

91
297



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE
AUTOPISTAS CONCESIONADAS**

T E S I S :
**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
I N G E N I E R O C I V I L**

P R E S E N T A :

JORGE ANDRÉS OBREGÓN GARCÍA

A S E S O R :
ING. GUSTAVO ARGIL CARRILES

Ciudad Universitaria, Septiembre de 1997



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES
POR EL APOYO BRINDADO A TRAVÉS DE TODOS ESTOS AÑOS

A MI ESPOSA E HIJO
POR SU APOYO Y COMPRESIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-145/96

Señor
JORGE ANDRES OBREGON GARCIA
Presente.

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

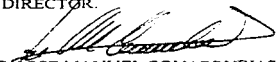
"PROCESO DE PLANEACION DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS"

- I. INTRODUCCION
- II. ANTECEDENTES
- III. PROYECTO
- IV. ASIGNACION Y PRONOSTICO DE TRANSITO
- V. EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO
- VI. LICITACION
- VII. EJECUCION DE LAS OBRAS
- VIII. CONCLUSIONES
- IX. BIBLIOGRAFIA

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 5 de mayo de 1997.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*lmf

INDICE

	página
Introducción	i
1. Antecedentes	1
2. Proyecto	10
2.1. Tipos de proyectos	12
2.2. Selección de ruta	14
2.3. Anteproyecto	15
3. Asignación y pronóstico de tránsito	22
3.1. Usuarios potenciales y sus preferencias	23
3.2. Disponibilidad al pago de cuotas	28
3.3. Métodos de asignación de tránsito	29
4. Evaluación de la factibilidad del proyecto	50
4.1. Evaluación técnica	51
4.2. Evaluación económica y financiera	51
4.3. Impacto al medio ambiente	72
5. Licitación	81
5.1. Convocatoria	86
5.2. Documentos para licitación	86
5.3. Inscripción de los interesados	87
5.4. Presentación y apertura de proposiciones	88
5.5. Análisis de las proposiciones y dictamen	89
5.6. Fallo del concurso	90
5.7. Firma del título de concesión	91
6. Ejecución de las obras	92
6.1. Control de calidad	93
6.2. Seguimiento físico financiero	97
6.3. Aspectos constructivos	99
7. Conclusiones	116
8. Bibliografía	126

PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS

Introducción

Introducción

Cumpliendo con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería de esta Casa de Estudios, describo a continuación los temas de mi tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil, la cual lleva por título "**Proceso de Planeación de Autopistas Concesionadas**".

El tema de carreteras concesionadas es en estos momentos de gran importancia, ya que sobre este recae el programa de modernización de la red carretera federal razón por la cual se debe contar con una planeación adecuada que tome en cuenta las experiencias adquiridas en sus primeros años y así formular una estrategia que permita evaluar todas las variables que intervienen en este tipo de proyectos, como son los económicos, técnicos y sociales. Esta tesis tiene como finalidad mostrar y evaluar los pasos que se deben seguir para determinar si una carretera concesionada es viable de realizar, desde su evaluación económica, financiera y técnica.

En el capítulo primero se hace una breve introducción de cuales fueron las razones que originaron el programa de autopistas concesionadas, indicando el papel del gobierno y de los particulares que han participado en este proceso.

Ya en el capítulo dos, se trata la planeación del proyecto, en donde utilizaron diferentes ramas de la ingeniería como son la *planeación*, *construcción*, *geotécnia*, *hidráulica* y *estructuras* las cuales intervienen en la elaboración del proyecto constructivo. La importancia de éstas se debe a que son ellas las que intervienen en su conjunto en la elaboración de los diferentes estudios: *topográficos*, los cuales a través de sus trabajos de fotogrametría y fotointerpretación proporcionan las diferentes alternativas para el trazo de obra, así como la cubicación y optimización de movimientos de tierras; *geotécnicos*, de estos usando sus pruebas de laboratorio y de campo que dan a conocer el tipo de terreno y sus características mecánicas en el cual se va a desarrollar la obra; *hidrológicos*, tienen como función el desarrollo del subproyecto del drenaje menor; y los *estructurales* que son necesarios para el cálculo de puentes.

Dentro del desarrollo del tercer capítulo se establece la importancia de contar con los estudios de mercado que incluyan la demanda actual y el pronóstico del

tránsito a futuro, así como su planteamiento y desarrollo, lo cual se establece de acuerdo con las preferencias de los usuarios, para lograr este fin se emplea la *ingeniería de tránsito* utilizando métodos de asignación de tránsito.

Siendo considerado el proyecto de una nueva autopista como un proyecto de inversión, deberá ser sometido a las evaluaciones de factibilidad correspondientes: técnica, económica y financiera conforme al nivel de desarrollo del proyecto (ideal, gran visión, prefactibilidad y factibilidad), lo cual se trata en el capítulo cuarto. Además es importante en estos días considerar el *impacto al medio ambiente* el cual desde hace mucho tiempo es considerado como parte integral de los conocimientos con los que debe contar el ingeniero, y debe ser tomado en cuenta al momento de elegir el proyecto definitivo, para lograr este objetivo se utilizaron las Normas Técnicas de Control Ecológico para la Construcción de Carreteras en México, elaborado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En el capítulo cinco se mencionan las bases de licitación a las que deben someterse todos los interesados en este tipo de proyectos, desde la convocatoria hasta la firma del título de concesión, dicho procedimiento se encuentra estipulado en la Ley de Vías Generales de Comunicación.

Durante La ejecución de las obras, capítulo seis, es necesario llevar un control de calidad de las mismas, en el cual intervienen las ramas de la *construcción* y *geotécnia* principalmente que a través de sus diferentes pruebas de laboratorio y de campo verifican la calidad de los elementos que componen una autopista.

Por último en el capítulo siete se dan a conocer los resultados y el análisis de los procedimientos ya antes descritos para la planeación de una autopista concesionada y la interacción que tienen las diferentes ramas de la ingeniería civil ya que para poder tener resultados óptimos es necesario contar con todas estas especialidades que tienen un fin común.

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 1

Antecedentes

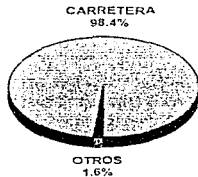
1. Antecedentes

El desarrollo económico del país depende en gran medida de un adecuado sistema de transporte que comunique en forma fluida y eficiente a los centros de producción con los de consumo, permitiendo la movilización de pasajeros, el abasto oportuno de insumos y la adecuada distribución de productos a lo largo del territorio nacional.

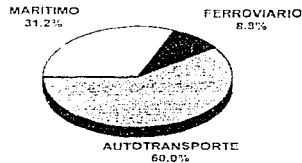
El transporte carretero es de fundamental importancia ya que mueve la casi totalidad de los pasajeros y un gran porcentaje de carga a nivel nacional. La distribución del movimiento de pasajeros es: por carretera 98.4%; por ferrocarril 0.3%; por avión 1.1% y 0.2% en barco. En cuanto al movimiento de carga, el autotransporte participa con el 60% del total, seguido del marítimo con el 31.2% y el ferrocarril con 8.8%, donde el autotransporte maneja más del 85% de la carga que se moviliza por tierra.

MOVIMIENTO DE PASAJEROS Y CARGA

PASAJEROS



CARGA



A principios de 1989 la red carretera tenía una longitud de aproximadamente 230,400 kilómetros, compuesta por 44,700 kilómetros de carreteras federales, 923 kilómetros de carreteras de cuota a cargo de Capufe, 59,200 kilómetros de carreteras estatales, 96,150 kilómetros de carreteras rurales y el resto de brechas. Para 1995 la red tiene una extensión de 303,262 kilómetros, donde 42,928 kilómetros pertenecen a la red federal libres y 5,683 kilómetros a autopistas de cuota. Con ello se ha hecho posible la comunicación en casi la totalidad del territorio nacional.

SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS			
Clasificación	Pavimentadas (km)	No pavimentadas (km)	Total
Red federal	47,960	651	48,611
Libre (A cargo de la SCT)	42,277	651	42,928
Autopistas de cuota	5,683	0	5,683
A cargo de Capufe	1,420	0	1,420
Concesionadas a particulares	3,176	0	3,176
Concesionadas a gobiernos de los estados	1,087	0	1,087
Red estatal	44,458	12,201	56,659
Libre	43,853	12,201	56,054
Autopistas de cuota	605	0	605
Caminos rurales	3,527	143,929	147,456
A cargo de la SCT	1,845	73,433	75,278
A cargo de gobiernos de los estados	1,127	25,307	26,434
A cargo de otros	555	45,189	45,744
Brechas	0	50,536	50,536
TOTAL	95,945	207,317	303,262

Fuente: SCT Dirección General de Evaluación

1/ Incluye 95 kilómetros que atienden principalmente a Estatal y CFE

La situación económica prevaleciente en el país y las restricciones presupuestales, han impedido que el sistema carretero nacional se modernice y

se amplíe. El propio crecimiento del tránsito ha provocado la utilización intensiva de las carreteras, y en algunos tramos e itinerarios bien identificados se han alcanzado altos niveles de congestión que apuntan hacia la necesidad de ampliar, modernizar o construir nuevas obras para resolver los graves problemas que ya se observan.

Circulación de vehículos
◆ En 9 mil kilómetros circulan más de 5 mil vehículos por día
◆ En 15 mil kilómetros circulan más de 3 mil vehículos por día

Factores que causan el deterioro

- ◆ Escasez de recursos para la conservación
- ◆ Elevados volúmenes de tránsito
- ◆ Circulación indiscriminada de vehículos que exceden la capacidad de carga de la carretera

Problemas causados por el deterioro

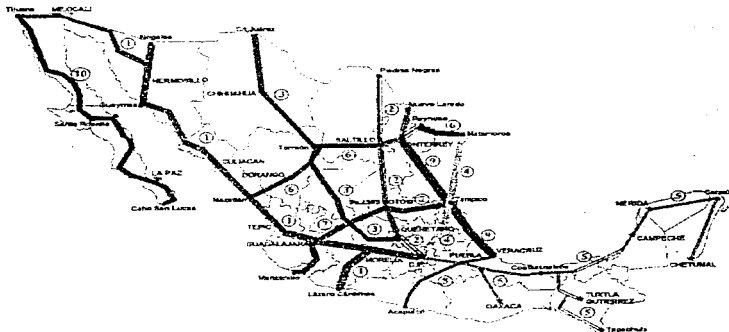
- ◆ Daños a personas y vehículos
- ◆ Lentitud e inseguridad en el desplazamiento

Una de las posibles alternativas para solucionar la problemática descrita, es la que contempla la construcción, modernización y conservación de carreteras de cuota, a través de fideicomisos privados, como obras orientadas hacia la atención del tránsito de los principales ejes del país, así como en localidades y regiones con altos índices de saturación donde se presenta la necesidad de circular con la mayor fluidez posible.

Los 10 ejes troncales, que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como las más importantes localidades urbanas y centros de turísticos a lo largo y ancho del país, son:

PRINCIPALES EJES TRONCALES

1. México-Guadalajara-Tepic-Mazatlán-Guaymas-Hermosillo-Nogales, con ramales a Lazaro Cárdenas y Tijuana.
2. México-Querétaro-San Luis Potosí-Saltilllo-Monterrey-Nuevo Laredo, con ramales a Reynosa y Piedras Negras.
3. Querétaro-Irapuato-León-Lagos de Moreno-Aguascalientes-Zacatecas-Torreón-Chihuahua-Ciudad Juárez.
4. Acapulco-Cuernavaca-México-Pachuca-Tuxpan-Tampico-Matamoros.
5. México-Puebla-Coatzacoalcos-Campeche-Mérida-Cancún-Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas.
6. Mazatlán-Durango-Torreón-Saltilllo-Monterrey-Reynosa-Matamoros.
7. Manzanillo-Guadalajara-Lagos de Moreno-San Luis Potosí-Tampico.
8. Acapulco-Cuernavaca-Puebla-Veracruz.
9. Veracruz-Tampico-Monterrey.
10. Tijuana-Santa Rosalia-La Paz-Cabo San Lucas (Transpeninsular).



AUTOPISTAS FEDERALES DE CUOTA EN OPERACIÓN (Kilómetros)

Autopista	Longitud
AUTOPISTAS CONCESIONADAS AL SECTOR PRIVADO	3,178
Aguascalientes-Atzacualtlan	37
Arriaga-Huixtla y Libramiento Tonalá y Huixtla	220
Cadereyta-Reynosa	175
Chamapa-Lechería	27
Champotón-Campeche	38
Constituyentes y Reforma-La Marquesa	21
Córdoba-Veracruz	103
Cuernavaca-Acapulco	263
Durango-Verbanis	105
Ecatepec-Pirámides	22
Guadalajara-Tepic	154
Guadalajara-Zapotlanejo	26
Kantunil-Cancun	240
La Tinaja-Cosoleacaque	228
Leon-Lagos de Moreno-Aguascalientes	116
Libramiento de Manzanillo	19
Libramiento Oriente de San Luis Potosí	34
Libramiento Poniente de Tampico	14
Maravatio-Zapotlanejo	311
Mazatlán-Culiacán	207
Mexicali-Tecate y Libramiento de Mexicali	46
Monterrey-Nuevo Laredo	146
Puente El Zacatal-Cd. del Carmen	4
Puente Internacional Zaragoza-Ysleta	7
San Martín Texmelucan-Tlaxcala	29
Tijuana-Tecate y Libramiento Tecate	38
Torreón-Cuencame-Verbanis	119
Torreón-Saltito	233
Zapotlanejo-Lagos de Moreno	152
AUTOPISTAS CONCESIONADAS A GOBIERNOS DE LOS ESTADOS	1,087
Camargo-Jimenez y El Sueco-Villa Ahumada	158
Carbonera-Puerto Mexico "Los Cheros"	34
Cardel-Veracruz y Libramiento de Cardel	31
Delicias-Camargo	85
Estacion Don-Nugales	489
Gómez Palacio-Jimenez	184
Libramiento Calera-Victor Rosales	9
Libramiento de Fresnillo	19
Libramiento Noriente de Querétaro	37
Libramiento Oriente de Saltillo	22
Paifón-Tepecoco	16
Puente Internacional Libre Comercio	4
Puente Internacional Reynosa-Pharr	8
Puente Internacional Solidaridad-Columbia	1
Puente San Miguel (Rio Fuerte)	-
AUTOPISTAS CONCESIONADAS OPERADAS POR CAPUFE	548
Atzacualtlan-Maravatio	64
Guadalajara-Colima	148
México-Cuernavaca y tramos complementarios	182
Tepic-Entronque San Blas	25
Tihuatlan-Tuxpan, Puente Tuxpan y México-Pachuca	129
TOTAL DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN OPERACIÓN	4,811
OTRAS AUTOPISTAS OPERADAS POR CAPUFE	372
TOTAL	5,833

Fuente: SCT Dirección General de Servicios Técnicos

Este tipo de carreteras ofrecen múltiples ventajas como la de proporcionar al usuario grandes ahorros, así como mayor seguridad y confort en su recorrido, por ser de altas especificaciones geométricas y mejores características de trazo. Al ser vías de acceso controlado no se tienen interrupciones en su recorrido, como cruces a nivel o entronques perpendiculares, lo que permite un tránsito continuo y fluido de un punto a otro; además de la fluidez en la circulación, las características geométricas y los acortamientos de distancia con respecto a rutas alternas, permiten al usuario tener considerables ahorros en combustibles y lubricantes, en costos de operación de sus vehículos y en tiempos de recorrido, que en todos los casos son mayores los ahorros en comparación al precio de la cuota pagada.

Las características geométricas de números de carriles, ancho de carril, acotamientos y corona que se plantean para las obras propuestas:

Característica geométricas propuestas

ALTERNATIVA	NUMERO DE CARRILES	ANCHO DE				
		CORONA	CALZADA	CARRIL	ACOTAMIENTOS	
					INTERIOR	EXTERIOR
NC2	2	12.00	7.00	3.50	-----	2.50
NC4	4	2x11.00	2x7.00	3.50	2x1.00	2x3.00

NC: Número de carriles
dimensiones en metros.

