determinar la tasa promedio de carpetas que dejan de usarse y el promedio estimado de tiempo de servicio de cada tipo de carpeta para carreteras. Usualmente, los caminos se cierran cuando hay que recarpetarlos o reconstruirlos o, cuando se abandonan. También se recaba información sobre los costos de construcción, mantenimiento y depreciación.

Con esta información, los planificadores pueden estimar la cantidad y el costo de los reemplazos que serán necesarios en el futuro. Pueden programar las operaciones de construcción y reconstrucción con base en las recaudaciones futuras. Los ingenieros de carreteras emplean los datos sobre la vida útil de la carretera en cálculos económicos, como se vio en el capítulo anterior.

Estudios sobre el volumen de tránsito

Los ingenieros y planificadores efectúan estudios sobre el volumen de tránsito durante más de 40 años. Los procedimientos empleados en tales estudios se describen detalladamente en otras obras (7, 8) y sólo se tratarán brevemente en esta sección. Los estudios sobre el volumen de tránsito proporcionan a los funcionarios de carreteras la información esencial acerca del uso que se hace de los caminos que forman el sistema de carreteras. Tal información es necesaria para la "determinación de normas de diseño, la clasificación sistemática de las carreteras y el desarrollo de programas de mejoras y mantenimiento" (9). Los estudios sobre el volumen de tránsito, proporcionan a los planificadores la base para estimar las millas-vehículo de viaje de las diferentes clases de carreteras rurales y urbanas. Tales datos de recorrido permiten medir el nivel de servicio que proporciona el sistema y facilitan la evaluación de los programas de seguridad así como el desarrollo de un sistema equitativo de financiamiento y pago de impuestos para las carreteras.

La medida más usada en los estudios sobre volumen de tránsito es el tránsito promedio anual (TPDA). Estos valores pueden convertirse fácilmente en volúmenes de hora pico basándose en las relaciones empíricas que existen entre ellos.

Dados los grandes cambios en los flujos de tránsito a diferentes horas y en diferentes ubicaciones, es prácticamente imposible calcular con preci-

ción los volúmenes de tránsito que pasan por cada tramo dentro de un sistema de carretera. Aun cuándo fuese posible realizar un monitoreo amplio y continuo del tránsito, el costo del conteo sería prohibitivo. Por lo tanto, los estudios de volúmenes de tránsito se llevan a cabo con base en una muestra representativa.

Muchos organismos de carreteras han establecido programas de conteo del tránsito en todo el estado o en un área determinada. En tales programas, los volúmenes de tránsito se calculan a base de un gran número de pequeños conteos realizados en diferentes puntos de un área. A dichos puntos se les llama *estaciones de cobertura*. Por lo regular, éstas se localizan espaciadas a intervalos de dos a cinco millas a lo largo de los caminos rurales y alejadas más o menos una milla de las calles y carreteras urbanas. En las estaciones de cobertura, el tránsito se mide generalmente con ayuda de contadores portátiles accionados por detectores neumáticos. En las estaciones de cobertura, no se monitorea en forma continua el volumen del tránsito, pero sí se muestra en determinado tiempo. La duración y frecuencia de tales conteos depende generalmente de la clase de calle o de carretera y de la cantidad de tránsito que circule por ella. Por lo general, los conteos de cobertura proporcionan simplemente el número de vehículos que pasan por un punto sin importar la dirección durante 24 ó 48 horas, y repitiendo la medida cada cuatro años.

Con el fin de convertir los resultados de la cobertura en estimaciones del tránsito promedio anual, se miden los volúmenes de tránsito en un pequeño número de *estaciones de control* seleccionadas estratégicamente. Por lo general, los conteos del tránsito en estos lugares cubren un periodo de siete días, para medir el patrón de variación del tránsito tanto horario como diario. Además, los conteos de vehículos que circulan en las dos direcciones durante 24 horas se realizan normalmente en estaciones de control por periodos mensuales para medir las variaciones de una temporada del año a otra. La muestra de conteos de cobertura puede ajustarse, considerando los patrones temporales de variación medidos en las estaciones de control, aplicando factores de corrección para proporcionar estimaciones del TPDA a lo largo de todo el sistema.

En algunos estados se han establecido estaciones de conteo permanente en cierto número de lugares seleccionados dentro de su jurisdicción. En estos sitios, se mide continuamente el volumen de tránsito, con lo que se tiene una medida segura del patrón de variación horario, diario y por temporada. Generalmente, en este tipo de estaciones se emplea equipo automático para la detección y registro del tránsito, y en algunos estados, se transmiten los datos del volumen de tránsito por vía telefónica a un centro de cómputo, para el procesamiento y análisis de los mismos(10, 11)

Por lo general, los conteos de tránsito con dispositivos automáticos, deben complementarse con inspecciones visuales para registrar la información respecto al tipo de tránsito. Es común que tales inspecciones se lleven a cabo

en las estaciones medidoras de carga o peso, en ellas se reúne información sobre el tipo de vehículo, su longitud, anchura y altura, su capacidad nominal, carga sobre el eje y carga bruta. También, puede anotarse información adicional, como es el tipo de mercancía transportada, su origen, destino y otros datos pertinentes. Una vez que se ha reunido toda la información referente al estudio del tránsito, y cuando se han determinado los factores de expansión y se ha calculado el tránsito promedio anual en 24 horas, pueden prepararse los mapas de tránsito y los de flujo. Para elaborar el mapa de tránsito se utiliza un mapa trazado durante la inspección del inventario del camino. En este mapa se anotan las densidades numéricas del tránsito para cada tramo de carretera. El mapa de flujo permite apreciar de inmediato el volumen de tránsito en las diferentes carreteras por medio de franjas con anchura proporcional al volumen del tránsito que pasa a través de las diferentes estaciones de conteo. En la figura 6-2 se muestra un mapa típico de flujo de tránsito.

Investigación de recorridos

La investigación de recorridos identifica dónde y cuándo empiezan y terminan los viajes, el propósito y modo del mismo, así como ciertas características sociales y económicas del viajero. Estas investigaciones también permiten conocer las características del destino del viaje, la utilización del automóvil y, por lo que respecta al flete, el tipo de mercancía transportada. La investigación de recorridos proporciona una fuente fundamental de datos para los estudios del transporte urbano y se utiliza cada vez más en los estudios de transporte en todo el estado(10, 11)

Por medio de las investigaciones de viajes, los planificadores procuran obtener una muestra representativa de todos los viajes realizados en un día común y corriente dentro de un área específica. Por extensión, los datos proporcionan una estimación de las necesidades promedio de viajes que existen en el sistema de transporte en el momento en el que se realiza la investigación.

Existen cuatro clases de investigación de viajes:

1. Investigación de recorridos en la comunidad (locales).
2. Investigación de recorridos a la orilla del camino.
3. Investigación modal.
4. Investigación del transporte de carga.

Investigación de recorridos en la comunidad Estas investigaciones son especialmente útiles para determinar el número y características de los viajes de personas y de los conductores de auto realizados por los residentes de un área de estudio específica. Por medio de dichas investigaciones, los planificadores pueden reunir gran cantidad de datos acerca de las características socioeconómicas de las familias y establecer relaciones entre éstas y la demanda de viajes de los

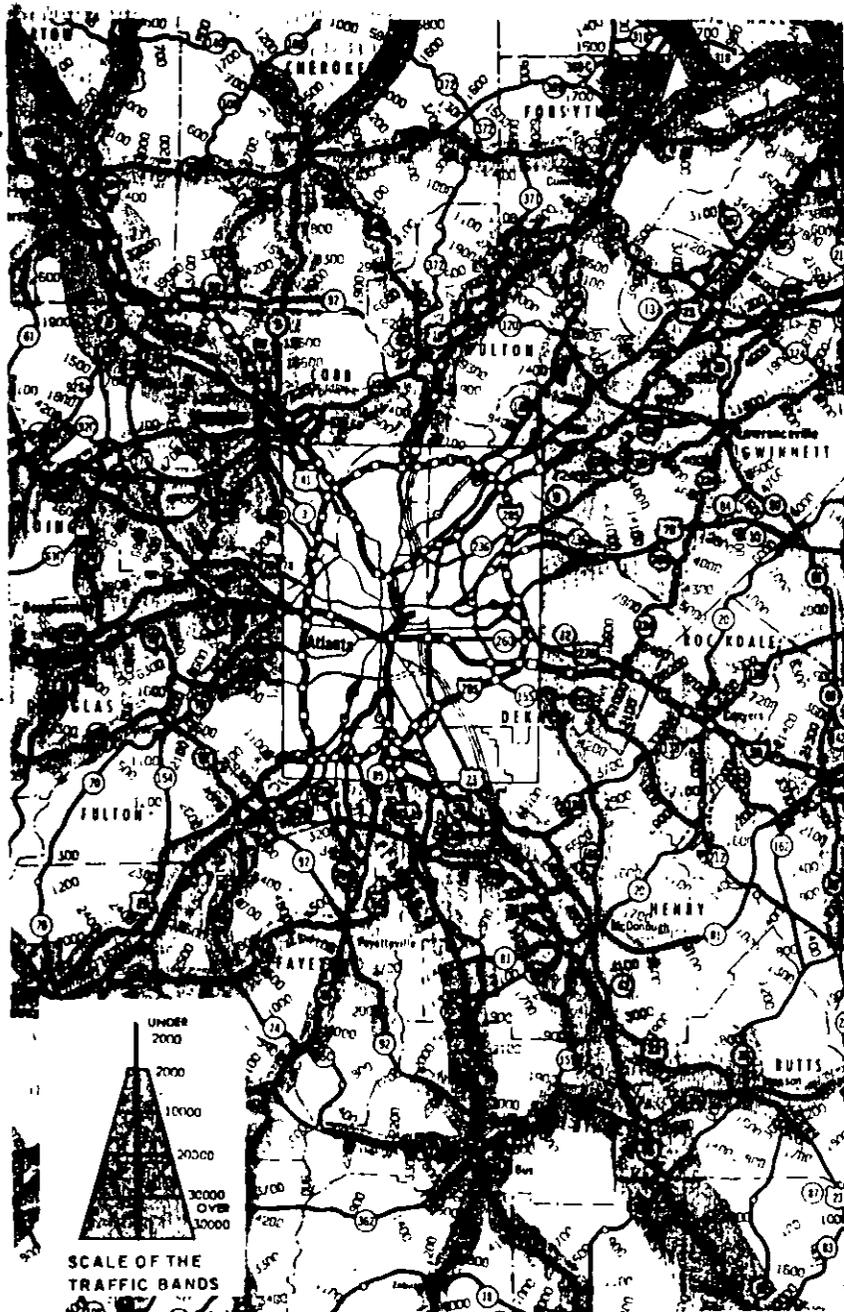


FIGURA 6.2 Parte de un mapa de flujo de tránsito (Cortesía del Georgia Department of Transportation.)

habitantes. Estas relaciones son muy útiles para pronosticar la demanda de viajes por parte de las personas residentes en el área estudiada. (11) Las investigaciones de recorridos en la comunidad se hacen por medio de entrevistas a domicilio, encuestas por teléfono y encuestas por correo.

En el método de entrevistas a domicilio hay que escoger una muestra representativa del total de familias que viven en el área investigada, concertar las citas y preguntar a los entrevistados acerca de los viajes realizados el día anterior por los miembros de sus respectivas familias. El tamaño de la muestra varía conforme a la población del área que se estudia, fluctuando desde el 20 por ciento en áreas con menos de 50 000 habitantes hasta el 4 por ciento en áreas con más de un millón. En caso de que se emplee un cuestionario largo o complicado se obtienen mejores resultados con las entrevistas domiciliarias que con otros métodos de investigación familiar. Se pueden esperar tasas de respuesta más altas en las entrevistas domiciliarias que en las investigaciones por teléfono o correo. Por otro lado, es usual que el método de las entrevistas domiciliarias resulte más caro que otros métodos. Según el informe de DiRenzo, (11) los costos de las entrevistas y del trabajo de campo en tres estudios realizados en 1974 variaban entre 10.09 dólares y 23.79 dólares por entrevista completa. El mismo informó que los costos de una encuesta por teléfono y otra por correo fueron de 11.07 y 4.25 (dólares en 1974) por entrevista completa. Normalmente, tales encuestas tienen calidad de respuestas más baja, y requieren de mayor cuidado en su planeación y supervisión para evitar que se registre un número de viajes menor que el real o se introduzcan desviaciones.

Método de investigación a los lados del camino Este método consiste en detener los vehículos en la carreteta y solicitar al conductor información acerca del origen, destino y propósito del viaje. Normalmente, se cuentan todos los vehículos que pasan por la estación investigadora pero únicamente se entrevista a una muestra de los conductores (por ejemplo, el 20 por ciento). Los métodos alternativos de investigación a los lados del camino son la presentación de cuestionarios a los propietarios de vehículos pidiéndoles que los devuelvan por correo una vez que han sido contestados, o bien, se puede anotar el número de las placas y enviar los cuestionarios por correo a los propietarios de los vehículos. Por lo común las estaciones en que se realiza el conteo se localizan en todos los accesos principales de las carreteras del área estudiada. Si las estaciones se localizan a lo largo de una línea imaginaria que encierra en un círculo el área investigada, se dice que forman un "cordón de estaciones", y los conteos se conocen con el nombre de "conteos de cordón". También, se emplea este tipo de investigaciones para interceptar y entrevistar a los conductores de vehículos que cruzan las líneas de frontera seleccionadas (es decir, líneas de partición) dentro de un estado o región.

Las investigaciones a los lados del camino son muy útiles para registrar los viajes relativamente largos y poco frecuentes, incluso los viajes de perso-

nas, que viven fuera del área investigada. Tales investigaciones proporcionan información limitada, acerca de la naturaleza de los viajes estudiados y prácticamente ninguna acerca de las características socioeconómicas del viajero. Estas investigaciones deben planearse y llevarse a cabo cuidadosamente a fin de evitar los congestionamientos graves del tránsito, sobre todo en las rutas con mucha circulación.

Investigación modal En un gran número de estados, en los que existen organismos de transportación multimodal, puede ser necesario hacer investigaciones especiales de los viajes en autobús, tren o avión. Por lo común, los estudios modales se hacen entrevistando a los pasajeros en las terminales o mientras utilizan los transportes públicos. Las entrevistas por teléfono y las investigaciones de las placas de circulación se emplean con menos frecuencia para reunir datos sobre viajes modales. El U.S. Department of Transportation (Departamento del Transporte de Estados Unidos) ha publicado guías detalladas sobre las investigaciones modales en todos los estados(11) y sobre los viajes de transportación masiva urbana(12) que el lector puede consultar en busca de mayor información.

Investigación sobre el transporte de carga El transporte de carga dentro de un estado o área urbana es complejo, ya que se trata de modos de transporte, una combinación del transporte entre terminales y el de distribución local, y una variedad de tipos de carga y usuarios. El movimiento de mercancías influye en el funcionamiento de un sistema de transporte, y los planificadores deben tener muy en cuenta el transporte de mercancías dentro del proceso de planeación existente. Desafortunadamente, los procedimientos de planificación del transporte de mercancías no se han desarrollado tanto como los del transporte de pasajeros.

Dada la naturaleza competitiva de la industria del transporte de mercancías, puede suceder que los transportistas se muestren reacios a responder a cuestionarios enviados por correo. Por esta razón, la experiencia indica que la técnica de encuesta por medio de entrevistas personales es la más efectiva para obtener información confidencial de las personas relacionadas con la industria del transporte.

En ciertos casos, la investigación sobre el transporte de mercancías puede limitarse a recopilar información sobre el origen-destino de los camiones por tipo y peso de la carga. Por otra parte, puede ser una investigación de mayor alcance sobre el transporte multimodal de mercancías en la cual se busque obtener información detallada acerca de mercancías específicas como el destinatario, remitente, transportista, tipo de mercancías, origen, destino, peso, valor, hora en el origen o destino y valor del flete. Se puede reunir una gran cantidad de datos relativos a las instalaciones en las estaciones de carga preguntando amistosamente a los operadores de estas estaciones, por este medio puede conocerse incluso el número de movimientos por día (por tipo modal) y la clase y volumen de carga manejada durante los períodos de carga promedio y máxima. En la referencia 13 se presenta información adicional acerca de las investigaciones sobre el transporte de mercancías.

Investigaciones sobre viajes urbanos Antes de tratar el análisis de los datos en la planificación de sistemas, conviene ver cómo se utilizan las diferentes compilaciones de datos de los procedimientos descritos arriba en una investigación urbana de origen-destino (O-D). Uno de los primeros pasos para llevar a cabo una investigación urbana O-D consiste en dividir el área geográfica sujeta a estudio en unidades de planificación conveniente. Es necesario establecer la ubicación del cordón limitrofe externo, una línea imaginaria que circunda el área investigada y separa el *área externa* del *área interna*. El cordón externo normalmente circunda por completo jurisdicciones políticas. Es decir, pueblos, ciudades, regiones de acuerdo al censo, etc., y contiene también el "área urbanizada" como ha sido definida por organismos tales como *Bureau of the Census* y la FHWA.

El área interna está subdividida en diferentes zonas de análisis. Los límites de estas zonas deben coincidir, siempre que sea posible, con los límites de las regiones censadas y, generalmente, se trazan a lo largo de calles y carreteras existentes. Las zonas deben ser lo suficientemente reducidas como para evitar que haya un gran número de viajes intrazonales. La FHWA(14) sugirió que los viajes intrazonales no excedan 10 a 15 por ciento del total de viajes. Por lo general, las zonas se numeran en forma sistemática para facilitar la codificación y el análisis de los datos de los viajes durante la fase de análisis.

Es común que en los estudios urbanos O-D de gran alcance, se utilice combinación de los procedimientos de investigación descritos anteriormente: investigación de viajes en la comunidad, investigaciones al lado del camino, investigaciones modales y las de movimiento de mercancías.

Tales investigaciones se dividen en dos partes:

- 1 Una investigación externa en la que se recopilan los datos de viaje de los vehículos que cruzan la línea del cordón externo
- 2 Una investigación interna orientada a los hábitos de las personas que viven dentro del área limitada por la línea del cordón externo.

Los datos para la investigación se reúnen a lo largo de la línea del cordón externo. Se obtienen conteos del tránsito en ambos sentidos en cada una de las calles y carreteras que cruzan la línea del cordón. Se recolectan datos de origen-destino con investigaciones a los lados del camino que se ejecutan en todas las rutas principales que cruzan la línea del cordón.

La investigación interna consta de las siguientes subdivisiones: 1) entrevistas domiciliarias (viajes hechos por todas las personas), 2) estudio de camiones, 3) estudio de taxis y 4) información de autobuses públicos.

Las entrevistas se hacen conforme a un calendario predeterminado y se utilizan las formas necesarias para tabularlas. Las preguntas se refieren a hechos del día anterior a la entrevista. Esta información comprende el número de habitantes de la vivienda, sus ocupaciones, el número de personas

que viajó, tipo de transporte utilizado, ya sea público o privado, origen, destino, propósito del viaje, etc.

Para escoger la muestra, se utilizan ciertos documentos básicos disponibles como: 1) los Sanborn Maps, que son una serie de mapas protegidos por derechos de autor preparados para el uso de compañías de seguros, asesores, etc. que muestren todas las construcciones con los datos correspondientes, 2) los directorios de las ciudades, 3) "Block Statistics" del Bureau of the Census, donde se especifican las manzanas y el número de ellas y 4) los mapas disponibles acerca del uso del suelo.

Por lo general, la información referente a los camiones de carga y a los taxis se obtiene de los archivos de las compañías que los operan, usualmente se muestran el 20 por ciento de los camiones de carga y de 50 a 100 por ciento de los taxis registrados en un área. Por lo regular, la información acerca del transporte público se obtiene directamente de las compañías de transporte. Esta información incluye la ubicación de notas existentes, horario de operaciones, y el número total de pasajeros transportado en un día promedio de la semana durante el período de la investigación.

Puede comprobarse la precisión con que se reportan los viajes en la investigación interna por medio de tres métodos: 1) el uso de puntos de control para comparación, 2) líneas de partición para comparación y 3) un cordón lineal de comparación. No deben seleccionarse más de tres o cuatro puntos de control en cada estudio. Por lo común, los puntos de control se ubican en viaductos, puentes, pasos a desnivel u otros puntos de construcción a través de los cuales pasan grandes volúmenes de tránsito. El volumen del tránsito promedio y la clasificación en cada punto de control deben determinarse por medio de conteos manuales realizados mensualmente durante la investigación, de tal manera que los totales obtenidos en las entrevistas domiciliarias puedan compararse con los resultados reales en el terreno, obtenidos en estos puntos.

Las líneas de partición son barreras naturales como ríos o vías de ferrocarril, las cuales normalmente tienen un número limitado de cruces en los que pueden efectuarse los conteos en el terreno a un costo mínimo. Las líneas de partición se establecen para dividir el área de investigación interna en dos sectores con el objeto de determinar el número de vehículos que se mueven de uno a otro. Entonces, puede hacerse una comparación entre el número de viajes intersectoriales obtenido con los conteos, y el número total de viajes determinado a partir de la inferencia de las entrevistas efectuadas.

El cordón lineal sirve para comparar los viajes en automóvil hechos por los residentes del área interna y los viajes de vehículos de carga realizados por los camiones registrados en área, pero únicamente aquellos viajes en los que se cruza la línea de cordón. Puede compararse el número total de los viajes registrados en la investigación externa con el número total obtenido en la investigación interna.

En muchas investigaciones recientes realizadas en diversos municipios empleando el método previamente descrito, más o menos el 90 por ciento del tránsito que pasa por los puntos de control y las líneas de partición durante 16 horas de operación de las estaciones externas ha sido comprobado con los datos de las entrevistas. Supuestamente el 10 por ciento restante está compuesto de vehículos que se encuentran circulando en busca de un lugar para estacionarse o de pequeños viajes sin importancia en busca de un lugar para estacionarse, y de los viajes hechos por personas que no se mencionaron en las entrevistas, y de los viajes hechos por personas que viven fuera del área y que no fueron interceptados por las estaciones externas de cordón. Se considera que estos viajes son de menor importancia con respecto al propósito principal de la investigación.

En la figura 6-3 se ilustra una comparación entre el número de vehículos contado en los puntos de control y el número de los mismos que se determinó a partir de las entrevistas.

Es probable que en ciudades con población menor de 5 000 habitantes no sea necesario realizar una investigación interna, posiblemente se pueda reunir suficiente información O-D por medio de entrevistas a los lados del camino en el cordón externo. En ciudades ligeramente más grandes (con poblaciones entre 5 000 y 50 000 habitantes), en lugar de una investigación interna, pueden efectuarse investigaciones a los lados del camino a lo largo de dos líneas de cordón, uno en las afueras de la ciudad y el otro en la periferia del distrito comercial central.

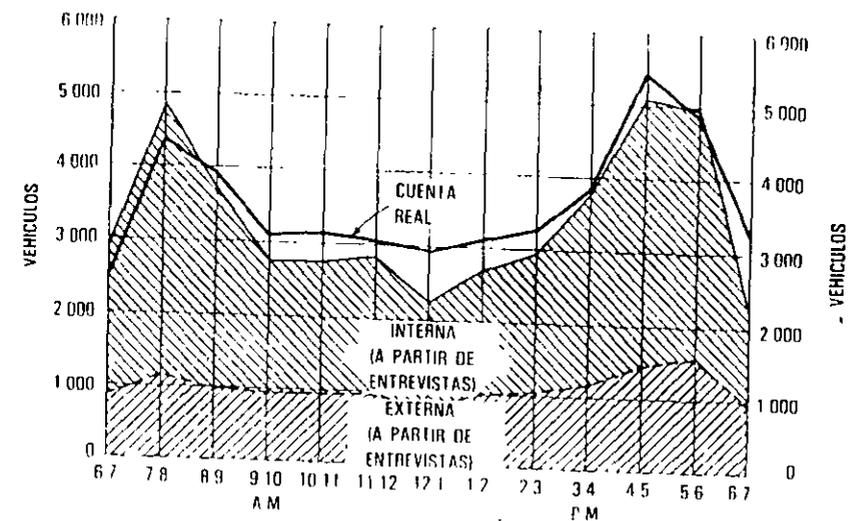


FIGURA 6.3 Estudio realizado en Baltimore sobre los hábitos de viaje. Comparación entre el tránsito que pasa tres puntos de control según los datos obtenidos de las encuestas y de lo que se midió realmente en dichos puntos. (Cortesía de Federal Highway Administration)

Con recursos de FPEI

W.P. Durango - Matamoros

Durango - Sathilo

1 Libramiento Periférico de Torreón -

Gómez Palacio - Cd. Lerdo

Ampliación a 4 carriles

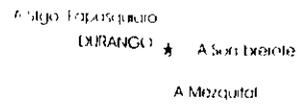
Reynosa - Matamoros

2 Curva Texas - Canal Anzalduas

Ampliación a 4



A Coahuila 1. Libramiento Periférico de Torreón - Gómez Palacio - Cd. Lerdo



A Coahuila
Mazatlán;
Villa Unión A Teac

Simbología/Symbology

Carreteras	Highways
Federales	Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	○ City or town

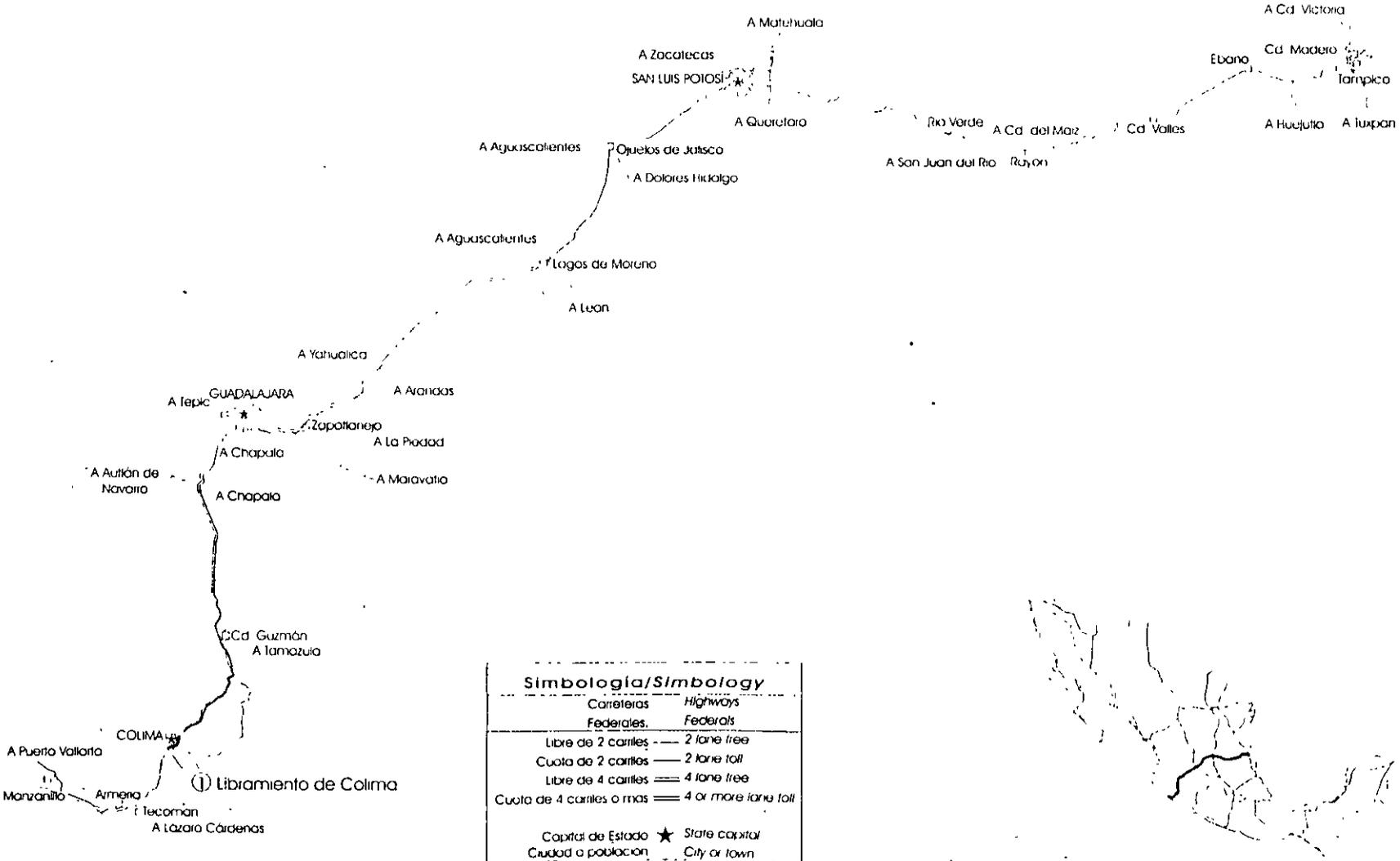


CONTRATOS DE PFI
 Vías de acceso a los PFI
 Colima - Guadalajara
 1. Libramiento de Colima

Ampliación a 4

Eje/Corridor 7: Manzanillo - Tampico

MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO TRONCAL EN EL PERIODO 1999 Y 2000

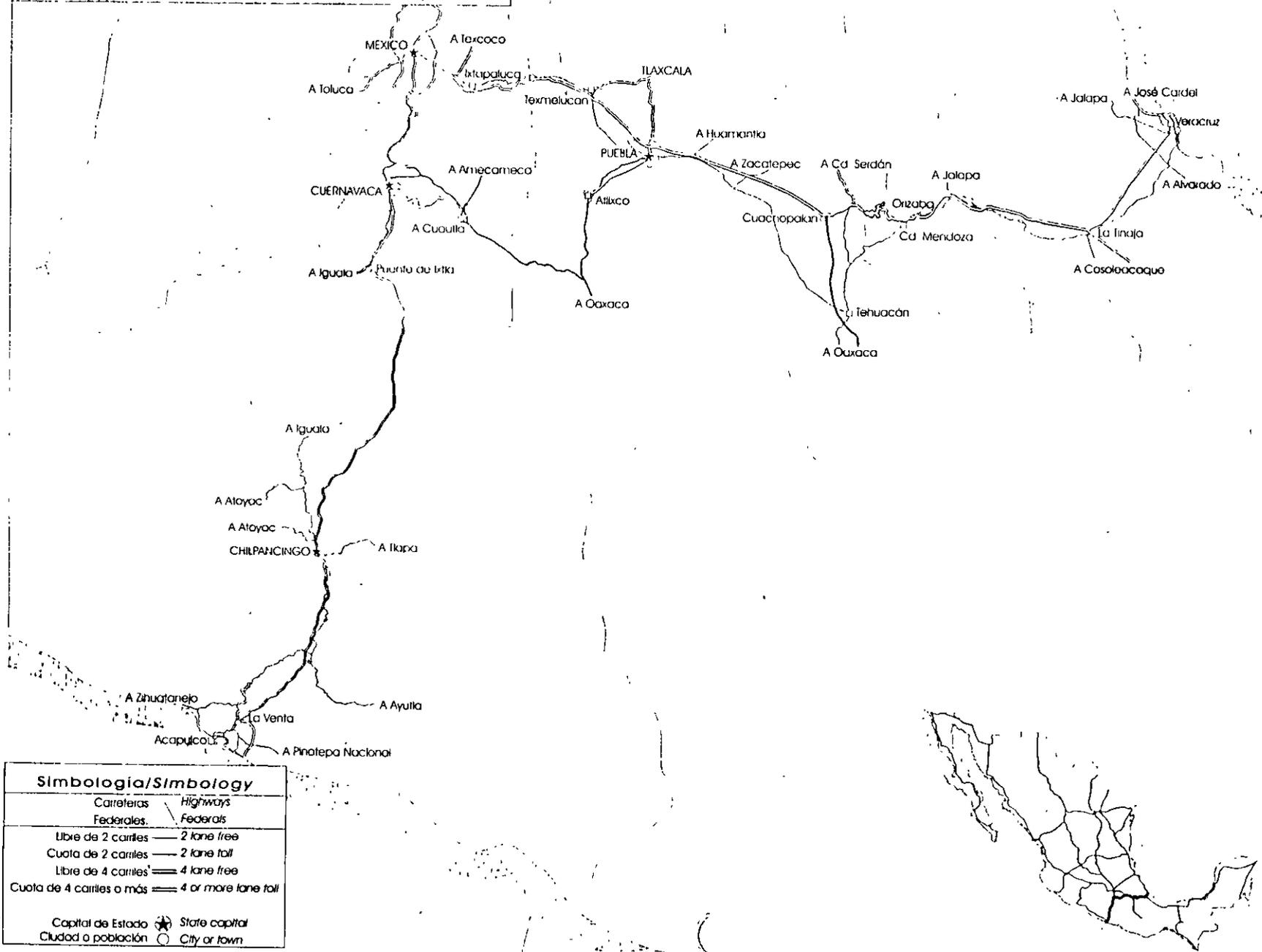


Simbología/Symbology	
Carreteras	Highways
Federales	Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	• City or town



Eje/corridor 8: Veracruz - Puebla - Cuernavaca - Acapulco

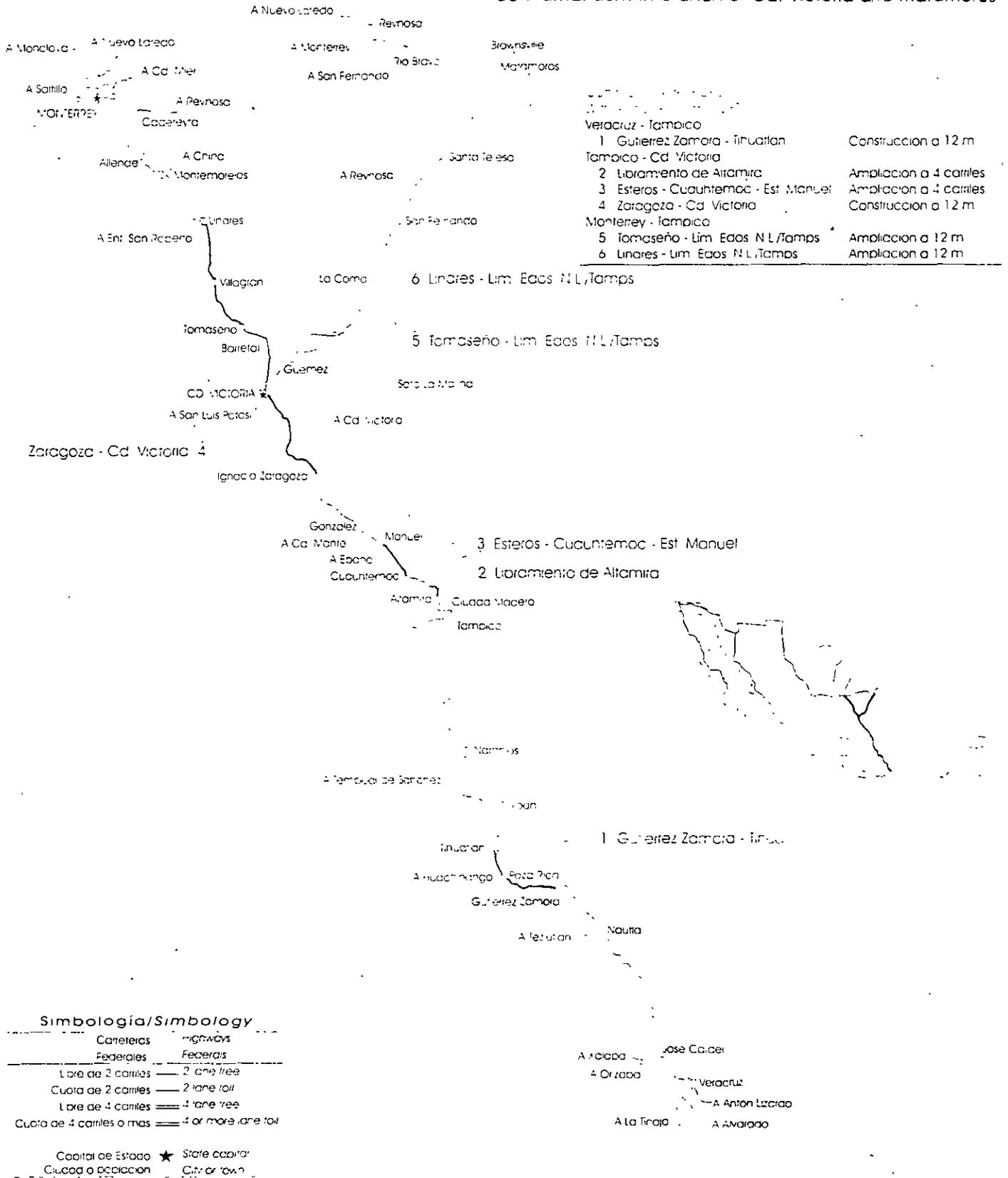
Para este eje troncal no se prevé ninguna inversión en el periodo 1999 - 2000.
 No investment is contemplated for this corridor during 1999 - 2000



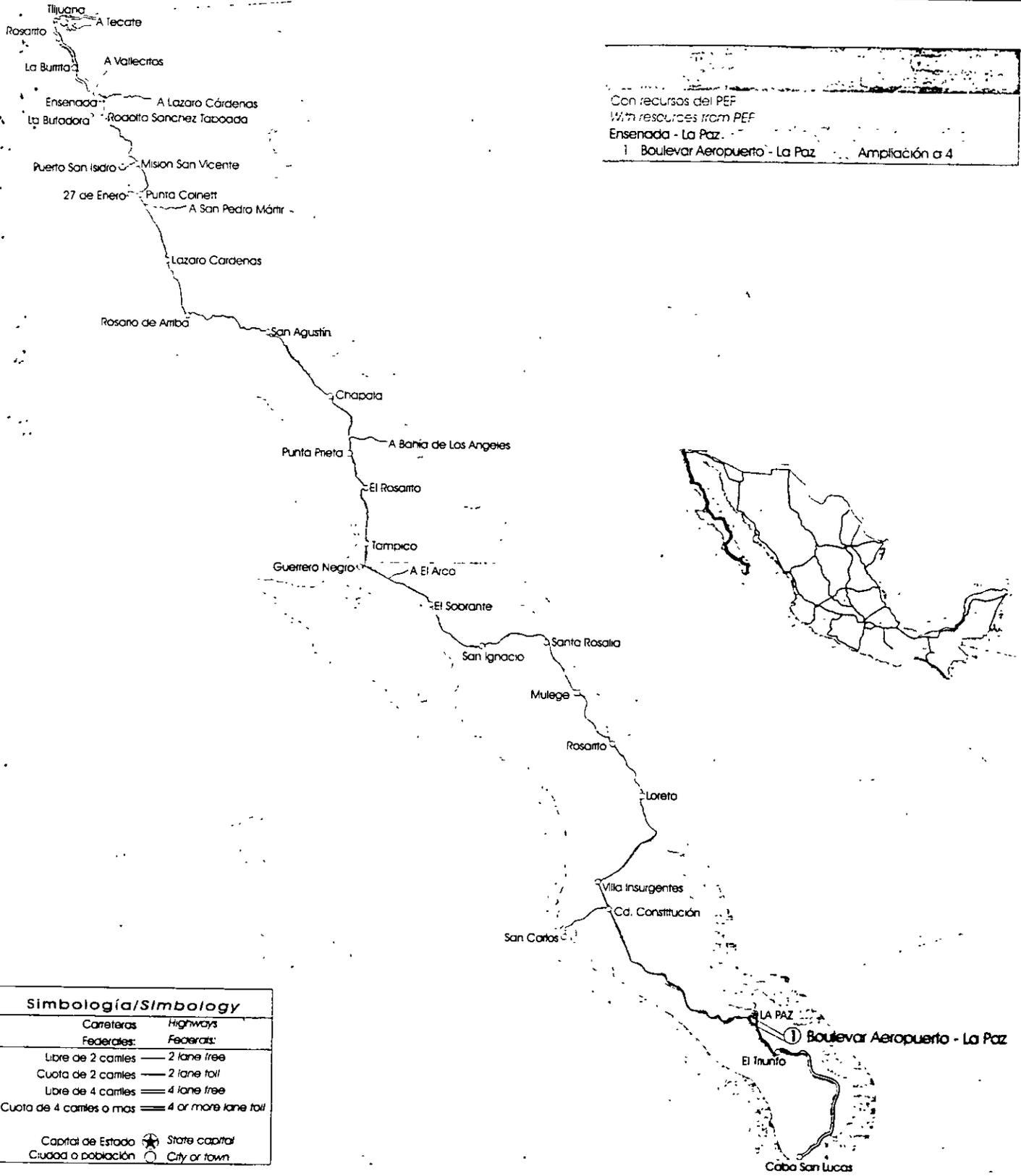
MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM DURING 1999 AND 2000

MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO TRONCAL EN EL PERIODO 1999 Y 2000

Eje/corridor 9: Veracruz - Monterrey, con ramal del/with branch of Cd. Victoria a/to Matamoros



Eje/corridor 10: Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)



II. IMAGEN OBJETIVO PARA EL PERÍODO 2001-2010

II. TARGET VISION FOR 2001-2010

1. VISIÓN A 2010 Y 2020

Predecir el futuro desarrollo de un país no es una tarea fácil. A pesar de ello, dado el papel y las características del sistema nacional de carreteras es seguro pensar que los 10 principales ejes troncales seguirán constituyendo la columna vertebral del sistema de transporte carretero de México y que en el futuro será necesario continuar la labor de modernizar estos corredores para que ofrezcan un sistema carretero seguro, eficiente y bien articulado al público usuario.