Dada la localización estratégica de las carreteras de cuota, dentro del territorio nacional, se captan grandes volúmenes de tránsito que las utilizan de manera intensiva, lo cual implica que por los grandes movimientos de personas y de carga, se obtengan a nivel global, considerables ahorros que se convierten en significativos beneficios para el país. Como se sabe, un componente importante del precio de los productos es el costo de transporte que, mediante la construcción de infraestructura de altas especificaciones, se logran reducir en forma significativa el desperdicio de energéticos, así como los costos de operación y tiempos de recorrido.

Lo anterior repercute en el mediano plazo en el abaratamiento de las mercaderías y aumento de competitividad de la producción nacional.

Esto se encuentra establecido en los lineamientos del **Plan Nacional de Desarrollo**, que es el documento rector de la política, las estrategias y acciones a desarrollar en el Sector Transporte, y fija los objetivos que enmarcan la orientación de las actividades de cada uno de los subsectores del Transporte. En general los objetivos son:

- i) Reforzar la independencia nacional, extendiendo el sistema de transporte a todo el territorio;
- ii) Satisfacer las necesidades de movimiento de bienes y personas al menor costo para la comunidad;
- iii) Contribuir hacia la descentralización y al logro de una sociedad más igualitaria;
- iv) Coadyuvar a realizar un abasto oportuno, incrementando la capacidad y cobertura de los servicios de transporte;
- v) Proteger y mejorar el aprovechamiento de la capacidad instalada;
- vi) Mantener la ocupación y generar empleos;
- vii) Avanzar hacia la suficiencia financiera del sector;
- viii) Disminuir la dependencia del exterior;
- ix) Aumentar la seguridad de los servicios de transporte; y
- x) Fomentar el desarrollo tecnológico en el transporte.

Para el caso concreto del sistema nacional de autopistas de cuota, la orientación de las acciones dentro del sentido expresado por los objetivos anteriores, implican la necesidad de adoptar a su vez, los siguientes objetivos particulares:

- i) Ampliar la cobertura de la red de caminos y puentes de cuota;
- ii) Rehabilitar y conservación permanentemente la red de cuota, manteniéndola en buen estado;
- iii) Modernizar su infraestructura y los servicios que ofrecen;

- iv) Administrar y operar eficientemente el sistema de caminos y puentes de cuota; y
- v) Generar ingresos que garanticen la autosuficiencia de las propias carreteras y puentes de cuota.

Las obras de cuota cumplen en su gran mayoría con los objetivos expuestos ya que son elementos fundamentales del aparato productivo nacional, cuya importancia se verifica a la luz de los grandes volúmenes de pasajeros y carga que se manejan por ellas. Inducen un fuerte desarrollo a las ciudades que comunican y las poblaciones y zonas servidas por sus áreas de influencia, con lo cual se posibilitan y aumentan las oportunidades de crecimiento y desarrollo del país.

Una carretera de cuota es autofinanciable con los ingresos derivados del cobro al tránsito vehicular, por lo que es posible y factible incrementar la cobertura de esa red, al buscar un cambio estructural en los métodos de financiamiento de carreteras a través del esfuerzo creativo que proporcione nuevas fórmulas financieras adaptadas a la actual situación económica, política y social de la nación.

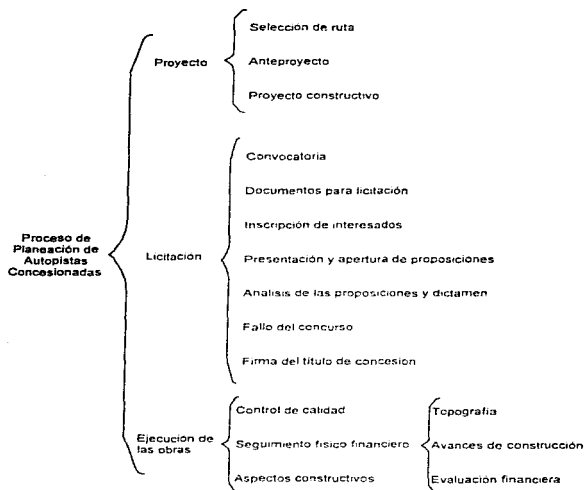
**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 2

Proyecto

2. Proyecto

El proceso de planeación de autopistas concesionadas se estructura como sigue:



Como se mencionó anteriormente, la necesidad del concesionamiento de proyectos carreteros surge ante la demanda de más infraestructura de comunicación terrestre por parte de los pobladores del país, o de una región, y la dificultad para el Estado de proporcionar, con la suficiente oportunidad, una oferta capaz de satisfacer tal demanda a lo largo del tiempo.

Asimismo, el concesionamiento de los proyectos carreteros puede ser uno de los instrumentos de política del Estado que trata de tener una menor injerencia o liberar aquellos sectores económicos que pueden ser tomados por los gobiernos estatales o por el sector privado, buscando así un gobierno con un mayor papel normativo en la economía más que un papel operativo.

Por otra parte, el concesionamiento de proyectos carreteros en operación constituyen para el Estado fuentes adicionales de recursos o ingresos vía el pago de una contraprestación por parte del concesionario.

Normalmente, dichos recursos se convierten en fuentes para el financiamiento de nuevos proyectos carreteros y para el mantenimiento y rehabilitación de los existentes, o bien, son fuentes alternas de recursos financieros de las cuales el Estado puede echar mano para proyectos y programas de otra índole (social, comunitaria, asistencial, etc.).

2.1. Tipos de proyectos

Proyectos nuevos

En este tipo de proyectos se encuentran aquellos en los cuales el concesionario obtiene una concesión para: **construir, operar y dar mantenimiento a la nueva carretera**. Los tres conceptos anteriores pueden ser objeto de concesionamiento por separado o conjuntamente.

Proyectos en operación o en marcha

En este caso, la carretera o autopista ya existe y actualmente se encuentra operando. El objeto de la concesión puede ser la **operación y el mantenimiento**, o cada uno por separado.

Las principales condiciones o términos para obtener las concesiones normalmente se encuentran relacionados con tres factores:

Antes	Hoy
<ul style="list-style-type: none">• La duración de la concesión• Las tarifas del año base• El tránsito del año base y su pronóstico a futuro, es decir, se concesiona el flujo de operación a futuro	<ul style="list-style-type: none">• No es tomado en cuenta• Son pactadas las tarifas• Es responsabilidad del concesionario establecer su TDPA

En el pasado, los proyectos carreteros se consideraban como obras necesarias para el desarrollo del país o de una región y la preferencia de un proyecto sobre el otro se daba en términos de la población beneficiada. La planeación y realización de las obras se determinaba generalmente en relación a la planeación de la posible disponibilidad de los recursos federales para la construcción de la misma, en base al monto de inversión y derrama económica.

La decisión sobre el trazo y secciones alternativas, se orientaba mayormente en relación a la solución de las dificultades técnicas para la realización de las obras.

La adquisición de los derechos de vía era un problema que se resolvía sobre la marcha en el curso de la fase de construcción y, en ese proceso, los costos de este rubro presentaban una gran variedad con respecto a las estimaciones iniciales, y hasta el propio trazo se veía alterado en su diseño original.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes fija las dimensiones del derecho de vía de las carreteras y regula su uso. Este generalmente es de 20 metros a cada lado del eje de la vía de comunicación y puede ampliarse o reducirse según lo requieran las condiciones topográficas, de construcción o de uso, actuales o futuras del propio camino, hasta 100 metros.

El derecho de vía se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, protección y en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y de sus servicios auxiliares; por lo tanto, un bien de dominio público sujeto al régimen de este tipo de bienes; por tal razón, las acciones que sobre forestación se llevan a cabo en esa faja de terreno deben tomar en cuenta lo anterior, con el objeto de no limitar la conservación y los requerimientos futuros de ampliación, y disminuir la seguridad del usuario.

La liberación y adquisición del derecho de vía por parte de la Secretaría, tiene por finalidad asegurar el terreno en que se desarrolla este tipo de obras como propiedad federal, para poder así otorgar la explotación de la concesión, y una vez terminada la misma, que la obra en su totalidad pase a ser operada por el gobierno federal, o en su caso volver a concesionarla.

2.1.1. Vías alternas y proyectos competitivos

El proyecto deberá ser analizado en cuanto a las vías alternas que los usuarios podrán elegir para la realización de su viaje una vez que el proyecto está terminado, ya que en el país para el caso de carreteras de cuota, deberá existir una vía alterna libre del pago de cuota.

Asimismo, deberán revisarse los planes existentes para el desarrollo, en la zona de influencia del proyecto, de otro(s) proyecto(s) de naturaleza competitiva: como por ejemplo, una nueva conexión carretera entre los puntos de inicio y terminación de la carretera, o bien la alteración del patrón de modalidades de transporte entre esos puntos vía marítima, fluvial, ferroviaria, aérea o ductos para el transporte de fluidos.

2.2. Selección de Ruta

En la selección de ruta se define la mejor ubicación de la línea desde los puntos de vista de servicios y costos a través del análisis del tránsito y su proyección, así como de los estudios topográficos, geotécnicos e hidrológicos; se considera a la vez, el uso del suelo actual y el previsto en la zona de influencia del proyecto en base a los planes estatales de desarrollo, planes de gobierno federal, programas, programas regionales o sectoriales, se analizan los impactos ecológicos y sociales respecto a la región y poblados de la zona de influencia.

En la selección de ruta se está utilizando la información cartográfica a diferentes escalas, que es necesario actualizar con fotografías aéreas recientes, en escala 1:25,000.

Una vez definida la línea de ruta, contenida en planos 1:5,000 y cartas escala 1:50,000 y 1:250,000 se pasa a la etapa de anteproyecto.

2.3. Anteproyecto

El anteproyecto de la carretera requiere de trabajos de fotogrametría, fotointerpretación, geotécnica, anteproyectos de alternativas considerando terracerías de camino abierto, intersecciones, drenaje, estructuras y evaluación de alternativas.

Antes de elaborar el Proyecto Geométrico de una carretera es necesario realizar algunos trabajos preliminares de una precisión tal, que permitan definir las características geométricas de ésta, las propiedades de los materiales que la formarán y las condiciones de las corrientes que cruza.

Con respecto a las características geométricas, los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes de cortes y terraplenes y las elevaciones de subrasante.

Referente a las propiedades de los materiales que formarán las terracerías, se dictan normas para su explotación, manejo, tratamiento y compactación.

Las obras de drenaje quedarán definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruza el camino unidas a las características de los materiales en el cauce.

Esta fase se realiza en planos a escala 1:2.000 con curvas de nivel a cada 1 ó 2 metros, elaborados mediante fotos aéreas escala 1:10.000 ó 1:5.000, con apoyo terrestre directo, generalmente preseñalado utilizando equipos topográficos modernos, como teodolitos digitales de un segundo de lectura y distanciómetros electrónicos de infrarrojos.

Para la restitución se utilizan instrumentos fotogramétricos de alta precisión, con dispositivos de digitalización simultánea para facilitar la creación de modelos digitales del terreno y la interpolación de perfiles y secciones para el estudio de la geometría, cubicación y evaluación de alternativas.

Los estudios fotogramétricos se realizan con la finalidad de efectuar una localización óptima de la carretera en proyecto, para esto es necesario realizar algunos trabajos, que básicamente son tres:

- Elección de ruta
- Proyecto trazo preliminar
- Proyecto trazo definitivo

Como en el caso de los estudios de ruta, la evaluación económica se realiza mediante un programa de cómputo que cubica las terracerías y calcula los costos de operación, que combinados con los costos de construcción y conservación dan el costo total del transporte y determinan la mejor alternativa.

La elección de la mejor ruta de entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera. Este proceso involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los

levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a este nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente.

Recopilación de Datos Previos

Se recopilará toda la información aerofotográfica existente de la zona en estudio, sobre la que se localizan en forma general las líneas de ruta, asimismo se obtiene información sobre la población (demografía, cultura, producción) y sobre las obras existentes y las planeadas para la zona de influencia del proyecto.

Reconocimiento Preliminar

Este reconocimiento tiene por objeto verificar y complementar directamente los datos previos recopilados y delimitar la zona que contienen las rutas posibles, así como sus cuencas económicas, geológicas e hidráulicas. El reconocimiento es llevado a cabo por técnicos en planeación, localización de vías terrestres y geotécnica, utilizando aviones, helicópteros y vehículos terrestres.

Cada técnico se dedica a cubrir los conceptos de su competencia, de los cuales hace un informe y posteriormente se elabora un informe conjunto de todos y se definen los siguientes conceptos.

- a) La faja de terreno que debe fotografiarse a escala 1:50,000.
- b) Los puntos obligados de paso.
- c) Los posibles problemas geotécnicos y de cobertura vegetal que se hallarán en cada una de las rutas posibles.
- d) Los estudios económicos de rentabilidad de la obra.

Interpretación Fotogeológica

Interpretando las aerofotos desde los puntos de vista geológicos, hidrológicos se delimitan las unidades geomórficas, rocas, suelos, drenajes, zonas apropiadas de cruces y materiales de construcción; detallando lo necesario en los corredores de las rutas posibles.

La información obtenida es comprobada en el campo visitando puntos de control geológico previamente seleccionado por su representatividad y accesibilidad. Estos datos se presentan en mapas fotogeológicos y mosaicos fotográficos a escala 1:50,000.

Reconocimiento de Rutas

Se debe efectuar un reconocimiento aéreo y terrestre por los mismos técnicos del reconocimiento preliminar, de cada una de las rutas posibles, para verificar y complementar directamente la información obtenida en gabinete por fotointerpretación y de ser posible, definir la ruta más conveniente.

Evaluación de Rutas

Con los datos obtenidos hasta la etapa anterior deben elaborarse los antepresupuestos de obra y los estudios de rentabilidad correspondientes, para que por comparación se defina la ruta definitiva o la alternativa cuyo estudio debe continuarse hasta la etapa de proyecto preliminar.

Recientemente se están usando programas para la evaluación de alternativas desde el punto de vista de la seguridad, su aplicación ayuda a obtener la geometría horizontal para proporcionar la mayor seguridad a los usuarios.

Con los elementos anteriores, y las consideraciones económicas, sociales y ecológicas de cada alternativa, se escoge la mejor línea de anteproyecto que se traza en el campo para obtener en forma directa la información topográfica,

topohidráulica y geotécnica necesarias para la elaboración del proyecto constructivo.

La información topográfica para este fin se obtiene también por fotogrametría a partir de fotografías aéreas escala 1:5,000 mediante seccionamiento directo, o a través de modelos digitales del terreno.

Tomando como base la línea de anteproyecto estudiada y las especificaciones geométricas del proyecto se ensayan trazos deduciendo perfiles, proponiendo subrasante, estimando cantidades de obra, factores de operación: hasta obtener el mejor proyecto.

2.3.1. Proyecto Constructivo

El proyecto constructivo comprende la obtención de planos y datos para la construcción de terracerías, drenaje, pavimento, intersecciones, señalamiento, casetas de cobro, puentes, viaductos, túneles, estructuras especiales y obras auxiliares. Para el proyecto en general, se cuenta con programas de cómputo que permiten agilizar y analizar todos los detalles de construcción.

El anteproyecto aprobado, contenido en planos a escala 1:2,000 y fotos aéreas, es trazado en campo con apoyo en la poligonal de referencia que sirvió de control terrestre para la elaboración fotogramétrica de los planos 1:2,000.

Para el proyecto de terracerías, se cuenta con nuevos programas de cómputo y graficación, desarrollados por el personal de la Dirección General de Carreteras Federales que facilitan el diseño, la cubicación, la optimización de movimientos de tierras y el dibujo de los planos constructivos; se manejan secciones asimétricas o cuerpos separados si es necesario, bermas, cajas y capas diversas de la estructura del camino, de acuerdo con las conveniencias de uso de los materiales y las condiciones topográficas.

Se analizan y revisan en pantalla el perfil y las secciones de terreno y de proyecto, y se grafican en papel alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones de construcción, movimiento de tierras, distancias de visibilidad resultantes, perspectivas y un plano por kilómetro con todos sus dibujos, datos geométricos y cantidades de obra.

En lo que se refiere al proyecto del drenaje menor cabe destacar la utilización creciente de los equipos de cómputo, programas y formas impresas con que se ha logrado agilizar este concepto.