Por ello, la estrategia de otorgar una alta prioridad a los diez ejes troncales y a proyectos necesarios para modernizarlos y expandir su cobertura territorial con carreteras de altas especificaciones debe continuar durante los próximos años. La interrelación entre el sistema carretero y el desarrollo regional también debe enfatizarse para evitar la concentración o la dispersión extremas de la población y las actividades económicas.

En ese contexto, la SCT ha identificado un conjunto de proyectos viables que podrán ser desarrollados durante el período 2001-2010. La lista de proyectos, que incluye libramientos de las ciudades más importantes, se presenta en seguida.

Por último, también se presenta otro cuadro con proyectos propuestos para el período 2011-2020. Evidentemente, la naturaleza específica del programa carretero de esos años variará dependiendo de las condiciones y prioridades económicas, sociales y políticas que el país se fije en esas primeras décadas del tercer milenio.

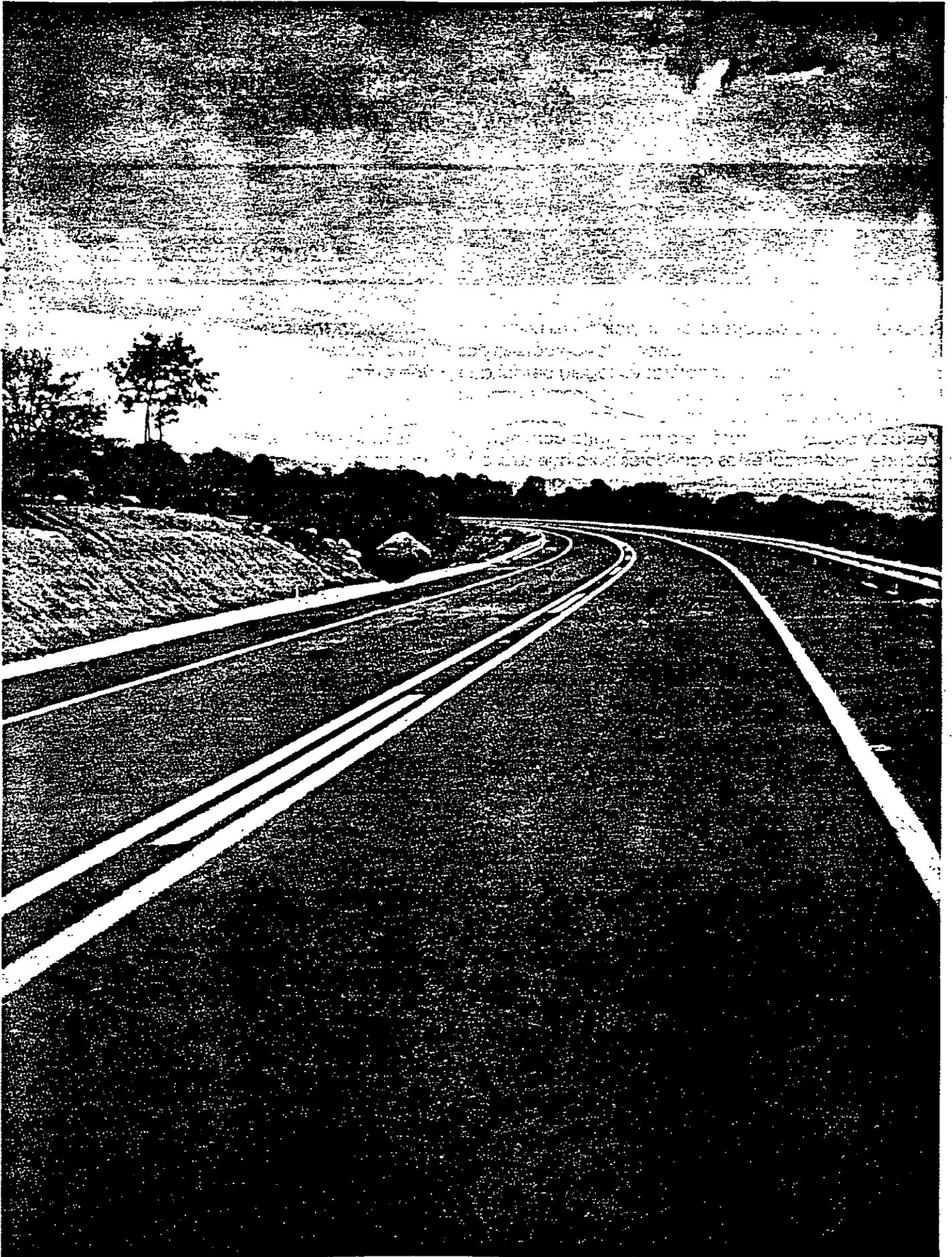
1. 2010 AND 2020 VISION

Although the task of predicting the future development of any country is never easy, given the current characteristics of the existing road system one may safely predict that the 10 main highway corridors will continue to be the main backbone of the Mexican road transport system, and that actions should keep focusing on allowing that these corridors offer to the travelling public a safe, efficient and well connected road system.

In this respect, the strategy of prioritizing the ten main highway corridors and projects needed to modernize and expand the coverage of high specification roads must continue during coming years. The relationship between the highway system and regional development should also be stressed, to avoid extreme concentration or dispersion of the population and economical activities.

Within that framework, SCT has identified a set of feasible projects that can be developed during the period 2001-2010. The list of these projects, which includes the bypasses needed around the country's most important cities is presented below.

Finally, a table is presented in which other projects are proposed for the period 2011-2020. Obviously, the specifics of the highway program for these years will vary according to the country's future economical, social and political conditions and priorities.



MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO TRONCAL EN EL PERIODO 1999 Y 2000

PROYECTOS SUSCEPTIBLES DE SER PROGRAMADOS EN EL PERIODO 2001 - 2010
PROJECTS LIKELY TO BE SCHEDULED DURING 2001 - 2010

Eje	Tipo de Obra requerida	Longitud (km)
Tramo/Subtramo		
Corridor	Type of Work	Length (km)
Section/Subsection		
1 Mexico-Nogales		898.0
México - Guadalajara		
1. Atzacapan - Atlacomulco	Construcción a 4c	80.0
Ent. San Blas - Mazatlán		
2 Ent. San Blas - Rosamorada	Construcción a 2c	50.0
3. Rosamorada - Lim. Edos. Nay./Sin.	Construcción a 2c	55.0
4. Lim. Edos. Nay./Sin. - Escuinapa	Construcción a 2c	46.0
5 Rosaro - Villa Unión	Construcción a 2c	31.0
Ramal a Lázaro Cárdenas y Acapulco		
6. Lázaro Cárdenas - Zihuatanejo	Ampliación a 12 m	106.0
7. Zihuatanejo - Acapulco	Ampliación a 12 m	225.0
Ramal a Tijuana		
Santa Ana - Tijuana		
8. Mexicali - El Centinela	Ampliación a 12 m	18.0
9. Santa Ana - Caborca	Ampliación a 12 m	104.0
10 Caborca - Sonoyta	Ampliación a 12 m	147.0
11. San Luis Río Colorado - Acc. a Mexicali*	Ampliación a 12 m	36.0
2 Mexico-Nuevo Laredo		57.0
México - Tepotzotlán		
12. Perinorte - Tepotzotlán	Modernización	21.0
Ramal a Piedras Negras		
Ojo Caliente - Monclova		
13. Ojo Caliente - Rancho Nuevo	Construcción a 2c	36.0
3. Querétaro-Cd. Juárez		60.0
Rincón de Romos - Ent. Lib. Zacatecas		
14. Rincón de Romos - Lim. de Edos. Ags./Zac	Ampliación a 4c	20.0
15. Lim. de Edos. Ags./Zac. - Ent. Lib. Zac	Construcción a 2c	40.0
4. Acapulco-Tuxpan		113.0
Pachuca - Tihuatlan		
16. Tejocotal - Nuevo Necaxa	Construcción a 2c	28.0
17. Nuevo Necaxa - Tihuatlan	Construcción a 2c	85.0
5. México-Chetumal		656.0
Villahermosa - Mérida		
18. Villahermosa - Ciudad del Carmen	Ampliación a 12 m	172.0
19. Ciudad del Carmen - Champotón	Ampliación a 12 m	151.0
Cancún - Chetumal		
20. Tulum - Desviación a Mahahual	Ampliación a 12 m	166.0
21. Desviación a Mahahual - Ent. Chetumal	Ampliación a 12 m	167.0
Ramal a Oaxaca		0.0
Ramal a Chiapas		0.0
6. Mazatlán-Matamoros		0.0
7. Manzanillo-Tampico		436.0
Colima - Guadalajara		
22. El Trapiche - Lim. de Edos. Col./Jal.	Ampliación a 4c	20.0
23. Ent. Sayula - Cuatro Caminos	Ampliación a 4c	33.0
Logos de Moreno - San Luis Potosí		
24. Logos de Moreno - Las Amarillas	Ampliación a 4c	35.0
25. Las Amarillas - Villa de Amaga	Ampliación a 2c	43.0
26. Villa de Amaga - San Antonio	Ampliación a 12 m	26.0
27. San Antonio - Ent. Aeropuerto	Construcción a 2c	17.0
San Luis Potosí - Tampico		
28. San Luis Potosí - Ciudad Valles**	Construcción a 2c	262.0

Eje	Tipo de Obra requerida	Longitud (km)
Tramo/Subtramo		
Corridor	Type of Work	Length (km)
Section/Subsection		
8. Acapulco-Veracruz		97.0
Chilpancingo - Puebla		
29. Alpujeca - Atlixco	Construcción a 2c	97.0
9. Veracruz-Monterrey		271.0
Veracruz - Tampico		
30. Cardel - Tihuatlan*	Construcción a 2c	196.0
Tampico - Ciudad Victoria		
31. Estación Manuel - González	Construcción a 2c	15.0
32. González - Zaragoza	Ampliación a 12 m	60.0
10. Tijuana-Cabo San Lucas (Transpeninsular)		0.0
		0.0
	Subtotal	1,770.0

OTROS PROYECTOS
OTHER PROJECTS

Tramos	Tipo de Obra requerida	Longitud (km)
Section	Type of Work	Length (km)
33. Amaga - La Ventosa	Ampliación a 12m	136
34. La Ventosa - Salina Cruz	Ampliación a 12m	57
35. Salina Cruz - Huatucico	Ampliación a 12m	145
36. La Ventosa - Acajucan	Ampliación a 12m	200
37. F.L. Santa María - Cárdenas	Ampliación a 12m	52
	Subtotal	590
	TOTAL	2,360

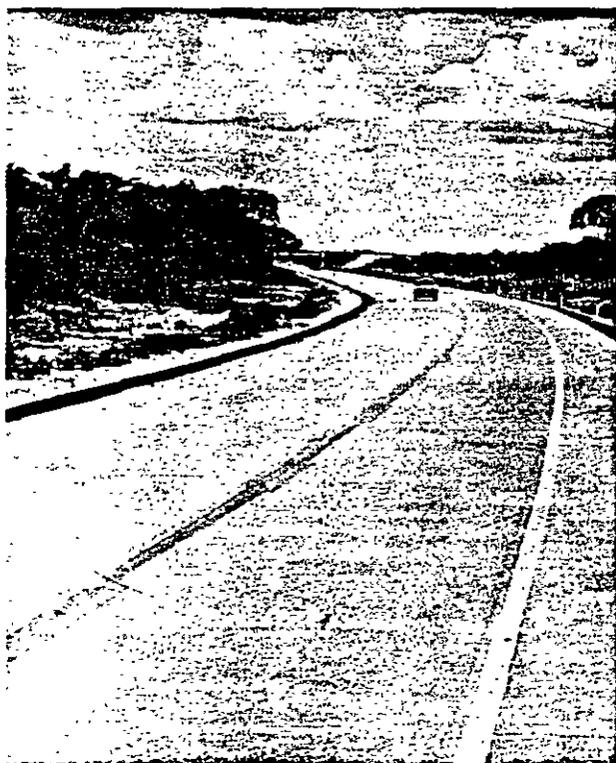
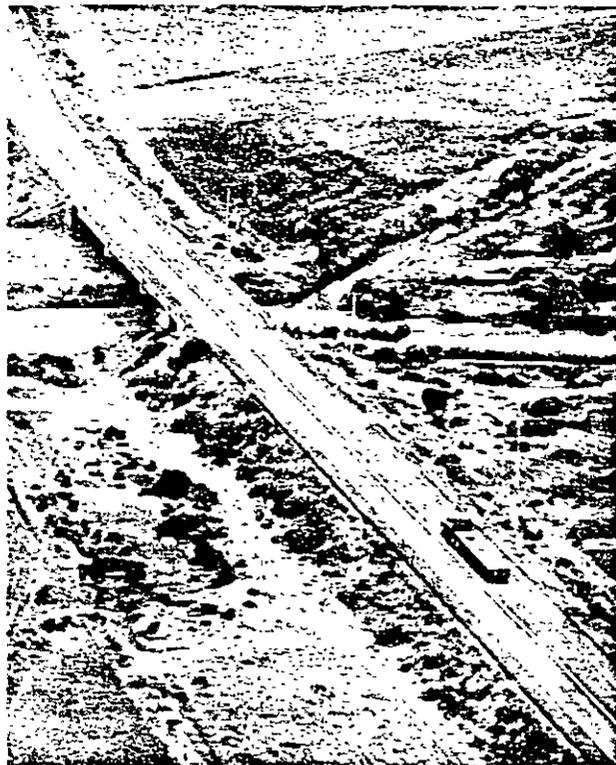
* Estas obras se terminarán después del 2010

** En Construcción

PROGRAMA DE LIBRAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES
CIUDADES 2001-2010
PROGRAM OF BYPASSES FOR 2001-2010

Eje Corridor	Ciudad y ubicación City and location	Longitud (km) Length (km)	Inversión (mdp) Investment
1. México - Nogales		185.5	2,379.0
	Toluca, Mex. (N-Ote.)	30.0	240.0
	Afacomulco, Mex. (S-Pte.)	13.5	190.0
	Guadalajara, Jal. (Sur)*	76.0	1350.0
	Tepic, Nay.	14.0	186.0
	Villa Unión, Sin.	11.0	110.0
	Mazatlán, Sin.	22.0	153.0
	Ramal a Lázaro Cárdenas y Acapulco		
	Ramal a Tijuana		
	Tijuana, B.C.	19.0	150.0
2. México - Nuevo Laredo		74.6	690.0
	Matehuala, S.L.P. (Ote.)	13.3	210.0
	Ramal a Piedras Negras		
	Saltillo, Coah. (N-Ote.)	45.0	350.0
	Piedras Negras, Coah.	16.3	130.0
3. Querétaro - Ciudad Juárez		24.0	160.0
	Zacatecas, Zac.	24.0	160.0
4. Acapulco - Tuxpan		22.0	170.0
	Tulancingo, Hgo.	22.0	170.0
5. México - Chetumal		25.3	206.0
	Cárdenas, Tab. (Norte)	10.8	90.0
	Villahermosa, Tab. (N-Pte.)	14.5	116.0
	Ramal a Oaxaca		
	Ramal a Chiapas		
6. Mazatlán - Matamoros		30.0	305.0
	Reynosa, Tamps.	22.0	215.0
	Matamoros, Tamps.	8.0	90.0
7. Manzanillo - Tampico		8.0	80.0
	Lagos de Moreno, Jal	8.0	80.0
8. Acapulco - Veracruz		-----	-----
9. Veracruz - Monterrey		38.0	360.0
	Allende - Per. de Monterrey (2c)	38.0	360.0
10. Transpeninsular		-----	-----
		407.4	4,350.0

* Estas obras se terminarán después del año 2010

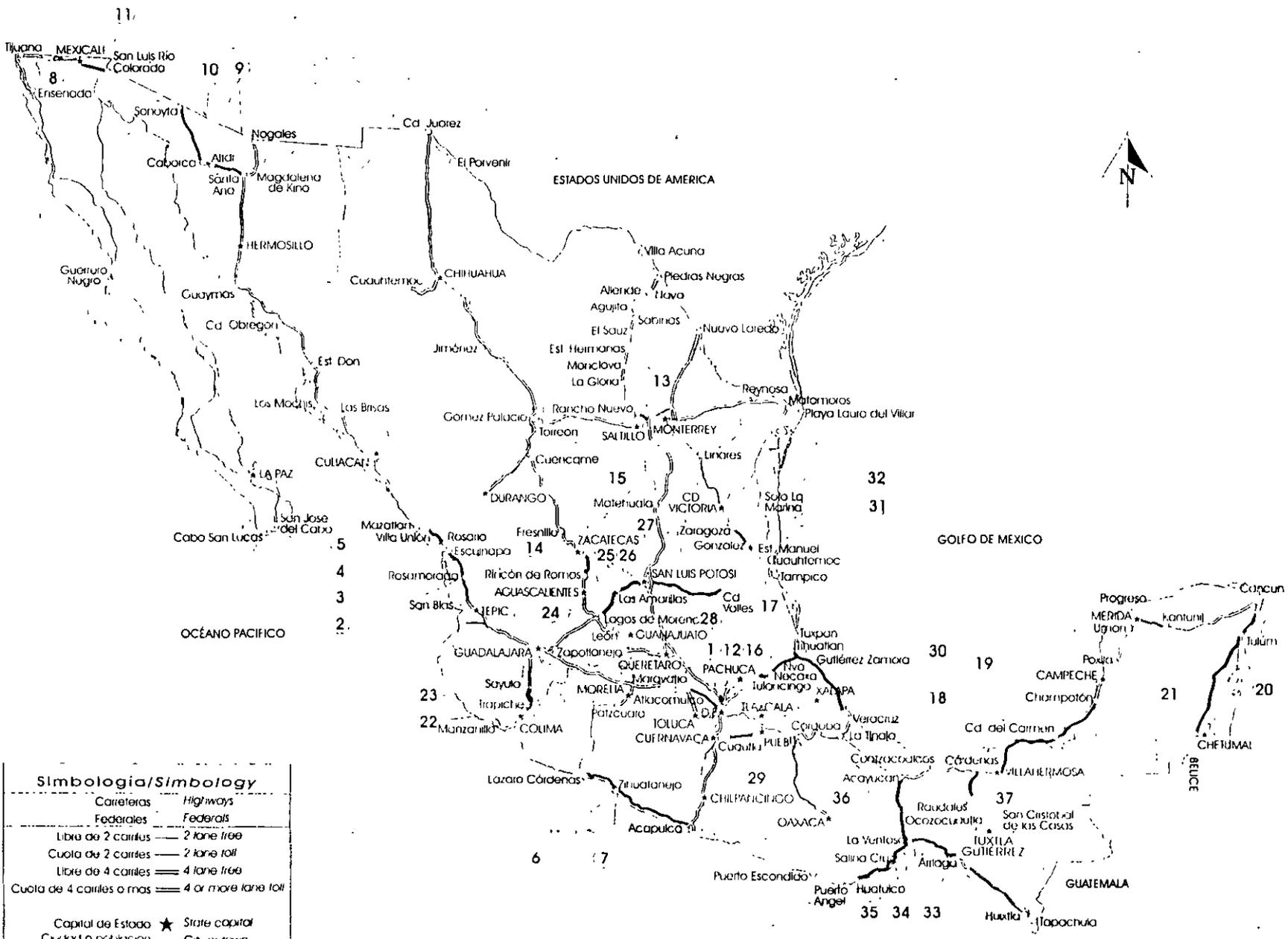


Proyectos susceptibles de ser programados en el periodo 2001-2010

Projects likely to be programmed for 2001-2010

IMAGEN OBJETIVO PARA EL PERIODO 2001-2010

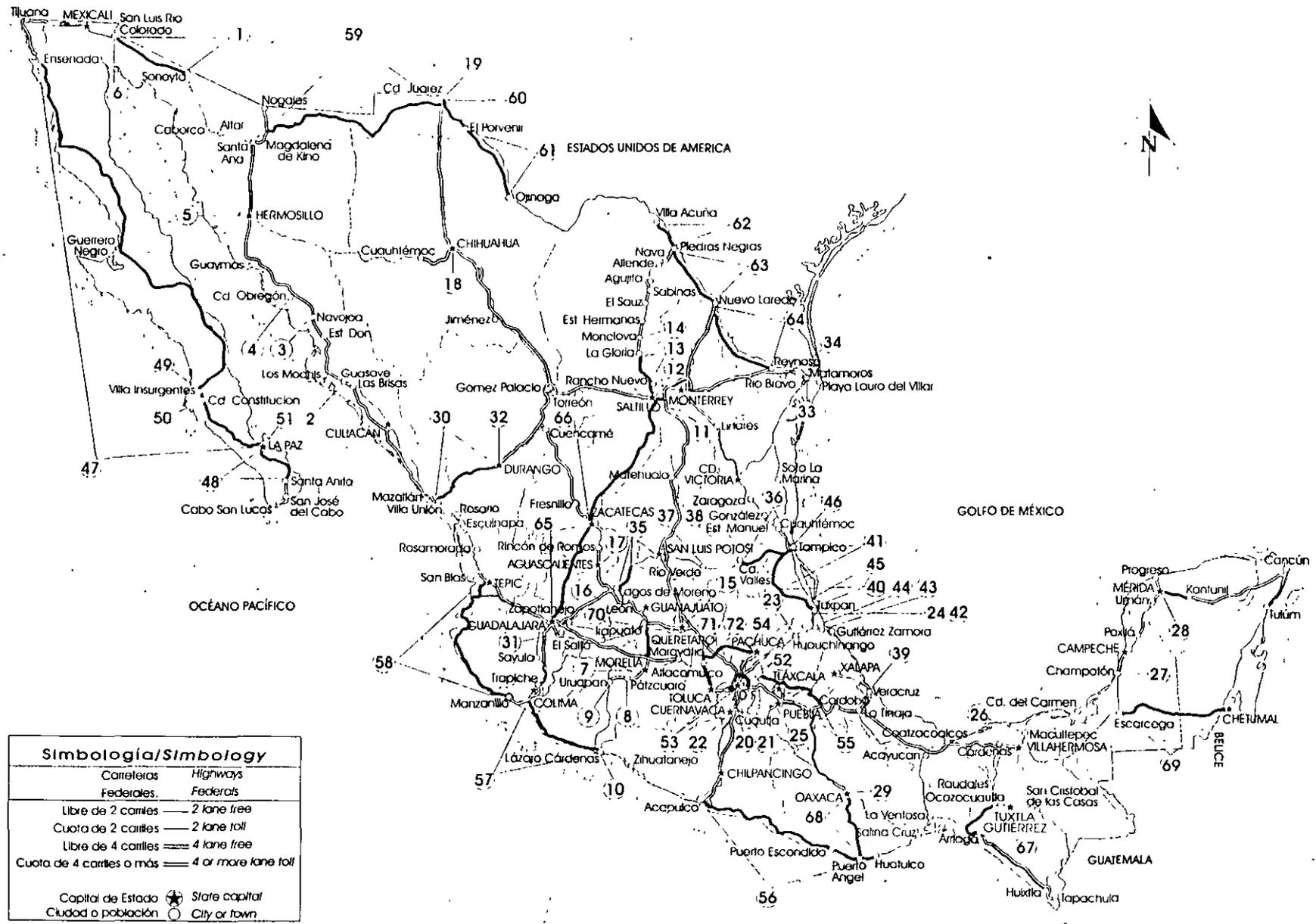
MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA CARRETERO TRONCAL EN EL PERIODO 1999 Y 2000



Simbología/Simbology	
Carreteras	Highways
Federales	Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

Proyectos factibles 2011 - 2020
Other feasible projects for 2011-2020

MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY SYSTEM DURING 1999 AND 2000



Simbología/Simbology	
Carreteras Federales	Highways Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town

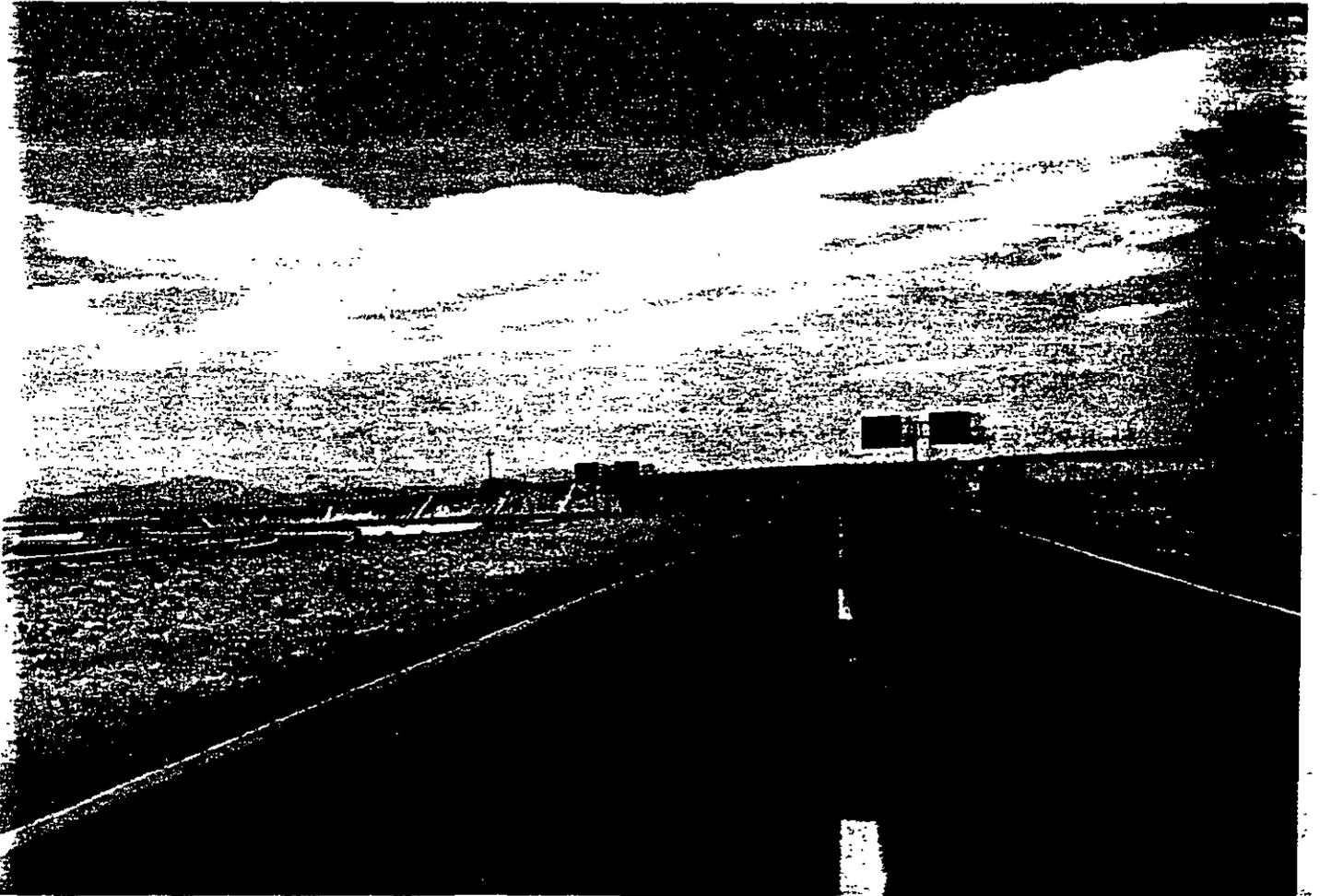
Comunicaciones y Transportes busca ofrecer al público caminos más modernos y más seguros, que permitan disminuir los tiempos de recorrido, los costos del transporte y la incidencia de accidentes carreteros

En lo que va de la presente administración, se han modernizado y puesto en operación aproximadamente 4700 kilómetros de carreteras federales, de los cuales alrededor de 1,580 kilómetros se ubican a lo largo de los ejes troncales y el resto, en otras rutas de importancia nacional.

Al mismo tiempo, se ha realizado un esfuerzo importante para mantener la red federal, por lo que cada año se conservan los 43 mil kilómetros que la componen, se reconstruyen alrededor de 1,200 kilómetros y más de 150 puentes, con objeto de mantener el nivel de servicio de la red en condiciones adecuadas. Además, anualmente se desarrollan importantes programas de mantenimiento en los más de 6,000 kilómetros de autopistas de cuota.

During the present administration, approximately 4,700 kilometers of federal roads have been modernized and put into operation; about 1,580 kilometers of these belong to the main highway corridors and the remaining kilometers are located along other important national roads.

At the same time, a great effort has been made to maintain the federal highway network. Therefore, every year, its 43 thousand kilometers receive routine maintenance and approximately 1,200 kilometers and 150 bridges are reconstructed. This is done to ensure adequate service levels of all sections of the federal highway network. In addition, specific maintenance programs are implemented for the more than 6,000 kilometers of toll highways.



2. RED NACIONAL DE CARRETERAS

En 1998, la red nacional de carreteras había alcanzado una longitud total de 322,857 kilómetros. Esta red está integrada por carreteras libres, atendidas por los gobiernos federal y estatal; carreteras de cuota, a cargo del organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), concesionadas y otras de jurisdicción estatal, así como caminos rurales y brechas, cuya atención corresponde a los gobiernos estatales.

La clasificación e integración de estos grupos de carreteras, que conforman la red nacional, considera el tipo de operación libre o de cuota, las características geométricas, los volúmenes de tránsito y su función en el transporte de carga y de personas, así como su papel de impulsoras del desarrollo económico local, regional o nacional, ampliando así el criterio tradicional de definir el régimen de las carreteras con base en el origen de los recursos utilizados para su construcción, conservación y vigilancia.

Entre 1995 y 1998, la red nacional de carreteras se incrementó en 15,027 kilómetros, al pasar de 307,830 a 322,857 kilómetros, destacando lo realizado en las redes estatal y rural; el incremento del 8 por ciento (776 km) de la longitud de carreteras pavimentadas, y la de cuatro o más carriles en 8.3 por ciento (743 km.).

2. THE NATIONAL HIGHWAY NETWORK

In 1998, the total length of the national road network was of 322,857 kilometers. The network consisted of toll-free highways, controlled by federal and state governments; toll highways operated by "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos" (CAPUFE), a public agency, concessioned toll roads and other roads under state jurisdiction, as well as rural roads and trails, generally in charge of state governments.

The classification and integration of the highway categories belonging to the national network takes into consideration the type of road (free or toll), its geometric characteristics, freight and passenger traffic volumes and its role in promoting local, regional and national economic development. This functional classification has superseded the traditional criterion under which highways were classified according to the origin of the resources used to construct and maintain them.

From 1995 to 1998, the national road network was extended by 15,027 kilometers, from 307,830 kilometers to 322,857 kilometers. This increase in length is particularly noticeable on state and rural roads, as well as paved highways whose length was increased by 8% (776 km.) and on 4 or more lane highways, whose total length grew by 8.3% (743 km.).

RED NACIONAL DE CARRETERAS NATIONAL HIGHWAY NETWORK

Concepto	Longitud (km/año) Length (km/year) 1998*1
Por tipo de camino	322,856.5
Federal	48,103.6
Cuota*	6,276.3
Libre	41,827.3
Estatal	63,405.1
Rural	158,285.7
Brechas mejoradas	53,062.1
Por estado superficial	322,856.5
Pavimentado	108,803.0
Revestimiento**	150,521.7
Otros***	63,531.8
Por carriles****	98,563.6
Dos carriles	89,125.5
Cuatro o más carriles	9,438.1

* Incluye los datos de la red a cargo de CAPUFE, de autopistas concesionadas y de estatales de cuota

** Incluye los caminos rurales en caminos alimentadores estatales y de la red troncal

*** Incluye terracerías y brechas mejoradas

**** Sólo incluye carreteras troncales federales y alimentadoras estatales pavimentadas y excluye caminos rurales

*1 Datos estimados a diciembre de 1998.

Nota: No se incluye la red carretera que ha quedado dentro del Distrito Federal

Fuente: Subsecretaría de Infraestructura, SCT

3. LA RED BÁSICA NACIONAL

Con el propósito de jerarquizar las inversiones y las acciones correspondientes, a partir de una imagen objetivo formulada para los periodos 1995-2000-2010, las redes de caminos existentes se clasificaron en diferentes grupos según su importancia:

En tal virtud, se definieron dos grandes tipos de redes de infraestructura carretera: la red básica y la red estatal. La primera está integrada por las carreteras federales libres de importancia nacional, las que están a cargo de CAPUFE y las carreteras de cuota concesionadas; en tanto que la segunda red está integrada por las carreteras estatales, federales de importancia regional o estatal y los caminos rurales.

Para identificar las carreteras o tramos federales pertenecientes a la red básica nacional, se partió del criterio de que esta red, como conjunto, debe asegurar la comunicación directa entre entidades federativas, sirviendo también a litorales y fronteras, enlazando a las capitales de los estados y a los principales puertos marítimos y fronterizos; además, los tramos de la red básica deben dar continuidad a los flujos que circulan por los ejes troncales nacionales, por lo que soportan los mayores volúmenes de tránsito, con una elevada presencia de vehículos pesados.

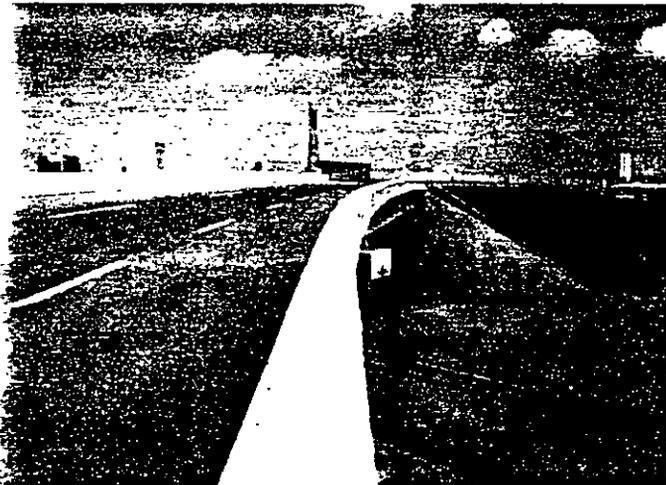
La aplicación de los criterios anteriores permitió identificar un conjunto de tramos y carreteras cuya longitud total es de 28,284 kilómetros, de los cuales 22,744 kilómetros corresponden a la Red Federal Libre y 5,540 kilómetros son autopistas de cuota. Estos tramos conforman la red básica de la infraestructura carretera nacional.

3. THE BASIC NATIONAL NETWORK

In order to help in setting investment priorities, the existing road networks were classified according to their importance. Accordingly, two types of road infrastructure networks were defined: the basic network and the state network. The former network consist of toll-free federal highways of national importance, roads under the control of CAPUFE, and concessioned toll highways. The state network is composed of state roads, federal roads of regional or state importance and rural roads.

The federal roads or sections which belong to the basic network were selected by their role in allowing direct connections between states, ports and border towns, in linking state capitals and the main maritime and border ports. The sections of the basic network must provide continuity to traffic flows moving along national highway corridors, defined as those supporting the largest traffic volumes and the largest proportion of heavy vehicles.

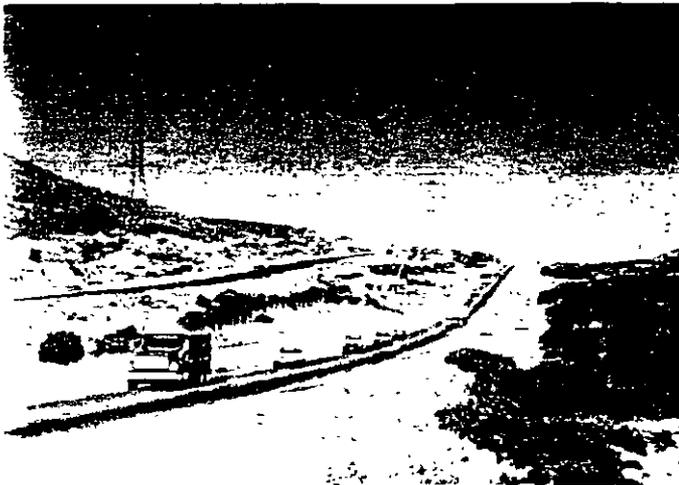
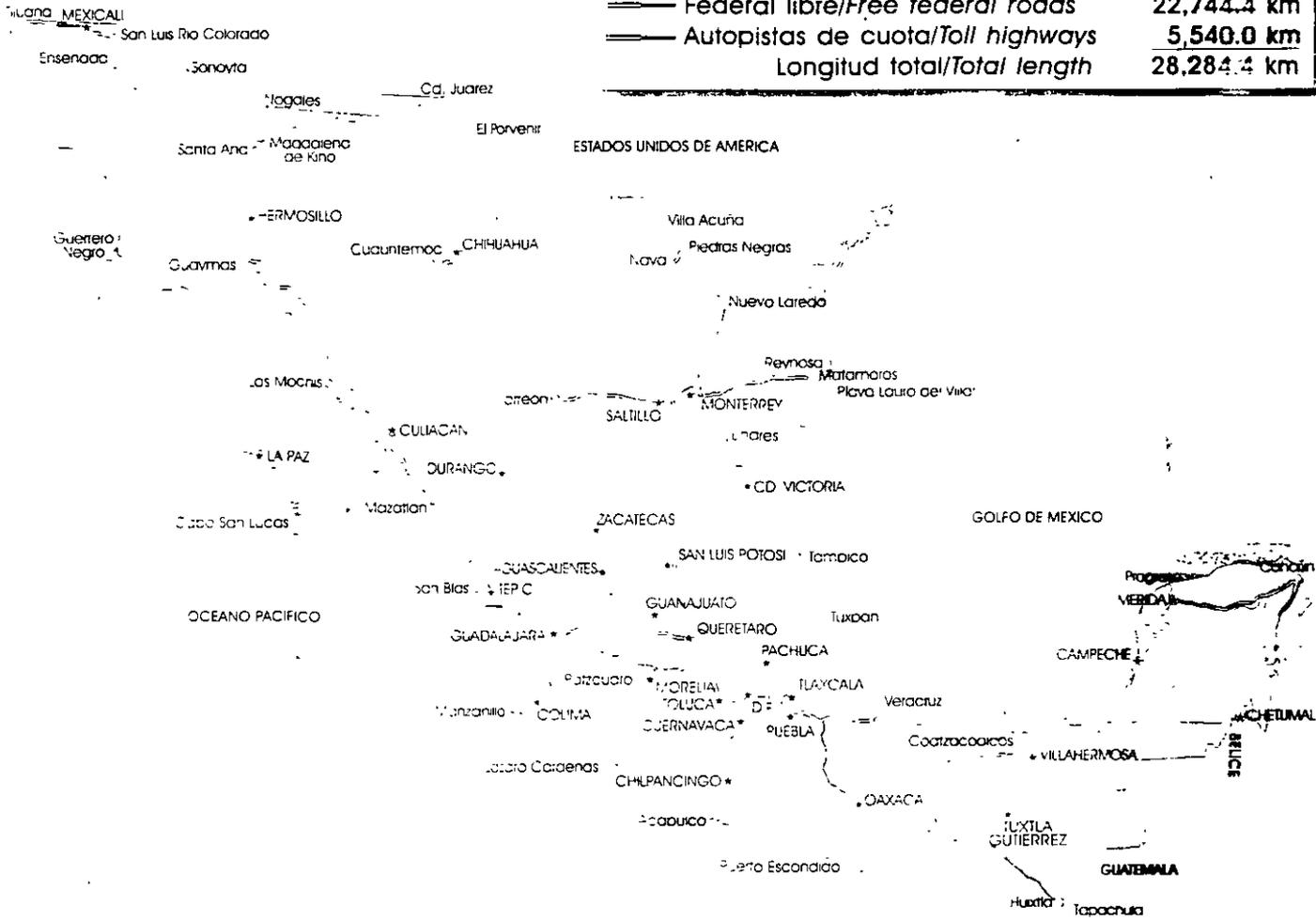
The previously applied criteria led to the identification of a set of highways with a total length of 28,284 kilometers, of which 22,744 kilometers belong to the toll free federal network and the remaining 5,540 kilometers belong to toll highways. These highways constitute the basic national road network.



Red Básica Nacional

National Primary Network

	Federal libre/Free federal roads	22,744.4 km
	Autopistas de cuota/Toll highways	5,540.0 km
Longitud total/Total length		28,284.4 km



**RED BASICA NACIONAL
NATIONAL PRIMARY NETWORK**

Ruta/Tramo	Federal libre (mk)	Concesionada* (km)	CAPUFE (km)	TOTAL (km)
Route/Section	Free federal roads (km)	Concessions* (km)	CAPUFE (km)	TOTAL (km)
1 México - Toluca - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Nogales	1,773.45	1,176.00	89.00	3,038.45
2. Palmillas - Queretaro - Ciudad Juárez	1,318.85	566.00	104.00	1,988.85
3. Querétaro - San Luis Potosí - Monclova - Piedras Negras	1,050.10	127.00		1,177.10
4. Mexico - Tulancingo - Tampico - Monterrey - Nuevo Laredo	1,108.87	212.00	37.00	1,357.87
5 Mexico - Texcoco - Tlaxcala - Jalapa - Veracruz	409.15	16.00		425.15
6. Veracruz - Entronque La Tinaja - Villahermosa	462.62	284.00		746.62
7. Chalco - Huajuapán de León - Oaxaca - Salina Cruz	712.66		243.00	955.66
8. México - Acapulco	421.48	263.00	189.00	873.48
9. México - Puebla y ramal a Tlaxcala	135.30		111.00	246.30
10 Coatzacoalcos - Salina Cruz	302.91			302.91
11. Pachuca - Ixmiquilpan - San Juan del Río	163.56			163.56
12. Poza Rica - Veracruz	204.00	29.00		233.00
13. México - Pachuca - Tulancingo	149.69		47.00	196.69
14. Manzanillo - Guadalajara - San Luis Potosí	448.45	211.00	148.00	807.45
15 Mazatlán - Reynosa - Matamoros	1,098.44	626.00		1,724.44
16. Zamora - Jiulpan - Ciudad Guzmán	177.25			177.25
17. Champoton - Escárcega	77.06			77.06
18 Villahermosa - Chetumal - Cancun	976.40			976.40
19. Ciudad Mendoza - Córdoba - La Tinaja	79.32	42.00	31.00	152.32
20 Tuxtla Gutiérrez - Villahermosa	250.92			250.92
21 Tapanatepec - Tuxtla Gutiérrez - Comitán - Tapachula	588.67			588.67
22. Palmillas - Atlacomulco	65.38			65.38
23 Fronteriza Matamoros - Tijuana	1,822.26	35.00	56.00	1,913.26
24. Lazaro Cárdenas - La Piedad	403.70			403.70
25. Salina Cruz - Tapachula - Ciudad Hidalgo	421.00		45.00	466.00
26. Tepic - Acapulco - Salina Cruz	1,699.93			1,699.93
27 Tampico - San Luis Potosí - Trancoso	553.79			553.79
28 Villahermosa - Mérida - Cancun	902.34	280.00		1,182.34
29. Tijuana - Cabo San Lucas	1,622.16		90.00	1,712.16
30. Morelia - Salamanca	194.25			194.25
31 Comitán - Catazaja (Fronteriza del Sur)	285.40			285.40
32. Matamoros - Estacion Manuel y ramal a Cd. Victoria	586.80			586.80
33 Irapuato - La Piedad - Atotonilco - Zapotlanejo	201.61			201.61
34 Hermosillo - Chihuahua - Ojinaga	587.80			587.80
35 Merida - Progreso	25.90			25.90
36 Guanajuato - Silao	15.00			15.00
37. Apizaco - Huauchinango	112.02			112.02
38. Puebla - Zacatepec	84.70			84.70
39 Texmelucan - Tlaxcala	31.20	26.00		57.20
40 Compostela - Chapalilla			36.00	36.00
41. Guadalajara - Chapala	23.90			23.90
42. La Piedad - La Barca - Sahuayo	41.70			41.70
43 Morelia - Pátzcuaro - Uruapan	112.30	57.00		169.30
44 México - Palmillas			175.00	175.00
45 Puebla - Atlixco - Izúcar de Matamoros	67.00	25.00		92.00
46 Puebla - Tehuacan - Cd. Mendoza	35.55	36.00	128.00	199.55
47. Cárdenas - Raudales	57.00			57.00
48. Guadalajara - Zacatecas - Saltillo	672.00			672.00
49. Zacatecas - Durango	210.60			210.60
TOTAL	22,744.44	4,011.00	1,529.00	28,284.44

* Incluye las autopistas del Fondo de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC)



4. ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN PARA EL PERIODO 1999 - 2000 - 2010

La estrategia de inversión en carreteras del Gobierno Federal se enfoca a la Red Básica, debido a su importancia para el crecimiento y desarrollo del país. Dentro de ella, los 10 ejes troncales merecen especial atención. Estos ejes están integrados por carreteras que soportan un alto volumen vehicular y que, por ello, concentran un elevado porcentaje de la carga y de los pasajeros que se movilizan entre los centros productores y consumidores del país, por lo que tienen una alta jerarquía política y social.

Para 1999, las acciones en materia de infraestructura carretera se han concentrado en continuar los trabajos de modernización y mejoramiento del estado físico de la red básica, en intensificar su conservación para mantener su nivel de servicio e incrementar sus índices de seguridad, así como en mejorar la red de caminos rurales. Las acciones en las carreteras federales de la red básica se seguirán concentrando en los tramos principales de los ejes troncales y en obras de importancia regional.

Por lo que toca a las autopistas de cuota, se fortalecerá la capacidad supervisora y normativa de la Secretaría en los aspectos tarifarios, financieros, de mantenimiento y operación, considerando también un nuevo marco institucional que asegure el manejo eficiente de las autopistas de cuota concesionadas, en beneficio de los usuarios.

4. INVESTMENT STRATEGIES FOR THE PERIODS OF 1999 2000 - 2010

The Federal Government's road investment strategy focuses on the basic network, due to its importance for the country's growth and development. Within this strategy, the 10 main highway corridors deserve special attention. These corridors are formed by highways with high traffic volumes that concentrate a large proportion of freight and passenger movements between production and consumption centers throughout the nation.

In 1999, road infrastructure initiatives have concentrated in continuing the modernization and improvement of the physical condition of the basic network; in improving network maintenance to achieve higher levels of service and increase safety, and in extending the network of rural roads. On the basic network of federal roads, the main activities have concentrated on the main sections of the highway corridors and on works of regional importance.

With respect to toll highways, the Secretariat's supervisory and normative functions as related to tolls, operations and maintenance will be reinforced, and a new institutional framework that ensures the efficient management of toll highways for the benefit of its users, is also under study.

Con los lineamientos estratégicos señalados se busca lograr los objetivos siguientes:

- ▶ Conservar y reconstruir las carreteras existentes para abatir los costos de transporte, elevar los niveles de seguridad y la calidad de servicio de esta infraestructura y prolongar la vida útil de este patrimonio de la nación.
- ▶ Modernizar y ampliar la red federal, particularmente en los tramos que corresponden a los ejes troncales, a fin de ampliar la cobertura de las carreteras de altas especificaciones; mejorar los accesos a ciudades, aeropuertos y puertos marítimos y fronterizos; propiciar la interconexión eficiente con otros modos de transporte; y facilitar la continuidad en la circulación de los flujos vehiculares, particularmente en la red básica nacional.
- ▶ Impulsar y apoyar la conservación, reconstrucción y ampliación de los caminos rurales, con el propósito de coadyuvar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades, al facilitar el acceso de sus habitantes a los servicios de salud y educación y generar y promover el intercambio de bienes y servicios.

De acuerdo con los objetivos y estrategias señalados, en 1999 se realizará la conservación rutinaria de los aproximadamente 43,000 kilómetros que integran la red federal libre, en la que además se dará conservación periódica a 7,200 kilómetros y se reconstruirán 580 kilómetros más. Asimismo, se lleva a cabo la reconstrucción de 97 puentes, así como otras acciones de conservación, tales como bacheo, limpieza de drenajes, señalamiento horizontal y vertical, entre otras.

En materia de modernización, la meta a alcanzar en el periodo 1999-2000 consiste en construir 1,344 kilómetros de carreteras y 4 puentes nuevos, así como en ampliar 1,004 kilómetros de diversos tramos, fundamentalmente ubicados en la red básica.

No menos importantes son las acciones a realizar en materia de caminos rurales, toda vez que incluyen trabajos de construcción, reconstrucción y conservación. A través de ellos se espera lograr importantes beneficios para los habitantes del medio rural.

The following objectives are pursued through the described actions:

- ▶ To maintain and reconstruct the existing roads to reduce transport costs, raise safety levels, improve the infrastructure's quality of service and extend the operational life of these national assets.
- ▶ To modernize and expand the federal network, particularly the sections corresponding to highway corridors, in order to extend the coverage of high specification highways; to improve access to cities, airports, maritime and border ports; to promote the efficient interconnection with other modes of transport and to facilitate continuous vehicle flows with emphasis on the basic national network.
- ▶ To promote and conduct maintenance, reconstruction and expansion of rural roads in order to support the socio-economic development of small communities, by providing better access to health and education services, as well as generating and inducing domestic trade of goods and services.

Given the above mentioned objectives and strategies, in 1999 the 43,000 kilometers of the toll-free federal road network are being given routine maintenance; 7,200 kilometers receive periodic maintenance and 580 kilometers are being reconstructed, as well as 97 bridges. Other maintenance activities, such as filling potholes, cleaning culverts and improving horizontal and vertical signs are also being carried out.

For highway modernization, the goal set for 1999 consists of constructing 1,344 kilometers of highways and four new bridges, as well as widening 1,004 kilometers of various existing highways mainly located on the basic network.

Of no less importance are actions taken to improve rural roads. These include construction, reconstruction and maintenance works that will generate tangible benefits for the inhabitants of rural communities.

5. IDENTIFICACIÓN Y JERARQUÍA DE LOS 10 EJES TRONCALES PRINCIPALES

5. IDENTIFICATION AND RANKING OF THE 10 MAIN HIGHWAY CORRIDORS

Uno de los componentes más importantes de la red básica nacional lo constituye el conjunto de los 10 ejes troncales principales, que suman una longitud total de 15,831 kilómetros, sin duplicar los tramos que comparten entre ellos. Esta longitud representa cerca del 56 por ciento de la red básica nacional y ha recibido atención prioritaria como parte de la estrategia carretera de la presente administración.

The 10 main highway corridors are the most important components of the basic national network. These corridors have a total length of 15,831 kilometers, which represents approximately 56% of the basic national network. Actions on sections in these corridors have received a higher priority within the present administration's road strategy.

Los 10 ejes están integrados por vías que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria y los centros urbanos y turísticos más importantes del territorio nacional. Cada uno de ellos se ha denominado según sus puntos extremos, y algunos incluyen ramales de gran importancia nacional, que en conjunto aseguran su cobertura de la mayor parte del territorio nacional.

The 10 corridors are composed of highways which communicate the major industrial and agricultural production zones, as well as the most important urban localities and tourist centers of the country. Each of these corridors has been denominated according to its extreme points and some include sub-corridors of great national importance. Together, these corridors extend throughout most of Mexico's national territory.

LONGITUD MODERNIZADA Y POR MODERNIZAR LENGTH UPGRADE AND TO BE UPGRADED

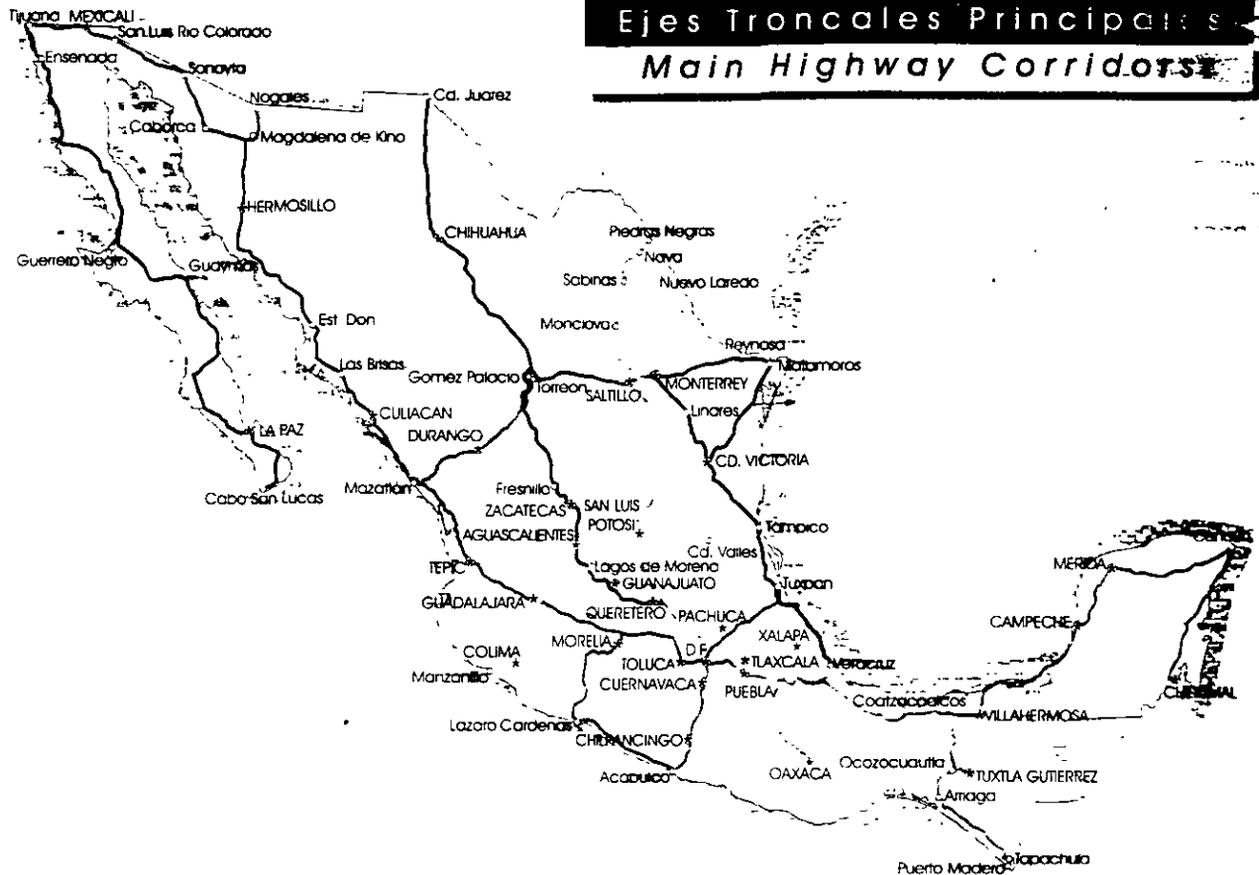
Eje	Longitud (km)			Faltante por modernizar (% total) *
	Total	Modernizada a 1998	Faltante	
Corridor	Length (km)			Pending to be upgraded
	Total	upgraded as of 1998	to be upgraded	
1 México - Nogales	2,168.0	1,876.4	291.6	13
1.1 Ramal a/Branches to Lazaro Cárdenas y Acapulco	706.0	163.6	542.4	77
1.2 Ramal a/Branches to Tijuana	671.0	197.7	473.3	71
2 México - Nuevo Laredo	1,202.0	981.0	221.0	18
2.1 Ramal a/Branches to Piedras Negras	452.0	307.3	144.7	32
3 Queretaro - Ciudad Juárez	1,639.0	1,362.1	276.9	17
4 Acapulco - Tuxpan	784.0	578.5	205.5	26
5 Mexico - Chetumal	2,029.0	1,356.2	672.8	33
5.1 Ramal a/Branches to Oaxaca	249.0	249.0	---	---
5.2 Ramal a/Branches to Chiapas (hasta Cd. Hidalgo)	698.0	311.5	386.5	55
6 Mazatlán - Matamoros *	1,007.0	677.1	329.9	33
7 Manzanillo - Tampico	1,006.0	468.7	537.3	53
8 Acapulco - Veracruz *	242.0	74.3	167.7	69
9 Veracruz - Monterrey *	978.0	419.0	559.0	57
9.1 Ramal a/Branches to Matamoros	314.0	314.0	---	---
10 Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)	1,686.0	172.1	1,513.9	90
Total	15,831.0	9,508.5	6,322.5	40

* La longitud no incluye tramos que comparte con otros ejes/The length of sections shared with other corridors is not included.

Nota: La longitud faltante por modernizar no considera los proyectos que pueden incrementar o disminuir la longitud del eje.

Note: The length pending to be upgraded fails to include the projects likely to increase or decrease the length of the corridor.

Ejes Troncales Principales Main Highway Corridors



- 1 México - Nogales, con ramales a/with branches to Lázaro Cárdenas, Acapulco y/and Tijuana.
- 2 México - Nuevo Laredo, con ramal a/with branch to Piedras Negras.
- 3 Querétaro - Ciudad Juárez.
- 4 Acapulco - Tuxpan.
- 5 México - Cancún - Chetumal, con ramales a/with branches to Oaxaca y/and Chiapas.
- 6 Mazatlán - Matamoros.
- 7 Manzanillo - Tampico.
- 8 Veracruz - Acapulco.
- 9 Veracruz - Monterrey, con ramal a/with branch to Matamoros.
- 10 Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular).

Para programar las acciones a realizar en cada uno de los ejes durante el periodo 1995-2000, se evaluó la importancia de cada uno de sus tramos mediante indicadores de operatividad y competitividad. La evaluación permitió establecer un orden de prioridades para las acciones de construcción y modernización, constituyéndose así en un elemento de jerarquización y programación.

In order to prioritise the actions to be undertaken in each of the corridors from 1995 to the year 2000, the importance of each section was evaluated on the basis of competitiveness and operational indicators. This evaluation established priority rankings for upgrading and construction activities and thus became an important tool for developing road programs.

En otros términos, en la definición e identificación de los ejes troncales principales, se consideró como objetivo colateral la creación de una herramienta de planeación para asignar y aplicar los recursos disponibles en forma racional y consistente, tomando en cuenta las necesidades de transporte que se derivan de los centros de producción y consumo ubicados en las diferentes regiones del territorio nacional.

El hecho de que los ejes se integren con las vías de comunicación más importantes del país, obliga a que sus tramos cuenten con altas especificaciones en toda su longitud, siendo también necesario que ofrezcan continuidad en la circulación. Por ello, se ha considerado conveniente contar con libramientos de las ciudades de más de 30 mil habitantes, carreteras alternas para rutas congestionadas y, en lo posible, vías de acceso controlado mediante soluciones adecuadas en entronques y cruces con otras carreteras principales y con vías férreas.

Ofrecer las características señaladas en todos los tramos que conforman los ejes troncales de la comunicación nacional, es fundamental para asegurar que tengan los menores costos y tiempos de recorrido y altos niveles de seguridad y confiabilidad de la operación, puesto que las carreteras de altas especificaciones contribuyen a mejorar la competitividad de la economía nacional y son un instrumento fundamental para el desarrollo integral de México.

In defining and identifying the main highway corridors, a planning tool was created to allocate the available resources in a rational and consistent way. This planning tool takes into account the transport needs of production and consumer zones in the various regions of the country.

The fact that the corridors are formed by the most important highways of the national network requires that all of them have adequate specifications throughout their length and that they offer continuity to traffic flows. Therefore, it is considered convenient that cities with populations in excess of 30 thousand persons have adequate bypasses. It is also considered important to develop alternate routes for congested sections, as well as to build roads with controlled accesses and proper solutions at road junctions and railroad crossings.

By providing all sections of the main highway corridors with the above mentioned characteristics, lower operational costs and travel times as well as higher safety levels and operational reliabilities will be achieved. This is particularly important because of the input of roads to national competitiveness and to national development.



El diagnóstico de cada uno de los ejes troncales se basó en el análisis de 20 indicadores de operatividad y competitividad, que cubren aspectos relacionados con las características geométricas de los tramos que los integran, la intensidad de uso expresada en términos del tránsito diario promedio anual, su cobertura, su estado físico de conservación y su seguridad, entre otros.

The measurement of each main corridor's performance was based on the analysis of 20 operational and competitiveness indicators that cover aspects based on each section's geometric characteristics; the intensity of use expressed in terms of average annual daily traffic; the extension of the corridors; the physical conditions of their sections and their safety indexes, among others.

La representación gráfica de los principales indicadores de operatividad y competitividad de los ejes troncales se presenta a continuación.

The highway corridors main operational and competitiveness indicators are shown in the next figure:

COMPARATIVO DE INDICADORES DE OPERATIVIDAD Y COMPETITIVIDAD
COMPARATIVE OF OPERATIONAL AND COMPETITIVENESS INDICATORS

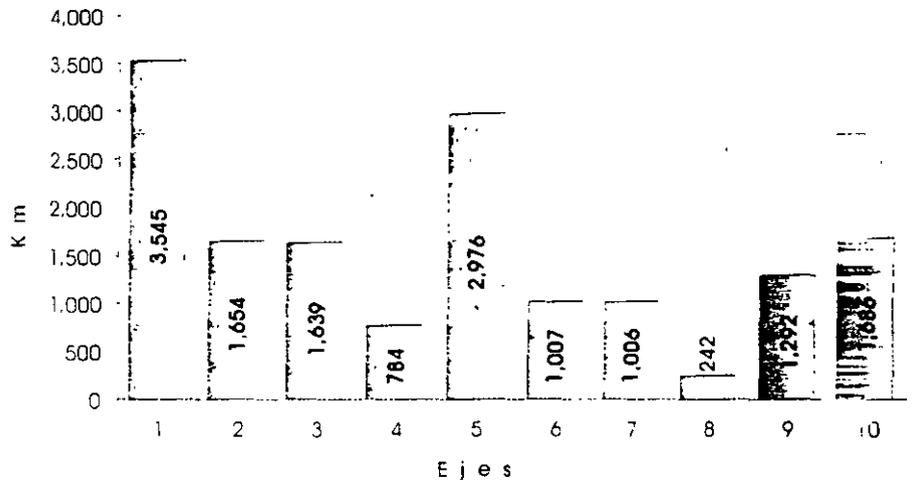
Eje	Longitud total del eje (km)	Longitud eje/red federal (%)	Longitud eje/red básica (%)	TDPA del eje/ TDPA prom. en red federal prioritaria (%)	Veh.-km/día/ total red federal prioritaria (%)	Longitud sección transversal/longitud Eje (%)		Tipo de terreno % de la longitud total		
	Corridor length (km)	corridor length/federal network (%)	corridor length/primary network (%)	corridor AADT in priority network (%)	total priority federal network (%)	2 lanes	4 or more lanes	Plano	Lomerío	Montañoso
								Type of ground, % of total length		
								Flat	Hilly	Mountainous
1. Mexico - Nogales con ramales <i>with branches</i> to Lázaro Cárdenas, Acapulco y Tijuana	3,545.0	7.4	12.5	118.0	14.9	40.0	60.0	74.0	17.0	9.0
2. Mexico - Nuevo Laredo con ramal <i>with branch</i> to Piedras Negras	1,654.0	3.4	5.8	187.0	14.5	31.6	68.4	62.0	32.0	6.0
3. Queretaro - Ciudad Juárez	1,639.0	3.4	5.8	126.0	10.1	21.0	79.0	86.0	14.0	—
4. Acapulco - Tuxpan	784.0	1.6	2.8	154.0	10.1	30.4	69.6	39.0	32.0	29.0
5. Mexico - Chetumal con ramales <i>with branches</i> to Oaxaca y/and Chiapas	2,976.0	6.2	10.5	96.0	9.9	63.7	36.3	80.0	20.0	—
6. Mazatlan - Matamoros *	1,007.0	2.1	3.6	113.0	6.3	48.4	51.6	39.0	53.0	8.0
7. Manzanillo - Tampico	1,006.0	2.1	3.6	103.0	4.1	53.4	46.6	44.0	47.0	9.0
8. Acapulco - Veracruz *	242.0	0.5	0.9	170.0	9.0	44.9	55.1	33.0	21.0	46.0
9. Veracruz - Monterrey con ramal <i>with branch</i> to Matamoros *	1,292.0	2.7	4.6	107.0	5.3	82.4	17.6	50.0	50.0	—
10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)	1,686.0	3.5	6.0	39.0	3.4	90.0	10.0	38.0	62.0	—
	15,831.0	32.91	55.97			50.60	49.40			

* Las longitudes no toman en cuenta tramos que comparten con otros ejes
 ** No incluye el ramal a Acapulco
 *** No incluye el ramal a Matamoros

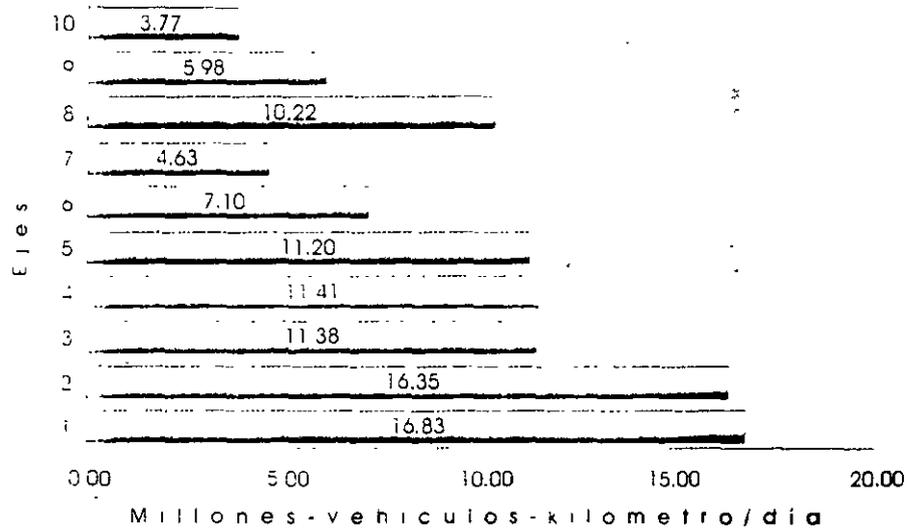
* Lengths fail to include sections shared with other corridors
 ** Branch to Acapulco not included
 *** Branch to Matamoros not included

Principales Indicadores de Operatividad y Competitividad
 Main Operational and Competitiveness indicators

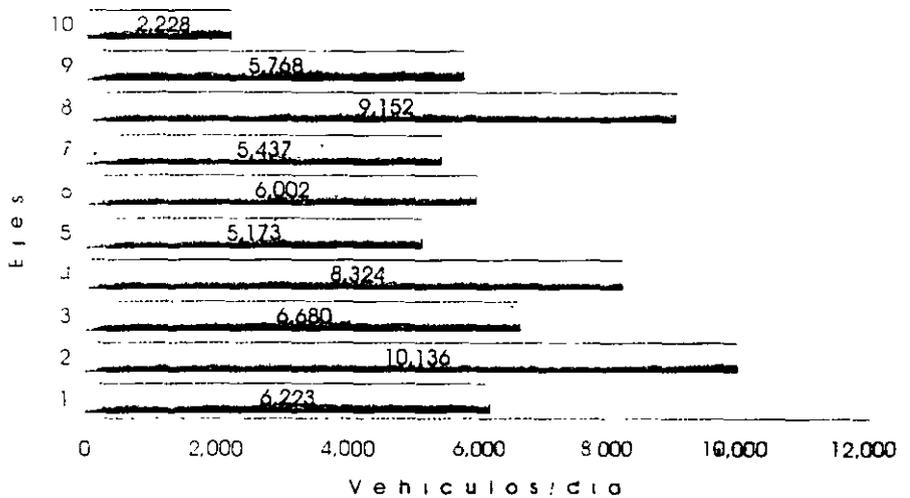
Longitud de cada eje
 Length of each corridor