En el recorrido el proyectista presta especial atención al funcionamiento del drenaje de la línea; toma los niveles de aguas máximas en los cruces y los datos hidráulicos someros que le permitan verificar las capacidades hidráulicas de las obras menores, previamente determinadas en gabinete mediante el aereado de las cuencas delimitadas en las aerofotos durante el estudio preliminar de drenaje.

Dada la necesidad de construcción rápida de alcantarillas, se está haciendo frecuente la utilización de tubos y bóvedas de lámina de acero en pequeños y grandes diámetros, inclusive para fuertes espesores de terraplén, tanto para obras de drenaje como para pasos de peatones, ganado y vehículos; siendo algunos de ellos instrumentados para monitorear su comportamiento.

En relación al proyecto de puentes en terrenos montañosos, se están construyendo puentes no convencionales en cuanto a su altura y tipo de superestructura, así como la utilización de esteroestructuras, pilas de gran altura y puentes atirantados pretensados o postensados.

Respecto al proyecto de pavimentos, salvo en los túneles, donde se han construido de concreto hidráulico con refuerzo continuo, así como en plataformas de operación de las casetas de cobro, se diseña pavimentos flexibles utilizando materiales económicamente disponibles, y según las necesidades de drenaje y cargas de diseño, incluyendo estabilizaciones, con cemento, azufre, etc., geotextiles, bases asfálticas o, en determinados casos, simplemente capas

granulares, y carpetas de riegos, se espera ir extendiendo el uso de los pavimentos de concreto, vibrado o rotado; que como ya se dijo, es utilizado en túneles y plataformas de casetas y su aplicación está condicionado a las exigencias económicas y de especialización.

El proyecto de intersecciones, en este tipo de proyectos son a desnivel por razones de seguridad, en general se usan tipos de: diamante, trompeta, bolillo, trébol y algunas direccionales cuando el tránsito de proyecto lo justifica.

Las casetas de cobro se proyectan para un crecimiento progresivo, conforme a los requerimientos del tránsito, tratando de hacerlas sencillas, pero con los servicios necesarios ubicando estos lejos de la zona de cobro, para evitar pérdida de capacidad por movimientos indeseables en la plataforma.

Los datos topográficos así como la información adicional recopilada, se deberán presentar de la siguiente manera:

- Topografía de cruces con curvas de nivel, mostrando la deflexión y el esviamiento, el sentido de escurrimiento, el eje de la obra elegido (en papel albanene a una escala apropiada).
- Perfil según el eje de la obra (en papel milimétrico transparente, a escala 1:100)
- Secciones transversales del arroyo mostrando los niveles de aguas máximas extraordinarias y de estiaje.
- Pendiente hidráulica en un tramo no menor de 200 m. (50 m aguas abajo y 150 m aguas arriba).
- Libretas de campo correspondientes a los trabajos anteriores.
- La información adicional se presentará en un informe en el que se menciona de una manera explícita, todos aquellos datos que se consideren importantes de tomar en cuenta durante el proyecto.

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 3

Asignación y pronóstico de tránsito

3. Asignación y pronóstico de tránsito

Al ser conceptualizado el proyecto de una autopista concesionada, como un proyecto de inversión, surgirá en forma natural la conveniencia de realizar para el mismo un estudio de mercado que incluirá, entre otras, las secciones típicas de oferta, demanda, balance y dimensionamiento del proyecto.

Es conveniente establecer claramente la necesidad real o de conveniencia del proyectos en cuestión, es decir la razón de ser del proyecto. Este puede derivarse de las necesidades de una mayor y mejor oferta de comunicación entre las zonas que cubrirá el proyecto, en otras ocasiones solamente se deriva de factores políticos.

Es importante establecer claramente el(los) objetivo(s) del proyecto a fin de establecer a qué segmento(s) de mercado de usuarios será orientado principalmente el proyecto.

3.1. Usuarios potenciales y sus preferencias

Para identificar las características de los viajes que se generan dentro y fuera de la zona de influencia y conocer especialmente las líneas de deseo de movimiento que se podrían generar a través de la nueva ruta, con el análisis de la matriz de origen y destino de los viajes de los usuarios en la red, en conjunción con los aforos en los diferentes tramos de la red permitirá estimar el volumen de usuarios potenciales para el proyecto expresado como un Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y en una composición promedio por tipo de vehículo.

Por otra parte, los usuarios aún los potenciales, manifestarán ciertas preferencias de uso de algún camino en particular para recorrer la red hacia su destino. Esto ocurrirá conforme a su apreciación de las ventajas de uno u otro camino

alternativo en términos de distancia, tiempo, costos o simplemente conforme a la naturaleza de sus intereses a lo largo del recorrido.

Las preferencias de los usuarios potenciales respecto al proyecto en estudio podrán ser estimadas mediante una serie de preguntas como parte de encuestas diseñadas de manera que puedan ser aprovechadas las respuestas de los futuros usuarios de manera cuantitativa.

Con la información recabada en las estaciones de Origen y Destino se contará con el tránsito generado dentro de la zona de influencia con lo que se obtiene el número de usuarios potenciales.

3.1.1. Demanda

Por otra parte, es necesario estimar el tamaño del mercado en relación al segmento propuesto para el estudio, es decir, cuál será el número de usuarios potenciales y a qué porcentaje de éste se pretenderá captar con el proyecto.

Esta fase del proyecto estará ligada a la obtención o determinación de aforos o conteos vehiculares recientes, por tipo de vehículo, sobre las carreteras de la red de la cual se pretenderá captar usuarios para el proyecto. Estos estudios se encuentran en los libros de Datos Viales y en el de Origen y Destino, los cuales son publicados por la SCT.

Lo anterior incluye la determinación de la evolución de la demanda en el pasado reciente, a fin de establecer las tendencias de crecimiento de la misma.

Las estaciones se ubicarán en tramos carreteros, previamente seleccionados, de tal manera que no exista interferencia con los tránsitos generados localmente o bien por las poblaciones cercanas a los aforos. Con este criterio se evita la mezcla de tránsitos locales (urbanos o suburbanos) con el tránsito de largo itinerario y potencialmente usuario de la nueva autopista, ya que esta mezcla altera el

3. Asignación y pronóstico de tránsito

pronóstico en los flujos que resulten en la asignación para los tramos de la futura carretera.

El conocimiento del flujo vehicular en una red de carreteras permite determinar el grado de ocupación y las condiciones en que cada segmento opera; el análisis de su evolución histórica ayuda a definir las tendencias de crecimiento y el momento a partir del cual ciertos segmentos dejarán de prestar un servicio adecuado, convirtiéndose en un cuello de botella del transporte.

La información oportuna acerca del tránsito es fundamental para lograr una operación, mantenimiento y desarrollo óptimos; los datos viales son un insumo indispensable para la planeación de todas las actividades de la red.

Por lo anterior, dicha información permite apoyar la asignación de tránsito en los nuevos segmentos propuestos, así como definir sus características geométricas y estructurales.

HOJA DE DATOS VIALES																						
1. AGUASCALIENTES		AGUASCALIENTES-JALPA				CLAVE		SS		RUTA MEX-1070				AÑO 1996								
1. CARR.		L U G A B				KM	TE	SC	TEPA	A	B	C2	C3	T352	T353	T352R4	OTROS	A	B	C	K	D
AGUASCALIENTES	0109	3	1	4382	860	37	41	25	08	1.0	2.1	1.8	85	4	10	0.199	0.548					
AGUASCALIENTES	0108	3	2	4378	877	24	37	21	05	2.1	2.2	1.9	88	3	8	0.268	0.548					
T. 120 VILLA HONOLDO	7900	3	6	5176	858	17	42	13	08	1.0	2.1	2.0	85	4	10	0.087						
MILANVISTA - JERONIMO	2050	3	0	3281	858	23	7	12	08	0.5	1.1	1.4	54	4	13	0.242						
F. SAUZ	1900	1	0	3262																		
T. 120 MALPAIS	4510	2	0	3180	861	46	53	31	03	0.4	0.1	1.1	84	5	13	0.112						
T. DER. PRESA LA COCOYANIZ	4930	3	1	3188	844	39	54	34	05	0.8	2.0	1.0	84	4	12	0.288	0.561					
T. DER. PRESA LA COCOYANIZ	4930	3	2	3218	783	45	73	53	08	1.0	2.2	3.1	76	5	12	0.285	0.561					
CALNALO	5230	3	2	4292	874	19	43	76	05	1.6	1.0	1.0	85	4	11	0.083						
T. DER. JALISCO DE ARRABO	8470	3	0	1942	854	28	51	42	04	2.5	1.0	0.3	87	4	11	0.090						
LIM. EPICH. TRFM. AGS. PMA. ZAC.	0100																					
T. O. GUADALUPE - CACATECAS	W900		1	C	1792																	

TE = Tipo de Estación: el 1 indica que el sitio se efectuó antes del punto generador, el 2 indica que corresponde a un punto de estación permanente de control y el 3 que el sitio se levantó acido después del punto generador.

SC = Sentido de Circulación: el 1 indica que los datos de la estación corresponden al sentido de circulación en que aumenta el calentamiento del camino, el 2 al sentido en que decrece y el 0 cuando se cuentan ambos sentidos.

A = Automóviles

B = Autobuses

C2,3 = Camiones Uniaxiales de 2 y 3 ejes

T352 = Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes

T353 = Tractor de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes

T352R4 = Tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes

Otros = Considera otro tipo de combinación de camiones de carga

K = Factor que relaciona los volúmenes horarios más altos registrados en la muestra y el TEPA, es de utilidad para determinar el volumen horario de proyecto

D = Factor direccional, que se obtiene de dividir el volumen en el sentido de circulación más numeroso entre el volumen en ambos sentidos.

3.1.2. Oferta actual y futura

La oferta actual está dada por aquellos tramos carreteros existentes o futuros que competirán con el proyecto una vez que éste sea realizado. Son de particular consideración aquellos tramos libres del pago de cuotas.

Parte de la revisión incluirá el establecimiento de las condiciones de la oferta actual, es decir, las condiciones de la topografía y las condiciones del mantenimiento de la superficie de rodamiento sobre la cual se desarrolla actualmente, o a futuro, el tránsito objeto del proyecto.

Algunos indicadores de las características de la oferta actual son:

- Topografía del terreno.
 - Plano.
 - Ondulado.
 - Montañoso.
- Velocidad promedio y tiempo de recorrido, por tipo de vehículo en tramos seleccionados.
- Nivel de servicio.
- Cuotas de peaje por tramo.
- Seguridad y confort de manejo

Las características actuales y estimadas a futuro de la oferta y de la demanda, así como los objetivos del proyecto, permitirán establecer metas de captación del mercado para el proyecto con las cuales será posible dimensionar el proyecto en su etapa inicial y a futuro:

- Longitud.
- Trazo.

- Sección.
- Pendiente gobernadora.
- Número de carriles.

3.2. Disponibilidad al pago de cuotas

En las encuestas de campo se suelen incluir preguntas respecto a la disponibilidad de los usuarios potenciales al pago de alguna cuota de peaje por el uso de tramos específicos del proyecto. Esto puede marcar el éxito o el fracaso del proyecto.

El volumen de usuarios potenciales multiplicado por la disponibilidad de éstos al uso de la autopista proyecto y el grado de disponibilidad de pago a algún nivel de cuotas preestablecido, permitirá en una primera instancia, la asignación de tránsito de partida (en el año base) por tipo de vehículo.

$$T_b = V_s \cdot D$$

Donde:

V_s = Volumen de usuarios potenciales por tipo de vehículo.

D = Grado de disponibilidad de pago de cuota preestablecido por tipo de vehículo.

T_b = Tránsito para año base por tipo de vehículo.

Factor de cuota

El impacto a los usuarios de una autopista, para establecer la "costumbre" de pagar una cuota por el servicio, es una variable que en el muy corto plazo puede

desfavorecer el volumen potencial del tránsito de demanda en una zona, es decir, convertir en un tránsito atraído real para una nueva ruta o alterna libre del pago de cuota.

lo anterior, se debe a que en el mediano y largo plazo, la decisión de utilizar o no la nueva ruta, se convierte en una decisión económica.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes recomienda por su experiencia en el Organismo CAPUFE que la distribución del tránsito atraído es del 53% respecto al TDPA que fue aforado por la ruta existente libre del pago de cuota.

3.3. Métodos de asignación de tránsito

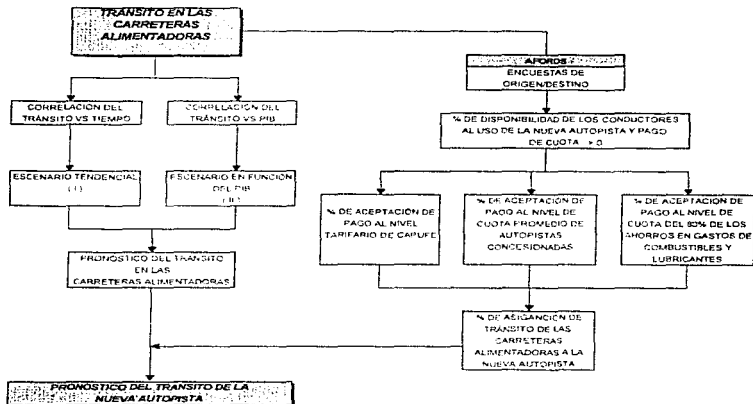
3.3.1. Modelos de asignación de tránsito (modelos de redes)

Racionalidad del usuario

Los elementos básicos requeridos por los modelos de redes para la asignación de tránsito son comúnmente:

- a) Una matriz de viajes-persona o su equivalencia en viajes-vehículo/unidad de tiempo, junto con las relaciones de flujo-capacidad y velocidad-flujo.
- b) Una red simplificada que describa los principales nodos u orígenes y destinos de los usuarios de la red carretera, así como los arcos o tramos que unen los nodos y sus características principales, incluyendo relaciones velocidad-flujo.
- c) Reglas o principios de selección de rutas que se consideran son relevantes al problema de asignación de tránsito.

METODOLOGÍA DE ASIGNACIÓN Y PRONÓSTICO DEL TRÁNSITO



Dentro de las hipótesis básicas de trabajo en la asignación se encuentra la suposición de la racionalidad del usuario de la red al elegir la ruta que ha de seguir a través de ésta entre su origen y su destino.

Los factores que suelen influir en su decisión son varios y entre ellos se cuentan: tiempo de viaje, distancia, costos monetarios (combustibles, tarifas, etc.) y otros asociados a cada arco o tramo de la red que se tratan de integrar en expresiones de costo generalizado.

Estas expresiones son necesariamente, aproximaciones en las cuales los principales factores son: tiempo y costos monetarios. Este último se considera proporcional a la distancia, de manera que las dos principales variables se tornan en tiempo y distancia.

La hipótesis de trabajo subyacente es que, en su viaje entre un origen y un destino dados, el usuario elegirá aquella ruta para la cual percibe y anticipa que tendrá el menor costo.

Los algoritmos de redes para la selección de ruta y asignación de tránsito tratan de reflejar esa hipótesis de trabajo simulando las decisiones de los usuarios en la selección de su ruta.

Es claro que otros factores de preferencias de los usuarios en la selección de su ruta no son incorporados, tal sería el caso de la necesidad de llegar a un destino(s) intermedio(s) en su ruta entre su origen inicial y destino final.

ENCUESTA ORIGEN-DESTINO

CARRETERA: _____

FOLIO: _____

ENTREVISTADOR: _____	CODIGO DEL ENTREVISTADOR: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FECHA: ___/___/___	ESTACION _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. TIPO DE VEHICULO:

AUTO O PICK UP 1 AUTOBUS 2 CAMION 3 No DE EJES

¿ MARCA DEL VEHICULO ? _____ ¿ MODELO DEL VEHICULO ? _____

2.- TIPO DE CARGA (SI PROCEDE):

_____ TON DE CARGA _____

2.1.- RAZÓN SOCIAL (EMPRESA TRANSPORTISTA): _____ CLASE: _____

3.- ORIGEN INICIAL (¿DONDE EMPEZO ESTE VIAJE?):

ESTADO MUNICIPIO CIUDAD/LOCALIDAD _____

4.- DESTINO INTERMEDIO (¿DE DONDE VIENE?):

ESTADO MUNICIPIO CIUDAD/LOCALIDAD _____

5.- MOTIVO:

CARGA 1 DESCARGA 2 OTROS 3 _____

6.- DESTINO FINAL (¿ADONDE VA?):

ESTADO MUNICIPIO CIUDAD/LOCALIDAD _____

7.- PARA USAR, ¿CUAL ES EL FACTOR MÁS IMPORTANTE PARA UTILIZAR UNA AUTOPISTA?