Vehículos-kilómetro/día
 Vehicles-kilometer/day

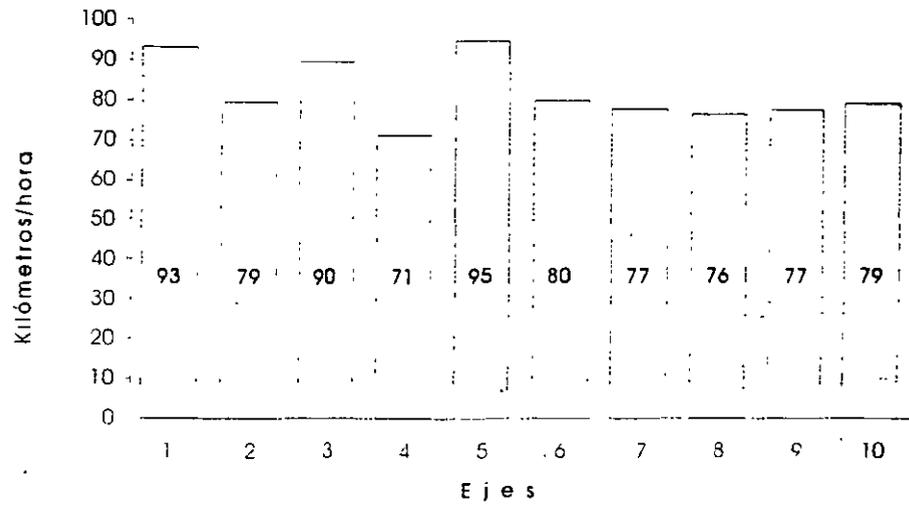


Aforo promedio
 Average traffic volume



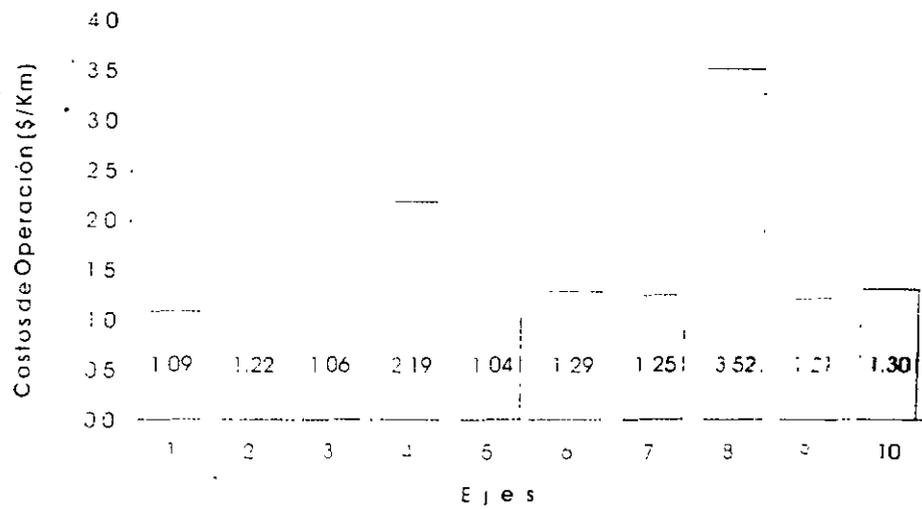
Velocidad de operación

Operating speed



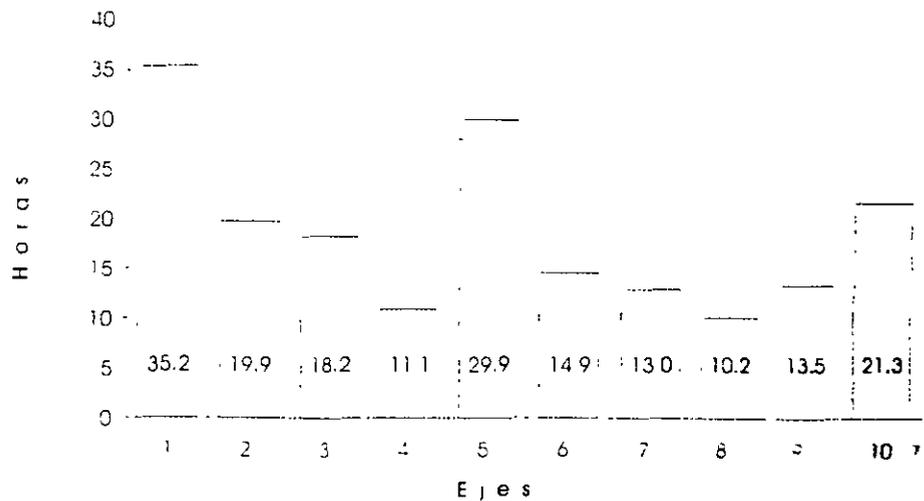
Costos de operación

Operating cost



Tiempo de recorrido

Traveling time

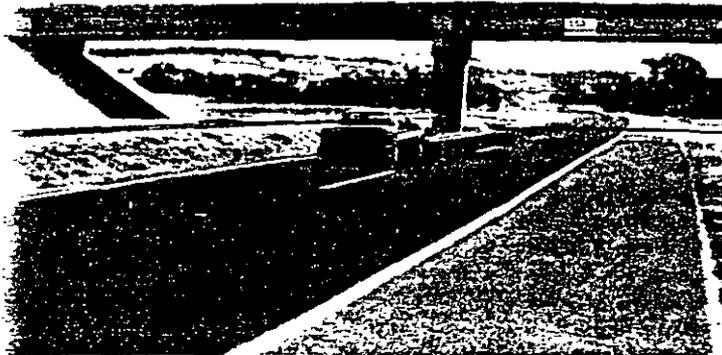


6. ACCIONES DE MODERNIZACIÓN REQUERIDAS EN LOS EJES TRONCALES

Para identificar las acciones de modernización en los ejes troncales se partió del diagnóstico basado en los indicadores de operatividad y competitividad, llevado hasta nivel de tramo y subtramo. Consecuentemente, se identificaron requerimientos de mayor capacidad o de elevación del nivel de servicio.

Las acciones de modernización, se refieren a la ampliación de la sección transversal de una vía existente con objeto de aumentar su capacidad vehicular; por lo que se refiere a construcción de obra nueva, de dos o cuatro carriles de circulación, se trata de desarrollar nuevas opciones de comunicación que mejoren las condiciones de operación y reduzcan la distancia y los tiempos de recorrido.

Además de las acciones de ampliación de vías existentes y construcción de otras nuevas, se plantea la construcción de un conjunto de libramientos de las grandes ciudades comunicadas por los 10 ejes troncales principales, con el fin de proporcionar al tránsito de largo itinerario nacional o regional, continuidad y fluidez en la circulación, al eliminar su paso por las áreas urbanas.



El cuadro siguiente proporciona una idea de la magnitud de las acciones que se requiere emprender en los 10 ejes troncales principales. A nivel de eje, el cuadro indica los tramos y subtramos que se deben modernizar, así como algunos libramientos, primordialmente de medianas y grandes ciudades.

6. MODERNIZATION PROJECTS FOR THE HIGHWAY CORRIDORS

The types of projects needed to modernize sections belonging to the highway corridors was based on an analysis of their operational and competitiveness indicators which led to identify the service level and highway capacity improvements needed.

The types of projects considered include widening the cross-section of existing roads to increase capacity; construction of new roads of two or four traffic lanes that provide new options to the users which will improve operational conditions and reduce travel time and distance; construction of bypasses of the main cities along the 10 main highway corridors to provide continuity to long distance national or regional traffic by allowing them to avoid congested urban areas.



The following table provides an overview of the projects required to modernize the 10 main highway corridors. For each corridor, the table indicates the sections and sub-sections that require upgrading, as well as the list of bypasses of large and other cities whose construction is needed.

**TRAMOS Y SUBTRAMOS QUE SE REQUIERE MODERNIZAR EN LOS EJES TRONCALES PRINCIPALES.
SECTION AND SUBSECTION TO BE UPGRADE AT MAIN HIGHWAY CORRIDORS**

Eje/Tramo/Subtramo Corridor/Section/Subsection	Tipo de Obra Work description	Longitud (km) Length (km)
1 México - Nogales		1,211.0
Atizapan - Atzacmulco	Construcción a 4c	80.0
Atzacmulco - Maravatio *	Ampliación a 4c	64.0
Ent. San Blas - Mazatlan		219.0
Ent. San Blas - Rosamorada	Construcción a 2c	50.0
Rosamorada - Lim. Edos. Nay/Sin	Construcción a 2c	55.0
Lim. Edos. Nay/Sin. - Escuinapa	Construcción a 2c	46.0
Lib. de Rosano - Escuinapa *	Construcción a 2c	37.0
Rosano - Villa Unión	Construcción a 2c	31.0
Ramal a Lazaro Cardenas y Acapulco		543.0
Uruapan - Lazaro Cardenas *		212.0
Uruapan - Nueva Italia *	Construcción a 2c	62.0
Nueva Italia - Intermillo *	Construcción a 2c	89.0
Intermillo - Lazaro Cardenas *	Construcción a 2c	61.0
Lazaro Cardenas - Acapulco		331.0
Lazaro Cardenas - Zihuatanejo *	Construcción a 2c	106.0
Zihuatanejo - Acapulco	Construcción a 2c	225.0
Ramal a Tijuana		305.0
Mexicali - El Centinela	Ampliación a 12 m	18.0
Santa Ana - Caborca	Ampliación a 12 m	104.0
Caborca - Sonoyta	Ampliación a 12 m	147.0
San Luis Rio Colorado - Acceso a Mexicali *	Ampliación a 12 m	36.0
2 México - Nuevo Laredo		288.0
Perinorte - Teotzotlan	Modernización	21.0
Matehuala - Puerto Mexico		221.0
Matehuala - San Roberto *	Ampliación a 4c	120.0
San Roberto - Puerto Mexico *	Ampliación a 4c	73.0
Acceso Puente Colombia	Ampliación a 4c	28.0
Ramal a Pinaras Negras		46.0
La Muralla	Construcción a 2c	10.0
Ojo Caliente - Rancho Nuevo *	Construcción a 2c	36.0
3 Queretaro - Ciudad Juárez		278.0
Rincon de Romos - Ent. Lib. Zacatecas		80.0
Rincon de Romos - Lim. Edos. Ags/Zac	Ampliación a 4c	20.0
Lim. Edos. Ags/Zac - Ent. Lib. Zacatecas	Construcción a 2c	40.0
Guadalupe - Las Arcinas *	Ampliación a 4c	20.0
Rancho Grande - Cuencame *		198.0
Rancho Grande - Lim. Edos. Zac/Dgo. *	Ampliación a 12 m	118.0
Lim. Edos. Zac/Dgo. - Cuencame *	Ampliación a 12 m	80.0
4 Acapulco - Tuxpan		113.0
Tlanacingo - Tihuatlan		113.0
Teococati - Nuevo Necaxa	Construcción a 2c	25.0
Nuevo Necaxa - Tihuatlan	Construcción a 2c	85.0

* Obras a realizar durante 1999 - 2000

Eje/Tramo/Subtramo Corridor/Section/Subsection	Tipo de Obra Work description	Longitud (km) Length (km)
5. México - Chetumal		1,038.5
Agua Dulce - Cadenas *	Construcción a 4c	82.0
Villahermosa - Ciudad del Carmen	Ampliación a 12 m	172.0
Ciudad del Carmen - Champoton	Ampliación a 12 m	151.0
Libramiento de Hecechakan *	Ampliación a 12 m	12.0
Libramiento de Calkini *	Ampliación a 12 m	10.0
Lim. de Edos. Camp. Nuc. - Poxila *	Ampliación a 12 m	53.0
Libramiento de Uman *	Construcción a 2c	20.0
Playa del Carmen - Tulum *	Ampliación a 21/12 m	63.0
Tulum - Desv. a Mahahual	Ampliación a 12 m	166.0
Desv. a Mahahual - Entr. Chetumal	Ampliación a 12 m	67.0
Ramal a Chiapas		160.3
Las Choapas - Puente Grijalva *	Construcción a 2c	160.0
Puente Grijalva *	Construcción a 2c	0.3
Puente Grijalva - Margen Norte de Presa		82.2
Malpaso *	Construcción a 2c	14.0
Puente Chiapas *	Construcción a 2c	1.2
Margen Sur Presa Malpaso - Ocozocoautla *	Construcción a 2c	67.0
6 Mazatlan - Matamoros		0.0
7 Matamoros - Tampico		406.0
Libramiento de Colima *	Ampliación a 4c	8.0
Lagos de Moreno - San Luis Potosi		86.0
Las Amánitas - Villa Amaga	Construcción a 2c	43.0
Villa Amaga - San Antonio	Ampliación a 12 m	26.0
San Antonio - Ent. Aeropuerto	Construcción a 2c	17.0
San Luis Potosi - Tampico		262.0
San Luis Potosi - Cd. Valles *	Construcción a 2c	262.0
Guadalupe - Colima		50.0
El Tizache - Lim. Edos. Jal/Col	Ampliación a 4c	21.0
Entr. Sayula - Cuatro Caminos	Ampliación a 4c	30.0
8 Acapulco - Veracruz		97.0
Alpuyeca - Atlixco	Construcción a 2c	97.0
9 Veracruz - Monterrey		358.0
Cardel - Gutiérrez Zamora *	Construcción a 2c	158.0
Gutiérrez Zamora - Tihuatlan *	Construcción a 2c	38.0
Tampico - Ciudad Victoria		162.0
Libramiento de Altamira *	Ampliación a 4c	5.0
Esteros - Cuauternemoc - Est. Manuel *	Ampliación a 4c	29.0
Est. Manuel - Gonzalez	Construcción a 2c	15.0
Gonzalez - Zaragoza	Ampliación a 12 m	60.0
Zaragoza - Ciudad Victoria *	Construcción a 2c	53.0
10 Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)		18.0
Boulevard Aeropuerto - La Paz *	Ampliación a 4c	10.0

7. LONGITUD MODERNIZADA HASTA 1998 Y POR MODERNIZAR EN EL PERIODO 1999- 2000 EN LOS EJES TRONCALES

En el periodo 1995-1998, atendiendo a lo indicado en el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha enfocado sus esfuerzos a construir y modernizar tramos ubicados en los 10 ejes troncales principales.

Considerando los avances logrados en el periodo 1995-1998, la longitud modernizada actual en los 10 ejes troncales es de 9,508.5 kilómetros, que representan el 60 por ciento de su longitud total. Para el periodo 1999-2000 se pretenden modernizar 1,437 kilómetros mas, con lo cual al final del periodo se tendrá una longitud modernizada de 10,945.5 kilómetros, equivalentes al 69 por ciento de la longitud total.

El cuadro siguiente presenta la información de la longitud modernizada hasta 1998, con un desglose anual de las metas alcanzadas durante el periodo 1995-1998.

7. GOALS REACHED UNTIL 1998 AND TARGETS FOR 1999-2000 AT MAIN HIGHWAY CORRIDORS

During 1995-1998, the Secretariat of Communications and Transport, in accordance with the National Program of Communications and Transport 1995-2000, has focussed its activities on construction and modernization of sections belonging to the 10 main highway corridors.

At the end of 1998, the current modernized length of the 10 main highway corridors is 9,509 kilometers which represent 60% of its total length. Another 1,437 kilometers will be modernized during 1999-2000; so that by the end of the present federal administration (2000) a total of 10,945 kilometers will have been modernized, the equivalent of 69% of their total length.

The following table presents information on the length modernized up to 1998, with annual details of the goals reached during 1995-1998.

**LONGITUD MODERNIZADA HASTA 1998 Y POR MODERNIZAR EN EL PERIODO 1999 - 2000
UPGRADED ROAD LENGTH AS OF 1998 AND LENGTH TO BE UPGRADED DURING 1999 - 2000**

Eje	Total	Longitud (km)					% del total	Por modernizar en 1999-2000 (km)	Modernizada para el año 2000	
		Hasta 1994	1995	1996	1997	1998			A 1998	(Km)	% del total
Corridor	total	Even 1994	1995	1996	1997	1998	Of 1998	Length to be upgraded during 1999-2000	Upgraded length as of the year 2000 (Km)	% of the total
México - Nogales	2 168	1 864.3	.....	.....	.....	12.1	1 876.4	37.0	1,913.4	88
1 Ramal a Saltillo, Laredo y Matamoros	708	20.3	5.0	11.0	1.6	62.7	169.6	24.0	403.6	57
2 Ramal a Tijuana	671	142.2	.....	.....	.....	65.5	197.7	0.0	197.7	29
México - Nuevo Laredo	1 202	670.0	36.0	104.5	53.0	59.3	954.8	79	1,202.0	100
1 Ramal a Piedras Negras	452	105.6	43.0	92.9	49.4	11.4	307.3	66	381.3	84
2 Jalisco - Ciudad Juárez	1 639	1 323.4	5.0	23.5	0.0	10.2	1 362.1	53	1,580.1	96
3 Aguascalientes - Tijuana	794	507.6	1.0	.....	61.9	1.3	578.5	71	609.5	78
México - Chihuahua	2 329	1 173.9	15.0	52.4	3.7	26.2	1,355.2	67	1,539.5	76
1 Ramal a Oaxaca	249	249.0	.....	.....	.....	.....	249.0	100	249.0	100
2 Ramal a Culiacán, Irapuato, Coahuila y Durango	698	266.0	9.5	3.5	31.2	2.0	311.5	45	248.9	80
Mazatlán - Matamoros *	1 007	467.3	12.3	5.2	5.7	66.5	677.1	67	722.4	72
Mazatlán - Tumbuc *	706	651.6	.....	7.0	.....	.....	468.7	47	477.6	47
Aguascalientes - Veracruz *	242	74.3	.....	.....	.....	.....	74.3	31	74.3	31
Veracruz - Monterrey *	478	241.6	4.0	26.5	59.3	67.9	419.0	43	542.9	56
1 Ramal a Matamoros	314	0.0	.....	2.0	212.0	100.0	314.0	100	314.0	100
2 Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)	1 666	168.3	.....	.....	.....	3.3	172.1	10	177.8	11
Total	15 831	7,909.4	137.8	318.8	513.5	607.8	9 487.3	60	10,945.5	69

* La longitud no incluye tramos que comparte con otros ejes/Sections shared with other corridors are not included in the length

Nota: La longitud de los ejes no considera la longitud de los proyectos de modernización/Note: The length of the corridors fails to consider the length of the upgrading projects

Fuente / Source: Unidad de Autoistas de Cuarta SCT

8. ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

Dada la estrecha relación existente entre el crecimiento económico del país y el funcionamiento del transporte carretero, el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995 - 2000 considera prioritaria la integración de los ejes troncales de altas especificaciones, para mejorar la comunicación entre los principales centros de desarrollo y las concentraciones de población más importantes del país, así como el acceso a los puertos marítimos y fronterizos.

Ante ello, se requiere también desarrollar nuevos esquemas para el financiamiento de la infraestructura carretera, tanto con participación privada como pública, de manera que sea posible apoyar y reforzar los recursos provenientes del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), que es la fuente básica del programa de inversión en infraestructura carretera de todo tipo.

Dentro de ese panorama, y aceptando que los recursos públicos seguirán siendo la principal fuente de inversiones en carreteras, los esquemas de participación público-privada a través de concesiones tienen un papel que desempeñar, para ciertos proyectos y bajo condiciones que permitan un adecuado manejo de los riesgos inherentes al desarrollo de grandes obras de carreteras.

El eventual otorgamiento de nuevas concesiones para acelerar la modernización faltante en los diez ejes troncales se basará en una rigurosa preparación que incluirá estudios de tránsito, proyectos ejecutivos completos, liberación anticipada del derecho de vía, estudios de impacto ambiental y de los niveles tarifarios acordes con la capacidad de pago de los usuarios. Se trata de otorgar concesiones bajo esquemas competitivos que impulsen la ejecución de obras de calidad a precios razonables, carreteras que ofrezcan tarifas atractivas para los usuarios, plazos de concesión fijos predeterminados y, en su caso, una mínima participación de recursos fiscales.

En suma, la Secretaría concentra esfuerzos en materia de financiamiento de obras de infraestructura carretera, para fortalecer el papel promotor del Gobierno Federal y atraer recursos destinados al desarrollo de carreteras de altas especificaciones.

8. INFRASTRUCTURE FINANCING SCHEMES

Given the interrelationship between the country's economic growth and the performance of the road transport system, the National Program of Communications and Transport for 1995-2000 considers as a priority to integrate high specification road corridors, on the basis that these will improve communication between the country's main centers of economic activity.

Accordingly, apart from evaluating the current and future operating conditions of the ten main highway corridors and identifying the projects which will contribute to modernize them, new schemes must also be developed for road infrastructure financing. These schemes must include both private and public funds to support and complement the annual federal budget which provides most funds for all types of road infrastructure investment programs.

Thus, while accepting that public resources will continue to be the main source of investment for highways, schemes for public-private participation through concessions can play an important role in certain cases, when project conditions allow to introduce effective risk-management strategies.

Eventually, the new concessions that will be granted to accelerate the yet unfinished modernization on the ten highway corridors will be based on a rigorous project preparation, including thorough traffic studies; complete project design; right-of-ways acquisition prior to construction; environmental impact studies and marketing analyses to set tolls at levels that users can pay, and of appropriate toll levels according to the users capacity to pay. Concessions will be granted under competitive schemes which will encourage quality road building at reasonable costs; highways with attractive tolls for users; predetermined, fixed concession periods, and where necessary, the minimum use of fiscal resources.

To summarise, The Secretariat's efforts for financing road infrastructure works are concentrated on ensuring stable and sufficient public funds to support the large majority of its highway programs. In addition, the Secretariat has efforts under way to develop new financing schemes that, with private participation, can help to increase the level of funds allocated to improvements of the national highway system.



9. PROGRAMA DE INVERSIONES 1999 Y 2000 PARA LA MODERNIZACIÓN DE LOS EJES TRONCALES

9. 1999 AND 2000 INVESTMENT PROGRAMS, FOR MAIN HIGHWAY CORRIDOR MODERNIZATIONS

A continuación se presenta el programa de inversión que la SCT desarrollará durante 1999 para avanzar en la modernización de los 10 ejes troncales.

The SCT's 1999 investment program for modernizing the ten highway corridors is presented in the table below, which includes the projects to be carried out on each corridor, including the type of action to be undertaken and the required funds.

El cuadro contiene los proyectos que se habrán de llevar a cabo en cada eje, incluyendo el tipo de acción a realizar y el monto de inversión que se destinara a ella.

The origin of the needed resources is classified according to its source, which include: the Federal Budget (FB), the Trust Fund for the Strategic Development of the Southeast (FIDES); as well as other possible schemes, such as concessions and agreements with state governments.

El origen de los recursos se clasifica según la fuente a utilizar, que puede ser el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), el Fideicomiso para el Desarrollo Estratégico del Sureste (FIDES) y posiblemente otros esquemas como concesiones vigentes o futuras y convenios con Gobiernos Estatales.

The table also includes maps illustrating the projects to be carried out on each highway corridor during 1999-2000.

El cuadro se complementa con cartogramas que ilustran los proyectos a realizar durante 1999 y 2000 en cada uno de los ejes troncales.

**PROGRAMA CARRETERO DE INVERSIONES 1999 Y 2000, PARA LA
MODERNIZACIÓN DE LOS EJES TRONCALES PRINCIPALES
1999 AND 2000 HIGHWAY INVESTMENT PROGRAM, FOR THE
MODERNIZATION OF THE MAIN HIGHWAY CORRIDORS**

Eje / Tramo	Entidad	Obra	Inversión * (mdp)	Fuente de recursos					
				PEF		FIDES		Otros recursos	
				1999	2000	1999	2000	1999	2000
				Source of financing					
Corridor	Federal entity	Work description	Investment (million pesos)	PEF		FIDES		Other resources	
				1999	2000	1999	2000	1999	2000
1. México - Nogales			3,040.5						
Ahuacamilco - Miravatio	Michoacán	Ampliación a 4c	500.0						500.0
Ent. San Blas - Mazatlan									
Lib. de Rosano - Escuinapa	Sinaloa	Construcción a 12 m	90.0	25.0	65.0				
Ramal a Lazaro Cardenas y Acapulco									
Uruapan - Nueva Italia	Michoacán	Construcción a 12 m	375.0	300.0	75.0				
Nueva Italia-Infemillo	Michoacán	Construcción a 12 m	990.0	231.5	758.5				
Infemillo - Lazaro Cardenas	Michoacán	Construcción a 12 m	660.0	80.0	580.0				
Feliciano - Zihuatanejo	Michoacán	Construcción a 12 m	425.5				425.5		
2. México - Nuevo Laredo			1,657.0	778.4	541.4	0.0	0.0	168.6	168.6
México - Queretaro Jer. Carril	México	Ampliación a 6c	337.2					168.6	168.6
San Luis Potosí - Matshuala	SLP	Ampliación a 4c	0.8	0.8					
Matshuala - Puerto México									
Matshuala - San Roberto	SLP/NL	Ampliación a 4c	560.0	113.6	446.4				
San Roberto - Puerto México	Nuevo León	Ampliación a 4c	282.0	282.0					
La Riverena (Acceso al Puente Colombia)	Nuevo León	Ampliación a 4c	150.0	55.0	95.0				
Ramal a Piedras Negras									
La Muralla y Sta. Cruz - Ojo Caliente	Cochula	Construcción a 12 m	327.0	327.0					
3. Queretaro - Ciudad Juárez			582.0	384.4	197.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Aguascalientes - Zacatecas									
Labramiento Rincon de Ramos	Aguascalientes	Construcción a 12 m	11.0	11.0					
Guadalupe - Entramque Las Armas	Zacatecas	Ampliación a 4c	107.0	84.0	23.0				
Rancho Grande - Cuernacame									
Rancho Grande - Lim Edos Zac/Dgo	Zacatecas	Ampliación a 12m	306.0	156.0	150.0				
Lim Edos Zac/Dgo - Cuernacame	Durango	Ampliación a 12m	158.0	133.4	24.6				
4. Acapulco - Tuxpan			255.9	37.5	0.0	0.0	0.0	238.4	0.0
México - Pirámides									
Pirámides - Tulancingo	Hidalgo	Ampliación a 4c	4.9	4.9					
Labramiento Pirámides	México	Construcción a 4c	12.6	12.6					
Estacion - Texcotal	Hidalgo	Construcción a 12 m	238.4					238.4	
5. México - Chetumal			4,522.1	375.0	1,455.0	1,888.5	640.5	71.6	91.5
México - Puebla Jer. Carril	Mex/Pue	Ampliación a 6c	146.8						
Esperanza - Cd. Manabza	Pue/Ver.	Ampliación a 4c	16.3					55.3	91.5
Agua Dulce - Cardenas	Tobasco	Construcción a 4c	395.8			395.8			
Labramiento de Hechelchakan	Campeche	Ampliación a 12 m	53.4			5.0	48.4		
Labramiento de Cutun	Campeche	Ampliación a 12m	42.1			5.0	39.1		
Lim Edos Campeche Yuc. - Poxtla	Yucatan	Construcción a 12 m	150.6			150.6			
Labramiento de Uman	Yucatan	Construcción a 12 m	101.1			101.1			
Chancun - Tulum	Quintana Roo	Ampliación a 4c y 12 m	132.0			132.0			
Ramal a Chiapas									
Las Chocapas - Lim de Edos Ver/Tab	Ver/Tab/Chis	Construcción a 12 m	1,005.0		605.0	400.0			
Puente Grijalva - Lim Edos Ver/Tab	Chiapas	Construcción a 12 m	900.0	235.0	650.0	15.0			
Puente Grijalva	Chiapas	Puente	50.0	50.0					
Puente Grijalva - Margen Norte Presa Malpasos	Chiapas	Construcción a 12 m	290.0	90.0	200.0				
Puente Chiapas	Chiapas	Puente	903.0			350.0	553.0		
Margen Sur Presa Malpasos - Ocozacoacoatlán	Chiapas	Construcción a 12 m	334.0			334.0			
6. Mazatlan - Matamoros			36.8	20.5	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Lib. Periferico de Torreón - Cd. Lerdo	Coah/Dgo	Ampliación a 4c	21.8	5.5	16.3				
Reynosa - Matamoros									
Curva Texas - Canal Anzoategui	Tamaulipas	Ampliación a 4c	15.0	15.0					
7. Manzanillo - Tampico			180.0	70.0	110.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Labramiento de Coahuila	Coahuila	Ampliación a 4c	180.0	70.0	110.0				
8. Acapulco - Veracruz			0.0						
9. Veracruz - Monterrey			1,295.9	12.0	0.0	166.5	901.4	0.0	196.0
Guñérrez Zamora - Tihuatlan	Veracruz	Construcción a 12 m	774.0			10.0	664.0		100.0
Tampico - Ciudad Victoria									
Labramiento de Altamira	Tamaulipas	Ampliación a 4c	76.5			76.5			
Estero - Cuautlémoc - Est. Manuel	Tamaulipas	Ampliación a 4c	192.0				96.0		96.0
Zaragoza - Ciudad Victoria	Tamaulipas	Construcción a 12 m	241.4			100.0	141.4		
Monterrey - Tampico									
Tomaseno - Lim de Edos NL/Tamps	Tamaulipas	Ampliación a 12m	11.0	11.0					
Tomaseno - Lim de Edos NL/Tamps	Tamaulipas	Ampliación a 12m	1.0	1.0					
10. Tijuana - Cabo San Lucas (Transpeninsular)			89.0	50.0	39.0	0.0			
Bulevar Aeropuerto - La Paz	BCS	Ampliación a 4c	89.0	50.0	39.0				
Total			11,659.2	2,344.3	3,837.8	2,075.0	1,967.4	478.6	956.7

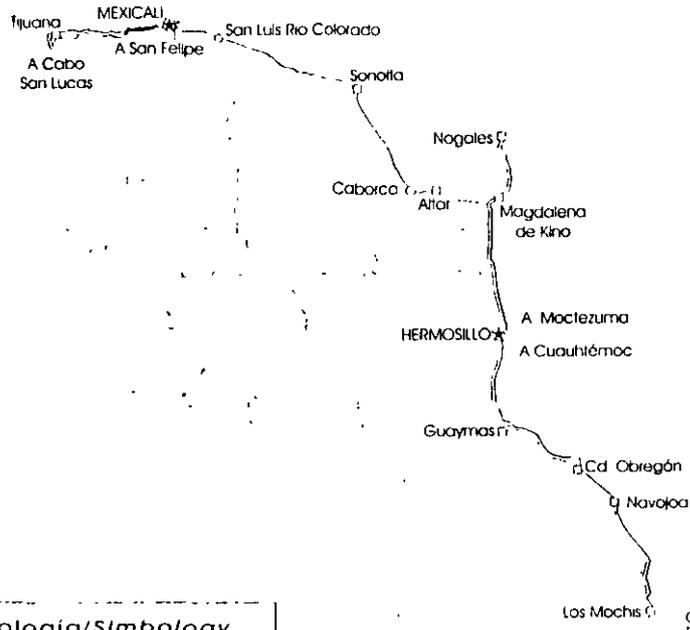
* La inversión es estimada y puede variar una vez concluido el proyecto ejecutivo

* The investment is approximate and it can vary once the project design is completed

Fuente/Source: Unidad de Autostradas de Coahuila, SCl

Programa carretero 1999 - 2000
1999 - 2000 highway program

Eje/Corridor 1: México - Nogales, con ramales a/with branches to Lázaro Cárdenas, Acapulco y Tijuana



Simbología/Simbology

Carreteras Federales	Highways Federals
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o mas	4 or more lane toll

Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	() City or town

Con recursos del PIF
 With resources from PIF

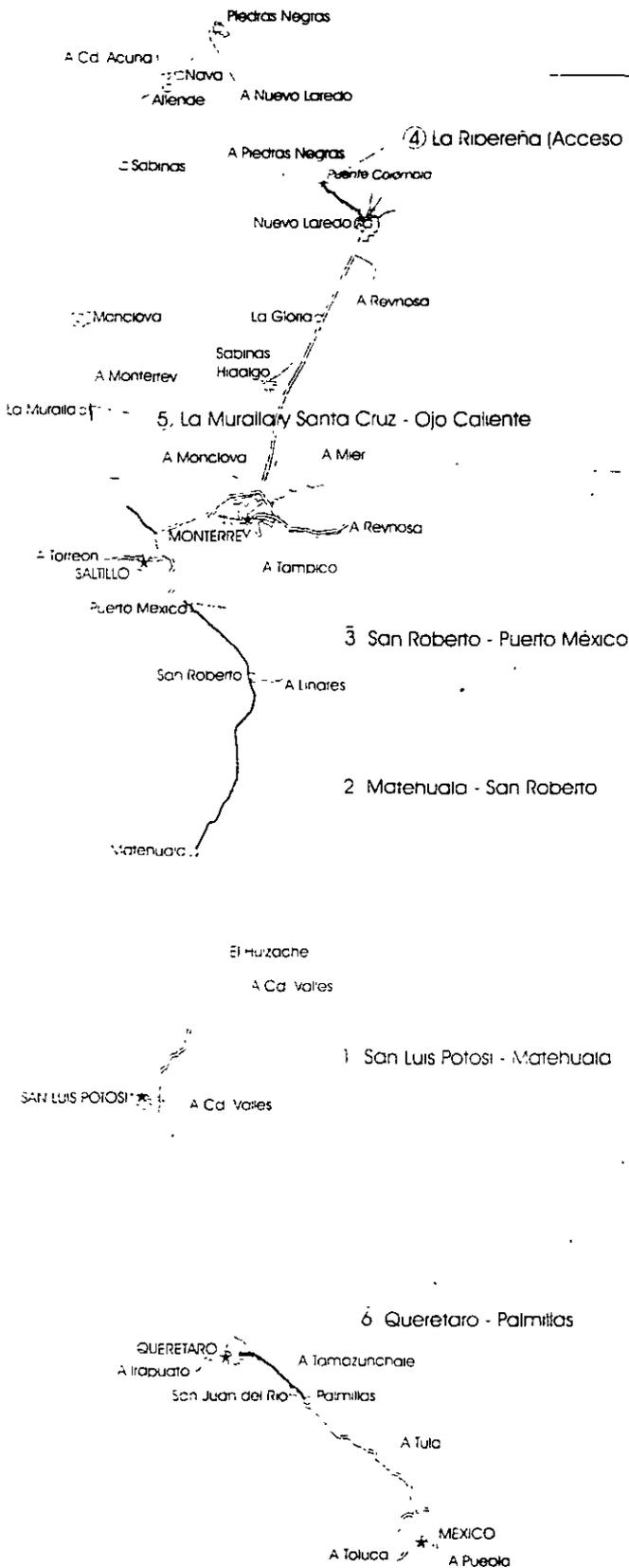
1 Libramiento de Rosario - Escuinapa Ramal a Lázaro Cárdenas	Construcción a 12 m
2 Uruapan - Nueva Italia	Construcción a 12 m
3 Nueva Italia - Infernillo	Construcción a 12 m
4 Infernillo - Lázaro Cárdenas	Construcción a 12 m
5 Feliciano - Zihuatanejo	Construcción a 12 m