COMODIDAD 1 SEGURIDAD 2 AHORRO EN TIEMPO 3

MENOR DETERIORO DEL VEHICULO 4 DISTANCIA 5 OTROS 6

8.- PROXIMAMENTE SE CONSTRUIRA UNA CARRETERA DE _____ HACIA _____ CON RAMALES A _____
Y _____ (INDICAR BENEFICIOS EJEM TIEMPO DE RECORRIDO) EN ESTE VIAJE. SI YA EXISTIERA DICHA CARRETERA, ¿LA TOMARIA?

SI 1 NO 2 NO SABE 3 NO CONTESTO 4

9.- ¿QUE TRAMO(S) USARIA? ('E' EN EL TRAMO QUE ENTRARIA Y 'S' EN EL TRAMO EN QUE SALDRIA)

_____ E / S _____

INICIA EN _____ INICIA EN _____ INICIA EN _____

SALIDAS EN _____ SALIDAS EN _____ SALIDAS EN _____

10.- ¿ESTARIA DISPUESTO(A) A PAGAR LA SIGUIENTE CUOTA? (VER TABLA)

SI 1 NO 2 ¿HASTA CUANTO ESTARIA DISPUESTO A PAGAR _____? NO SABE 3 NO CONTESTO 4

11.- ¿PROPOSITO DEL VIAJE?

TRABAJO 1 NEGOCIOS 2 VACACIONES 3 COMPRAS 4 TRANS PASAJE 5

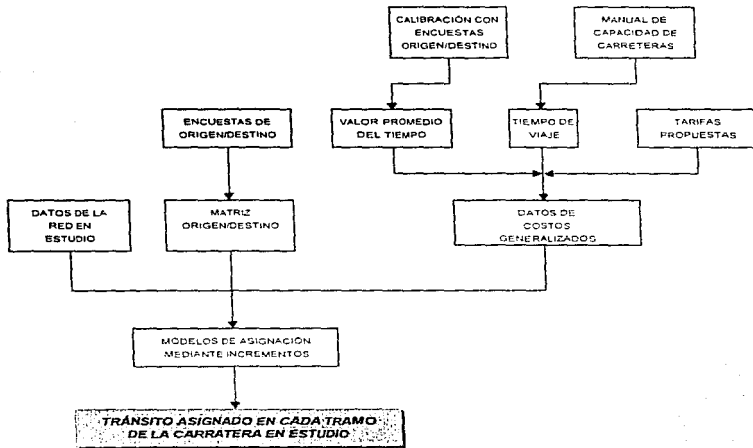
TRANS CARGA 6 IR A DOMICILIO 7 OTROS 8 NO RESPONDIÓ 9

12.- ¿NUMERO DE VECES AL MES QUE UTILIZA ESTA CARRETERA?

13.- ¿INGRESO MENSUAL?:

METODOLOGÍA

ASIGNACIÓN DEL TRÁNSITO CON EL MODELO DE REDES



Conceptualización de la red

Otra de las hipótesis de trabajo en los modelos de redes para la asignación de tránsito lo constituye la conceptualización de la red que simulará o modelará la red carretera y su flujo vehicular.

Uno de los principales problemas en su conceptualización lo constituye el nivel de detalle y de agregación que habrá de darse a la misma para que refleje adecuadamente la red carretera en la cual estará insertado el proyecto carretero.

Se encuentra relacionado con lo anterior el proceso de la zonificación que habrá de hacerse de la región o área de influencia del proyecto, la ubicación del centroide o nodo en cada zona, así como la determinación de aquellos nodos que simulen las zonas o regiones extremas al área en estudio.

3.3.2. Modelos de tránsito desviado

Encuestas Origen y Destino

Al igual que los modelos de asignación de tránsito basados en modelos de redes, los modelos de tránsito desviado hacen uso de la información de origen y destino. Dicha información es colectada mediante una serie de encuestas que se realizan en paralelo a los aforos para la cuantificación de los volúmenes vehiculares.

A manera de ejemplo, en el formato adjunto se presenta una encuesta típica. La entrevista se aprovecha para obtener información adicional sobre el tipo de vehículo que resultó de la muestra y, si es el caso de un vehículo de carga se obtiene información respecto al tipo y al tonelaje de carga que lleva el vehículo.

Una vez procesadas las encuestas, se obtienen los principales pares de origen destino ordenados descendientemente de acuerdo a su participación porcentual

en el número total de viajes-vehículo. Asimismo, se obtiene la matriz origen destino para los principales orígenes y destinos, la información anterior junto con los aforos vehiculares realizados en paralelo, permiten acotar al presente, el máximo número de usuarios potenciales para los diversos tramos de la nueva autopista proyectada.

Encuestas de preferencias de uso de autopista

Existen varios factores que determinan la conveniencia o no conveniencia para los conductores de utilizar algún(os) tramo(s) de autopista, como son el tiempo, la distancia y el costo, enunciados anteriormente, sin embargo, existen otros que pueden determinar el uso o desuso de algún tramo del proyecto.

De acuerdo con lo anterior, en vez de simular la decisión de los posibles usuarios en cuanto al uso de algún tramo, en paralelo a la encuesta de origen y destino se plantean a los posibles usuarios una serie de preguntas sobre su preferencia de uso de algunos tramos de la autopista proyectada.

Las preguntas tratarán en primer lugar de discriminar si el entrevistado usaría o no usaría la autopista proyectada en el caso de que ésta existiese y, en segundo término, cuales serían los tramos que usaría.

VARIABLES BÁSICAS DEL CUESTIONARIO DE LA ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FINALIDAD
1. Tipo y edad del vehículo	<ul style="list-style-type: none"> • Motocicleta • Automóvil • Camioneta • Autobús • Camión 	<ul style="list-style-type: none"> - Composición - Costos de Operación - Costos de mantenimiento

3. Asignación y pronóstico de tránsito

2. Propiedad	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Servicio Privado ◆ Servicio Público 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de operación - Ahorros de tiempo de viaje
3. Motivo del viaje (Incluye pasajeros)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Trabajo ◆ Recreación 	- Ahorros de tiempo de viaje
4. Ocupación principal	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Calificado ◆ No calificado 	- Ingreso promedio
5. Origen y destino del viaje	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Salida ◆ Parada ◆ Llegada ◆ Tiempo ◆ Velocidad promedio del recorrido 	<ul style="list-style-type: none"> - Pronóstico de demanda - Costos de operación - Ahorros de tiempo de viaje
6. Personal de conducción	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sólo servicio público ◆ Chofer y Ayudantes 	- Costos de operación
7. Pasajeros	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Excluyendo personal de conducción 	<ul style="list-style-type: none"> - Pronóstico de demanda - Ahorros de tiempo de viaje
8. Carga transportada	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tipo ◆ Peso 	<ul style="list-style-type: none"> - Pronóstico de demanda - Costos de operación - Beneficios tránsito adicional

Para conocer las características operacionales que se presentan en las diferentes rutas alternativas, que tienen los usuarios potenciales a la futura autopista, se efectuarán tiempos de recorrido en las carreteras de la zona por medio del método del "vehículo flotante".

El objetivo de realizar los tiempos de recorrido, es el de estimar los tiempos de viaje en cada uno de los tramos o arcos de cada una de las carreteras dentro del área de influencia a la nueva autopista y de esta manera conocer los ahorros operacionales que se pueden ofrecer a los usuarios potenciales.

Encuestas de disponibilidad al pago de cuotas

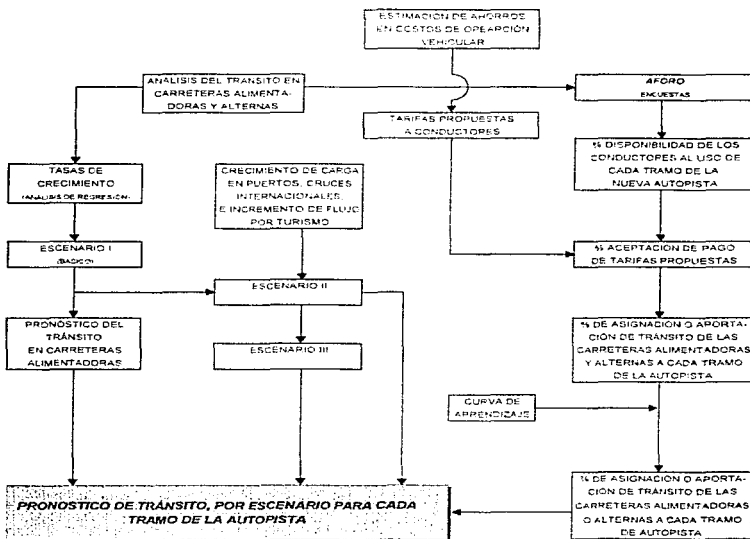
Por otra parte, las respuestas obtenidas sobre la disponibilidad al pago de diferentes niveles de tarifas permitirán estimar curvas sobre la fracción de usuarios potenciales (por tipo de vehículo) que estarían dispuestos a pagar determinada tarifa por kilómetro o por tramo de autopista. Las preguntas deberán de estar encaminadas a saber Cuanto pagaría por el uso de la carretera, si estaría

3. Asignación y pronóstico de tránsito

dispuesto a pagar cierta cantidad y hasta cuanto estaría dispuesto a pagar por el uso de esta nueva vía, estas preguntas se deben de graficar para poder estimar el comportamiento del usuario potencial.

Asimismo, de tales curvas se podrá derivar de manera aproximada la elasticidad del tránsito a las tarifas, esto es de gran utilidad cuando se desea saber cual será el tránsito asignado a diferentes niveles de tarifa. (tránsito vs tarifa)

METODOLOGÍA DE ASIGNACIÓN Y PRONÓSTICO DE TRÁNSITO



RESULTADO DE LA ENCUESTA EN CADA ESTACION AFORADA

TIPO	COMP. (%)	USARÍA LA AUTOPISTA ?					DISPOSICIÓN AL PAGO DE CUOTA					ACEPTACIÓN DE USO POR TRAMO DE LA AUTOPISTA							
		SI	NO	N/S	N/R	SUMA	SI	NO	N/S	N/R	SUMA	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	N/S	SUMA
AUTO Y PICK UP	53.9%	72	877	0	0	752	64	7	0	1	72	56	57	64	63	14	0	0	311
AUTOCARRS	2.9%	3	15	2	1	74	0	0	0	3	3	3	3	3	3	1	0	18	
CAMIÓN 2 Ejes	12.0%	13	123	0	0	122	11	2	0	13	11	11	11	11	11	4	0	59	
CAMIÓN 3 Ejes	1.0%	1	17	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	6	
CAMIÓN 4 Ejes	0.0%	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CAMIÓN 5 Ejes	6.0%	7	4	0	0	2	1	0	0	7	6	6	6	6	6	2	0	32	
CAMIÓN 6 Ejes	6.8%	7	17	1	0	2	3	0	0	7	4	4	4	4	4	0	0	20	
CAMIÓN 7 Ejes	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CAMIÓN 8 Ejes	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CAMIÓN 9 Ejes	0.0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SUMA	100.0%	103	918	6	1	1023	82	13	0	1	103	75	82	89	88	22	0	444	
PARTICIPACIÓN		10.01%	83.71%	0.58%	0.10%	100.00%	89.41%	12.62%	0.00%	0.97%	100.00%	81.27%	82.13%	100.00%	90.88%	50.00%	24.72%	0.00%	

105 Avenida New York

T1 Tramo 1

T2 Tramo 2

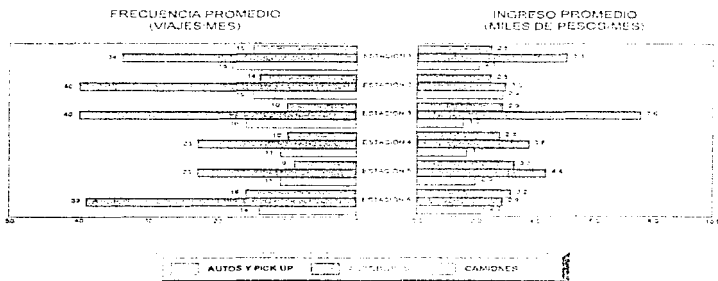
T3 Tramo 3

T4 Tramo 4

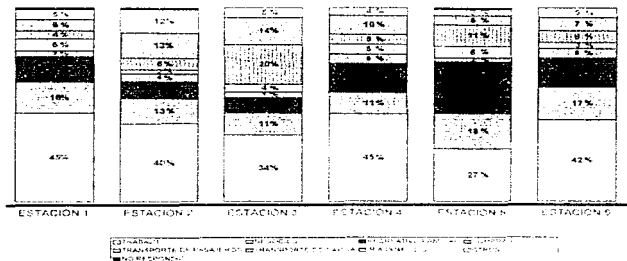
T5 Tramo 5

T6 Tramo 6

FRECUENCIA E INGRESOS PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES ENCUESTADOS (POR ESTACION)



PROPOSITO DE VIAJE DE LOS CONDUCTORES ENCUESTADOS POR ESTACION

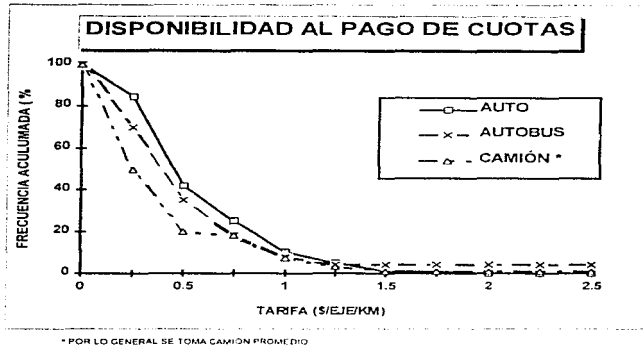


En lugar de modelar la posible decisión de uso de un tramo en función de la tarifa y de los posibles ahorros que se obtendrían, se cuestiona directamente al usuario potencial.

Una vez discriminada la posibilidad al uso de la autopista, se cuestiona al usuario sobre su disponibilidad al pago de cuotas o tarifas. Las preguntas pueden ser orientadas a saber si aceptaría pagar una cantidad predeterminada, por tipo de vehículo, para un tramo determinado, o bien, a cuestionarlo sobre la cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar.

Nivel de tarifas y elasticidad tránsito-tarifa a partir de encuestas

El concepto de elasticidad tránsito-tarifa involucra la relación obtenida entre el cambio porcentual del tránsito a consecuencia de un cambio porcentual en la tarifa. Tradicionalmente este concepto está orientado a la medición de dicha relación como respuesta a cambios históricos en los niveles de tarifas en autopistas existentes. Sin embargo, también puede relacionarse con la distribución (acumulativa) de las respuestas de los posibles usuarios del proyecto ante la magnitud de la tarifa propuesta expresada en \$/vehículo-km, o para efectos comparativos en \$/eje-km. La Figura adjunta trata de ilustrar tal fenómeno.



Es conveniente mencionar que la distribución antes indicada es el reflejo de la disponibilidad práctica de los usuarios al pago de un cierto nivel de tarifas con un cierto reflejo de los niveles existentes en otras autopistas, más que el resultado de un ejercicio de estimación, por parte de los usuarios, de los posibles ahorros monetarios derivados del uso de la autopista.

El ejercicio de determinación de la elasticidad tránsito-tarifa permite asimismo derivar el nivel óptimo de las mismas ya que existirá un nivel óptimo que maximice el producto del tránsito por tarifa (ingresos). Es posible demostrar que tal óptimo ocurre para aquel nivel de tarifas en el cual la elasticidad es igual en valor absoluto a la unidad.