Con recursos de otras esquemas de financiamiento
 With other financial schemes

6 Atacomulco - Maravatio	Ampliación a 4 carriles
--------------------------	-------------------------



Eje/corridor 2: México - Nuevo Laredo, con ramal a/with branch to Piedras Negras



TRAMO SECTION	OBRA WORK DESCRIPTION
Con recursos del PEF With resources from PEF	
San Luis Potosí - Saltillo	
1. San Luis Potosí - Matehuala	Ampliación a 4 carriles
Matehuala - Puerto México	
2. Matehuala - San Roberto	Ampliación a 4 carriles
3. San Roberto - Puerto México	Ampliación a 4 carriles
Monterrey - Nuevo Laredo	
4. La Ribereña (Acceso al Puente Colombia)	Ampliación a 4 carriles
Ramal a Piedras Negras	
5. La Muralla y Santa Cruz - Ojo Caliente	Construcción a 2 carriles
Con recursos de otros esquemas de financiamiento With other financial schemes	
México - Querétaro	
6. Querétaro - Palmillas	Ampliación a 4 carriles



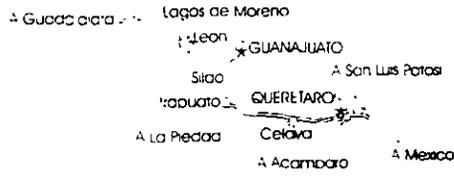
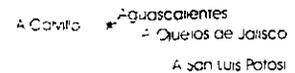
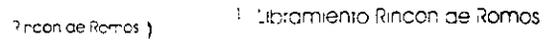
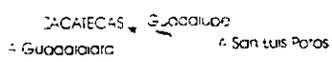
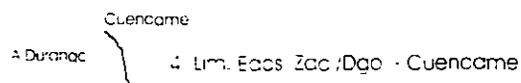
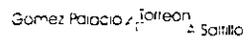
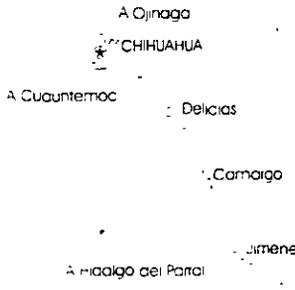
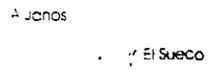
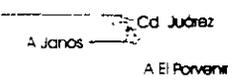
Simbología/Symbology

Carreteras Federales:	Highways Federal:
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o más	4 or more lane toll

Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	● City or town

Eje/corridor 3: Querétaro - Ciudad Juárez

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA



TRAMO SECTION	OBRA WORK DESCRIPTION
Con recursos del PEF With resources from PEF	
Aguascalientes - Zacatecas	
1 - Libramiento Rincón de Romos	Construcción a 12 m
2 - Guadalupe - Entronque Las Arcinas	Ampliación a 4 carriles
3 - Rancho Grande - Lim. Edos. Zac./Dgo.	Ampliación a 4 m
4 - Lim. Edos. Zac./Dgo. - Cuernavaca	Ampliación a 12 m

Simbología/Symbology

Carrteras Federales	highways Federales
1 lane de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
1 lane de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o mas	4 or more lane toll

Capital de Estado	★ State capital
Ciudad o población	City or town

Eje/corridor 4: Acapulco - Tuxpan

Con recursos del PEF
With resources from PEF

- México - Tuxpan
- 1 Pirámides - Tulancingo Ampliación a 4 carriles
 - 2 Libramiento Pirámides Construcción a 4 carriles

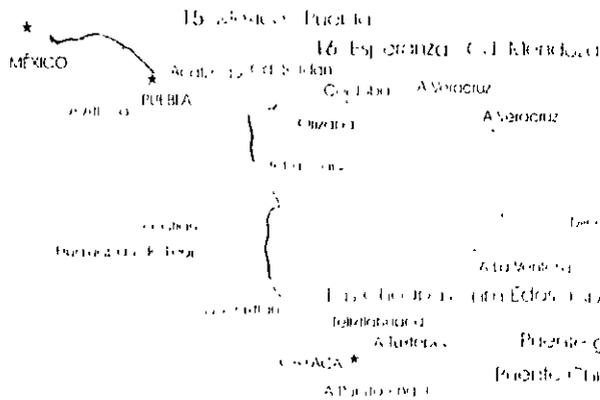
Con recursos de otros esquemas de financiamiento
With other financial schemes

- México - Tuxpan
- 3 Asunción - Tejocotal Construcción a 12 m

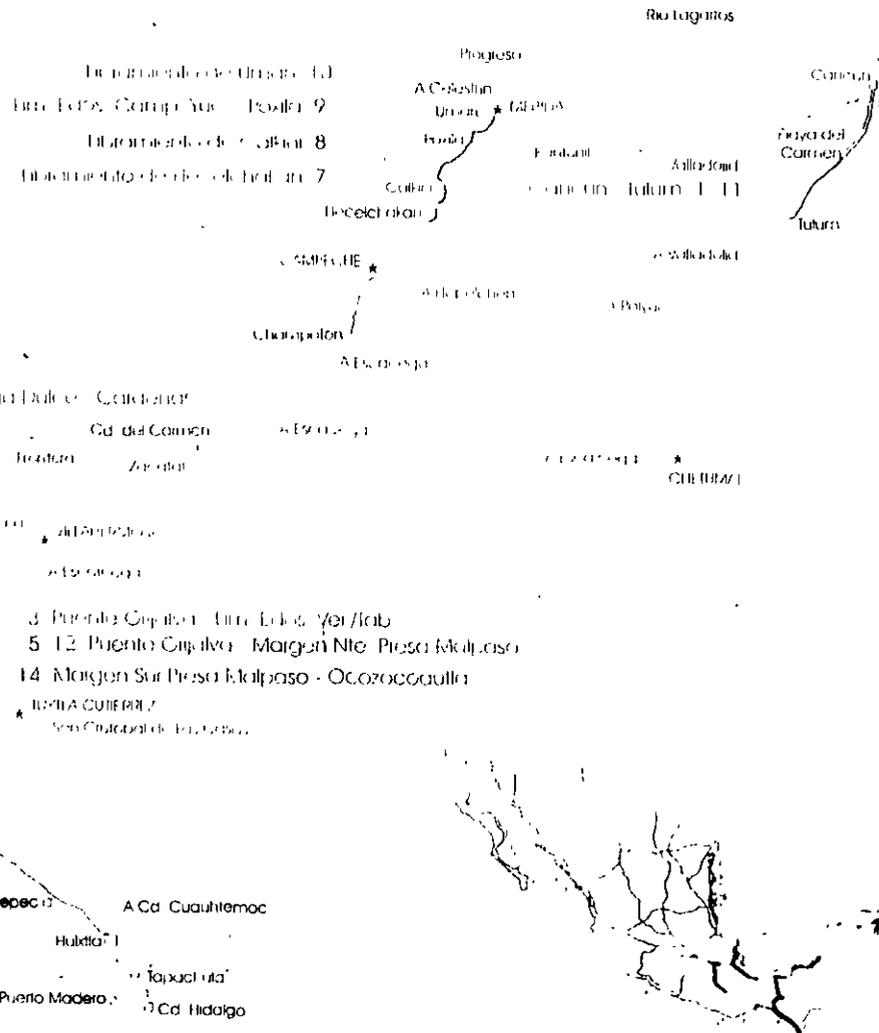


Eje Carretero 5 México - Cancún - Chetumal,
con ramales al/with branches to Oaxaca y/and Chiapas

Cancún - Chetumal	
1 Cancún - Tulum	Ampliación a 4 carriles y 12 m
Ramal a Chiapas	
2 Las Choapas - Lim Edos Tab/Chi	Construcción a 12 m
3 Puente Grijalva - Lim Edos Yuc/Tab	Construcción a 12 m
4 Puente Grijalva	Puente
5 Puente Grijalva - Margen Nte. Presa Malpaso	Construcción a 12 m
Cancún - Chetumal	
Ramal a Chiapas	
Coatzacoalcas - Villahermosa	
6 Agua Dulce - Caidenas	Construcción a 4 carriles
Campeche - Mérida	
7 Libramiento de Hecelchakan	Ampliación a 12 m
8 Libramiento de Calkini	Ampliación a 12 m
9 Lim Edos Camp/Yuc - Poxin	Construcción a 12 m
10 Libramiento Uxmal	Construcción a 12 m
Cancún - Chetumal	
11 Cancún - Tulum	Ampliación a 4 carriles y 12 m
Ramal a Chiapas	
12 Puente Grijalva - Margen Nte. Presa Malpaso	Construcción a 12 m
13 Puente Chiapas	Puente
14 Margen Sur Presa Malpaso - Ocozocoautla	Construcción a 12 m
México - Veracruz	
15 México - Puebla	Ampliación a 6 carriles
16 Esperanza - Ciudad Mendoza	Ampliación a 4 carriles



Simbología/Symbology	
Carreteras	Highways
Federatas	Federats
Libre de 2 carriles	2 lane free
Cuota de 2 carriles	2 lane toll
Libre de 4 carriles	4 lane free
Cuota de 4 carriles o mas	4 or more lane toll
Capital de Estado	State capital
Ciudad o población	City or town



El análisis incremental de la relación beneficio-costo es una extensión del más comúnmente conocido como análisis marginal. Este método permite aproximar la solución de un problema de comparación entre múltiples alternativas dependientes entre sí, a un punto óptimo. Esto es llevado a cabo a través de un estudio del incremento en beneficios, en relación con el incremento en costos necesarios para producirlos, hasta llegar al margen - en el que, por definición un incremento en beneficios causará un incremento en costos de la misma magnitud; una vez rebasado ese punto marginal, cualquier inversión excederá el monto de los beneficios obtenibles y, por lo tanto no será justificable el proyecto.

Además de lo mencionado con anterioridad, si se usa como índice de evaluación la relación beneficio-costo, y no se toma en consideración un análisis de tipo incremental en la evaluación de proyectos dependientes entre sí, puede conducir al error de darle la más alta prioridad al proyecto con el mayor índice de rentabilidad. Esta situación puede implicar que otra alternativa que requiera de una mayor inversión pero que tenga un índice de rentabilidad menor sea desechada y que la diferencia (incremento) en inversiones no sea aprovechada de la manera óptima.

Aplicando el análisis de beneficio/costo incremental se llegó a la siguiente jerarquización de los proyectos.

Abasolo-Zapotlanejo
Apaseo-Irapuato
Querétaro-Apaseo
Córdoba-Veracruz
Esperanza-Orizaba
Puebla-Entr. Acatzingo
Cuernavaca-Amacuzac
Entr. Venta de Carpio-Pirámides
Zapotlanejo-Guadalajara
Amacuzac-Iguala

Dado que este tipo de obras analizadas, por sus características de percibir ingresos a través de cuotas, son operadas por un organismo descentralizado, es necesario efectuar un análisis financiero que permita determinar si es rentable financieramente para dicho organismo el operar estas obras, es decir, es necesario saber si los ingresos serán mayores o al menos iguales que los egresos en el tiempo de amortización del capital a invertir.

Conforme a la idea anterior, se llevó a cabo un análisis financiero de las obras propuestas, a fin de determinar la cuota unitaria necesaria para la recuperación del capital invertido en un horizonte de veinte años de operación. Con los resultados obtenidos del análisis mencionado, se pueden construir gráficas (anexo 3) en las que se relacionen la cuota unitaria o incremento de la misma para el caso de las ampliaciones, con el monto que la federación tendría que aportar (subsidio), para su realización.

Como se puede observar en las gráficas, si el gobierno subsidia la totalidad de la inversión no se tendrá que considerar ninguna cuota adicional para la recuperación del capital; por el contrario si no se considera subsidio por parte del gobierno sería necesario cobrar una cuota para la recuperación de la inversión en un horizonte de veinte años de operación.

Conforme a este criterio, se jerarquizaron las obras de acuerdo al incremento de la cuota para el caso de las ampliaciones, y en función de la magnitud de la cuota que es necesaria para la recuperación del capital al año veinte de operación para el caso de las obras nuevas, habiendo resultado con ello el siguiente cuadro.

Q B R A	Cuota Unitaria (\$/Km)
Querétaro-Apaseo	3.04
Puebla-Entr. Acatzingo	3.86
Apaseo-Irapuato	4.94
Zapotlanejo-Guadalajara	5.09
Cuernavaca-Amacuzac	5.19
Entr. Venta de Carpio-Pirámides	5.21
Entr. Acatzingo-Esperanza	5.63
Esperanza-Orizaba	8.33
Amacuzac-Iguala	8.52
Abasolo-Zapotlanejo	12.94
Córdoba-Veracruz	12.99

* Obras nuevas.

Una vez realizadas las diversas jerarquizaciones de las obras, que han dependido de la naturaleza del análisis efectuado (I.R., año de operación, beneficio/costo incremental, análisis financiero), es el momento conveniente para efectuar la toma de decisiones, partiendo de bases más precisas y más amplias, y con el fin de llegar a una programación óptima de las obras.

VI.- CONCLUSIONES

Para hacer frente a la difícil situación económica por la que atraviesa actualmente México, resulta conveniente la construcción y modernización de la infraestructura carretera, ya que forma parte primordial del -- esquema de desarrollo y transformación de la economía.

En este sentido se han analizado diversas propuestas tendientes a -- resolver el problema de las carreteras de la red básica, dentro de la cual se encuentra el sistema de carreteras de cuota que, en su momento ha permitido resolver serios problemas de congestionamiento en carreteras libres - de las que son vías alternas. Además la cuota permite aliviar la presión - financiera directa sobre el presupuesto gubernamental. Por otra parte, el sistema ha contribuido al crecimiento económico de diversas zonas del país, lo que lleva a identificar a ese sistema como agente importante de desarrollo, y a justificar ampliamente la necesidad de modernizarlo y ampliarlo.

Para poder llevar a cabo toda obra de infraestructura carretera, es

necesario realizar una evaluación económica, con el fin de determinar su factibilidad, en beneficio de la colectividad. Este análisis debe desarrollarse para todos los proyectos que conformen un programa de carreteras de cuota, y con los resultados de estas evaluaciones, se deberán obtener indicadores para efectuar una jerarquización que servirá de base para llevar a cabo una asignación adecuada de los recursos disponibles.

El punto fundamental de la evaluación de una modernización de carreteras de cuota, radica en una adecuada proyección del tránsito, ya que de ella depende tanto la determinación del tamaño de la ampliación o mejoramiento de la carretera, como la cuantificación de los beneficios que se obtendrán de llevar a cabo el proyecto. Es por esta razón, que el tránsito no deberá proyectarse atendiendo únicamente a su crecimiento histórico, sino que debe relacionarse con el grado de desarrollo de las zonas que atraviesa y comunica, que son los generadores de dicho tránsito. Si aunamos la casi nula competencia de los otros medios de transporte en el movimiento de bienes y personas, se ve que es posible relacionar directamente el crecimiento económico con el crecimiento del tránsito.

En lo referente a la jerarquización de las obras para llegar a una programación óptima, se llevaron a cabo varios análisis, entre los que se considera el de la comparación de los valores de los índices de rentabilidad con ayuda de la tasa interna de retorno, el análisis de beneficio/costo incremental, así como una jerarquización considerando el año en que sería adecuada la puesta en operación de la obra. Asimismo, con el propósito de evitar problemas de índole financiero al organismo responsable de su operación y administración (C.P.F.I. y S.C.) se realizó un análisis finan-

ciero de los proyectos, cumpliendo así también con uno de los requisitos para la selección de proyectos.

De acuerdo a este último análisis y tomando en cuenta que no se identificó ninguna obra que pudiera tener una cuota adecuada para captar los recursos necesarios en el horizonte de operación (20 años), de manera -- que se recupere la inversión, los gastos de conservación, operación y los intereses, debido a la magnitud de cada uno de estos rubros, se incluye en este trabajo a título ilustrativo (anexo 3) el análisis y definición de -- los montos que la federación tendría que aportar (subsidio) para que --- C.P.F.I. y S.C. no acuse operaciones deficiarias.

Sería conveniente para mejorar el servicio y aumentar los ingresos - de las carreteras de cuota, realizar un programa tendiente a informar adecuadamente a los posibles usuarios de los accesos, de las ventajas y servicios que ofrecen las mismas, así como un programa para construir y mejorar dichos servicios. Asimismo, cabe hacer notar la importancia que tiene el que se lleven a cabo estudios como el realizado en este trabajo para todas las carreteras que en un momento dado podrían llegar a formar parte - de este sistema de carreteras de cuota, y ello en virtud de la escasez de recursos para construir todos los proyectos que en cierto momento pueden - generarse.

La modernización de la red carretera merece especial atención, pues como ya se mencionó, es este medio el que soporta el mayor movimiento de bienes y personas en México, y de retrasarse su modernización mediante la ampliación o construcción de rutas alternas, puede llegar a constituirse -

en un verdadero " cuello de botella " que daña el esfuerzo productivo del país.

A N E X O S

C A M I N O	VOLUMEN DE TRANSITO	LONGITUD	PASAJEROS (miles)	TONELADAS (miles.)	PASAJERO/KM (miles)	TONELADAS/KM (miles)
México - Cuernavaca	7 858 318	66.0	42 357.9	6 839.5	2 795 626.7	451 407.0
Cuernavaca - Amacuzac	3 551 047	54.0	22 359.3	4 979.7	1 207 402.2	268 903.8
Amacuzac - Iguala	2 038 610	66.5	12 561.1	4 266.0	835 315.1	283 689.0
México - Querétaro	9 981 933	201.5	62 620.0	35 941.4	12 617 916.0	7 242 192.1
Querétaro - Celaya	4 291 530	42.0	27 898.7	16 216.6	1 171 745.4	681 097.2
México - Puebla	11 934 298	110.0	71 871.7	24 691.9	7 905 895.8	2 716 109.0
México - Teotihuacán	17 299 404	57.3	118 650.0	19 872.4	6 810 510.0	1 138 688.5
La Pera - Cuautla	2 799 979	35.0	14 509.9	2 114.0	507 849.6	73 990.-
Puebla - Orizaba	5 001 742	150.0	27 662.3	17 176.1	4 149 345.0	2 576 415.0
Tijuana - Ensenada	2 530 035	110.0	9 070.1	3 436.7	997 719.4	378 037.0
Apaseo - Irapuato	3 027 640	74.0	14 353.9	16 431.8	1 062 122.0	1 215 953.2
Guadalajara - Zapotlanejo	3 151 900	36.0	20 781.9	8 795.0	748 148.4	316 620.0
Orizaba - Córdoba	5 038 193	20.0	25 900.6	15 459.4	518 013.4	309 188.0
Villa Cardel - Veracruz	2 485 984	32.0	16 332.9	6 398.9	522 652.8	204 764.8
Chapattilla - Compostela	446 349	35.0	2 148.8	829.6	75 208.6	29 036.0
	<hr/>					
	81 436,962	1 089.3 (KM)	489 079.1 (95.5 %)	183 449.0 (70%)	41 925 490.0 (88%)	17 886 091.0 (28.6%)
FERROCARRILES						
Pacífico		2 898.7	1 791.9	7 245.2	1 342 947.0	5 335 054.0
Nacionales de México		18 140.9	16 031.5	60 158.6	3 078 922.0	36 403 631.0
Unidos del Sureste		1 536.2	3 412.0	3 096.8	381 161.0	759 381.0
Sonora - Baja California		707.2	812.6	1 255.8	350 320.0	521 912.0
Chihuahua - Pacífico		1 763.7	709.0	3 811.8	185 549.0	1 530 410.0
		<hr/>				
		25 046.7 (KM)	22 739.0 (4.5%)	75 568.3 (30%)	5 308 899.0 (22%)	44 550 388.0 (71.4%)
FUENTE: Ferrocarriles Nacionales de México y C.P.F.I. y S.C.	TOTAL:		511 818.1	259 017.3	47 234 389.0	62 436 479.0

TABLA 2

Evolución del tránsito en las carreteras de cuota

A ñ o	México - Cuernavaca		Amacuzac - Iquala	
	Vol. Anual	% Incr.	Vol. Anual	% Incr.
1952	66 007	-	10 508	-
1953	676 954	925.0	132 506	1 161.0
1954	748 921	10.6	143 037	7.9
1955	898 363	20.0	241 684	68.9
1956	1 065 902	18.6	300 992	24.5
1957	1 189 822	11.6	323 658	7.5
1958	1 279 966	7.6	346 496	7.0
1959	1 371 774	7.1	383 685	10.7
1960	1 435 415	4.6	411 750	7.3
1961	1 426 192	-0.6	424 376	3.1
1962	1 474 212	3.3	433 098	2.1
1963	1 592 021	7.9	468 230	8.1
1964	1 805 756	13.4	519 636	11.0
1965	2 091 499	15.8	550 650	6.0
1966	2 408 349	15.1	603 776	9.6
1967	2 630 949	9.2	665 238	5.2
1968	2 930 690	11.4	696 784	9.7
1969	3 093 346	5.5	747 025	7.2
1970	3 471 117	12.2	827 603	10.8
1971	3 809 691	9.7	884 982	6.9
1972	4 249 389	11.5	1 006 345	13.7
1973	4 731 786	11.3	1 119 986	11.3
1974	5 012 675	5.9	1 150 712	2.7
1975	5 342 637	6.6	1 263 789	9.3
1976	5 635 507	4.5	1 341 512	6.1
1977	5 766 726	2.3	1 425 539	6.3
1978	6 096 105	5.7	1 529 587	7.3
1979	6 806 145	11.65	1 711 985	11.91
1980	7 144 871	4.69	1 816 312	5.80
1981	7 858 318	10.29	2 038 610	12.55
1982	8 356 529	6.43	2 192 507	7.56
Tasa Promedio		9.05	Tasa Promedio	10.16

TABLA 2

Evolución del tránsito en las carreteras de cuota

A ñ o	México - Teotihuacán		Puebla - Orizaba	
	Vol. Anual	% Incr.	Vol. Anual	% Incr.
1964	191 414	-	-	-
1965	1 543 819	80.3	-	-
1966	2 041 661	32.2	487 700	-
1967	2 072 016	21.9	796 074	62.8
1968	3 256 174	21.8	909 207	14.5
1969	3 729 961	14.6	977 307	7.5
1970	4 611 193	23.0	1 153 483	18.0
1971	5 822 262	26.3	1 269 120	10.0
1972	7 719 886	32.6	1 469 003	15.7
1973	10 530 315	36.4	1 814 495	23.5
1974	6 907 437	-52.4	2 145 376	18.2
1975	8 150 122	18.0	2 478 116	15.2
1976	9 988 491	22.6	2 679 931	8.1
1977	9 854	-1.4	2 434 010	-10.1
1978	11 177 533	13.4	2 820 697	15.9
1979	13 330 213	19.2	3 769 476	33.63
1980	15 366 165	14.9	4 353 123	15.17
1981	17 299 404	12.58	5 001 742	15.21
1982	20 070 156	16.01	5 492 542	9.81
Tasa Promedio		16.28	Tasa Promedio	12.84

TABLA 2

Evolución del tránsito en las carreteras de cuota

A ñ o	Querétaro - Celaya		Zapotlanejo - Guadalajara	
	Vol. Anual	% Incr.	Vol. Anual	% Incr.
1962	706 335	-	-	-
1963	889 539	25.9	-	-
1964	944 231	6.1	-	-
1965	1 017 407	7.7	-	-
1966	1 084 247	6.6	-	-
1967	1 153 250	6.4	-	-
1968	1 274 309	10.5	-	-
1969	1 479 440	16.1	120 125	-
1970	1 712 625	15.8	1 132 752	843.0
1971	1 847 959	7.9	1 273 372	12.4
1972	2 105 365	13.9	1 435 056	12.7
1973	2 309 410	9.7	1 697 231	18.3
1974	2 500 284	8.3	1 874 990	10.5
1975	2 580 757	3.2	2 079 665	10.9
1976	2 777 819	7.6	2 265 821	9.0
1977	2 651 564	-4.8	2 291 995	1.2
1978	2 876 150	8.5	2 599 755	13.4
1979	3 218 569	11.90	2 977 055	14.50
1980	3 664 179	13.53	2 660 969	10.86
1981	4 291 530	17.44	3 151 900	18.77
1982	4 589 049	6.94	3 614 890	14.70
Tasa Promedio		9.01	Tasa Promedio	10.15

% de Inversión
(Subsidio)

ANEXO 3

Carretera

Tercio

Inversión

100%

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

1

2

3

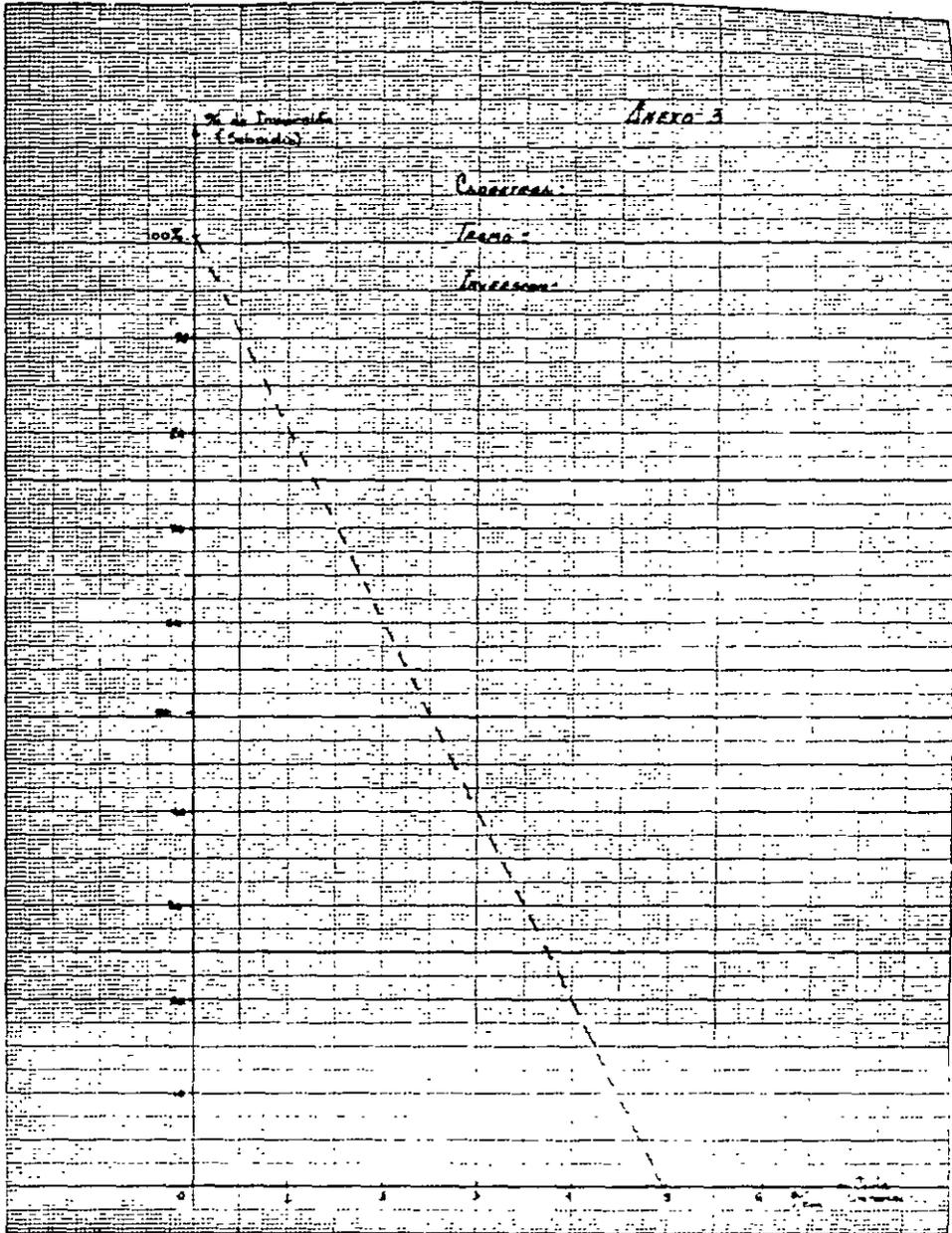
4

5

6

7

8



B I B L I O G R A F I A .

1. "Metodología para la evaluación de proyectos de infraestructura carretera por el criterio de rentabilidad".
1979.
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION, S.C.T.
2. "Datos del X Censo general de población y vivienda"
1980.
DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. S.P.P.
3. "Planeación y proyecto de vías terrestres", Felix V. Rodolfo.
VII Congreso de Ingeniería Civil.
1967.
4. "Apuntes de Planeación", Hinojosa P. Jorge A.
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
1976.
5. "Pautas para la evaluación de Proyectos"
Organización de las Naciones Unidas.
1976.
6. "Carreteras de Cuota".
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION, S.C.T.
1978.
7. "Manual de Proyecto Geometrico de Carreteras".
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
1980.
8. "Datos Viales"
Dirección de Ingeniería de Tránsito.
1981.

9. "Análisis Económico de Proyectos de Ingeniería",
Carlos Uriegas T.
Centro de Educación Continua, D.E.S.F.I., U.N.A.M.
1976.

10. Un Modelo de Costos de Operación para Carreteras.
R. Magallanes M.
Instituto de Ingeniería de U.N.A.M.
1982.

11. Serie Histórica.
"Datos de Tránsito", C.P.F.I. y S.C.

**MODERNIZACION DEL
SISTEMA CARRETERO TRONCAL**

**MODERNIZATION OF THE
MAIN HIGHWAY SYSTEM**



SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

MEXICO

OCTUBRE 1999

CONTENIDO

MENSAJE

PRESENTACIÓN

I. EL PROGRAMA NACIONAL DE CARRETERAS 1995-2000,

1. El programa carretero de la presente administración 2. Red Nacional de Carreteras 3. La Red Básica Nacional 4. Estrategias de inversión para el periodo 1999-2000-2010 5. Identificación y jerarquía de los 10 ejes troncales principales 6. Acciones de modernización requeridas en los ejes troncales 7. Longitud modernizada hasta 1998 y por modernizar en el periodo 1999-2000 en los ejes troncales 8. Esquemas de financiamiento de la infraestructura 9. Programa de inversiones 1999 y 2000 para la modernización de los ejes troncales

II. IMAGEN OBJETIVO PARA EL PERIODO 2001-2010

1. Visión a 2010 y 2020

CONTENTS

PREFACE

INTRODUCTION

I. THE NATIONAL HIGHWAY PROGRAM, 1995-2000

1. The Present Administration's Highway Program 2. The National Highway Network 3. The Basic National Network 4. Investment Strategies for the periods of 1999-2000-2010 5. Identification and Ranking of the Ten Main Highway Corridors 6. Steps required for the Modernization of the Highway Corridors 7. Lengths of the Highway Corridors Modernized up to 1998 and Lengths to be Modernized in the Period 1999-2000 8. Infrastructure Financing Schemes 9. Investment Program 1999 and 2000 for the Modernization of the Main Highway Corridors

II. TARGET VISION FOR THE PERIODS 2001-2010

1. 2010 and 2020 vision



I. EL PROGRAMA NACIONAL DE CARRETERAS 1995-2000

I. THE NATIONAL HIGHWAY PROGRAM 1995-2000

1. EL PROGRAMA CARRETERO DE LA PRESENTE ADMINISTRACIÓN

Como parte del Plan Nacional de Desarrollo y del Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes correspondientes al periodo 1995-2000, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha impulsado un conjunto de acciones para ampliar y modernizar la cobertura de la infraestructura carretera, apoyando al desarrollo regional y fortaleciendo la integración de zonas de producción y consumo.

Así, el Sistema Nacional de Carreteras sigue consolidándose como el principal medio para el desplazamiento de personas y bienes a través de todo el país, constituyéndose además como el instrumento primordial para su integración social, económica y cultural. La estadística del transporte demuestra la importante participación del sistema carretero troncal, en la agilización de las cadenas de producción y distribución de mercancías en el territorio nacional, así como en la atención de las actividades de exportación y del turismo. Por su parte, la red de carreteras alimentadoras permite completar las cadenas e integrar a las localidades rurales, propiciando su desarrollo.

En 1998, el servicio de autotransporte de carga transportó 380.5 millones de toneladas, cifra superior en 15 por ciento a la registrada en 1997. Durante 1998, el movimiento de pasajeros por autotransporte, ascendió a cerca de 2500 millones de personas, es decir, 12 por ciento más que en 1997.

Para apoyar y expandir la movilización de personas y mercancías a lo largo de todo el territorio nacional, el programa carretero de la presente administración se centra en la modernización y el mantenimiento de carreteras, otorgando prioridad a la red básica nacional y a la integración de los 10 ejes troncales principales con carreteras de altas especificaciones. Al otorgar esta prioridad, la Secretaría de

1. THE PRESENT ADMINISTRATION'S HIGHWAY PROGRAM

As part of the National Development Plan and of the National Program of Communications and Transport corresponding to the 1995-2000 period, the Secretariat of Communications and Transport has implemented a group of actions that will expand and modernize Mexico's highway infrastructure. These actions will provide support for regional development and strengthen the integration of different production and consumption zones in the country.

Throughout time, the National Highway System has become the main mode for moving people and goods throughout the national territory, as well as a key element for Mexico's socio-economic and cultural integration. Transport statistics demonstrate the important participation of the main highway network for facilitating production chains and for distributing goods within the country, along with contributing to foreign trade and tourism. The network of secondary highways also plays an important role in providing access to rural communities and promoting their development.

In 1998, trucks carried 380.5 million tons throughout the nation, accounting for 15% more than in the previous year. Also during 1998, passenger movements by road rose to more than 2.5 billion persons, 12% more than in 1997.

To assist and expand the mobilization of passengers and goods throughout the entire country, the current administration's highway program is centered on highway modernization and maintenance. Priority is given to the basic national network and to the ten main highway corridors. By setting this priority, the Secretariat of Communications and Transport seeks to offer to the public safer and more efficient roads, which reduce travel times, transport costs and highway accidents.

Carretera: Puebla - Orizaba

Tramo: Entr. Acatzingo - Esperanza

Longitud ruta actual: 49 Km.

Longitud del proyecto: 49 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles	de 0.891 a 4.900
Autobuses	de 1.114 a 6.125
Camiones	de 1.273 a 7.000

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles	de 0.544 a 0.778
Autobuses	de 0.681 a 0.972
Camiones	de 0.778 a 1.111

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles	de 0.346 a 4.122
Autobuses	de 0.433 a 5.153
Camiones	de 0.495 a 5.889

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

	A baja velocidad	A alta velocidad
Ruta actual:		
A	19.700	12.230
B	58.006	34.872
C	66.220	32.287

Proyecto:

A	11.655	12.760
B	33.343	34.391
C	28.636	25.514

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros	\$131.50	Conductor automóvil	\$205.00
-----------	----------	---------------------	----------

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$	470 147
a \$	22 264 592
Por ahorro en tiempos de recorrido de \$	282 740
a \$	17 296 432

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 12 001 vehículos

Composición A- 55% B- 9% C- 36%

Tasa de crecimiento: 9% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 46 252 848

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 5 152 496

I.R. con tasa de actualización del 12% : 8.98

Tasa interna de Retorno de : 34.61

Carretera: Puebla - Orizaba

Tramo: Esperanza - Orizaba

Longitud ruta actual: 60 Km.

Longitud del proyecto: 60 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles	de 2.000 a 6.000
Autobuses	de 2.500 a 7.500
Camiones	de 3.333 a 10.000

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles	de 0.896 a 1.667
Autobuses	de 1.119 a 2.083
Camiones	de 1.493 a 2.778

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles	de 1.104 a 4.333
Autobuses	de 1.381 a 5.417
Camiones	de 1.841 a 7.222

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

	A baja velocidad	A alta velocidad
Ruta actual:		
A	26.671	20.661
B	82.803	61.171
C	99.342	74.567

Proyecto:

A	15.149	12.833
B	45.176	42.813
C	54.122	47.130

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros	\$131.50	Conductor automóvil	\$205.00
-----------	----------	---------------------	----------

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$ 4 500 959

a \$ 39 609 088

Por ahorro en tiempos de recorrido de \$ 1 009 342

a \$ 20 361 056

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 12 978 vehículos

Composición A- 55% B- 9% C- 36%

Tasa de crecimiento: 9% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 78 710 016.

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 7 309 187

I.R. con tasa de actualización del 12% : 10.77

Tasa interna de Retorno de : 40.15

Carretera: México - Tulancingo

Tramo: Entr. Venta de Carpio - Pirámides

Longitud ruta actual: 22 Km.

Longitud del proyecto: 22 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles	de 0.440 a 2.200
Autobuses	de 0.550 a 2.750
Camiones	de 0.629 a 3.143

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles	de 0.244 a 0.379
Autobuses	de 0.306 a 0.474
Camiones	de 0.349 a 0.542

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles	de 0.196 a 1.821
Autobuses	de 0.244 a 2.276
Camiones	de 0.279 a 2.601

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

	A baja velocidad	A alta velocidad
Ruta actual:		
A	19.700	12.600
B	58.006	35.894
C	66.220	33.950

Proyecto:

A	11.835	12.760
B	34.122	34.391
C	30.241	25.514

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros \$131.50 Conductor automóvil \$205.00

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$ 285 946

a \$ 10 229 801

Por ahorro en tiempos de recorrido de \$ 232 269

a \$ 11 118 725

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 13 597 vehículos

Composición A- 58% B- 12% C- 30%

Tasa de crecimiento: 9% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 36 084 688

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 2 767 827

I.R. con tasa de actualización del 12% : 13.04

Tasa interna de Retorno de : 48.60

Carretera: Zapotlanejo - Guadalajara

Tramo: Zapotlanejo - Guadalajara

Longitud ruta actual: 27 Km.

Longitud del proyecto: 27 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 0.509 a 2.700

Autobuses de 0.637 a 3.375

Camiones de 0.728 a 3.857

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 0.300 a 0.415

Autobuses de 0.375 a 0.519

Camiones de 0.429 a 0.593

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 0.209 a 2.285

Autobuses de 0.262 a 2.856

Camiones de 0.299 a 3.264

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

	A baja velocidad	A alta velocidad
Ruta actual:		
A	19.700	12.365
B	58.006	35.235
C	66.220	32.889

Proyecto:

A	11.617	12.760
B	33.117	34.391
C	28.084	25.514

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros \$131.50 Conductor automóvil \$205.00

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$ 271 725

a \$ 10 753 701

Por ahorro en tiempos de recorrido de \$ 241 970

a \$ 11 391 430

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 13 226 vehículos

Composición A-58 % B-12 % C-30 %

Tasa de crecimiento: 8% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 36 409 600

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 3 396 880

I.R. con tasa de actualización del 12% : 10 72

Tasa interna de Retorno de : 42.76

Carretera: Irapuato - Zapotlanejo

Tramo: Abasolo - Zapotlanejo

Longitud ruta actual: 194 Km.

Longitud del proyecto: 161 Km.

Ahorro: 33 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 7.760 a 19.400

Autobuses de 9.700 a 24.250

Camiones de 11.086 a 27.714

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 1.963 a 2.012

Autobuses de 2.454 a 2.516

Camiones de 2.805 a 2.875

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 5.797 a 17.387

Autobuses de 7.246 a 21.734

Camiones de 8.281 a 24.839

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

A baja velocidad

A alta velocidad

Ruta actual:

A	19.700	16.175
B	58.086	46.810
C	66.220	50.168

Total de beneficios actualizados derivados
de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 171 088 288

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 35 219 344

I.R. contasa de actualización del 12% : 4.86

Tasa Interna de Retorno de: 32.77

V.- ANALISIS DE RESULTADOS

Como se mencionó en capítulos anteriores, la evaluación de proyectos es parte fundamental en la elaboración de programas de inversión, ya que con base en ella se puede proporcionar una relación del conjunto de proyectos de acuerdo a sus prioridades, al organizarse los coeficientes de evaluación o índices de rentabilidad en orden decreciente, permitiendo así que pueda efectuarse una asignación óptima de los recursos disponibles.

El análisis de factibilidad económica de cada una de las obras que integran el conjunto estudiado, y que considera la comparación de los beneficios derivados de los ahorros en costos de operación y en tiempos de recorrido, con los inherentes a la construcción, conservación y reconstrucción de cada proyecto, indicó que las obras son factibles de llevarse a cabo, ya que el índice de rentabilidad de cada una de ellas es superior a uno.

Aun cuando todas las obras son factibles de llevarse a cabo, algu-

nos proyectos son mas adecuados que otros. Así, por ejemplo el proyecto Esperanza-Orizaba de la carretera Puebla-Orizaba, cuya relación beneficio/costo proporciona un factor de evaluación igual a 10.77, tiene una mayor prioridad que el tramo anterior, Entr. Acatzingo-Esperanza, de la carretera del mismo nombre, cuyo factor de evaluación es de 8.98. Es decir, esta comparación de índices de rentabilidad, indica que la primera de las obras mencionadas es mas adecuada que la segunda, ya que de dicha alternativa se obtendrían mas beneficios con respecto a la inversión que sería necesaria para llevarla a cabo.

Por lo tanto, para poder asegurar una asignación óptima de los recursos disponibles, es necesario llevar a cabo una jerarquización de las obras en las que se involucren varios criterios que lleven a una ordenación prioritaria adecuada.

Uno de estos criterios, lo constituye el de organizar los índices de rentabilidad en orden decreciente; en esta ordenación de obras se puede presentar dificultad en la toma de decisión cuando se encuentren proyectos con similar índice de rentabilidad, como sucede en el caso de la carreteras Apaseo-Irapuato y Entr. Venta de Carpio-Pirámides cuyos índices de rentabilidad son 13.12 y 13.04 respectivamente. En estos casos, se considerará como obra prioritaria la que tenga mayor tasa interna de retorno (T.I.R) que es la tasa con la que se logra el equilibrio en el horizonte económico entre los beneficios y los costos, es decir, la tasa con la que se logrará un índice de rentabilidad igual a uno, midiendo así la recuperación de la inversión através de los beneficios a la colectividad.

Por lo tanto el proyecto Entr. Venta de Carpio-Pirámides con tasa interna de retorno de 48.6 se considerará antes que Apaseo-Irapuato cuya tasa es de 43.9;asimismo, los proyectos Zapotlanejo-Guadalajara, Abasolo-Zapotlanejo y Córdoba-Veracruz tendrán prioridad sobre Esperanza-Orizaba, Cuernavaca-Amacuzac y Entr. Acatzingo-Esperanza respectivamente. En este caso la relación de obras sería.

O B R A	I.R.	T.I.R.
Querétaro- Apaseo	24.86	81.43
Puebla- Entr. Acatzingo	16.18	60.01
Entr. Venta de Carpio- Pirámides	13.04	48.60
Apaseo- Irapuato	13.12	43.92
Zapotlanejo- Guadalajara	10.72	42.76
Esperanza- Orizaba	10.77	40.15
Abasolo- Zapotlanejo	9.09	46.65
Cuernavaca- Amacuzac	9.28	41.47
Córdoba- Veracruz	8.95	47.10
Entr. Acatzingo- Esperanza	8.98	34.61
Amacuzac- Iguala	3.17	21.23

Por otra parte, y como se mencionó el capítulo anterior, otro índice que proporciona la evaluación económica es el índice de rentabilidad -- inmediata (I.R.I.) de la obra, el cual indica si la construcción de la obra se debe atrasar o acelerar para que el año de inicio de operación sea el adecuado, al obtenerse el máximo de beneficios. Utilizando este tipo de índice se puede obtener el siguiente listado de prioridades.

O B R A	A.P.O.*	I.R.I.	O B S E R V A C I O N E S**	
		(%)		
Querétaro-Apaseo	1988	76	Inicia operación	1980
Puebla-Entr. Acatzingo	1988	41	"	" 1984
Irapuato-Zapotlanejo	1991	51	"	" 1984
Córdoba-Veracruz	1989	35	"	" 1986
Esperanza-Orizaba	1991	36	"	" 1987
Apaseo-Irapuato	1990	23	"	" 1987
Cuernavaca-Amacuzac	1988	18	"	" 1987
Entr. Venta de Carpio-Pirámides	1987	15	"	" 1987
Zapotlanejo-Guadalajara	1987	12	"	" 1987
Entr. Acatzingo-Esperanza	1989	9	"	" 1991
Amacuzac-Iguala	1989	3	"	" 1994

* A.P.O.- Año de puesta en operación, considerado a priori en la evaluación.

** En el caso de las obras en que el I.R.I. resulta superior a la tasa de actualización (12%) considerada en las evaluaciones, indica que deberían haber entrado en operación anteriormente al año considerado en las evaluaciones, por lo cual sería necesario acelerar su construcción. Por lo tanto, para llevar a cabo su ordenación se tomó en cuenta el I.R.I. y el A.P.O., con lo cual se obtiene un año de inicio de operaciones aproximado. En relación con las obras que es conveniente retrasar su construcción, el I.R.I. es inferior a la tasa de actualización. En tal virtud, se obtuvo el I.R.I. de un año que nos proporcionara una tasa igual o similar a la tasa de actualización considerada en las evaluaciones, obteniéndose así su año óptimo de puesta en operaciones.

Es conveniente mencionar que el análisis de los proyectos se ha realizado en forma independiente, para establecer un prelación óptima basada en las relaciones beneficio-costo absolutas, es decir, tomando como índice

de prioridad el valor obtenido de la relación beneficio-costo de cada proyecto individual, lo cual a permitido seleccionar el proyecto con el mayor índice como el mejor y así sucesivamente.

Sin embargo, en el área de las inversiones públicas, aunque no inmediatamente obvias, existen relaciones de dependencia entre los proyectos - que se analizan, debido a que al establecer cada año las asignaciones presupuestales para el sector público, de hecho se constituye un "fondo común" por el cual van "a competir" los diferentes proyectos para su realización; y dado que ese fondo es limitado y común a todos esos proyectos no es correcto hablar de independencia a pesar de que, como es normalmente el caso las obras propuestas no tengan una relación física entre si. Por otra parte, y también con referencia a la dependencia entre proyectos gubernamentales, es importante considerar que los beneficios derivados se integran a la economía nacional, cuyo progreso, en conjunto, es objeto de la planeación del desarrollo. Por último, se debe subrayar que, en ocasiones, se establecen relaciones de dependencia entre proyectos que son mas evidentes; como ejemplo, se pueden citar los proyectos mutuamente excluyentes, en los que la elección de un proyecto excluye la aceptación de las demás alternativas.

Una vez reconocida la existencia de dependencia entre los proyectos que se analizan, es imprescindible aplicar un método de análisis que permita seleccionar el proyecto óptimo de entre un grupo de proyectos alternativos y, en consecuencia, establecer prioridades para una programación eficiente de los recursos. Este método sería el análisis incremental de la relación beneficio-costos o análisis de beneficio/costo incremental.

a la velocidad proyectada en el año (j) de acuerdo a las condiciones que ofrezca el proyecto con o sin él.

L .- Longitud de recorrido.

365.- Días totales del año.

El costo total anual de recorrido se calculará como la suma de los costos anuales de recorrido de los tres tipos de vehículos.

$$C_{tj} = C_{aj} + C_{bj} + C_{cj}$$

En donde:

C_{tj} .- Costo total anual de recorrido en el año (j).

C_{aj} .- Costo de recorrido de los automóviles en el año (j).

C_{bj} .- Costo de recorrido de los autobuses en el año (j).

C_{cj} .- Costo de recorrido de los camiones en el año (j).

Calculados los costos anuales de recorrido con proyecto y sin él, - para cada año del horizonte económico, se obtendrán los ahorros anuales concernientes a la construcción o modernización de una carretera para un año dado, restandole a los costos totales anuales de recorrido sin proyecto los costos totales anuales de recorrido con proyecto del año considerado, calculándose así los ahorros por cada año del horizonte económico.

$$A_{rj} = C_{rsj} - C_{rcj}$$

En donde:

A_{rj} .- Ahorro en los costos de recorrido en el año (j).

C_{rsj} .- Costos de recorrido totales sin proyecto en el año (j).

C_{rcj} .- Costos de recorrido totales con proyecto en el año (j).

b) Beneficios por disminución en tiempos de recorrido

Al modernizar una carretera mejorándose los niveles de servicio, los usuarios podrán obtener una disminución en los tiempos de recorrido, que redundará en beneficios tales como:

- Disminución en los accidentes.
- Mejoramiento de las condiciones de viaje del usuario.
- Obtención de ahorros monetarios debido a la disminución de los tiempos de recorrido.

Debido a la dificultad de cuantificar los dos primeros conceptos de beneficios en forma monetaria, solo se tomarán en cuenta los atribuibles al valor monetario que los usuarios asignan al ahorro en sus tiempos de recorrido.

La determinación de los beneficios debido al ahorro en tiempo de recorrido, se logra de la siguiente manera:

$$\Delta T_{ij} = T_{ijs} - T_{ijc} = \frac{L_s}{V_{ijs}} - \frac{L_c}{V_{ijc}}$$

En donde:

ΔT_{ij} .- Ahorro en tiempo para el vehículo (i) en el año (j).

T_{ijs} .- Tiempo de recorrido del vehículo (i) en el año (j) sin proyecto

T_{ijc} .- Tiempo de recorrido del vehículo (i) en el año (j) con proyecto

L_s .- Longitud de la carretera sin proyecto.

L_c .- Longitud de la carretera con proyecto.

V_{ijs} .- Velocidad promedio del vehículo (i) en el año (j) sin proyecto.

V_{ijc} .- Velocidad promedio del vehículo (i) en el año (j) con proyecto.

Dicha velocidad se determina con base en el nivel de servicio en el que operará la carretera en el año (j).

Para la cuantificación de los beneficios, solo se considerarán los -- atribuibles a los ahorros en tiempo de las personas que viajan por razones de trabajo, no así los beneficios que pudieran tener las personas que viajan por placer debido fundamentalmente a la dificultad para determinar los beneficios atribuibles a estos últimos.

También es necesario calcular el número de ocupantes promedio que -- viajan en automóvil y autobús por la carretera analizada. Sobre este punto, con base en el T.P.D.A. y en los estudios de origen y destino, se ha determinado que en las carreteras de cuota ya en operación generalmente -- el número de pasajeros por automóvil varía de 1.3 a 1.6 y de 26 a 29 en el caso de autobuses; además, se ha observado que el porcentaje que viaja por razones de trabajo es alrededor del 30%, dependiendo en mucho de la ruta que se analice.

Una vez obtenidos los datos anteriores, se calcula el valor monetario de los beneficios atribuibles a los ahorros en tiempos de recorrido -- mediante las siguientes expresiones:

$$A_{ta_j} = (V_j) (\% a) (\% t) (I_{oa} + N_a I_{pa}) T_{aj} \times 365$$

$$A_{tb_j} = (V_j) (\% b) (\% t) (N_b I_{pb}) T_{bj} \times 365$$

$$A_{t_j} = A_{ta_j} + A_{tb_j}$$

En las expresiones anteriores:

A_{tj} .- Ahorro monetario total debido a la disminución de tiempos de recorrido en el año (j).

A_{taj} .- Ahorro monetario debido a la disminución de tiempos de recorrido para el automóvil en el año (j).

A_{tbj} .- Ahorro monetario debido a la disminución de tiempos de recorrido para el autobús en el año (j).

V_j .- Volumen promedio diario anual en el año (j).

$\%a$.- Porcentaje de automóviles con respecto al total de vehículos.

$\%b$.- Porcentaje de autobuses con respecto al total de vehículos.

I_{pi} .- Ingreso horario de pasajeros del vehículo (i).

I_{oi} .- Ingreso horario del operador del vehículo (i).

N_i .- Número de ocupantes promedio.

T_{ij} .- Ahorro en tiempo para el vehículo (i) en el año (j).

Cuantificados así los beneficios por ahorros en costos de recorrido y por disminución en el tiempo de recorrido, atribuibles a la construcción y/o modernización de la carretera, se procede a efectuar la suma para obtener los beneficios totales anuales al año considerado, o sea:

$$B_j = A_{rj} + A_{tj}$$

B_j .- Beneficios totales en el año (j).

A_{rj} .- Ahorro por costos de recorrido en el año (j).

A_{tj} .- Ahorro por tiempo en el año (j).

3.1.10.- CUANTIFICACION DE LOS COSTOS ATRIBUIBLES A LA CONSTRUCCION O MODERNIZACION DE LA CARRETERA

En caso de tratarse de una modernización, para cada año del horizonte económico, se calcularán los costos de conservación, así como los de reconstrucción que se tendría que efectuar si no se moderniza la carretera, además de los costos de construcción, conservación y reconstrucción - cuando hay modernización. Los costos correspondientes a la modernización de la carretera serán la diferencia de los costos de ambas situaciones, es decir con y sin proyecto.

En el caso de una carretera nueva alterna a la actual, no será necesario restar los costos de conservación y reconstrucción de la ruta actual a los de proyecto, ya que los gastos se erogan independientemente de que se construya o no la nueva ruta.

3.1.11.- FORMA DE DETERMINAR EL INDICE DE RENTABILIDAD

Calculados los beneficios y los costos concernientes a la modernización o construcción de la carretera, a lo largo del horizonte económico, se podrá determinar el índice de rentabilidad (I.R.) utilizando para ello la expresión señalada en el inciso 3.1.2. de este capítulo.

Asimismo como se expresó anteriormente para que la modernización o construcción sea factible, el índice de rentabilidad (I.R.) deberá ser por lo menos igual a uno.

Otro índice importante que es necesario obtener en una evaluación,

es la Tasa Interna de Retorno (T.I.R.), ya que la tasa de actualización con la que se lleva a cabo el cálculo del I.R. no refleja en forma adecuada el costo del capital; en cambio el cálculo de la T.I.R., permite tener la seguridad de que, la inversión seguirá siendo rentable mientras la T.I.R. de la obra sea superior a la tasa de actualización deseada.

$$\sum_{r=j-1}^n B_j (1+i)^{-r} = \sum_{r=j-1}^n C_j (1+i)^{-r} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

El valor de dicha tasa interna (i) se obtiene por medio de iteraciones o aproximaciones sucesivas, siendo la tasa que nos proporcione un balance igual a cero de los beneficios y los costos a lo largo del horizonte económico que se desee.

Además de los índices antes mencionados, la evaluación económica permite calcular el Índice de Rentabilidad Inmediata (I.R.I.), que es el cociente de los beneficios actualizados en un año entre los costos de construcción actualizados. Cuando ésta relación o el I.R.I. sea igual a la tasa de actualización considerada, se puede decir que ese será el año óptimo de puesta en operación (A.O.P.O.) de la obra.

IV.- APLICACION DE LA METODOLOGIA EN DISTINTAS OBRAS

Para la aplicación de la metodología se eligieron varias obras de acuerdo con los siguientes criterios:

- Deberá considerarse la construcción de carreteras de cuota en aquellos casos en que la ruta actual no proporcione niveles de servicio y seguridad satisfactoria al tránsito usuario de la misma, ocasionando con ello problemas de congestionamiento.

- La magnitud de un proyecto de ruta alterna o de cambio de sección, si ésta ya existe, deberá sujetarse a un análisis detallado de la demanda del transporte, y de los probables beneficios que reportará a los usuarios, como pueden ser menor número de accidentes, comodidad para transitar, etc.

- Debe buscarse reducir el índice de accidentes mediante la realización de carreteras de calidad, evitando así grandes pérdidas económicas y humanas.

- Para lograr un desarrollo armónico de la red de carreteras de cuota, los mejoramientos de las mismas deberán estudiarse como un sistema, para lograr con ello el máximo aprovechamiento de las obras que se realicen.

- Es necesario introducir el estudio financiero de los proyectos para fijar un período de recuperación de la inversión, ya que ésta incidirá en la amortización del capital, que a su vez repercutirá en el nivel de las cuotas a aplicar y, por ende en el tránsito probable de la obra.

- Para asegurar la desviación del tránsito a las nuevas rutas, será necesario que las ventajas que ofrezca el proyecto compensen las cuotas que se fijen para los usuarios del mismo.

- Considerar la vida útil de las obras, refiriéndose para ello al número de años de operación.

En función de los criterios antes mencionados, se seleccionaron las siguientes obras:

N O M B R E	LONG. (Km.)	AÑOS OPERACION
A) Ampliaciones		
Cuernavaca - Amacuzac	40	28
Amacuzac - Iguala	52	31
Querétaro - Apaseo	32	21
Apaseo - Irapuato	72	15
Puebla - Entr. Acatzingo	40	17
Entr. Acatzingo - Esperanza	49	17
Esperanza - Orizaba	60	17
Zapotlanejo - Guadalajara	27	14
Entr. Ecatepec - Pirámides	22	19

B) Nuevas

Córdoba - Veracruz	90
Irapuato - Zapotlanejo	161

En la evaluación económica de los proyectos, el tránsito que circulará por las nuevas rutas estará constituido por:

a) El tránsito inducido, es decir aquel que hacía su recorrido por la ruta existente y que opta por la nueva ruta, en virtud de las ventajas que ella ofrece. Este tránsito se obtiene del análisis de los estudios de origen y destino existentes en la zona o en las carreteras que, en conjunto con la analizada, se constituirán en rutas de largo itinerario.

b) El tránsito generado, que es el que se origina por el desarrollo económico que provoca la obra en su zona de influencia o por las condiciones favorables de recorrido, que invitan a nuevos usuarios a hacer algunos recorridos a lugares que antes no le eran atractivos. Los beneficios que se considerarán a este tipo de tránsito son del orden de la mitad de los -- obtenidos para la totalidad de dicho tránsito.

c) El tránsito habitual, es decir aquel que permanece en la ruta actual, ya sea por las condiciones obligadas de su recorrido (Tránsito local) o porque las obras propuestas alivian durante varios años situaciones de congestión que ya se presentan o que pudieran presentarse en el horizonte del tiempo analizado. En este caso, se cuantifican los beneficios por supresión de congestión, producidos por mayores velocidades de recorrido, acordes con el volumen de tránsito que permanecerá en la carretera actual.

En el caso de las ampliaciones de dos a cuatro carriles de circulación, el tipo de tránsito que se considera es el habitual.

Los volúmenes de tránsito y composición vehicular se obtienen a partir del manejo de los registros de aforos temporales, estaciones de conteo permanente y estudios de origen y destino.

La obtención de resultados se llevó a cabo utilizando un programa de cómputo, el cual permite aplicar la metodología de evaluación descrita en capítulo III, como se mostrará a continuación.

Posteriormente se ilustran, en forma sintetizada, los resultados -- del análisis del procesamiento mecanizado aplicado a los datos de cada - proyecto.

Carretera: Cuernavaca - Iguala

Tramo: Cuernavaca - Amacuzac

Longitud ruta actual: 40 Km.

Longitud del proyecto: 40 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 0.930 a 4.000

Autobuses de 1.163 a 5.000

Camiones de 1.329 a 5.714

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 0.444 a 0.615

Autobuses de 0.556 a 0.769

Camiones de 0.635 a 0.879

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 0.486 a 3.385

Autobuses de 0.507 a 4.231

Camiones de 0.694 a 4.835

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

A baja velocidad

A alta velocidad

Ruta actual:

A	19.700	13.312
B	58.006	37.975
C	66.220	37.164

Proyecto:

A	11.617	12.760
B	33.117	34.391
C	28.084	25.514

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros	\$131.50	Conductor automóvil	\$205.00
-----------	----------	---------------------	----------

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$ 700 217

a \$ 12 991 946

Por ahorro en tiempos de recorrido de \$ 517 935

a \$ 13 050 506

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 15 598 vehículos

Composición A- 70% B- 10% C- 20%

Tasa de crecimiento: 7% anual.

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 43 454 128

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 4 681 752

I.R. con tasa de actualización del 12% : 9.28

Tasa interna de Retorno de : 41.47

Carretera: Cuernavaca - Iguala

Tramo: Amacuzac - Iguala

Longitud ruta actual: 52 Km.

Longitud del proyecto: 52 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 0.897 a 5.200

Autobuses de 1.121 a 6.500

Camiones de 1.494 a 8.667

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 0.534 a 0.722

Autobuses de 0.793 a 0.903

Camiones de 1.057 a 1.204

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 0.262 a 4.478

Autobuses de 0.328 a 5.597

Camiones de 0.437 a 7.463

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

A baja velocidad

A alta velocidad

Ruta actual:

A	19.700	12.064
B	58.006	34.445
C	67.996	34.061

Proyecto:

A	11.883	12.220
B	34.295	36.047
C	30.882	30.468

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros	\$131.50	Conductor automóvil	\$205.00
-----------	----------	---------------------	----------

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$ 84 906

a \$ 10 459 031

Por ahorro en tiempos de recorrido de \$ 214 327

a \$ 13 226 847

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 9 958 vehículos

Composición A-70 % B-10 % C-20 %

Tasa de crecimiento: 7% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 19 184 016

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 6 059 482

I.R. con tasa de actualización del 12% : 3.17

Tasa interna de Retorno de : 21.23

Carretera: Querétaro - Irapuato

Tramo: Querétaro - Apaseo

Longitud ruta actual: 32 Km.

Longitud del proyecto: 32 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 1.103 a 3.200

Autobuses de 1.379 a 4.000

Camiones de 1.576 a 4.571

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 0.356 a 1.103

Autobuses de 0.444 a 1.37

Camiones de 0.508 a 1.576

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 0.748 a 2.097

Autobuses de 0.935 a 2.621

Camiones de 1.068 a 2.995

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

A baja velocidad

A alta velocidad

Ruta actual:

A	11.000	15.410
B	15.006	19.410
C	19.010	23.410

Proyecto:

A	15.242	12.760
B	44.634	34.391
C	45.881	25.514

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros \$131.50 Conductor automóvil \$205.00

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de \$ 2 444 606

a \$ 13 908 672

Por ahorro en tiempos de recorrido de \$ 1 539 490

a \$ 22 189 120

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 20 891 vehículos

Composición A- 53% B- 12% C- 35%

Tasa de crecimiento: 9% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 89 919 136

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 3 617 357

I.R. con tasa de actualización del 12% : 24.86

Tasa interna de Retorno de : 81.43

Carretera: Querétaro - Irapuato

Tramo: Apaseo - Irapuato

Longitud ruta actual: 72 Km.

Longitud del proyecto: 72 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 1.674 a 7.200

Autobuses de 2.093 a 9.000

Camiones de 2.392 a 10.286

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 0.800 a 1.946

Autobuses de 1.000 a 2.432

Camiones de 1.333 a 3.243

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 0.874 a 5.254

Autobuses de 1.093 a 6.568

Camiones de 1.059 a 7.042

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

A baja velocidad

A alta velocidad

Ruta actual:

A	19.700	13.312
B	58.006	37.975
C	66.220	37.164

Carretera: Puebla - Orizaba

Tramo: Puebla - Entr. Acatzingo

Longitud ruta actual: 40 Km.

Longitud del proyecto: 40 Km.

Tiempos de recorrido en la ruta actual:

Automóviles de 1.176 a 4.000

Autobuses de 1.471 a 5.000

Camiones de 1.681 a 5.714

Tiempos de recorrido en el proyecto:

Automóviles de 0.444 a 0.952

Autobuses de 0.556 a 1.190

Camiones de 0.635 a 1.361

Ahorro en tiempos de recorrido:

Automóviles de 0.732 a 3.048

Autobuses de 0.915 a 3.810

Camiones de 1.046 a 4.354

Costos de operación de vehículos por Km. (\$/Km.)

	A baja velocidad	A alta velocidad
Ruta actual:		
A	19.700	14.557
B	58.006	41.765
C	66.220	42.813

Proyecto:

A	13.216	12.760
B	38.657	34.391
C	37.535	25.514

Valor del tiempo de los usuarios (por hora)

Pasajeros	\$131.50	Conductor automóvil	\$205.00
-----------	----------	---------------------	----------

Beneficios a los usuarios del proyecto (\$ miles)

Por ahorro en costos de operación de	\$	1 835 062
	a	\$ 18 720 624
Por ahorro en tiempos de recorrido de	\$	822 147
	a	\$ 17 598 688

Volumen de tránsito

Estimado para el proyecto en el primer año de operación: 15 950 vehículos

Composición A- 55% B- 9% C-36%

Tasa de crecimiento: 9% anual

Total de beneficios actualizados derivados

de la realización del proyecto (\$ miles) : \$ 73 150 576

Total de costos actualizados (\$ miles) : \$ 4 521 699

I.R. con tasa de actualización del 12% : 16.18

Tasa interna de Retorno de : 60.01

res, es aquella en la que se tomen en cuenta todos los costos y beneficios que reportan la construcción y operación de dichos proyectos, tanto directos como indirectos, para los usuarios, a lo largo del horizonte económico que se considere apropiado.

Existen métodos de evaluación en los que se toman en cuenta todos los costos y beneficios que sean susceptibles de cuantificarse económicamente. Por tal motivo, en la práctica se han venido considerando únicamente elementos medidos en términos monetarios y, por otra parte, que sean los más representativos en los proyectos de inversión.

No obstante, todos aquellos factores que no se puedan cuantificar en términos económicos, como ocurre con los de orden social, político, etc deben ser tomados en cuenta como elementos básicos, que podrán influir en el momento de la toma de decisiones relativa a la realización de un proyecto determinado.

En el capítulo siguiente se expone la metodología que se ha aplicado en la evaluación de proyectos de infraestructura de carreteras de cuota.

III.- DESCRIPCION DEL METODO EMPLEADO

En el presente capítulo, se describe el método que se emplea en la - evaluación de proyectos para carreteras de cuota en nuestro país.

GENERALIDADES

Se ha mencionado en capítulos anteriores, que la evaluación de proyectos consiste en la aplicación de normas que proporcionan indicadores - para la apreciación comparativa de las ventajas y desventajas de los proyectos considerados, de manera que pueda justificarse cualquier selección de proyectos.

Por otra parte, conviene señalar que las evaluaciones pueden ser - de carácter general, pueden estar orientadas al usuario y a la obra, pueden estar encaminadas a la economía general, o bien pueden formar parte - importante de planes y programas nacionales.

3.1.- METODOLOGIA PARA LA EVALUACION ECONOMICA DE CARRETERAS CON EL CRITERIO DE RENTABILIDAD

La evaluación económica de un proyecto consiste en analizar si los beneficios resultantes de la ejecución exceden los costos requeridos para la construcción y conservación de la obra, debiéndose demostrar que la alternativa escogida es la mas adecuada, o es la que ofrece los mejores beneficios dentro del conjunto de alternativas consideradas, tomando en cuenta la diferencia de sus costos. La evaluación económica bajo el criterio de rentabilidad, además de justificar la ejecución de un proyecto, permite determinar el momento adecuado en que se debe llevar a cabo su ejecución.

3.1.1.- TIPOS DE CARRETERAS QUE PUEDEN EVALUARSE CON ESTE CRITERIO

Con este criterio de evaluación se pueden cuantificar los efectos de la inversión aplicada a la construcción de una carretera nueva, así como también a la modernización de una ya existente.

Dentro del primer grupo, se incluyen todas aquellas carreteras de dos o mas carriles y hasta la etapa de revestido o pavimento, las cuales, de acuerdo a la función que realicen pueden ser de penetración económica y de función social.

Al segundo grupo, pertenecen las carreteras que tienden a solucionar problemas de congestiónamiento, para lo cual se requiere:

a) La eliminación de cuellos de botella, tales como puentes angostos tramos con pendiente o curvatura excesiva, entre otros.

- b) Ampliación de la sección existente.
- c) Aumento del número de carriles.
- d) Modificación del trazo, al realizar un acortamiento.

3.1.2.- EVALUACION ECONOMICA CON EL CRITERIO DE RENTABILIDAD

Como ya se ha mencionado, la evaluación indicará si es conveniente o no, llevar a cabo una inversión en la construcción o modernización de una obra.

Cuando se construye o moderniza una obra, los beneficios se reflejan en los usuarios y en la colectividad, principalmente en aquella que se encuentra en la zona de influencia de la obra. Estos beneficios deberán ser considerados y de alguna forma evaluados.

Para poder emplear el criterio de rentabilidad, los beneficios y los costos deberán referirse a un año base, para lo cual se actualizarán a ese año, utilizando para ello una tasa de actualización, misma que puede interpretarse como la mínima rentabilidad que puede tener un proyecto para ser aceptado. Por lo tanto se ha considerado una tasa del 12% para los estudios de evaluación, ya que es la tasa de interés a que presta el F.M.I., el Banco Mundial y otros Bancos al Gobierno Federal.

En este criterio, la inversión en una carretera será conveniente si la suma de beneficios actualizados es mayor o igual que la suma de costos actualizados. Este concepto de rentabilidad económica se maneja implícitamente dentro del " Índice de Rentabilidad ", el cual se obtiene mediante

la relación de la sumatoria de beneficios entre la de costos, ambos actualizados. De acuerdo con lo expuesto con anterioridad, para que una inversión sea factible, el índice de rentabilidad deberá ser mayor o igual a uno.

$$\text{Esto es } \frac{\sum_{r=j-1}^{n-1} B_j (1+i)^r}{\sum_{r=j-1}^{n-1} C_j (1+i)^r} \geq 1$$

En donde:

n .- Horizonte económico de la carretera en años

i .- Tasa anual de actualización

B_j .- Beneficios correspondientes a la construcción o modernización de la carretera en el año (j)

C_j .- Costos concernientes a la construcción o modernización, así como los correspondientes a la conservación y reconstrucción de la carretera en el año (j)

Los beneficios a determinar para incorporarlos al cálculo anterior se refieren principalmente a los directos, que en esencia son las ventajas cuantificables resultantes de la modernización o mejoramiento de las características geométricas de una carretera, que se reflejan especialmente en los costos de transporte, bajo la forma de reducción del costo operacional, del tiempo de recorrido y del número de accidentes. También pueden referirse a los beneficios indirectos, que representan en sí las ventajas que se estima se derivarán de la modernización de la carretera, las cuales se reflejan en la colectividad en términos de desarrollo económico

en la zona de influencia de la carretera.

Para llevar a cabo una evaluación se requiere analizar los siguientes conceptos.

3.1.3.- VIDA ÚTIL Y HORIZONTE ECONOMICO DE LA CARRETERA

La vida útil de una carretera será el tiempo de operación satisfactoria que proporcione, hasta que el deterioro demande la modernización o construcción de una ruta alterna, lo cual dependerá del volumen de tránsito.

En base en la experiencia, la vida útil promedio en el país se considera de 20 años, cuando se trata de una carretera de concreto asfáltico y siempre que se sujete a un mantenimiento o conservación adecuada y se lleven a cabo en los años nueve y dieciseis, después del primer año de operación de la obra. De hecho, ésta reconstrucción consiste en la adición de una nueva carpeta asfáltica.

En relación con el horizonte económico, éste es el que corresponde al periodo hasta el cual se lleva el cálculo de los beneficios y de los costos, y usualmente se hace coincidir con el de la vida útil del proyecto.

3.1.4.- TIEMPO DE ESTUDIO Y CONSTRUCCION DEL PROYECTO

El tiempo de estudio corresponde al periodo en el cual se lleva a -

cabo el estudio económico, el cual suele considerarse generalmente de un año. En lo relativo a la construcción, el tiempo de ésta es variable pues puede fluctuar entre uno y cinco años, o menos o mas, dependiendo del tipo de terreno y la longitud por construir y durante los cuales se distribuirá adecuadamente la inversión.

3.1.5.- PROYECCION DEL CRECIMIENTO DEL TRANSITO

Una de las partes modulares de la metodología lo constituye precisamente el pronóstico del tránsito a lo largo del horizonte del análisis, ya que con base en éste se proponen las alternativas y se calculan los posibles costos de operación que sirven de base para la evaluación.

Es necesario hacer este pronóstico tomando en cuenta todos los factores que pueden intervenir en el comportamiento del tránsito que circula y circulará por la obra en estudio.

En general no es conveniente hacer una proyección del tránsito atendiendo unicamente al crecimiento que haya tenido en el pasado, pues este pudo haberse debido a muy variadas causas y éstas podrían ya no existir actualmente. Por ello es conveniente tomar en cuenta las características socioeconómicas imperantes en la zona que atraviesa la obra y las de las poblaciones que comunicará, fuera de ésta.

Para las obras en estudio se utilizaron los datos proporcionados por Caminos y Puentes Federales de Ingreso y Servicios Conexos (Tablas 2), de los cuales se obtuvo que las tasas de crecimiento del tránsito varían del 8% al 13% dependiendo del tipo de obra.