3.3.3. Modelos de pronóstico

Una vez asignado el tránsito base o de partida al proyecto, se requerirá estimar su evolución futura en el tiempo. Para el efecto, es posible recurrir a varios modelos de carácter estadístico, que normalmente tratarán de establecer dicho tránsito en función del tránsito de carreteras alimentadoras de tránsito paralelo al proyecto, de las cuales se desviará tránsito hacia la nueva carretera. A su vez los tránsitos de las carreteras alimentadoras habrán de ser pronosticados.

Otra manera consiste en suponer que dicho tránsito se comportará como parte de una serie de tiempo a la cual es factible ajustar una curva de regresión Tránsito versus Tiempo.

También es factible relacionar la evolución pasada de los aforos de tránsito con la evolución de variables de tipo económico como el Producto Interno Bruto (PIB) o de la zona de influencia del proyecto.

El aforo Base o de partida

En ambas metodologías de pronóstico, el punto de partida de los pronósticos de tránsito gira en torno a los aforos del año base. Estos aforos son normalmente realizados en campo a la fecha del estudio de asignación para propósitos de certificación de la base a partir de la cual el tránsito de la autopista proyecto es proyectado o pronosticado a futuro. Típicamente, los aforos cubren las 24 horas del día durante un periodo de 4 días por semana.

Normalmente, los aforos deben realizarse sobre puntos seleccionados de las vías existentes sobre la red en estudio, o sobre las vías de las cuales se pretende que el tránsito se desvíe hacia la nueva autopista.

Estos aforos son un aspecto muy importante, ya que la sensibilidad del pronóstico de tránsito en el tiempo del proyecto es directamente proporcional a estos aforos base.

Tasa de incremento anual del tránsito

Tomando como base los antecedentes históricos del TDPA, que se obtienen de los datos viales que edita la SCT, se procede a calcular las tasas de incremento anual o crecimiento normal del tránsito de largo itinerario, aplicando la Ecuación para una recta ajustada por el método de los mínimos cuadrados, cuya fórmula es:

$$V = a_0 + a_1 A$$

En donde:

V = TDPA

a_0 = Ordenada al origen

a_1 = Pendiente de la recta

A = Número de años

$$a_0 = \frac{[(\sum V)(\sum A_2)] - [(\sum A)(\sum AV)]}{N(\sum A) - (\sum A)^2}$$

$$a_1 = \frac{N(\sum AV) - [(\sum A)(\sum V)]}{N(\sum A_2) - (\sum A)^2}$$

$$i = \frac{N(\sum a_1)}{\sum V[(a_1)(\sum A)]}$$

N = Número total de datos

i = Tasa de incremento anual

Asignación de tránsito

Para el análisis se consideran dos métodos para la asignación del tránsito que circulará por la nueva autopista, el primero llamado *VALOR OPTIMISTA* y el segundo *VALOR REAL*.

Para determinar el volumen de tránsito factible de utilizar la nueva autopista en forma optimista se aplica, a partir del volumen potencial de la demanda obtenida de los resultados de los estudios de Origen y Destino, aforos y la encuesta realizada, aplicando el porcentaje de utilización que se obtenga al TDPA atraído, para lo cual se utiliza el método propuesto por la AASHTO:

$$P = \frac{1}{1 + T 6}$$

En donde:

P = Porcentaje de tránsito que utilizaría la autopista, a partir de un volumen de demanda, o bien con respecto al volumen de tránsito que utiliza una ruta alterna de largo itinerario.

T = relación del tiempo de recorrido estimado para la autopista, entre el tiempo total por la ruta alterna actual

Aplicando el factor obtenido por el método AASHTO, a los flujos de tránsito atraído en forma potencial en valor absoluto, se obtienen los *FLUJOS ASIGNABLES EN VALORES OPTIMISTAS*.

Para determinar el volumen real de tránsito factible de utilizar la nueva vía, se procede a agrupar los diferentes valores obtenidos para: tránsito atraído, tránsito inducido, tránsito generado y el tránsito de desarrollo, por medio de la siguiente expresión:

$$T_{as} = T_{at} + T_{in} + T_{ge} + T_{de}$$

En donde:

T_{as} = Tránsito asignado

T_{at} = Tránsito atraído

T_{in} = Tránsito inducido

T_{ge} = Tránsito generado

T_{de} = Tránsito de desarrollo

con lo que se obtienen los *FLUJOS ASIGNABLES EN VALOR REAL* para cada tramo de la autopista y para cada tipo de vehículos.

Series de tiempo

Una vez asignado tránsito al proyecto para el año de partida o año base, conforme a los aforos realizados de fecha reciente, la proyección a futuro puede realizarse bajo diferentes puntos de vista:

- Con relación a la tasa promedio histórica de crecimiento del tránsito en las carreteras circunvecinas al proyecto, incluyendo las carreteras alimentadoras del proyecto.
- Haciendo crecer el tránsito de las carreteras alimentadoras conforme a su tendencia histórica y desviando el tránsito de éstas hacia el proyecto.

- Ajustar curvas de regresión tránsito versus tiempo para las carreteras alimentadoras y utilizando éstas para las proyecciones a futuro.
- Encontrando alguna correlación del tránsito con una o más variables macroeconómicas para las cuales se disponga de proyecciones a futuro.

Tasas de crecimiento típicas. En el medio mexicano, normalmente las tasas medias de crecimiento del tránsito en las carreteras alimentadoras se encuentran alrededor del 3% anual (para 1996 se estima del orden del 1%).

Modelos de correlación tránsito versus variables económicas (Elasticidad Tránsito-PIB)

Otra manera de pronosticar la evolución del tránsito futuro de una carretera o autopista proyectada lo constituye el uso de modelos económicos en los cuales la variable explicada la constituye el tránsito y las variables explicativas son variables económicas como el Producto Interno Bruto, población, valor de la producción, importaciones, exportaciones, etc.

En todos los casos se estaría substituyendo la proyección en el tiempo de la variable explicada por la proyección de las variables explicativas. La hipótesis subyacente es que la proyección de las variables explicativas ha sido realizada previamente o que resulta menos difícil de realizar que la proyección de la variable explicada.

Con el fin de contar con una mayor cantidad de elementos o parámetros que intervienen en la determinación de los pronósticos vehiculares y en particular en lo que se refiere a:

- ◆ Tránsito Atraído
- ◆ Tránsito Inducido
- ◆ Tránsito Generado

◆ **Tránsito de Desarrollo**

En la zona de influencia se investiga y analizan las variables estadísticas a nivel regional y especialmente las tendencias de crecimiento:

- a) Población Total, que por su comportamiento tiene una mayor influencia sobre los flujos vehiculares potenciales y en particular se analizan las tendencias de crecimiento de la población total de la zona de influencia.
- b) Población Económicamente Activa (PAE), tanto del país como de la zona de influencia analizando su crecimiento a futuro.
- c) Parque vehicular o Vehículos registrados, se analiza la tendencia de crecimiento y combinada con la tendencia de crecimiento de la PEA, se hará intervenir como parámetro para determinar el tránsito generado.
- d) Venta de vehículos Automotores, se toman y analizan por tipo de vehículo y se harán intervenir como parámetro, para determinar el tránsito por desarrollo.

Estos valores absolutos o porcentuales, así como su desarrollo histórico se obtienen del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI.

Tránsito Atraído

El cual es el componente principal que se aplique a la asignación del tránsito para la nueva autopista, y es el resultado del desvío de la demanda potencial del tránsito, por la fuerza "atracción" por la construcción de esta ruta.

Tránsito Inducido

Corresponde a la parte diferencial del volumen potencial que puede cambiar su itinerario para circular o transitar por la nueva vía. Para determinar el tránsito inducido se hará intervenir el factor que resulte del ahorro del tiempo y la distancia.

Tránsito Generado

Es el volumen que se origina por la construcción de la nueva ruta. Para la determinación de este volumen y dado que el desarrollo de la zona influirá en forma directa, se combinará los índices obtenidos por la Población Económicamente Activa (PEA) más el de las ventas de vehículos automotores, que en sí, indican los parámetros de medición económica o desarrollo.

Tránsito de Desarrollo

Es el volumen que se origina por los incrementos o desarrollos poblacionales y el parque automotor. Para determinar este volumen y dado que el desarrollo de la zona o población influirá en forma directa, se toma el incremento nacional de los vehículos automotores registrados.

Para los casos en que se ha tratado de correlacionar el tránsito histórico de algunas carreteras que forman parte de segmentos de grandes corredores relacionados con la economía nacional como el Producto Interno Bruto Nacional, se han obtenido buenas correlaciones.

En otras ocasiones se obtienen buenas correlaciones cuando se ha incorporado la variable poblacional de los estados de influencia de la red carretera en estudio. En algunos casos la variable explicativa la constituye el Producto Interno de los Estados que se encuentran en la zona de influencia del proyecto.

Prácticamente en todos los casos en que se logra una buena correlación entre tránsito y el PIB, los resultados han indicado que la elasticidad del tránsito versus PIB es mayor a la unidad, es decir, a un cambio porcentual dado en la economía se sigue un cambio porcentual mayor en el tránsito.

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 4

Evaluación de la factibilidad del proyecto

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

Siendo considerado el proyecto de una nueva autopista como un proyecto de inversión, deberá ser sometido a las evaluaciones de factibilidad correspondientes: técnica, económica y financiera conforme al nivel de desarrollo del proyecto (ideal, gran visión, prefactibilidad y factibilidad).

4.1. Evaluación técnica

Este tipo de evaluación está más relacionada con la ingeniería civil del proyecto y en general, casi siempre será técnicamente factible un proyecto. La dificultades de solución de los problemas técnicos traerán aparejados mayores costos de inversión y posiblemente de operación.

4.2. Evaluación económica y financiera

Evaluación económica

La evaluación económica permite determinar cuantitativamente los beneficios económicos que obtiene el país y la sociedad, por concepto de reducción en los costos de operación de los vehículos y por ahorros en tiempos de recorrido, así como cualitativamente el beneficio atribuible a la generación de empleos en la construcción, operación y conservación de nuevas carreteras; al reactivamiento de la industria de la construcción; a la disminución del número de accidentes que representan pérdidas humanas y económicas; a la comodidad y confort de los usuarios al tener paraderos y áreas de servicio, entre otras muchas de las ventajas que ofrecen los caminos de cuota.

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

Una de las condiciones necesarias para la materialización de una autopista de cuota es la presencia de una ruta alterna existente, es decir, un usuario debe tener la libertad de elegir entre circular por una vía de libre paso o una de cuota, desde un origen y hacia un destino, según sea su libre conveniencia.

Dentro de la evaluación económica, es importante destacar que se miden sólo los beneficios que se apropia la sociedad a través de los usuarios de las carreteras de cuota, pues éstos tienen, como ya se dijo anteriormente, significativos ahorros en el consumo de energéticos, en los costos de operación de sus vehículos, en la mejor utilización de sus equipos de transporte y en el tiempo en que realizan los recorridos.

La identificación de nuevos tramos carreteros susceptibles de incorporarse a la red de autopistas de cuota, se realiza en función de la demanda de tránsito, determinando aquellos puntos de la red carretera troncal, donde la oferta de infraestructura es o se prevé insuficiente para la demanda actual y potencial, y donde las tendencias de crecimiento indican la necesidad de construir nuevas obras.

En función de los indicadores económicos, en particular con la de relación Beneficio/Costo (B/C), se lleva a cabo la jerarquización del proyecto.

Toda evaluación económica de un proyecto de infraestructura carretera se basa en la comparación de los costos, tasables en unidades monetarias, en que incurriría la nación o el particular de presentarse dos situaciones: Una donde se mantiene el estado actual de la infraestructura (situación sin proyecto) y otra que considera lo que ocurriría si el proyecto se pusiese en servicio (situación con proyecto), por tanto resulta fundamental identificar con claridad cada una de ellas.

Ambas situaciones implican diversas relaciones entre la oferta y la demanda de la infraestructura, en la situación sin proyecto, la oferta está restringida por las instalaciones existentes, mientras que en la otra se contemplan modificaciones a las instalaciones existentes y/o obra nueva; de ahí que un primer paso en la evaluación esté constituido por el análisis de la oferta.

Para cada alternativa se consideran los gastos y los costos de operación de los usuarios, así como los beneficios del incremento de capacidad vial que se refleja

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

en una mayor velocidad de operación, menores tiempos de recorrido y ahorros en costos de operación. dentro de los beneficios se incluye la disminución en el sobre costo de operación debido al estado superficial de la carretera.

Una segunda fase consiste en la estimación del tráfico potencial y de la posible evolución del mismo. Dado que las características de evolución de la demanda y la demanda misma están condicionadas por la oferta disponible, es necesario efectuar consideraciones sobre la interacción de estos dos aspectos.

Como se acaba de mencionar, la evaluación consiste en una comparación de costos, se considera como costo todo aquel consumo real de recursos físicos derivados del uso de la infraestructura. En el costeo se involucran básicamente la inversión en obra física construcción y su mantenimiento, así como el costo de la operación de los vehículos que circulan sobre ella y el tiempo empleado por los usuarios. Es posible considerar otros costos exógenos como accidentes, ruido, degradación del medio ambiente, etcétera, pero en su cuantificación hay poco acuerdo.

La estimación de los costos de construcción de la nueva autopista se realiza considerando las cantidades de obra y los precios unitarios actuales, como su proyección en el momento de iniciar los trabajos, donde se indica los costos para cada uno de los conceptos realizados terracerías, obras de drenaje, pavimentos, estructuras, y señalamiento, etc.

Dicho análisis se realiza para un horizonte de planeación de 20 a 30 años de pendiente del plazo de la concesión y considerando las curvas de deterioro asociadas con la política de conservación que se halla elegido.

En seguida se restan los costos asociados a la situación con proyecto de los correspondientes a la situación sin proyecto. Este diferencial de costos se considera como el beneficio atribuible al proyecto; por lo general se calcula de manera unitaria y al multiplicarlo por el número total de usuarios previstos se llega al BENEFICIO total generado por el proyecto.

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

Los indicadores de rentabilidad económica se actualizan para cada año de acuerdo a la tasa de inflación y su proyección a futuro, dicha información es obtenida del Banco de México.

Con estos indicadores aplicados a los costos de operación de la nueva ruta obtenemos los costos de operación para cada año y restándolos a los costos de operación que tiene la ruta alterna obtenemos los ahorros que tendrá el usuario por tipo de vehículo, los cuales se expresan en (\$/km).

En donde el costo de operación base se define como el costo de operación por kilómetro de un vehículo que transita sobre una carretera recta y plana; ésto es, con curvatura y pendiente iguales a cero, con pavimento en muy buenas condiciones (Índice Internacional de Rugosidad igual a 2 m/km, Índice de servicio igual a 4.5). Dicho costo se calcula como la suma de los productos de los diferentes consumos del vehículo en un kilómetro de recorrido, por sus respectivos costos unitarios.

Con el uso de este concepto, bastará actualizar los costos periódicamente, utilizando precios promedio nacionales de los vehículos y consumos para actualizar el costo de operación. Multiplicado por el factor leído en las gráficas correspondientes, se obtendrá el costo de operación buscado.

Los consumos que se toman en cuenta por tipo de vehículo por cada 1.000 km son:

- A) Consumo de combustible (litros)
- B) Uso de lubricantes (litros)
- C) Consumo de llantas (No. de llantas nuevas equivalentes)
- D) Tiempo de operación "operador" (horas)
- E) Mano de obra de mantenimiento (horas)
- F) Refacciones (% precio vehículo nuevo)
- G) Depreciación (% precio vehículo nuevo)

H) Interés por la compra del vehículo a crédito (% precio vehículo nuevo)

Costos Unitarios (\$):

- a) Precio del vehículo nuevo (\$)
- b) Costo del combustible (\$/litro)
- c) Costo de lubricantes (\$/litro)
- d) Costo de llanta nueva (\$/llanta)
- e) Tiempo de operación (\$/hora)
- f) Mano de obra de mantenimiento (\$/hora)
- g) Tasa de interés anual (%)
- h) Costos indirectos por vehículo-km (\$)

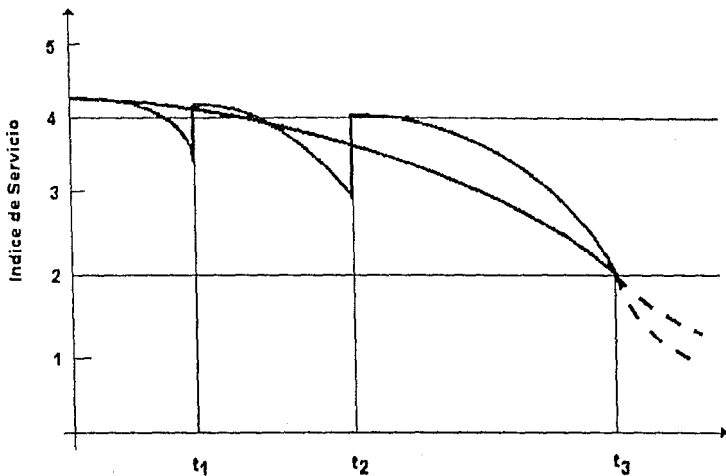
En donde el Costo de Operación base será:

$$\text{COB} = \text{A}^*b + \text{B}^*c + \text{C}^*d + \text{D}^*e + \text{E}^*f + \text{F}^*a + \text{G}^*a + \text{H}^*a^*g + 1,000^*h$$

Para obtener los beneficios por política de conservación en el nuevo trazo se usan las gráficas que elabora el Instituto Mexicano del Transporte, las cuales dependen de la pendiente gobernadora y del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) o del índice de Servicio. La determina los plazos a los que se programen las diferentes acciones se hace con base en el establecimiento de una curva de deterioro del pavimento en cada sección de la autopista.

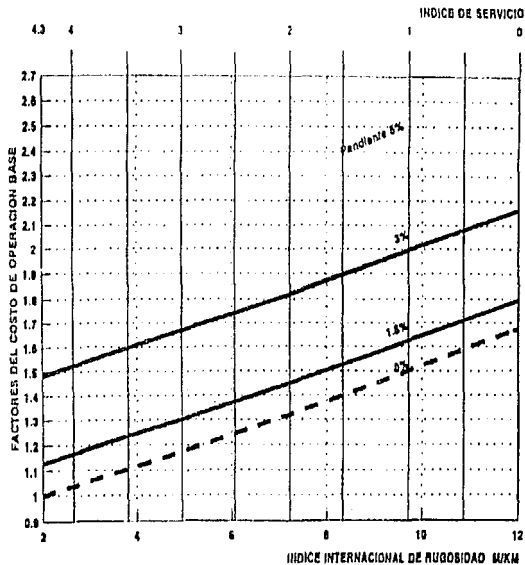
Los beneficios derivados de la puesta en operación de un proyecto se derivan de dos fuentes: ahorros por menores costos de operación de los vehículos y ahorros por menores tiempos de recorrido para los usuarios, los costos inherentes al proyecto, por su parte, son la inversión inicial y los costos programados para su futuro mantenimiento.

COMPORTAMIENTO DE UN TRAMO ANTE ACCIONES ALTERNAS DE CONSERVACIÓN



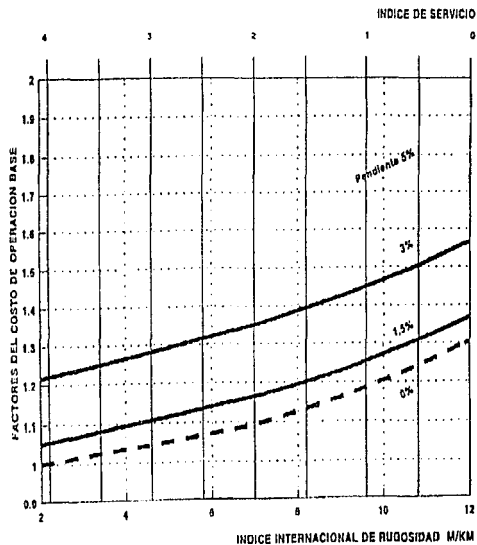
COSTO DE OPERACION vs ESTADO SUPERFICIAL

CAMION ARTICULADO



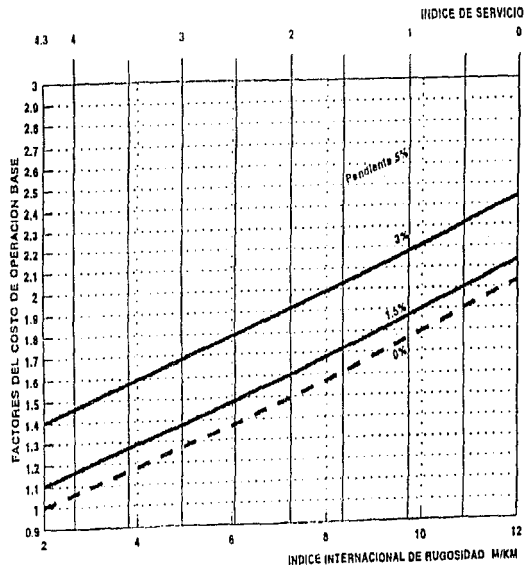
COSTO DE OPERACION vs ESTADO SUPERFICIAL

AUTOBUS FORANEO



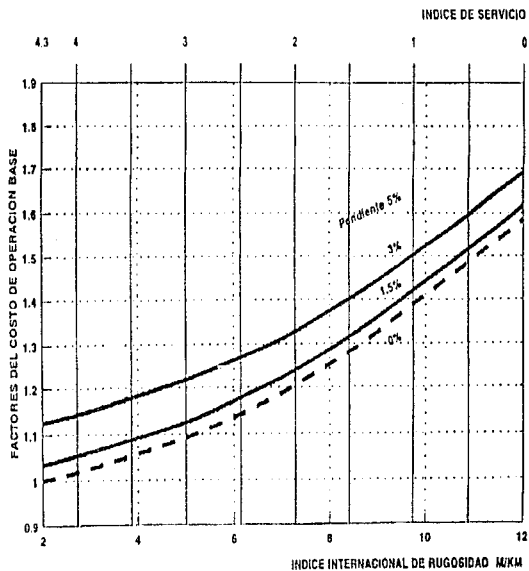
COSTO DE OPERACION vs ESTADO SUPERFICIAL

CAMION 2 EJES



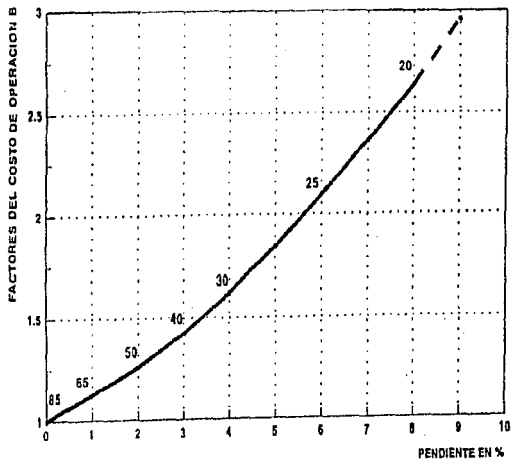
COSTO DE OPERACION vs ESTADO SUPERFICIAL

AUTOMOVIL



COSTO DE OPERACION vs PENDIENTE

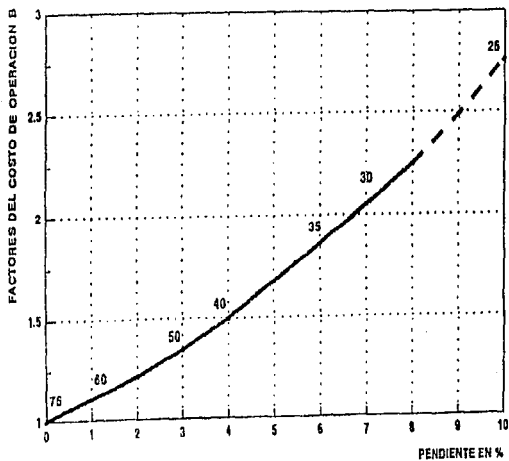
CAMION ARTICULADO



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora.

COSTO DE OPERACION vs PENDIENTE

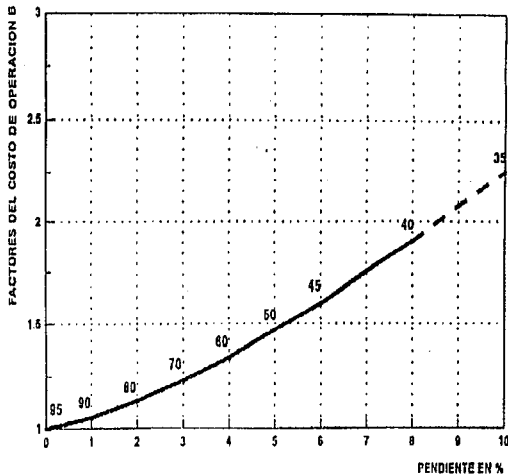
CAMION 2 EJES



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora.

COSTO DE OPERACION vs PENDIENTE

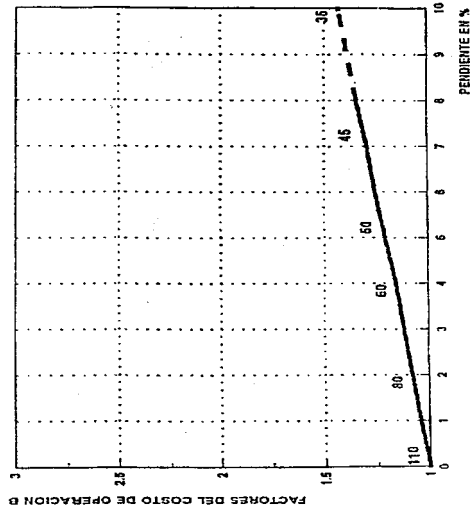
AUTOBUS FORANEO



Los números anotados junto a la curva indican las velocidades típicas de operación en kilómetros por hora.

COSTO DE OPERACION vs PENDIENTE

AUTOMOVIL



Los números asociados junto a la línea punteada indican el costo de operación en dólares por hora.

Los efectos del proyecto se manifiestan a lo largo de su vida útil, lo cual da lugar a un flujo de costos y beneficios con diferentes valores en el tiempo. Para hacer comparable esta cadena, es necesario emplear una tasa de actualización que

refleje las preferencias por el consumo inmediato o diferido. La rentabilidad del proyecto se mide a través de diversos indicadores, como son: El Valor Presente Neto, La Tasa Interna de Retorno y La Relación Beneficio/Costo.

En donde la Tasa Interna de Retorno (TIR), indica la velocidad de recuperación de la inversión y el Valor Presente Neto, indica la magnitud real del beneficio siendo esta una tasa de descuento de la inflación.

La necesidad de evaluar este tipo de proyectos desde el punto de vista económico y financiero radica en que pueden existir proyectos que en la relación Costo/Beneficio favorezca la participación del sector público o privado de acuerdo al análisis de estos dos factores.

ÁREA DE PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO DE ACUERDO CON EL BENEFICIO/COSTO

		ECONÓMICO	
		NEGATIVO	POSITIVO
FINANCIERO	NEGATIVO	<p>B=C</p> <p>No debe de llevarse a cabo el proyecto ni por el sector público ni por el privado</p>	<p>Se justifica la participación del sector público</p>
	Positivo	<p>El proyecto debe de realizarse por el sector privado</p>	<p>El proyecto puede ser realizado en conjunto por los dos sectores</p>

Evaluación financiera

La factibilidad financiera tiene como objetivo precisar el rendimiento y la recuperación del capital invertido.

Es decir, deberá entenderse por financiamiento, el total de los recursos requeridos para llevar a cabo las inversiones. En general el financiamiento puede ser crediticio cuando proviene de una institución financiera; con recursos propios cuando la fuente es una aportación del promotor (en este caso el Gobierno Federal) o nuevas suscripciones de capital (aportación de las empresas constructoras).

Una vez realizada la evaluación económica y a la luz de los resultados obtenidos, se lleva a cabo la evaluación financiera si es que la obra resulto ser rentable. El propósito de los análisis de factibilidad financiera, es el de precisar cual será el rendimiento monetario y la recuperación del capital invertido en las obras, a través de la captación de recursos por medio del cobro de cuotas.

En el análisis de factibilidad financiera es necesario determinar tres variables básicas que son: El tránsito que circulará por la nueva obra, los niveles de cuota autorizados y el monto de la inversión. La primera variable se obtiene de los estudios de Origen y Destino y Datos Viales publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos; el nivel de cuotas a cobrar se obtiene de un promedio general de las tarifas por kilómetro, de toda la red operada por Capufe. La tercera variable o sea el costo de construcción, se calcula en algunos casos con base en costos medios por kilómetro en diferentes tipos de terreno, en base de proyectos ya elaborados y que actualmente se encuentran en proceso de construcción.

Esta evaluación somete al proyecto a un mayor número de pruebas respecto a la conveniencia del mismo desde el punto de vista de un inversionista privado. Así, esta evaluación puede ser realizada desde el punto de vista del proyecto por sí mismo, o bien, desde el punto de vista de los inversionistas. Para lo cual es necesario contar con la siguiente información:

- ◆ Monto del crédito.
- ◆ Periodo de disposiciones.
- ◆ Plazo de recuperación.
- ◆ Tasas de interés.
- ◆ Tasa de rendimiento.

Para evaluar el proyecto se debe tomar en cuenta:

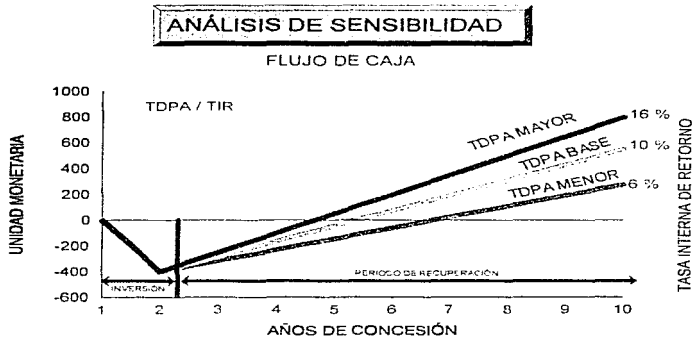
- ◆ Inflación.
- ◆ Seguros.
- ◆ Servicios.
- ◆ Flujo vehicular.
- ◆ Tarifas de peaje.
- ◆ Programa de obra.
- ◆ Comisiones y gastos financieros
- ◆ Honorarios de supervisión y control de calidad
- ◆ Tasa de crecimiento vehicular
- ◆ Administración del proyecto
- ◆ Costos de mantenimiento
- ◆ Impuesto sobre la renta
- ◆ Composición vehicular
- ◆ Presupuesto de obra.

Con todas estas premisas se elabora un análisis "corrida financiera" que determinará tanto importes como plazos y finalmente el periodo en el que se mantendrá la concesión asegurando la recuperación del capital invertido.

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

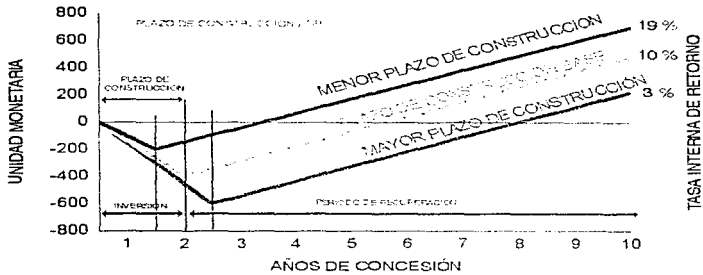
Los costos están dados por los costos de inversión, de operación y de mantenimiento, cuantificados a precios de mercado, incluyendo los gastos financieros y de impuestos, así como las posibles depreciaciones.

Los ingresos del proyecto se derivarán de los pagos de cuotas por los usuarios de los diferentes tramos de la autopista proyectada.