3.1.6.- VELOCIDADES PROMEDIO DE RECORRIDO

Para medir la eficiencia y calidad de una carretera que presta servicio al volumen de tránsito que circula por ella, así como a la velocidad promedio de recorrido, es necesario utilizar los conceptos de capacidad y nivel de servicio propuesto por el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

Se entiende por capacidad al número máximo de vehículos que pueden circular por un camino durante un período determinado y bajo condiciones prevaletientes (ancho de carril, visibilidad, volumen de tránsito, composición vehicular, etc.).

En relación con el nivel de servicio, éste es un término que denota un número de condiciones de operación diferentes, que pueden ocurrir en un camino cuando aloja varios volúmenes de tránsito; por lo tanto, son función del volumen y composición del tránsito, así como de las velocidades que pueden alcanzarse en ese camino.

A cada nivel de servicio le corresponde un volumen de tránsito, al cual se le llama " Volumen de Servicio " para ese nivel. Por lo tanto puede decirse que el volumen de servicio es el máximo número de vehículos -- que pueden circular por un camino durante un período de tiempo determinado, bajo las condiciones de operación correspondientes a un determinado nivel de servicio.

Por tal virtud, de acuerdo a cada nivel de servicio que ofrece una carretera, se pueden determinar los volúmenes máximos para cada uno de --

ellos, los cuales tienen asociada una velocidad promedio de recorrido para vehículos ligeros. Con estas velocidades y volúmenes de tránsito, se gráfica una curva, que permite conocer la velocidad de los vehículos ligeros para diferentes volúmenes.

En el caso de la velocidad promedio de camiones y autobuses, ésta se considera como un porcentaje de la de los vehículos ligeros, dependiendo tal porcentaje del tipo de terreno así como de las características geométricas de la carretera.

La calidad que puede ofrecer un camino se divide en cinco niveles - del A a el E (del mejor al peor), considerando que la capacidad corresponde al volumen de servicio del nivel E.

La fórmula básica para calcular el volumen de servicio es:

$$V_s = 2000 \times N \times \frac{V}{C} \times W \times T_c$$

En donde:

V_s .- Volumen de servicio (tránsito mixto, en vehículos por hora en ambos sentidos).

N .- Número de carriles por sentido (en el caso de caminos de dos carriles $N = 1$)

$\frac{V}{C}$.- Relación volumen-capacidad.

W .- Factor de ajuste debido al ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.

T_c .- Factor de ajuste para vehículos pesados, de acuerdo a ciertas equivalencias dependiendo del tipo de terreno.

3.1.7.- COSTO PROMEDIO DE RECORRIDO DE LOS VEHICULOS

Los costos de operación de los vehículos y las variaciones de los mismos son el punto de partida para efectuar el análisis económico de las carreteras, y de la adecuada estimación que de ellos se haga depende en gran parte la correcta evaluación de las alternativas que se analicen.

El costo de operación puede definirse como la suma de los costos que son consecuencia directa del uso del vehículo sobre el camino como son: - costos de combustible, lubricante, llantas, mantenimiento, depreciación etc

Los costos de operación varían de acuerdo a ciertos factores tales como pendiente, curvatura, superficie de rodamiento, velocidad de operación composición del tránsito, es decir en forma general de las características del camino y del tránsito.

No obstante y a pesar de la variabilidad de los factores que afectan a los costos, se han desarrollado tablas que tratan de tomar en cuenta dichos factores. En este trabajo se determinaron los costos de recorrido para cada tipo de vehículo de acuerdo con estudios que el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. llevó a cabo para determinar los costos de operación en México, los que a su vez se apoyan en los estudios realizados en Estados Unidos de América por Claffey y Winfley.

El costo de operación puede expresarse en forma sintética como:

$$CO = (CP_c + AP_a + RP_r + M + DP_d) (1 + I_p L_p + I_c L_c + I_r L_r) + N_o P_o T$$

En donde:

C, A, R .- Consumo de combustible, aceite y llantas en condiciones ideales (camino plano, recto y bien pavimentado).

P_c, P_a, P_r .- Precio de combustible, aceite y llantas.

M .- Costo de mantenimiento en condiciones ideales.

D .- Factor de depreciación en condiciones ideales.

P_d .- Precio del vehículo para fines de depreciación.

I_p, I_c, I_r .- Factores de exceso de costo por pendiente, curvatura y tipos de superficie de rodamiento.

L_p, L_c, L_r .- Longitud proporcional de pendiente, curvatura y tipos de superficie de rodamiento.

N_o .- Número de operadores.

P_o .- Costo de operador por unidad de T .

T .- Tiempo de recorrido.

3.1.8.- INGRESO HORARIO

Se entiende por ingreso horario de una persona, la cantidad que percibe en una hora, y para fines de los estudios de carreteras pueden clasificarse en:

a) Ingreso Horario de los conductores

El ingreso horario de los conductores de los camiones y autobuses se obtiene promediando los salarios horarios que perciben.

En cuanto al ingreso horario de los conductores de automóviles, debido a la gran heterogeneidad de los mismos, se obtiene conforme a datos -

del Censo General de Población. Así, se determina el porcentaje de los rangos de ingreso, con los cuales se calcula el ingreso mensual medio de las personas que pueden tener automóvil. Este ingreso dividido entre el número total de horas que se trabajan en un mes, proporciona el ingreso horario promedio de los conductores de automóvil.

b) Ingreso horario pasajeros

Este renglón se determina de manera análoga a la que se empleó para determinar el ingreso horario de los conductores de automóvil.

Los rangos de ingreso de las personas que viajan por automóvil y autobús, se determina obteniendo un ingreso promedio, utilizando para ello el censo de población mas reciente.

3.1.9.- DETERMINACION DE LOS BENEFICIOS CORRESPONDIENTES A LA MODERNIZACION O CONSTRUCCION DE CARRETERAS

En general, dentro de los beneficios que trae consigo la construcción o modernización de una carretera en una zona determinada, que necesita mejores vías de comunicación destacan:

- Fomento de las actividades agrícolas, industriales y turísticas.
- Incremento del valor de la tierra.
- Disminución de los tiempos y costos de recorrido de los vehículos.
- Disminución de las probabilidades de accidentes y del número de estos.

Dada la dificultad de cuantificar todos los beneficios; para efectos de evaluación sólo se consideran los que se cuantifiquen en forma monetaria, que son los beneficios directos y que comprenden los ahorros por tiempo y por disminución en los costos de recorrido.

a) Ahorros por disminución en los costos de recorrido.

Los ahorros en los costos de recorrido que pueden obtener los usuarios de una carretera pueden ser, debido a la disminución en la distancia por recorrer y al mejoramiento del nivel de servicio en que se encuentre operando la carretera.

Para determinar dichos ahorros, deberán calcularse los costos promedio de recorrido de los vehículos con y sin proyecto para cada año del horizonte económico, entendiéndose por costo de recorrido con proyecto a los correspondientes al mejoramiento de las condiciones geométricas de la carretera actual o las inherentes al nuevo proyecto; los costos de recorrido sin proyecto son los que se determinan al considerar el estado actual de las carreteras.

Los costos de recorrido se calcularán utilizando la fórmula:

$$C_{ij} = (T.P.D.A._j) (\% i) (C_i) L \times 365$$

En donde:

C_{ij} .- Costo de recorrido del vehículo (i) en el año (j).

T.P.D.A._j .- Tránsito promedio diario anual de la carretera año (j).

% i .- Porcentaje del vehículo (i), según la composición del tránsito

C_i .- Costo de operación por kilómetro de recorrido del vehículo (i)

Tradicionalmente, los datos de origen-destino se presentan en forma de mapas de líneas deseadas. Las líneas deseadas indican los deseos de los conductores de los vehículos en forma de líneas directas de viajes de un punto a otro dentro de un área dada, suponiendo que las rutas directas están disponibles. La información que representan estas líneas es especialmente útil para los ingenieros de planificación y diseño cuando se van a seleccionar las rutas para el desarrollo de nuevas arterias.

Los planes para mejoras deben adaptarse a la demanda mayor de tránsito, siguiendo las líneas de tránsito deseado, las cuales tienen mayor anchura en la gráfica que se muestra en la figura 6-4. Suponiendo que lo anterior sea factible, las rutas mejoradas deben satisfacer mejor las necesidades de un mayor número de usuarios de vehículos.

Investigación para estacionamientos

La investigación para estacionamientos tiene por objeto el determinar por una parte los hábitos y necesidades de estacionamiento de los automovilistas y por la otra, el uso que se hace de las instalaciones existentes para estacionamiento.

Una investigación de estacionamiento debe ser planeada de manera que la información obtenida proporcione los datos necesarios para evaluar los diferentes factores que intervienen en el problema de estacionamiento. La información recopilada debe incluir 1) la ubicación, clase y capacidad de los estacionamientos existentes; 2) la cantidad de espacio para estacionarse que satisface la demanda actual; 3) la posible ubicación aproximada de estacionamientos adicionales; y 4) los aspectos legal, administrativo, financiero y económico de los estacionamientos.

La primera fase de la investigación de estacionamientos consiste en hacer un inventario de los estacionamientos disponibles. Éstos incluyen las áreas de estacionamiento a orilla de las aceras y en otros sitios que no sean las calles, tales como lotes de estacionamiento, cocheras y gasolineras. También, deben anotarse las restricciones físicas y legales. La capacidad teórica de un lote de estacionamiento o de una cochera se determina normalmente dividiendo el área total entre el área que se necesita para un automóvil, la que varía entre 250 y 400 pies cuadrados, dependiendo del tipo y diseño de la instalación. (Véase el capítulo 9). Para determinar teóricamente la capacidad de las aceras se emplean veintidós pies lineales. El cálculo de la capacidad teórica no implica que no pueda darse cabida a un mayor número de vehículos. Algunos autos se estacionan durante cortos periodos y el espacio que ocuparon queda disponible para otros. Puede obtenerse la colaboración de los propietarios de los estacionamientos para determinar la capacidad real o el número de automóviles que se estacionan durante los lapsos especificados en el estudio, de modo que el resultado pueda relacionarse con la capacidad de otras instalaciones. También, puede obtenerse información adicional respecto a la duración del tiempo de estacionamiento

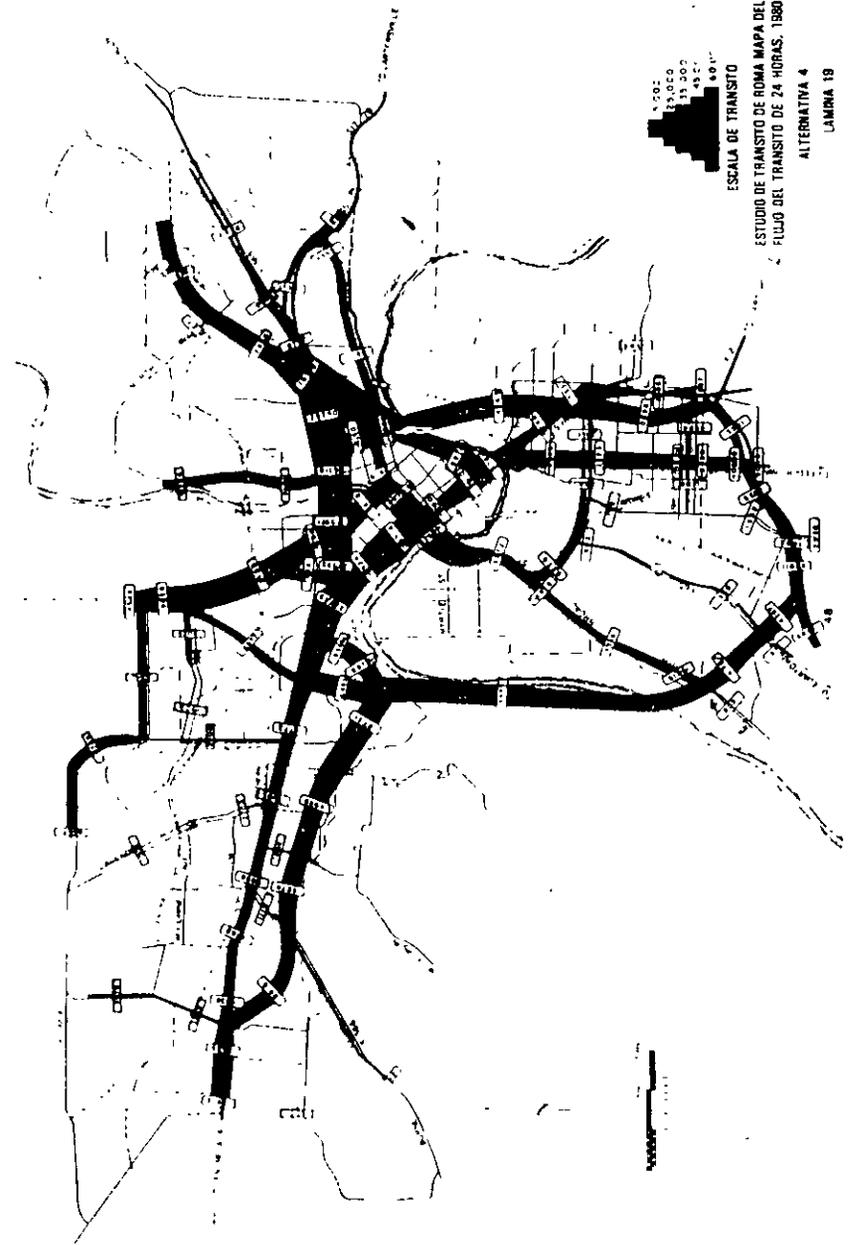


FIGURA 6.4 Comparación en el tránsito entre las rutas reales (arriba) y las deseadas (abajo) en Rome, Georgia. (Cortesía de Georgia Department of Transportation).

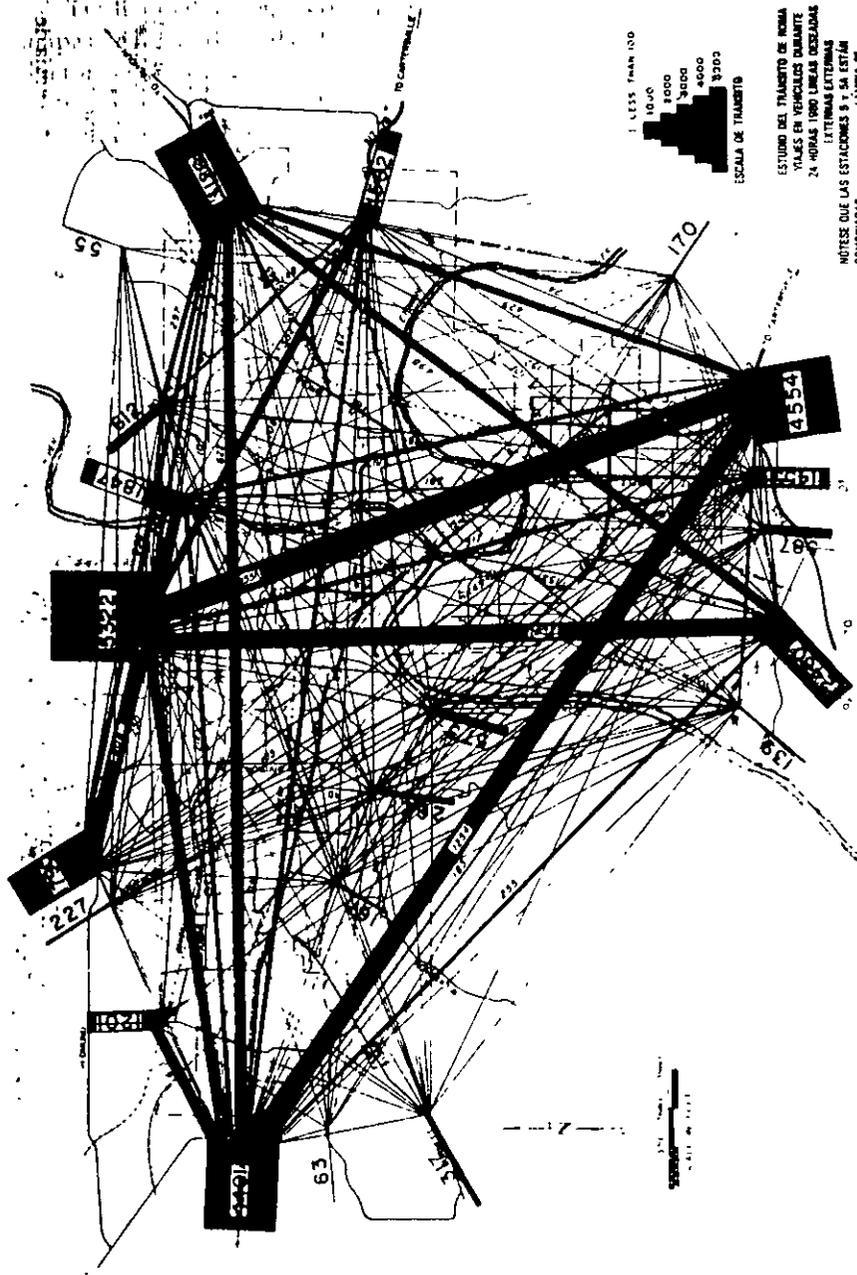


FIGURA 6-4 (continuación).

Es más fácil determinar la capacidad real del estacionamiento al lado de la acera. Cuando se permite este tipo de estacionamiento, generalmente es por periodos de 1 a 2 horas. Por lo tanto, el número disponible de horas-espacio se determina a partir del inventario de espacio disponible a lo largo de las guarniciones. Se supone que el estacionamiento dura el tiempo legalmente especificado. También se realizan estudios que tienen por objeto averiguar el alcance del estacionamiento ilegal y su efecto sobre la capacidad total efectiva para estacionarse al lado de las aceras.

Con objeto de determinar el número de autos que pueden utilizar lugares disponibles de estacionamiento en una zona central, se traza un cordón lineal alrededor del área que va a estudiarse y se cuentan todos los vehículos que entran y salen del área acordonada. El conteo se hace manualmente, de tal manera que pueden establecerse diferentes clasificaciones de vehículos de motor. Con frecuencia, se utilizan registradores automáticos para complementar las cuentas manuales y para proporcionar una base de control en condiciones anormales.

A los automovilistas entrevistados en los estacionamientos dentro del área acordonada se les pregunta su domicilio, destino y propósito del viaje. En la figura 6-5 se presentan los resultados de una investigación de estacionamientos realizada en la ciudad de Baltimore.

Una investigación de estacionamientos también debe incluir un estudio del área para nuevos estacionamientos en locales especiales. Este estudio debe contemplar la investigación de lotes baldíos, edificios obsoletos y residencias o centros comerciales aruinados dentro del área de la investigación de estacionamientos. Puede hacerse mención de otras áreas de estacionamiento fuera de los límites del área comercial central que también podrían emplearse. Por lo común a estas áreas se conocen como estacionamientos periféricos, la idea es que el automovilista estacione su vehículo cerca del distrito comercial central y haga uso de los servicios públicos de transporte masiva disponibles como un medio de llegar a su destino. Muchos municipios han probado este tipo de instalación pero, por regla general, no han obtenido el éxito deseado.

Para que una investigación de estacionamientos se lleve a cabo en forma apropiada, debe incluir un inventario de las leyes estatales, ordenanzas locales y fallas judiciales concernientes a los servicios de estacionamiento público. Este inventario debe incluir los reglamentos que fijan los requisitos para obtener la licencia de operación de estacionamientos comerciales en locales especiales, las restricciones para estacionarse en la calle y la reglamentación de policía.

Debe hacerse un estudio de la administración de los estacionamientos con el objeto de determinar cuáles son los organismos locales o estatales responsables de la planeación, ubicación, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de estacionamientos dentro del municipio de que se trate. Por ejemplo, en un municipio dado la policía puede tener la res-

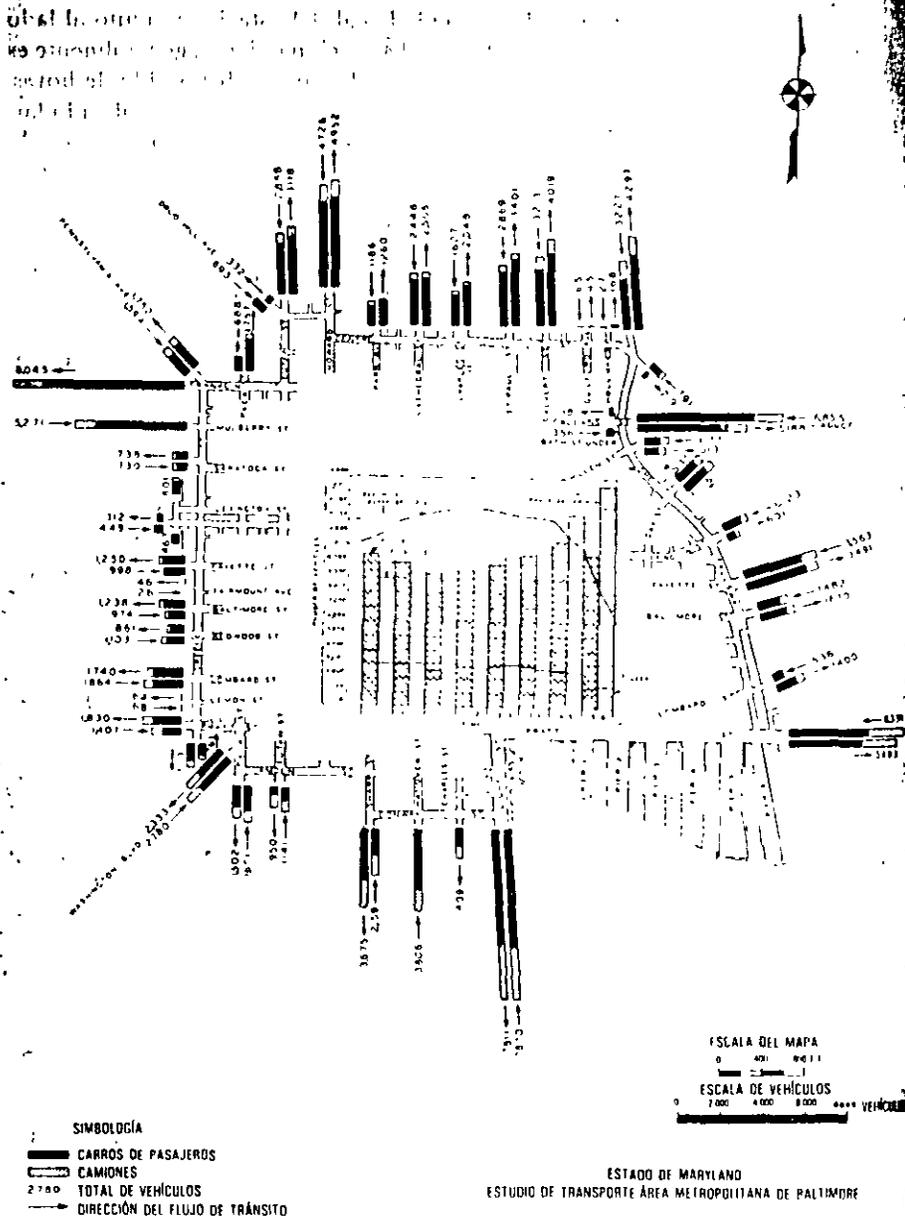


FIGURA 6.5 Estudio sobre el estacionamiento de automóviles y camiones que entran y salen del área del centro de la ciudad de Baltimore en un día entre semana, entre las 10 A.M. y las 6 P.M.

ponsabilidad de hacer que se cumplan las restricciones para estacionarse al lado de las aceras, en tanto que una comisión de tránsito puede tener la autoridad para establecer los reglamentos de estacionamiento, incluso la forma de medir el tiempo de estacionamiento. La comisión de zonas puede exigir que se disponga de estacionamientos en diferentes propiedades de acuerdo con las leyes zonales sobre el uso de las mismas. Deben incluirse todos los datos administrativos de modo que en el análisis final sea posible hacer las sugerencias necesarias para remediar las deficiencias que puedan existir.

En cuanto al aspecto financiero de los servicios de estacionamiento, los estudios deben considerar el ingreso adicional que generen los parquímetros y su gasto, así como la asignación del costo de los estacionamientos; este costo se repartirá entre los dueños de propiedades, establecimientos comerciales, automovilistas, la comunidad en general y el municipio de acuerdo a los beneficios recibidos por cada uno de ellos.

Los datos recopilados en una investigación de estacionamientos pueden señalar la conveniencia de ciertas medidas para aliviar la congestión y para el mejoramiento en general de los servicios de tránsito. Tales medidas pueden ser, por ejemplo, el establecimiento de más estacionamientos, tanto públicos como privados, mayor coacción para que respeten los reglamentos de estacionamiento, lo cual permitiría aprovechar el espacio al lado de la acera que, en la actualidad, utilizan ilegalmente los automovilistas para estacionarse, así como determinados cambios en las restricciones de zona, etc.

6.6 Análisis de datos

Debido a la magnitud y naturaleza cambiante del problema, es difícil levantar inventarios exactos y actualizados de los sistemas de transporte existentes y de los servicios que proporcionan a los usuarios. Es aún más difícil predecir con precisión el tránsito futuro en el sistema de transporte propuesto. Los planificadores del transporte enfrentan el problema de hacer predicciones sobre la demanda de tránsito que sean confiables y que reflejen las consecuencias de los cambios en la población y en las condiciones socioeconómicas, así como de los cambios en el sistema físico de transporte que se hagan. Los funcionarios del transporte pueden reducir el riesgo de construir instalaciones que puedan tener muy poco uso o que se sobrecarguen prematuramente, si las predicciones del tránsito futuro son confiables.

Los planificadores del transporte han elaborado métodos para predecir la demanda de tránsito en una ruta o corredor, así como en un sistema de transporte completo (red).

El enfoque tradicional, empleado principalmente en las instalaciones rurales, ha sido el de predecir el tránsito en un tramo específico de carretera analizando por separado los diferentes componentes del tránsito y haciendo proyecciones independientes para cada uno de ellos. Los componentes re-

conocidos, del tránsito futuro, en una instalación nueva o mejorada incluyen:

1. **El tránsito existente.** El tránsito actual que circula en una carretera que va a ser mejorada.
2. **Crecimiento normal del tránsito.** El tránsito que puede explicarse por el crecimiento previsto en la población estatal o regional o por cambios en el uso de la tierra en el área.
3. **Desviación del tránsito.** El que se desvía a una nueva instalación desde las carreteras cercanas.
4. **Cambio de tránsito.** Consecuencia del cambio de modo.
5. **Cambio de destino del tránsito.** El tránsito que cambie a diferente destino, cuando tal cambio se deba a las mejoras en el transporte y no a los cambios en el uso del suelo.
6. **Tránsito debido al desarrollo.** El aumento del tránsito debido a las mejoras en los terrenos adyacentes, más el aumento que se hubiera verificado independientemente de la construcción de una carretera nueva o de la introducción de una mejora.
7. **Tránsito inducido.** Un tránsito nuevo que aparece en respuesta a la construcción o mejora de una instalación.

En años recientes, los planificadores han estructurado los métodos para estimar la distribución del tránsito futuro sobre el total de la red del transporte. Estos procedimientos, que se han empleado tanto en sistemas urbanos como estatales, (3) comprenden el uso de programas de simulación en computadoras, y constan de cinco tipos de modelos:

1. Uso del suelo.
2. Generación de viajes.
3. Distribución de viajes.
4. Asignación de tránsito.
5. Distribución modal.

Los modelos son procedimientos y ecuaciones matemáticas que relacionan el conjunto de los patrones de viaje con el uso del suelo, y las características demográficas con los parámetros del sistema de transporte. Los modelos se desarrollan y se "calibran" para un área de estudio dada, es decir, para reproducir los patrones de viaje existentes tal como fueron determinados a partir de los resultados de los conteos. Suponiendo que la correspondencia básica entre los viajes, el uso del suelo y las características socio-económicas permanecen constantes al paso del tiempo, los planificadores utilizan los modelos para evaluar alternativas futuras en el uso del suelo y de los sistemas de transporte.

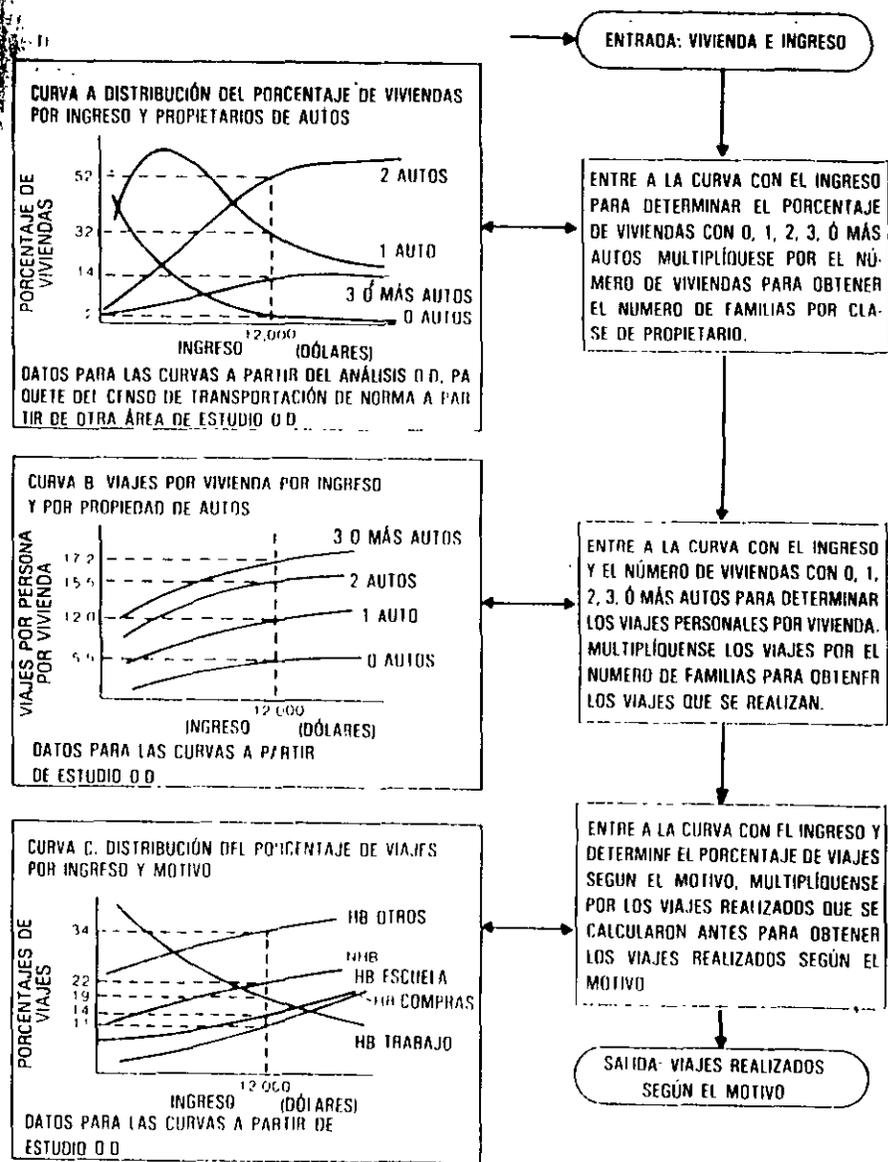


FIGURA 6-6 Ejemplo del orden para la producción de un viaje urbano. (Cortesía de Federal Highway Administration)

Modelos de uso del suelo

El modelo de uso del suelo es un procedimiento que permite estimar el desarrollo futuro en diferentes zonas de análisis. Estas estimaciones no se refieren únicamente al uso del suelo *per se*, sino que también estima las variables socio-económicas que se usan en los modelos de generación de viajes, tales como población, unidades habitacionales, posesión de vehículos, ingresos, empleos, ventas al menudeo, etc."(15). Estas estimaciones las realizan normalmente planificadores económicos o demográficos y no los especialistas en carreteras o transporte.

Modelos de generación de viajes

Los modelos de generación de viajes proporcionan una medida de la tasa de viajeros para cada zona de análisis. Las tasas de generación de viajes, las cuales varían con el propósito de viaje, normalmente se expresan como una función del uso de la tierra y de los parámetros demográficos. Los estudios realizados muestran que, dentro de un área urbana, los valores de generación de viajes están más estrechamente relacionados a tres características del uso de suelo: 1) intensidad del uso del suelo (por ejemplo, número de viviendas por acre, número de empleados por acre, etc.); 2) características del uso del suelo (por ejemplo, ingreso familiar promedio, número de automóviles); 3) ubicación relativa al centro de la ciudad.

Las relaciones de generación de viajes "usualmente toman la forma de ecuaciones matemáticas de varias variables independientes, o tablas que clasifican cada zona o conjunto de viviendas de acuerdo con sus características y dan el número de viajes que puede esperarse empiecen y terminen en la zona o en el área habitada. (Terminales del viaje)"(15).

En la figura 6-6 se muestra un ejemplo del procedimiento usando en la estimación de los viajes producidos en una zona residencial.

Modelos de distribución de viajes

En los modelos de distribución se comienza con el número de terminales de viaje generada en cada zona para responder a la pregunta. "¿A qué zona llegan los viajes y de dónde?" En otras publicaciones se pueden encontrar diversos modelos de distribución de viajes, pero aquí solamente se examinarán dos de los modelos más usados, el modelo gravitacional y el método de Fratar.

El modelo gravitacional El modelo gravitacional se llama así por su similitud con la ley de la gravitación de Newton. Primeramente empleado en investigaciones sociológicas y de mercado, este modelo se empezó a utilizar en los estudios de transporte al principio de la década de los años 50. Desde aquel entonces, el modelo ha sido ligeramente modificado y se ha convertido en el método más usado para los estudios de distribución de los viajes. La versión original del modelo, fue introducida por Vothhess,(16) y era de la siguiente forma

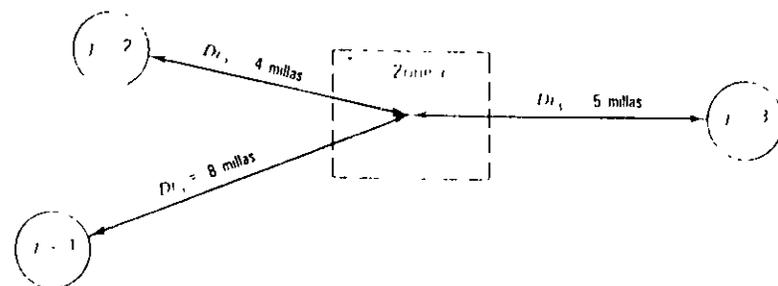
$$T_{ij} = \left[\frac{\frac{A_j}{(D_{ij})^n}}{\frac{A_1}{(D_{i1})^n} + \frac{A_2}{(D_{i2})^n} + \dots + \frac{A_m}{(D_{im})^n}} \right] P_i \tag{6-1}$$

donde

- T_{ij} = viajes de la zona i a la zona j , con un propósito específico
- P_i = total de viajes producidos en la zona i con un propósito específico.
- A_j = una medida de la atracción de la j -ésima zona para viajes con este propósito.
- D_{ij} = distancia de la zona i a la zona j
- n = algún exponente que varía con el objetivo del viaje

Considérese el siguiente ejemplo numérico. En una zona residencial dada que produce un total de 110 viajes de compras por día, dichos viajes se distribuyen entre los centros comerciales 1, 2 y 3 de acuerdo con el modelo gravitacional. En el croquis se muestran las distancias entre las zonas. El valor de n en el modelo gravitacional es 2. Utilice la cantidad de espacio de piso comercial dentro de la zona de destino como la medida de atracción.