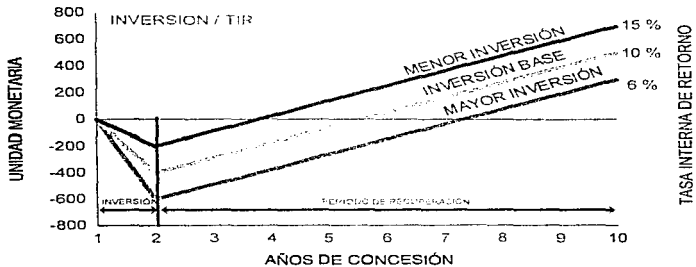
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

FLUJO DE CAJA



ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

FLUJO DE CAJA



La obtención del Valor Presente Neto (VPN) se define como la cantidad que un inversionista podría pagar por una inversión a futuro de acuerdo con el interés pactado con los bancos y se obtiene de la siguiente manera:

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{FE_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

I_0 = Inversión Inicial

FE_t = Flujo de efectivo en el periodo t o inversión final

r = Costo del dinero, tasa de interés

t = Número de años de la inversión

$1 / (1+r)$ = Factor de valor presente

La Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual se define como la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto sea igual a cero, para estos momentos el valor del TIR = 25.0 % en proyectos de este tipo según el Banco Mundial con lo cual se garantiza la recuperación del capital en un periodo de 20 años.

La formula empleada es:

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{FE_t}{(1+r)^t} = 0$$

que sustituyendo los valores tenemos:

$$((FE_t - I_0)^t) - 1 = r$$

Donde:

r = Tasa Interna de Retorno, TIR

4.2.1. Fuentes de financiamiento y de recuperación

El establecimiento de un crédito para la realización de un proyecto de estas características tarda en madurar de 3 a 6 meses o más y el avance de la obra requiere de créditos puente del propio concesionario del constructor o de la banca comercial. Los instrumentos usados dependen del riesgo y del plazo de la concesión.

Participación de gobiernos federal y estatal

Los gobiernos federal y estatal en el pasado contaban con recursos propios para el financiamiento de los proyectos carreteros. Hoy en día tal capacidad se ha visto reducida; sin embargo, existen esquemas en los cuales el gobierno federal aporta recursos parcialmente a fondo perdido y los estados cubren los costos de operación, así como esquemas en los cuales los gobiernos aportan capital de riesgo.

Participación de inversionistas privados

Este es un esquema favorecido en el caso del concesionamiento de los proyectos carreteros. Sin embargo, los inversionistas privados han de recurrir a los mercados financieros nacionales e internacionales para obtener recursos de capital mediante la emisión de bonos o de papel comercial.

Banca de desarrollo

Esta permite el financiamiento de los proyectos con recursos financieros de bajo costo, a cambio del aval de los gobiernos federal y estatales, y de la consideración de que el proyecto presente una rentabilidad económica mayor o igual a la

establecida por la banca de desarrollo. Usualmente la tasa interna de retorno (TIR) deberá superar al 12 por ciento anual. Estimado por Banobras y el Banco Mundial.

Banca comercial

Al igual que para los otros agentes financieros, los recursos de este sector pueden ser obtenidos siempre y cuando el proyecto presente indicadores de rentabilidad atractivos a la banca comercial y que los riesgos de fracaso del proyecto sean mínimos. Sin embargo, las tasas de interés a las cuales los recursos son superiores a las de la banca de desarrollo y los plazos a que son obtenidos los recursos son menores.

4.3. Impacto al medio ambiente

El desarrollo socioeconómico de México en los últimos años trajo consigo la construcción de gran cantidad de obras de infraestructura, tales como carreteras. El impacto de estas obras sobre el ambiente y en el deterioro de las condiciones ecológicas, constituyen un problema que se ha tornado crítico, de tal modo que indujo al Ejecutivo Federal a emitir la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**, publicada en el Diario Oficial el 28 de enero de 1988. Esta Ley contiene seis Títulos denominados Disposiciones Generales, Áreas Naturales Protegidas, Aprovechamiento Racional de los Elementos Naturales, Protección al Ambiente, Protección Social, Medidas de Control y de Seguridad, y Sanciones.

Como complemento a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, con fecha 17 de junio de 1988 se publicó en el Diario Oficial su Reglamentación, el cual entró en vigor al día siguiente de su publicación.

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

En atención al efecto adverso que pueden producir en el ambiente la construcción, puesta en servicio, operación y conservación de este tipo de obras, se deberán adoptar las medidas más adecuadas para la prevención y/o atenuación de sus impactos ambientales.

El ordenamiento jurídico aplicable en la planeación, construcción, operación y mantenimiento de autopistas es la siguiente:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, aplicable a cada una de las obras de tipo Federal, Estatal o municipal que ocasionen en mayor o menor medida afectaciones al ambiente, como es el caso de las obras de infraestructura del transporte.
- Reglamento de esta Ley aplicable a las obras que por sus características propias requieren de la evaluación de los impactos que éstas ocasionen al ambiente en sus diferentes etapas.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988, aplicable en el control de las emisiones atmosféricas como son los polvos, las partículas y los gases originados por las actividades de construcción.
- Reglamento para la Protección al Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión del Ruido, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de diciembre de 1982, aplicable en el control de las emisiones de ruido generadas por las actividades de preparación del sitio y construcción, como son el movimiento de vehículos y maquinaria pesada, las detonaciones, etc.
- Reglamento de la Ley Forestal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de julio aplicable en las actividades relacionadas con el

desmonte, despalme y explotación de bancos de materiales, en donde puede originarse la pérdida de especies maderables.

- Reglamento de Parques Nacionales e Internacionales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 1942, tiene aplicación en el proceso de selección del sitio, por la posibilidad de efectuar directamente o indirectamente en estas áreas actividades propias de la obra.

Dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su Título 1.01 Generalidades, Capítulo 1.01.001 marca las definiciones generales a las que se debe someterse:

Ecología. Es la ciencia que trata de las relaciones entre los seres vivos y su ambiente.

Ambiente. Es el Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Contaminación. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante. Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique desfavorablemente su composición y condición natural.

Criterios ecológicos. Los lineamientos destinados a preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente.

Ecosistema. La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente en un espacio y tiempo determinados.

Elemento natural. Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinados, sin la inducción del hombre.

Impacto ambiental. Modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza.

Manifestación del Impacto Ambiental. Documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, los efectos benéficos o adversos, significativos o potenciales que se producirán por la interrelación de las actividades de una obra, en sus diferentes etapas y de los componentes del ambiente, así como de las medidas para evitar estos efectos, controlarlos o atenuarlos, en caso de que sean negativos.

Prevención. El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

Protección. El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir o controlar su deterioro.

Restauración. Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y establecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

Obra. Es la construcción, instalación, conservación, reparación, mantenimiento o demolición de lo considerado en un proyecto. el éxito o fracaso de obras de infraestructura. dependen de la correcta elaboración de su correspondiente proyecto. Toda obra, deberá cumplir con la normatividad ecológica vigente.

Etapas de la obra, se pueden considerar en toda obra las etapas que se describen a continuación:

Planeación y proyecto. Es la etapa que comprende al conjunto de acciones encaminadas a determinar las características de la obra, basándose en el cálculo y en el diseño de todos sus detalles esenciales, incluida la fase de selección del sitio.

Construcción. Es la etapa que abarca la materialización de la obra, incluyendo la preparación del sitio y el acopio de recursos humanos, equipo, maquinaria e insumos necesarios, así como todas las acciones que deberán llevarse a cabo con oportunidad.

Puesta en servicio. Es la etapa que corresponde al inicio de la operación parcial o total de la obra. En ocasiones es necesario realizar pruebas parciales de funcionamiento antes de darla por terminada, con el fin de corregir fallas u omisiones que afecten la seguridad.

Operación. Es la etapa que abarca el funcionamiento normal de la obra bajo condiciones de seguridad.

Conservación. Son todos los trabajos necesarios en la etapa de operación para que la obra mantenga las condiciones de servicio y seguridad con que fue proyectada.

Abandono. Es la etapa que se presenta al término de la vida útil de la obra, para la cual se deberán establecer los usos a que se destinarán las superficies y las instalaciones aprovechadas de la obra.

La identificación de impactos ambientales se realiza para todos los factores o componentes del ambiente que incluyen, entre otros, los recursos naturales, estéticos, históricos, culturales, económicos o sociales.

La primera fase de todo proceso de evaluación de los impactos ambientales es la identificación de las actividades del proyecto que conllevan un impacto benéfico o adverso, así como los elementos del ambiente que potencialmente puedan ser afectados

La segunda fase es la descripción de cada uno de los impactos detectados de forma que sus características sean reconocibles. Esta descripción se lleva a cabo manteniendo constante un elemento del ambiente en particular y variando la etapa del proyecto, obteniéndose el comportamiento del impacto respecto al tiempo.

Es evidente que no todos los impactos presentan la misma importancia o significado, en consecuencia se requiere seleccionar aquellas acciones del proyecto que representan los aspectos más adversos o benéficos.

Existen diversas categorías o clasificaciones de impactos ambientales; entre las más usuales se encuentran las siguientes:

CLASIFICACIÓN	TIPO
• En relación a la actividad que generan impacto	- Benéficos o adversos - Reversibles o no - Planeados o accidentales - Directos o Indirectos - Acumulación simple o no
• En relación al tiempo que dura la actividad	- Reversible o no - A corto o largo plazo - Temporales o continuos
• En relación al espacio que cubre la actividad	- Local, regional, nacional o global
• En relación al potencial de mitigación	- Remediables o no

Una mala selección del sitio tendrá efectos directos en el medio ambiente y provocará o aumentará, en mayor o menor grado, los impactos ambientales y el deterioro ecológico. Al preparar el sitio, las actividades que lo caracterizan, desmonte, despalme y construcción de caminos de acceso, provocaran impactos muy significativos, por lo cual el producto del desmonte se estibar y apilará pudiéndose entregar para su retiro a terceros, las emisiones a la atmósfera de partículas deberán controlarse de forma que la calidad del aire no rebase los valores establecidos en la norma.

Los equipos de combustión deberán mantener sus emisiones a la atmósfera por debajo de los límites máximos permisibles que fije la autoridad Federal, estatal o municipal correspondiente.

El nivel de emisión de ruido generado por las actividades constructivas no deberán rebasar el de 68 decibeles de las 6 a las 22 horas y de 65 decibeles de las 22 a las 6 horas (Art. 11 del Reglamento para la Protección del Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido).

Los residuos de las actividades constructivas no se depositarán sobre el suelo en forma definitiva, si no en contenedores de tamaño y material adecuados a su magnitud y naturaleza.

Se diseñarán los taludes con la pendiente adecuada a la naturaleza y consistencia del terreno para evitar su erosión.

Se evitará dejar montículos a los lados o en medio de la franja central de los caminos de dos cuerpos, que presenten mal aspecto y que disminuyan la seguridad.

En la extracción de materiales, se recomienda que los bancos de materiales se localicen de manera que los vientos dominantes no acarreen polvo y partículas hacia zonas habitadas cercanas. Para la explotación de materiales se requiere disponer de la Manifestación del Impacto Ambiental.

Se evitarán derrames de productos asfálticos y limpiarán periódicamente los sitios afectados por éstos.

A continuación se muestra un cuadro donde se muestran los impactos negativos que se pueden presentar y las medidas para mitigarlos.

IMPACTOS NEGATIVOS

1. Erosión a causa del nuevo camino en los cortes y terraplenes y sedimentación en los cauces del drenaje natural.
2. Contaminación del suelo y el agua por aceite, grasa y combustible en los patios de maquinaria.
3. Desorganización social y agresión del medio ambiente por construcción de campamentos de obra
4. Destrucción de vegetación y suelo en el derecho de vía, excavaciones de préstamos, disposición y patios de maquinaria.
5. Interrupción del drenaje subterráneo y superficial del terreno en áreas de corte y terraplén.
6. Erosión de terrenos aguas abajo del cuerpo del camino por concentrar corrientes al canalizar escurrimientos menores.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- a) Limitación de movimientos de tierra al periodo de secas.
 - b) Protección de las superficies más susceptibles con suelos orgánicos.
 - c) Protección de los canales de drenaje con bermas, esteras o geotextiles.
 - d) Instalación de tanques de sedimentación, sembrar las superficies erosionadas tan pronto como sea posible.
- a) Acopio y reciclaje de lubricantes.
 - b) Precauciones para evitar derrames accidentales.
- a) Cuidadosa localización, construcción y manejo de los campamentos de obra.
 - b) Alternativas de alineamiento.
 - b) Compensar a los propietarios privados.
 - c) Recolección y utilización de los recursos forestales de dominio público, antes de la construcción
- a) Instalación de obras de drenaje adecuadas.
 - b) Aumentar el número de alcantarilla.
 - c) Diseñar las salidas de las obras de drenaje para evitar caídas de aguas (efecto de cascada).

4. Evaluación de la factibilidad del proyecto

- d) Zampear la salida de la obra con piedra o concreto.
 - e) Mantener y restaurar la vegetación al lado del camino
7. Destrucción o daño de hábitats terrestres de vida salvaje, recursos biológicos o ecosistemas .
- a) Diseñar barreras contra el ruido, correderos para que los animales crucen.
8. Corte ilegal de madera.
- a) Plena utilización de la madera destruida.
 - b) Realizar programas de reforestación

La realización del proyecto carretero a lo largo de su trazo traerá diferentes impactos sobre el medio ambiente, por lo que éstos habrán de ser tomados en cuenta, así como las medidas para mitigar los efectos de éstos. Las medidas de mitigación se traducirán en mayores costos de inversión y de operación para el proyecto (lo que se destruye hoy se deberá de reponer en otro lugar).

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 5

Licitación

5. Licitación

El marco jurídico de la construcción, operación y explotación de las carreteras está constituido por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en sus artículos 25 y 28; la Ley de Vías Generales de Comunicación, en su artículo 8.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

ARTÍCULO 25. Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que este sea integral, que fortalezca la soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.

El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de las libertades que otorga esta Constitución.

Al desarrollo nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación.

El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el Artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución manteniendo siempre el gobierno federal la propiedad y el control sobre los organismos que en su caso se establezcan.

Asimismo, podrá participar por sí o con los sectores sociales y privado, de acuerdo con la Ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo.

La Ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado

contribuya al desarrollo económico nacional, en términos que establece esta Constitución.

ARTÍCULO 28. En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes. El mismo tratamiento se dará a las prohibiciones a título de protección a la industria.

No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las áreas estratégicas a las que se refiere este precepto: acuñación de moneda; correos; telégrafos; radiotelegrafía y la comunicación vía satélite; emisión de billetes por un solo banco, organismo descentralizado del gobierno federal; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; electricidad; y ferrocarriles; y las actividades que expresamente señalan las leyes que expida el Congreso de la Unión.

El Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo y en las actividades de carácter prioritario donde, de acuerdo con las leyes, participe por sí con los sectores social y privado.

El Estado sujetándose a las leyes, podrá en casos de interés general concesionar la prestación de servicios públicos o la explotación, uso y aprovechamiento de bienes de dominio de la Federación, salvo las excepciones que las mismas prevengan. Las leyes fijarán las modalidades y condiciones que aseguren la eficiencia de la prestación de los servicios y la utilización social de los bienes, y evitarán fenómenos de concentración que contraríen el interés público.

Ley de Vías Generales de Comunicación

ARTÍCULO 8. Para construir, establecer y explotar vías generales de comunicación o cualquier clase de servicios conexos a éstas, será necesario el tener concesión o permiso del Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de

Comunicaciones y Transportes y con sujeción a los preceptos de esta Ley y sus reglamentos.

La construcción, establecimiento o explotación de vías generales de comunicación se sujetarán a un plan general que responda a las necesidades de la economía nacional y que deberá hacerse del conocimiento del público, a cuyo efecto la Secretaría de Comunicaciones y Transportes publicará dentro de los primeros quince días del mes de enero de cada año, el Programa de Trabajo correspondiente, debiendo ajustarse el referido plan a las siguientes bases generales:

- I. Comunicación preferente de las zonas de mayor potencialidad económica que carezcan de medios de transporte expeditos;
- II. De conformidad con la fracción anterior; se dará especial atención al establecimiento de vías de enlace o alimentadoras de troncales.
- III. La construcción o establecimiento de nuevas vías quedará sujeta a estudios previos de carácter económico para determinar:
 - a) Distancia adecuada de la nueva vía respecto de las ya establecidas a fin de evitar duplicidades dentro de una misma zona de influencia, cuando las vías ya existentes satisfagan con eficiencia las necesidades de transporte de la región;
 - b) Perspectivas de tránsito inicial;
 - c) Riquezas naturales susceptibles de aprovechamiento;
 - d) Planeación de las explotaciones a que dé lugar el estudio de la fracción anterior;
 - e) Posibilidades de colonización
 - f) Estado de la propiedad territorial que habrá de beneficiarse con la nueva vía de comunicación;

g) En los casos del inciso a de la Fracción III, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se asesorará de la Secretaría de la Defensa Nacional, desde el punto de vista militar.