Centro comercial	Espacio de piso (Miles de pies cuadrados)
1	184
2	215
3	86



$$\text{Viajes de la zona } r \text{ a la zona } 1 = \frac{184}{(8)^2} \div \left(\frac{184}{(8)^2} + \frac{215}{(4)^2} + \frac{86}{(5)^2} \right) \times 110 = 16$$

$$\text{Viajes de la zona } i \text{ a la zona } 2 = \frac{215}{(4)^2} \times 110 = 75$$

$$\frac{184}{(8)^2} + \frac{215}{(4)^2} + \frac{86}{(5)^2}$$

En forma similar, los viajes de la zona *i* a la zona 3

$$\text{Total de viajes} = \frac{19}{110}$$

El modelo gravitacional ha sido modificado en años recientes de acuerdo con los resultados de la investigación y la experiencia que se ha tenido con el modelo. Se ha encontrado que el decremento en la tendencia a viajar, está más estrechamente relacionada al tiempo que a la distancia. Además, ha quedado establecido que el exponente *n* del tiempo de viaje no varía únicamente con el objetivo del viaje, sino que también lo hace con la duración del viaje. Por lo tanto, los análisis de distribución de viajes se clasifican de acuerdo al tiempo de viaje *t* con diferentes valores calibrados del exponente determinado para una ciudad y duración de recorrido dados. Además, para facilitar el empleo eficiente de la computadora en los modelos gravitacionales, ahora se representa el efecto de la distancia en los viajes entre zonas de forma de factores de tiempo de viaje

$$F_i = \frac{C}{t^n}$$

donde *C* es una constante. En lugar de sustituir una medida de atractivo de una zona como el espacio dedicado al comercio o el número de empleados, se emplea la ecuación de atracción total real del recorrido en la zona. Los modelos gravitacionales actuales le permiten a un analista hacer ajustes para tener en cuenta condiciones socioeconómicas especiales, eligiendo de un factor de ajuste socio-económico.

Actualmente, la fórmula más usada del modelo gravitacional es

$$T_{ij} = \frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum \text{todas las zonas } A_x F_{ix} K_{ix}} \times P_i \tag{6-2}$$

donde

F_{ij} = factor del tiempo de viaje para el tiempo de viaje entre las zonas

$$i \text{ y } j = \frac{C}{t^n}$$

K_{ij} = factor de ajuste socio económico entre las zonas *i* y *j*

A_j = atracción de total en la zona *j*

El método de Fratar Propuesto en 1954 por T.J. Fratar, este método está diseñado para calcular los viajes entre las zonas de crecimiento desigual situadas dentro de un área en estudio. Este método y sus variaciones son llamados métodos de "factor de crecimiento". Un factor de crecimiento para una zona específica es simplemente la relación entre el tránsito futuro esperado y el tránsito que se origina actualmente de la zona. De acuerdo con el método de Fratar, los patrones de los viajes futuros entre las zonas están determinados por el patrón actual de viajes y los factores de crecimiento en la zona de destino. El método es un proceso de factorización iterativo en el cual el número de futuros orígenes en cada zona permanece constante. Es análogo al método de Hardy Cross de aproximadamente sucesivas para la distribución de momentos en estructuras indeterminadas. En años recientes, el método se ha usado principalmente para predecir los viajes entre los tramos externos de un área en estudio, también se ha empleado en estudios estatales de transporte. Para mayor información sobre el método Fratar, el lector puede consultar la referencia 17.

Modelos de asignación de tránsito

La asignación de tránsito se define como el proceso para determinar las rutas de viaje y asignación de los recorridos de zona a zona a estas rutas. Este proceso representa una de las fases más complejas e importantes del proceso de planificación del transporte. Es una técnica sistemática y fácil de usar que permite al planificador predecir la carga probable de tránsito en cada tramo de una red de transporte. Los costos y la eficiencia operativa de varios diseños de sistemas pueden compararse y evaluarse, y después de un análisis apropiado, se puede utilizar el resultado para identificar los cambios necesarios para mejorar el sistema.

La asignación de tránsito es un proceso computarizado, y el planificador debe describir el sistema de calles de manera que facilite el proceso de computación. La red de calles o carreteras se expresa con "nodos" y "enlaces". Un nodo es un punto en el que se enlazan dos o más tramos de una ruta y en el que es posible efectuar un cambio de dirección. Un enlace es la parte de una ruta que se encuentra entre dos intersecciones o nodos con tránsito en un solo sentido. Se hace un análisis de contingencias para tener la certeza de que el sistema codificado está libre de anomalías y de errores. Una vez realizado el enlace, normalmente se almacena en la computadora la siguiente información para cada enlace: 1) la longitud del enlace, 2) el tiempo de viaje o la velocidad y posiblemente, 3) la capacidad y volumen existente.

La computadora selecciona la trayectoria de tiempo mínimo buscando sistemáticamente la información almacenada en su memoria acerca del tiempo de viaje. Se conoce como "árbol" al conjunto de rutas con trayectoria de tiempo mínimo, desde un nodo de carga a todos los demás nodos y el proceso se denomina "construcción del árbol". En este proceso se registran

la trayectoria de tiempo mínimo y el tiempo de viaje. Una vez que se han asignado los recorridos en una zona, la computadora selecciona la siguiente zona y repite el proceso.

En la asignación del tránsito a varias rutas, algunas veces se supone que todos los conductores escogerán la ruta de tiempo de viaje mínimo y las asignaciones se hacen con el criterio de "todo o nada". Esto significa que dadas las trayectorias más cortas entre un par de nodos, la computadora escogerá la de tiempo mínimo para asignarle todos los recorridos y no asignará ninguno a la otra. Sin embargo, es más común que los recorridos se asignen en forma proporcional a las dos mejores rutas atendiendo al tiempo de viaje, a la distancia o a ambos. Se han desarrollado curvas empíricas de dispersión para determinar qué proporción de movimiento debe asignarse a la trayectoria más corta.

Algunas veces, la carga de tránsito en un enlace particular puede exceder la capacidad de la instalación. Esto afecta al tiempo de viaje y hará necesario un posible cambio de las trayectorias de tiempo mínimo. Por lo tanto, se ajustan los tiempos de viaje y se seleccionan nuevas trayectorias mínimas empleando los tiempos ajustados. Cuando este proceso se ejecuta en forma automática, se le llama "restricción de la capacidad" (18).

Modelos de distribución modal

Los modelos de distribución modal se emplean para estimar la proporción de viajes futuros (de personas) que serán realizados en transporte público (autobuses) y en automóviles privados. Estos modelos suelen utilizarse para clasificar los viajes o terminales de viaje de acuerdo al tipo y a la situación económica del viajero y proporcionan una estimación del porcentaje de viajes hechos en autobús. La estimación se hace considerando alguna característica del sistema de transporte tal como el tiempo de viaje, la distancia, o el costo. Los modelos se presentan en forma de ecuaciones matemáticas o de tablas y curvas empíricas.

Existen dos tipos generales de modelos de distribución modal: 1) los modelos de terminales de viaje en los que los *orígenes* y *destinos* se dividen por modo, es decir antes de determinar las rutas; y 2) los modelos de rutas en los que los *movimientos* previstos en el modelo de distribución de rutas, se dividen después de acuerdo al modo.

La experiencia indica que los factores siguientes son importantes para elegir el tipo de modelo de distribución modal (19).

1. Tipo de recorrido (por ejemplo, propósito del recorrido, hora del día).
2. Características del viajero (por ejemplo, ingreso, edad, propiedad de vehículo, densidad residencial).
3. Características del sistema de transportación (por ejemplo, la razón entre el tiempo de viaje por medio de transporte público y el tiempo de viaje en automóvil).

Es interesante notar que según una encuesta de opinión (20) de 90 planificadores profesionales e ingenieros, los aspectos más importantes del transporte masivo son:

1. Confiabilidad (llegar a tiempo).
2. Seguridad (crimen, accidente, etc.)
3. Tiempo de viaje de puerta a puerta.
4. Tiempo total perdido en la espera.
5. Opinión que los viajeros tienen de los servicios de transporte masivo.
6. Disponibilidad de estacionamiento en las terminales suburbanas.
7. Acceso a las terminales y su ubicación.

Muchos aspectos relacionados con el confort y la comodidad, tales como asientos ajustables, diseño estético de vehículo, y vehículos con música recibieron calificaciones relativamente bajas por los entrevistados.

Muchos planificadores creen que las técnicas de análisis de distribución modal actuales son inadecuadas y no confiables, especialmente en la predicción de recorridos por viajeros con capacidad de elegir el modo (20). Es necesario realizar más investigaciones para desarrollar los modelos de distribución modal que incluyan los efectos de las innovaciones tecnológicas, la política de transporte público y los cambios sociológicos.

6-7 Generación y evaluación del plan

El paso siguiente en el proceso de planeación de la transportación comprende la elaboración y evaluación de los planes de transporte alternativos. Un plan de transporte describe el conjunto de acciones propuestas para mejorar el sistema de transporte así como las políticas para asegurar y controlar la construcción y mejoramiento del sistema (3).

Los planificadores empiezan con el sistema de transportación existente más las instalaciones "en cartera". Las instalaciones de este tipo son aquellas que no se han construido pero que ya han pasado por las etapas de planeación, diseño y adquisición de propiedades, de modo que ya existe una decisión política para construir las, independientemente del resultado del estudio en curso (15). A los sistemas existentes y en cartera se les asigna un volumen de tránsito de acuerdo con la demanda futura. Probablemente, lo anterior revelará deficiencias en la red existente y las seleccionadas (por ejemplo, altas relaciones de volumen/capacidad). Se formula un nuevo plan de transporte y se evalúa considerando las metas, objetivos, restricciones y aplicando los criterios de evaluación. Véase la tabla 6-1. El proceso se repite iterativamente, empleando los modelos de planeación previamente descritos. En la medida de lo posible las consecuencias de cada plan alternativo, deben definirse de preferencia en términos cuantitativos, (por ejemplo, horas de demora, número de personas que perdieron la vida en accidentes de tránsito, número de familias desplazadas, contaminación por gases, en libras, etc.). El impacto de cada plan alternativo debe evaluarse en función de las metas establecidas previamente. A partir de tal análisis, pueden desarrollarse

TABLA 6.1 Ejemplos del establecimiento de metas para la evaluación de sistemas de transporte^a

Metas	Objetivos	Criterios de evaluación	Restricciones
Proporcionar transporte económico.	Optimizar la relación de beneficios a costos.	Relación beneficio-costo	Relación BIC > 1.0
Proporcionar transporte eficiente.	Minimizar la congestión de tránsito en las carreteras.	volumen de viajes en los períodos pico	Relación Vol/capacidad ≤ 0.75
Proporcionar transporte seguro.	Minimizar las pérdidas provocadas por choques en las carreteras.	Número de accidentes por vehículo-milla.	Tasa de accidentes en el año objetivo < tasa de accidentes en el año base.
Reducir la contaminación ambiental	Minimizar las emisiones de los vehículos	Emisiones de gases, en libras	Emisiones en el año objetivo < emisiones en el año base

^a Tomada de A. Poliv en *Designing it with Highways and Arterial Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials (1973)

se diversos planes alternativos más ventajosos, de los cuales se escoge el "mejor". Entonces puede ser deseable calificar cuantitativamente a los planes preferidos por medio de encuestas o con un método de clasificación similar al procedimiento descrito por Jessiman y colaboradores(21).

6-8 Ejecución del plan

La ejecución consiste en aquellas actividades necesarias para poner en práctica el plan de transporte de manera ordenada. Los planificadores deben colaborar con otros especialistas a medida que el proceso de planeación entra en nuevas fases de desarrollo (ubicación, diseño, adquisición de propiedades, etc.). En este punto deben definirse e interpretarse las metas y objetivos locales en lugar de las regionales, con miras a realizar las mejoras de transporte propuestas.

Es muy importante, que las mejoras estipuladas en el plan de transporte se realicen con un mínimo de interrupciones y molestias al público. Deberán establecerse prioridades y deberá desarrollarse un plan de mejoras de acuerdo a la importancia de éstas para lograr que la construcción de los proyectos se subordine al orden de dichas prioridades. Se ha seguido la práctica de asignar prioridades a amplios proyectos de mejoras fundándose en juicios subjetivos basados en experiencias pasadas. Con las prioridades establecidas subjetivamente se corre el riesgo de que predomine el punto de vista de los ingenieros, o intereses políticos, o de que no se consideren debidamente todos los aspectos importantes. Además, al incrementarse el número, magnitud y complejidad de los programas, el análisis subjetivo de las prioridades rápidamente se convertirá en un proceso incontrolable(22).

Es frecuente que el punto de partida del proceso de programación sea un examen de la congestión de las instalaciones en un año común (actual) y el volumen de la misma en el año meta (futuro). Las mejoras que aliviarán la congestión actual reciben prioridad más alta, por lo tanto, a las demás mejoras se les asigna la importancia de acuerdo con sus volúmenes futuros. Se tiene en cuenta la continuidad del sistema durante su construcción, así como la distribución de los costos de organización a lo largo de los años para que a cada prioridad le corresponda un programa de construcción quinquenal(15).

Un cierto número de estados ha realizado estudios para saber si la red de carreteras es suficiente y para identificar donde es mayor la necesidad de carreteras. Tales estudios emplean un esquema de categorías que pretende clasificar los segmentos de un sistema de carreteras existente de la manera más objetiva, uniforme y sin prejuicios. Se evalúan diferentes elementos de los tramos de carretera para obtener una medida de las condiciones o estado de las estructuras, de la seguridad y del servicio. Se calcula un resultado compuesto para cada proyecto y después los proyectos se clasifican de acuerdo a sus resultados.

13. *Statewide Transportation Planning Needs and Requirements*. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 15. Highway Research Board. Washington, D.C. (1972).
14. Sturin, Byron, D. Resource Paper. Transportation Research Board Special Report No. 146 (1974).
15. *Intergovernmental Review of Federal Programs*. Executive Order 12372. *Federal Register*. Vol. 48, No. 16 January 24, 1983.
16. Campbell E. Wilson, Workshop II: Policy Planning. Transportation Research Board Special Report No. 146 (1974).
17. *Transportation and Traffic Engineering Handbook*. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C. (1976).
18. *Manual of Traffic Engineering Studies*, 1th ed. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C. (1976).
19. *Guide for Traffic Volume Counting Manual*. Bureau of Public Roads, Washington, D.C. (1965).
20. Hazen, P. I. A Comparative Analysis of Statewide Transportation Studies. *Highway Research Record No. 401* (1972).
21. DiRenzo, John F. *Travel Survey Procedures for Statewide Transportation Planning*. Federal Highway Administration, Washington, D.C. (1976).
22. Urban Transportation Systems Associates, Inc. *Urban Mass Transportation Travel Surveys*. U.S. Department of Transportation, Washington, D.C. (1972).
23. *Goods Transportation in Urban Areas*. Informational Report, Institute of Traffic Engineers, Washington, D.C.
24. *Urban Origin Destination Surveys*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
25. *A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. (1973).
26. Voothees, A. M. A General Theory of Traffic Movement. *Proceedings of the Institute of Traffic Engineers*, Arlington, Va. (1955).
27. Fratar, T. J. Vehicular Trip Distribution by Successive Approximations. *Traffic Quarterly*. Vol. VIII, No. 1, pp. 58-65 (1954).
28. *Traffic Assignment Manual*. Bureau of Public Roads, Washington, D.C. (1964).
29. Fertal, Martin J., Weiner, Edward, Balek, Arthur J., and Servin, Al F. *Modal Split*. Federal Highway Administration, Washington, D.C. (1970).
30. Wallin, Rex J., and Wright, Paul H. Factors Which Influence Modal Choice. *Traffic Quarterly*, (April 1974).
31. Jessiman, William, et al. A Rational Decision-Making Technique for Transportation Planning. *Highway Research Record No. 180* (1967).
32. Mak, K. K., and Jones, Paul. Priority Analysis Procedure for Ranking Highway Improvement Projects. *Transportation Research Record* 585 (1976).
33. *Urban Transportation Planning System: Introduction*. Urban Mass Transportation Administration and Federal Highway Administration, Washington, D.C. (December 1982).
34. *Software and Source Book: Microcomputers in Transportation*. Urban Mass Transportation Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C. (February 1986).
35. *Microcomputers in Transportation*. User Group Bulletin, published periodically by the Federal Highway Administration, Washington, D.C.

APLICACIONES DE LA COMPUTADORA A LA INGENIERÍA DE CARRETERAS*

NO

Uno de los aspectos más inquietantes de una carrera de ingeniería, incluyendo la de carreteras, es tratar de mantenerse actualizado. Uno de los principales avances es el uso de las computadoras en el proceso de diseño de carreteras. La "revolución de las computadoras" ha llegado al punto en el cual el día común de un ingeniero de carreteras incluye normalmente algún trabajo en la computadora.

La mayor parte del diseño de carreteras presentado en este libro de texto se hacía tal como se aprendió a mano, con la ayuda de una calculadora. La computadora también es una herramienta, pero con mucha mayor capacidad. Dada la combinación correcta de equipo de computadora (*hardware*) y programas que ordenan a la computadora lo que hay que hacer (*software*), todo el diseño de carreteras que se enseña en este texto puede hacerlo una computadora.

Ya están lejos aquellos días en que el diseñador de carreteras no hacía nada más que calcular y dibujar (o decir al dibujante lo que había que dibujar). El ingeniero (o dibujante) ahora puede comunicar sus ideas directamente a una computadora y ver los resultados, como se muestra en la figura 7-1. La *Intergraph Drafting Systems Station* (Estación intergráfica de sistemas de dibujo) que se muestra en la fotografía no están en algún laboratorio de investigación experimental, sino en las oficinas de muchas instituciones estatales de transporte. Se puede cambiar cualquier aspecto del diseño y los efectos del cambio con respecto a otros aspectos se ven rápidamente y de varias maneras, incluyendo simulación tridimensional con una resolución que rivaliza con la de una fotografía.

Esto es con lo que trabaja diariamente el proyectista de carreteras y muestra la importancia de ofrecer una introducción al futuro ingeniero.

*Por John E. Hubbard y Peter S. Parsouyan

I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION.	1
II. CONCEPTOS SOBRE EVALUACION DE PROYECTOS.	9
2.1 Concepto de Proyecto.	
2.2 Etapas necesarias en la realización de un proyecto	10
2.3 Selección de Proyectos.	12
2.4 Concepto de Evaluación de Proyecto.	12
2.5 Criterios de Evaluación.	14
2.6 Evaluación de Proyectos en carreteras.	14
III. DESCRIPCION DEL METODO EMPLEADO.	16
3.1 Metodología para la evaluación económica de carreteras con el criterio de rentabilidad.	17
3.1.1 Tipos de carreteras que pueden evaluarse con este criterio.	17
3.1.2 Evaluación económica con el criterio de rentabilidad.	18
3.1.3 Vida útil y horizonte económico de la carretera.	20
3.1.4 Tiempo de estudio y construcción del proyecto.	20
3.1.5 Proyección del crecimiento del tránsito.	21
3.1.6. Velocidades promedio de recorrido	22
3.1.7. Costo promedio de recorrido de los vehículos.	24
3.1.8 Ingreso horario.	25
3.1.9 Determinación de los beneficios correspondientes a la modernización o construcción de la - carretera.	26
a) Ahorros por disminución de los costos de - recorrido.	
b) Beneficios por disminución en tiempos de - recorrido.	

	PAG.
3.1.10 Cuantificación de los costos atribuibles a la construcción o modernización de la carretera.	32
3.1.11 Forma de determinar el índice de rentabilidad.	32.
IV. APLICACION DE LA METODOLOGIA EN DISTINTAS OBRAS.	34
V. ANALISIS DE RESULTADOS.	86
VI. CONCLUSIONES	95
ANEXOS.	
BIBLIOGRAFIA.	

I.- INTRODUCCION

En nuestro país el sistema carretero cumple un doble papel, ya que, por un lado constituye un instrumento en la política de asentamientos humanos al ser uno de los elementos básicos para el ordenamiento territorial y, por otra parte, es una componente fundamental de la infraestructura -- del transporte que representa un factor clave en cualquier esquema de desarrollo y transformación de la economía.

La importancia de las carreteras dentro del transporte radica en -- que el 75% del total de toneladas que se mueven por tierra se transportan por este medio, en tanto que el 24% restante lo absorbe el ferrocarril. - En cuanto a pasajeros la diferencia aun es mayor, ya que, mientras el ferrocarril translada el 3% del total de pasajeros, la carretera toma el -- 97% restante. 1/

La evolución que ha tenido la construcción de carreteras en comparación con el incremento en la población y con el crecimiento de los vehículos automotores, indica que mientras en 1950 la población ascendía a 26 -

1/ Fuente: Anuario Estadístico de los E.U.M. 1980 S.P.P.

millones de habitantes y se alcanzó una cifra de 300 000 vehículos; para 1980 la población, que aumentó en ese periodo de 30 años 2.7 veces, llegó a 70 millones de habitantes, y los vehículos automotores se incrementaron 23 veces llegando con ello a 6.8 millones.

En cuanto a la red carretera en ese mismo lapso, pasó de 21 400 Km. a cerca de 212 000 Km., de los cuales 66 000 Km. correspondían a caminos pavimentados y 97 000 Km. estaban revestidos, los restantes correspondían a terracerías y brechas mejoradas.

Por otra parte se ha llegado a estimar que la longitud para el año 2 000 deberá ser del orden de 320 000 Km. En esa época el país necesitará una red pavimentada de 120 000 Km., de los cuales 16 000 Km. deberán ser de cuatro carriles o mas en comparación con los 1 200 Km. que actualmente existen.

Un análisis de lo que ha significado la construcción de carreteras en relación con el proceso de crecimiento, expansión y desarrollo del país así como del papel que tiene el transporte carretero en el total de bienes y personas que se desplazan en México, permite señalar que son dos los problemas que afronta la infraestructura carretera: por un lado, su insuficiencia para responder a la creciente demanda del transporte carretero; - por otro, su limitada extensión, lo que deja a una buena parte de la superficie del país y a un gran número de localidades sin conexión permanente y adecuada con el resto de los mexicanos, y por consiguiente sin uno de los factores básicos de desarrollo.

En lo que se refiere al primero de los problemas, de los 66 000 Km.

pavimentados que actualmente se tienen, se ha estudiado la parte básica de la red, que alcanza una longitud superior a los 25 000 Km. y que esta definida por las rutas por las que se movilizan los mayores volúmenes de carga y pasajeros, quedando comprendido en ella el sistema de carreteras de cuota, integrado por autopistas y carreteras directas que han mejorado la operación en carreteras libres existentes, de las cuales son alternas.

En la parte de la red básica, la calidad del flujo es variado ya -- que el 25% de su longitud ofrece un nivel de servicio que puede conside-- rarse fluido, el 44% ofrece un nivel de servicio bueno y el 30% restante opera a un nivel de servicio deficiente.

En cuanto a la antigüedad de esa misma red, 5 500 Km. tienen menos de 10 años de haberse construido, reconstruido o modernizado, 10 700 Km. de 10 a 20 años y 8 800 Km. de 20 años.

Por lo anterior, se ha visto la necesidad de elevar la calidad de - servicio ofrecido, para lo cual se deberán emprender acciones que incluyan la reconstrucción de algunos tramos, la ampliación de secciones y modernizaci^on a cuatro o mas carriles cuando la demanda así lo requiera.

Los recursos limitados del Gobierno Federal para emprender dichas - acciones, y en particular los proyectos de cambio de sección y de comunicación directa entre importantes centros generadores de tránsito, además de las grandes inversiones que se requieren para integrar a numerosas localidades y zonas productivas ahora incomunicadas, han planteado la necesidad de recurrir a medios que permitan la captación de recursos suscepti-

bles de ser aplicados en la construcción de proyectos, cuya atención esta orientada hacia los problemas expresados en primer término.

Entre estos medios, se considera conveniente la aplicación de un sistema de cuotas a los usuarios en aquellas obras que constituyen rutas alternas y que les ofrecen beneficios importantes por concepto de ahorro en tiempos de recorrido y costos de operación. Dicho sistema puede considerarse como un instrumento de justicia social, ya que permite que los usuarios de obras ubicadas en donde se han hecho inversiones, cuyo efecto ha producido ya un cierto grado de desarrollo, paguen los beneficios de una inversión adicional, liberándose con ello recursos para invertir en la integración de las zonas marginadas.

El inicio de este sistema de cuota data de 1949 cuando se otorgó la concesión a una Sociedad Anónima de Participación Estatal denominada Constructora del Sur, S.A. de C.V., para la construcción y operación de las carreteras directas de cuota Amacuzac-Iguala y México-Cuernavaca.

En la actualidad, el sistema de carreteras de cuota en México es -- operado por el organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingreso y Servicios Conexos, y está integrado por 14 carreteras que suman una longitud total de 932 Km. de los cuales 27 Km. corresponden a obras -- de seis carriles, 436 Km. de cuatro carriles y 469 Km. a carreteras de -- dos carriles. Además, el organismo opera 33 puentes, que en conjunto alcanzan una longitud aproximada de 10 Km.

Algunas cifras permiten destacar la importancia de la red de carreteras de cuota. En ella se han registrado tasas de crecimiento de tránsito

entre el 8% y el 13%, a diferencia de las tasas correspondientes a otras carreteras que han sido del 8% y menos. Por lo que hace al movimiento de carga y pasajeros, en 1982 se transportaron por esa red 183.4 millones de toneladas y alrededor de 489.1 millones de pasajeros, lo que representó - 17 885 millones de toneladas-kilometro y a 41 925 millones de pasajeros-kilometro. (Tabla 1)

Con lo expuesto anteriormente, se puede constatar como ya se mencionó, la importancia que tienen las carreteras de cuota dentro del sector - transporte, siendo además posible identificar otros efectos que las mismas producen tales como:

- Un acelerado desarrollo industrial, principalmente en los entronques de este tipo de vías. Aunque en nuestro país no se han cuantificado este tipo de efectos, si es evidente y palpable. Para ello, solo basta observar las zonas con que cuentan con este tipo de comunicación; así tenemos como ejemplos notables las ciudades de Querétaro, Celaya, Cuernavaca, Puebla, Orizaba, Irapuato, San Martín Texmelucan, etc.

- Propician la creación de corredores industriales, ya que ofrecen a los empresarios una comunicación eficiente con los grandes mercados nacionales; así mismo facilidades y condiciones adecuadas para su establecimiento, trayendo como consecuencia lógica una generación de empleos y provocando con ello arraiga de las personas en las zonas o constituyendo focos de atracción.

- Como consecuencia adicional del punto anterior, aparecerá un acelerado crecimiento urbano, invirtiendo así, en algunas zonas las tasas --

existentes de decrecimiento.

- Se propicia el cambio de uso de la tierra, permitiendo un mejor uso de los recursos e incrementando con ello el valor de la tierra. Así, en aspecto agropecuario se aumenta el rendimiento de la tierra con el uso intenso y tecnificado que se logra, a pesar del acceso controlado, como se observa a lo largo de las principales autopistas del país.

- Reducen los costos de transporte, al abreviar el tiempo y las distancias de recorrido de los productos básicos de consumo y todos los requeridos para el desarrollo del país, evitando con ello que el sistema carretero se constituya en un cuello de botella que frene el crecimiento de la economía.

- Al construirse estas rutas alternas de altas especificaciones ocurren cambios importantes en cuanto a volumen de tránsito, debido a la generación de tránsito que decide aprovechar las ventajas que ofrece este tipo de sistema, como es el de evitar que el tránsito local se mezcle con los flujos de largo itinerario, trayendo como consecuencia beneficios en costos de operación y tiempos de recorrido; además, coadyuva a reducir notablemente el número de accidentes, con la consecuente reducción de pérdidas tanto de vidas humanas como materiales.

- Desde el punto de vista financiero, constituye una fuente de recursos, en la que los usuarios aportan en forma proporcional a los servicios que obtienen, fondos para la conservación y operación, así como para la construcción de caminos de este tipo en zonas desarrolladas, contribuyendo así al crecimiento de esta red en áreas en donde la red nacional es

poco funcional por su grado de saturación; además de que se evita restar recursos a la conservación de la red nacional de caminos y a la construcción de obras de integración territorial en el país.

Por otra parte, tomando en cuenta los efectos que producen las carreteras de cuota, tanto en el aspecto económico en sus zonas de influencia como en el de ordenación territorial, y debido fundamentalmente a que el país está requiriendo de una infraestructura acorde con el desarrollo que se pretende alcanzar, es necesario se realicen planes de acción inmediata, que se refieren a uno o dos años, aunque en algunas ocasiones este lapso de tiempo es sobrepasado por lo que se designan de corto plazo; a estos planes se les llama programas y a la elaboración de ellos se les denomina programación.

Se puede decir que existe una interrelación proyecto-programa que no debe pasar inadvertida. Esta relación se debe primordialmente a que los programas deben incluir los mejores proyectos, dado que, en lo general, los recursos disponibles para invertir son limitados. Ello obliga a llevar a cabo estudios minuciosos de cada uno de los proyectos, para poder así establecer una jerarquización de las opciones de acuerdo a sus prioridades.

Por lo tanto, para optimizar la asignación de recursos disponibles es necesario emplear técnicas, entre las cuales se encuentra la evaluación de proyectos, basada principalmente en la probabilidad y estadística, además de la programación matemática.

En el siguiente capítulo, se hará referencia a la evaluación de pro

yectos, con el fin de conocer los diversos factores que intervienen en --
ella y a los resultados que se pueden obtener de la misma.

II.- LA EVALUACION DE PROYECTOS

En el proceso de Evaluación de Proyectos se tiene que partir de una base que la constituye el Proyecto. Para ello será necesario tener un concepto del mismo, para de esa manera comprender y analizar los resultados que se pueden obtener de la aplicación del método empleado.

2.1.- CONCEPTO DE PROYECTO

Proyecto se puede decir que es " el pensamiento o designio de ejecutar algo " o " el plan para la ejecución de una obra u operación ". En - Economía la expresión se emplea en una concepción mas amplia ya que va -- desde el pensamiento de ejecutar algo, hasta el termino de su ejecución y puesta en marcha.

Por lo anterior se puede proponer como una definición de Proyecto - la siguiente " Proyecto es una unidad de actividad de cualquier naturale- za, que requiere para su realización el uso o consumo inmediato o a corto

plazo, de recursos escasos o limitados, aun sacrificando beneficios actuales y asegurados en la esperanza de obtener en un periodo mayor beneficios superiores a los que se obtienen con el empleo actual de dichos recursos, sean estos nuevos beneficios financieros, económicos y sociales.^{2/}

2.2.- ETAPAS NECESARIAS EN LA REALIZACION DE UN PROYECTO

Si el Proyecto se concibe como una secuencia de actividades que tienden a investigar, coordinar y organizar una serie de informaciones y datos que justifiquen el llevar a cabo una acción determinada, es necesario que ocurra una sucesión de etapas que sigan una secuencia lógica, a saber:

a) Identificación de la idea.- En esta etapa se realiza un análisis inicial de la idea, para establecer en forma preliminar una viabilidad técnica y económica y así poder emitir un juicio que pueda llegar a ser una acción. Esta etapa termina cuando se está en condiciones de recomendar el estudio de la idea.

b) Preparación de un anteproyecto preliminar.- Aquí se estudia la idea con objeto de confirmar su factibilidad técnica y económica, así como su interés social, según sea la naturaleza del proyecto. Esta etapa culmina al resolver sobre la conveniencia y oportunidad de destinar los recursos necesarios para estudiar el proyecto, permitiendo a fin de cuentas contar con todos los elementos de análisis; en caso de que esta etapa resulte favorable se procederá a la siguiente etapa.

c) Preparación de un anteproyecto definitivo.- Aquí se procederá a

^{2/} Definición tomada del Manual de Proyectos de Desarrollo Económico, G.N.U....

un estudio mas profundo de la alternativa favorable señalada en la etapa anterior; asimismo, se llevan a cabo estudios que permitan mejorar el proyecto tales como aspectos de mercado, calendario y organización, rentabilidad, financiamiento y evaluación.

d) Proyecto definitivo.- Consta de los estudios antes mencionados para tomar una decisión definitiva acerca de su ejecución para así realizar cierto tipo de estudios (diseño, especificaciones detalladas, etc.) o sea un diseño final de ingeniería, que no hubiese sido aconsejable económicamente llevar a cabo antes de tomar una decisión definitiva; aunque estos estudios no aportan elementos de juicio que puedan influir en la decisión general de proceder con el proyecto, sí representan un costo que en caso de rechazarse la idea habrá sido inútil.

Por lo tanto, el proyecto definitivo abarca la ordenación y afinación final de los datos, de todos los detalles de diseño, organización etc., los cuales se estudian y ajustan una vez que se ha tomado la decisión de llevar a cabo la acción.

e) Ejecución del proyecto y puesta en marcha del mismo.- En este caso el propio enunciado indica el significado de esta etapa.

f) Operación normal y análisis de los resultados del proyecto.

En todos los proyectos de cierta importancia, las etapas antes mencionadas no son obra y responsabilidad de una sola persona o grupo de personas, sino de la participación constante y a veces simultanea de diferentes grupos de personas, con el fin de llevar a cabo un mejor intercambio de ideas y juicios.

2.3.- SELECCION DE PROYECTOS

Se puede decir que la selección de proyectos no presenta dificultad a un empresario privado, ya que puede elegir de todos los proyectos con - que cuenta el que satisfaga mas adecuadamente sus objetivos. No así para un planificador, ya que éste debe escoger el proyecto que este mas de acuerdo con los intereses y objetivos nacionales, dejando en un plano secundario la satisfacción de sus objetivos personales. En tal virtud, debe escoger el que sea mejor para la sociedad.

Para poder examinar adecuadamente la selección de un proyecto que - satisfaga los objetivos generales de política nacional, es necesario llevar a cabo un análisis de beneficios y costos. La preferencia que tenga un proyecto sobre otro ha de considerarse de acuerdo a la repercusión total que tenga dentro del marco nacional, la cual se debe evaluar de acuerdo - con un sistema coherente y apropiado de objetivos. Por lo anterior, el -- propósito fundamental de efectuar el análisis de beneficios y costos es - evitar una separación entre la selección de proyectos y la planificación nacional.

En lo relacionado con la selección de proyectos de carreteras de -- cuota, se verá en capítulos siguientes los puntos de vista que pueden soportar y apoyar dicha selección.

2.4.- CONCEPTO DE EVALUACION DE PROYECTOS

Una vez definidas y establecidas las etapas de un proyecto, se pro-

cede a tomar en cuenta todos aquellos elementos de análisis que intervienen en la evaluación de un proyecto.

Por lo tanto, conviene dar una definición de evaluación.

" Evaluar un proyecto significa elaborar un conjunto de antecedentes que permiten estimar las ventajas que trae consigo asignar recursos a su realización ".3/

Todo estudio económico de un proyecto tiene por objeto calificar y comparar con otro, es decir, evaluarlo para encontrar entre ellos ventajas y desventajas que pueden influir en el momento en que se realice la asignación de recursos, estableciendo así un orden de prelación.

Por otro lado, la evaluación otorga las bases científicas para valorar los distintos elementos, con el objeto de medir su incidencia particular en cada proyecto, tendiendo a lograr un coeficiente de evaluación. Este coeficiente se acostumbra expresarlo en forma numérica para que, de esta manera, puedan organizarse los proyectos en orden creciente o decreciente, con lo cual podrá elaborarse una lista de prioridad del conjunto de proyectos estudiados.

Dicho procedimiento se lleva a cabo con el fin de establecer una comparación entre los distintos proyectos, e ir asignando los recursos disponibles, de tal manera que pueda efectuarse una asignación óptima.

Además, la evaluación de proyectos reviste gran importancia desde el punto de vista práctico, ya que contribuye con la formación de bases para la futura elaboración de programas de inversiones a nivel nacional.

2.5.- CRITERIOS DE EVALUACION

Dentro de los criterios para evaluar proyectos se pueden considerar como fundamentales los siguientes:

- a) Criterio empresarial o privado.
- b) Criterio gubernamental o social.

El primero de ellos, el privado, tiene como finalidad primordial buscar el rendimiento del capital invertido, a fin de lograr la máxima rentabilidad de la inversión, es decir, busca unicamente el lucro; por otro lado, en el criterio social, la rentabilidad de la inversión no es necesariamente un indicador de primer plano, ya que este tipo de evaluación buscará principalmente determinar el beneficio para la colectividad a la que servirá el proyecto, ya sea por una mayor población servida por unidad de capital invertido, o por un incremento en la productividad del capital, propiciando una buena distribución de los beneficios, al crear fabricas y empleos tendientes a substituir las importaciones.

Este último tipo de proyecto quizá no sea rentable, pero tiene una serie de beneficios indirectos para el país y para sus habitantes, tales como un aumento en el Producto Bruto Nacional, en el Ingreso Percapita, en la creación de empleos, etc.

2.6.- EVALUACION DE PROYECTOS DE CARPETERAS.

Una forma adecuada de realizar la evaluación de proyectos de carrete