IV. La Federación realizará con la oportunidad debida las obras necesarias de colonización a lo largo de las zonas de influencia de las nuevas vías, en los lugares más apropiados para el caso, expropiando la extensión territorial que se determine.

Por lo antes mencionado la adjudicación de las autopistas de cuota se realiza apoyándose en lo dispuesto por la Ley de Vías Generales de Comunicación, que en su artículo 8 confiere a La Secretaría de Comunicaciones y Transportes la facultad de otorgar las concesiones para construir, establecer y explotar las vías generales de comunicación o cualquier clase de servicios conexos a las mismas. En el aspecto técnico, los lineamientos y especificaciones que se sujetarán la construcción y conservación de las obras, se apoyan en las normas de obra pública que se tienen en vigor. Las acciones tendientes a la de estas obras pueden resumirse en las siguientes actividades:

- Convocatoria
- Documentos para la licitación
- Inscripción de los interesados
- Presentación y apertura de proposiciones
- Análisis de las proposiciones y dictamen
- Fallo del concurso
- Firma del título de concesión

5.1. Convocatoria

Una vez que las autoridades encargadas disponen que se lleve a cabo la celebración del concurso correspondiente a la autopista programada y se cuenta con la información del proyecto, la Dirección General de Carreteras Federales procede a formular la convocatoria respectiva, señalando sus características más relevantes y los requisitos que deben cumplir los interesados, el plazo para la inscripción y el lugar, fecha y hora en que se llevará a cabo el acto de apertura y proposiciones.

Generalmente en la convocatoria se estipula en plazo de 20 a 25 días para la inscripción de interesados, fijándose la fecha de presentación de propuestas a los 50 ó 60 días contados a partir de la fecha límite para la inscripción, salvo en los casos en que la superioridad disponga plazos más restringidos, atendiendo a las solicitudes que sobre el particular se hayan presentado.

La convocatoria formulada se envía para su revisión a la Dirección General de Asuntos Jurídicos, la cual a su vez la somete a la consideración del Subsecretario de Infraestructura quien la turna al Secretario, para su aprobación y girar instrucciones a la Dirección General de Comunicación Social para que sea publicada en uno de los diarios de mayor circulación en el país y simultáneamente en un diario de la Entidad Federativa a que corresponda la obra objeto del concurso y en la Secretaría de Contraloría y Desarrollo Administrativo, la cual lo publicará en INTERNET en su página denominada compraNET (WWW.SECODAM.GOB.MX). Conforme se establece en el Acuerdo expedido el 11 de abril, donde las unidades compradoras y de obra pública de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, deberán entregar a partir del 1o. de junio de 1997, la información relativa a las convocatorias, bases de licitación, notas aclaratorias, actas de las juntas de aclaraciones, fallos y datos relevantes de los contratos derivados de todas las licitaciones públicas.

5.2. Documentos para Licitación

En la Dirección General de Carreteras Federales se procede a preparar la documentación del concurso, que será entregada a los interesados que atendieron a la convocatoria, al comunicarles la aceptación de su solicitud de inscripción comprendiendo dicha documentación:

- a) El Pliego General del Concurso, contiene los requisitos que deben cumplir los concursantes para presentar sus proposiciones, así como los datos y bases a que se sujeta el concurso y conforme a los cuales se otorgará la concesión.
- b) El juego de planos de los proyectos correspondientes a la obra; carpeta conteniendo los datos relativos al proyecto del pavimento, secciones estructurales, proyecto tipo de caseta de cobro, relación y croquis de localización de los bancos de materiales para los trabajos de pavimentación y la relación (forma E-7) de los conceptos de trabajo y cantidades de obra que intervendrán en la construcción, para que el proponente anote sus precios unitarios, importes parciales y monto total de su proposición para la realización de la obra motivo del concurso.

5.3. Inscripción de los Interesados

Los interesados en particular en el concurso pueden presentar su solicitud de inscripción en la Subdirección Técnica de la Dirección General de Carreteras Federales o en el Centro SCT correspondiente a la entidad federativa en que se encuentre localizada la obra, turnándose en este caso dicha solicitud a la Subdirección Técnica citada la cual revisara las solicitudes y documentos presentados por los interesados, y si se cumple con los términos de la convocatoria se les notifica la aceptación de su solicitud de inscripción, para que

recojan la documentación correspondiente al concurso, previo el pago de una cantidad que cubre el costo del copiado del material que les es entregado, mediante cheque certificado expedido a nombre de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Una vez cubierto su importe y recibida por el interesado la documentación antes indicada, se les considera inscritos al concurso.

Posteriormente a la inscripción, por medio de una circular girada a todos los inscritos, se les notifica respecto al lugar, fecha y hora en que la dependencia organizará una visita para mostrarles la carretera objeto del concurso, los bancos de materiales y hacer las aclaraciones pertinentes.

5.4. Presentación y apertura de proposiciones

En el lugar, fecha y hora señalados en la convocatoria y en el pliego general del concurso, se lleva a cabo el acto de presentación y apertura de proposiciones, presidida generalmente por el Subsecretario de Infraestructura, acompañado por el asesor financiero del Secretario del Ramo, el Director General de Carreteras Federales, el Director General del Centro SCT que corresponda a la localización de la obra, el representante de la Dirección General de Asuntos Jurídicos y de los funcionarios invitados. En la mayor parte de los casos y muchas veces a solicitud expresa de las autoridades estatales, para darle mayor difusión y relevancia, al acto, este se celebra en el Palacio de Gobierno de la entidad federativa, con la asistencia del propio gobernador del estado o su representante asignado para el efecto.

En este acto público se da lectura a los montos a que asciende cada una de las propuestas, así como al tiempo para la explotación de la concesión, y se procede a firmar por parte de los concursantes y autoridades los documentos en que constan los datos relativos a los montos y plazos contenidos en las propuestas.

En el acta correspondiente a este acto, se hacen constar los nombres de las empresas concursantes, montos de la obra y tiempos propuestos para la concesión, señalándose que los documentos respectivos son recibidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para su revisión detallada.

En la misma acta se estipula también que el fallo del concurso queda condicionado a que la documentación de apoyo financiero presentada por los participantes, este debidamente respaldada por las instituciones de crédito que la emitan, y que sea aceptable a juicio de las Secretarías de Comunicaciones y Transportes, y de Hacienda y Crédito Público; se cita a los concursantes para que se presenten en el lugar, fecha y hora en que se dará a conocer el fallo respectivo, o en su caso, se indica que se les informará sobre el particular con diez días de anticipación.

La sesión termina con la firma del acta por parte de los que intervinieron en el concurso, proporcionándoles un ejemplar de dicha acta, y a los proponentes se les entrega también un recibo debidamente firmado, por la garantía presentada con la proposición

5.5. Análisis de las proposiciones y dictamen

El análisis de las proposiciones presentadas en el concurso, se dividen en tres aspectos fundamentales:

- a) La revisión de los documentos legales presentados por los proponentes, queda a cargo de la Dirección General de asuntos Jurídicos, quien formula en su caso las observaciones pertinentes.
- b) El análisis técnico y constructivo, se realiza en la Dirección General de Carreteras federales, formando parte del mismo la verificación de los propuestos presentados por los proponentes para el costo total de la obra,

confrontándolos con el presupuesto básico preparado por la misma Dirección General, lo mismo en lo que se refiere a la conservación de la obra durante el plazo de operación, formulándose un informe detallado a la Subsecretaría de Infraestructura sobre los resultados obtenidos y las observaciones pertinentes sobre los defectos u omisiones que se hubieren detectado.

- c) El análisis económico-financiero se lleva a cabo en la Asesoría Financiera del Secretario del Ramo. Comprende una revisión exhaustiva de los planes y procedimientos presentados por los proponentes para financiar la obra y para la amortización de las inversiones, así como el apoyo de la institución de crédito propuesto sea satisfactorio y aceptable para las Secretarías de Comunicaciones y Transportes, y de Hacienda y Crédito Público, y todo lo cual se somete a la consideración del Secretario de Comunicaciones y Transportes para la emisión del dictamen correspondiente.

5.6. Fallo del Concurso

En el lugar, fecha y hora señalada en el acta primera del concurso o en la circular girada oportunamente a los interesados, se lleva a cabo el acto en que la Secretaría da a conocer el resultado del concurso y el fallo inapelable de la misma, mediante el cual se adjudica la concesión a la empresa que a juicio de la dependencia presentó la proposición más viable y conveniente.

En el texto del acta que se levanta para el efecto, se señala el lugar, fecha y hora en que el proponente seleccionado deberá firmar el título de concesión otorgando, así como la fecha en que queda obligado a iniciar los trabajos.

Después de la lectura del acta y su firma por los asistentes al fallo, se les entrega un ejemplar de la misma y a los concursantes no seleccionados se les devuelve la garantía que presentaron.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes otorgará la concesión al solicitante que presente el mejor presupuesto y que demuestre en el concurso que entregará la obra a la Nación en el menor tiempo posible. Para casos de empate la Secretaría tomará en cuenta la rapidez con que el solicitante puede empezar a realizar el proyecto y, finalmente, su integridad y experiencia.

6.7. Firma del Título de Concesión

En la fecha y hora estipulada en el acta correspondiente al fallo del concurso, el adjudicado se presenta a firmar el título de concesión y sus anexos respectivos en la oficina del Subsecretario de Infraestructura, debiendo entregar la garantía del cumplimiento de las obligaciones señaladas en el pliego general del concurso y en el título de concesión dentro de los 15 días hábiles contando a partir de su firma.

El plazo que transcurre entre la fecha del fallo y la firma del título de concesión es aproximadamente de un mes, y la iniciación de los trabajos se ha fijado entre los 10 y 15 días posteriores a la firma del título.

Tanto en el pliego general del concurso como en el título de concesión queda estipulado que la SCT a través de los representantes que para el efecto designe, tiene la facultad de verificar el cumplimiento del plazo señalado para la iniciación de los trabajos de construcción y supervisar en todo tiempo que estos se realicen al rito y plazo establecidos en el programa de obras propuesto en el concurso por el adjudicatario, y que se sujeten al proyecto, las especificaciones técnicas y las normas de construcción y de calidad de los materiales que tiene en vigor dicha Secretaría. El atraso en la ejecución de las obras o el incumplimiento de las obligaciones establecidas en la concesión, dan lugar a que se le apliquen las penas convencionales establecidas en el anexo al título de concesión.

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 6
Ejecución de las obras

6. Ejecución de las Obras

En este tipo de carreteras, que por la magnitud de la obra tanto desde el punto de vista de volúmenes por ejecutar como por los importes correspondientes a la construcción y principalmente por los tiempos mínimos en que debe ejecutarse para disminuir el impacto del financiamiento en la etapa constructiva y poner en operación el tramo concesionado a la brevedad posible para permitir la recuperación mediante el cobro de cuota.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, conforme se establece en los pliegos de las convocatorias, no supervisa los trabajos, sino que lleva a cabo una verificación de los mismos; por lo cual y basándose en el compromiso de la concesionaria de ejecutar los trabajos dentro de la norma establecida por la Secretaría, se compromete la propia concesionaria a llevar a cabo una supervisión detallada, para lo cual implementa, dentro de su organización todo lo necesario para garantizar un correcto control de calidad en todas sus fases y para llevar a cabo trabajos de topografía y controles de avances que permitan a la SCT, efectuar el seguimiento y verificación de los avances físicos y financieros de la obra.

6.1. Control de Calidad

Los apoyos que el concesionario debe proporcionar a la SCT en lo que se refiere al control de calidad, son los que permitan a la dependencia verificar las condiciones de las obras en la forma que esta considere pertinente, ya sea mediante pruebas aleatorias en los trabajos ejecutados, verificando la calidad de las pruebas en el laboratorio del concesionario o llevando a cabo otro tipo de pruebas, desde las no destructivas, combinando ensayos de placa con

mediciones de viga Benkelman o equipos similares, hasta el uso de pruebas destructivas como el penetrómetro dinámico. Además se le entrega al concesionario 39 puntos que debe cumplir conforme se ejecuten los trabajos, algunos de los cuales son: verificar condiciones de sustentación del terreno natural, efectuar estudios de estabilidad de taludes en los cortes, controlar la compactación de las terracerías, definir bancos de préstamo de material para agregados del concreto, controlar la calidad de los materiales asfálticos que se utilicen, etc.

Dentro de las pruebas que debe entregar el concesionario se encuentran las geotécnicas, con las cuales se comprueban las propiedades del suelo para lo cual se realizan pruebas de:

- Contenido de agua
- Granulometría
- Límites de consistencia
- Clasificación de los suelos
- Peso volumétrico

Estas propiedades permiten la evaluación de las relaciones volumétricas, gravimétricas y la clasificación del suelo.

Contenido de agua

El contenido de agua (w) se define como la relación entre el peso del agua y el peso de la muestra en su fase sólida y se expresa en porcentaje.

La prueba consiste en pesar la muestra (W_h) y después secarla en un horno durante 18 ó 20 hrs. a una temperatura constante de 110 grados centígrados. Posteriormente se procede a pesar la muestra seca (W_s).

El valor del contenido del agua se obtiene aplicando la fórmula:

$$W (\%) = [(W_h - W_s) / W_s] * 100$$

Granulometría

Se define como granulometría de un suelo la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas que lo forman. La forma de la curva granulométrica de los suelos gruesos se define en función de los coeficientes de curvatura (Cc) y uniformidad (Cu), permitiendo clasificarlos como bien o mal graduados, y el porcentaje de partículas menores de 0.074 mm (malla 200) lo agrupa como suelos limpios o con fracción limpia.

Los datos obtenidos de la curva son necesarios para conocer que tan susceptibles son los suelos granulares a compactarse y a perder resistencia cuando son sujetos a cargas dinámicas.

La prueba de la granulometría se hace mediante el método de cribado por malla para partículas mayores de 0.074 mm. (malla 200).

Las mallas usadas en la prueba son las siguientes:

Material retenido en malla No. 4		Material que pasa malla No. 4	
Malla	Diámetro (mm)	Malla	Diámetro (mm)
3"	76.20	No. 10	2.00
2"	50.80	No. 20	0.84
1"	25.40	No. 40	0.42
1/2"	12.70	No. 60	0.25
3/8"	9.52	No. 100	0.149
No. 4	4.76	No. 200	0.074

Límites de Consistencia

La obtención de los límites de consistencia es muy útil, ya que nos permite clasificar e identificar a los suelos finos, siendo éstos: límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP).

El límite líquido se define como el contenido de agua de un suelo, expresado en porcentaje, para el cual se cierra una ranura de dimensiones normalizada en una muestra remoldeada, colocada en la copa de Casagrande al someterla a 25 golpes. Los contenidos de agua se grafican siendo las abscisas el contenido de agua y las ordenadas el número de golpes.

El límite líquido nos indica que tan sujeto a la expansión está un suelo ante la presencia del agua.

El límite plástico se define como el contenido de agua con el que se rompe en fragmentos de 1.0 cm, un rollo de 0.32 mm de diámetro, formado con un suelo al rodarlo con la palma de la mano sobre una superficie plana.

El índice plástico o índice de plasticidad se define como el intervalo de contenidos de agua donde el suelo exhibe propiedades plásticas.

$$IP = LL - LP$$

Clasificación de suelos

La clasificación de los suelos se hará con base en el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS).

Es conveniente que al clasificar los suelos gruesos se señalen las características siguientes: forma de los granos, minerología, compacidad en el campo y el nombre geológico.

Al clasificar los suelos finos debe incluirse: color, olor, consistencia, estructuración y nombre geológico.

Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM)

La determinación del PVSM en laboratorio nos sirve para tener un control de la compactación en el campo. La prueba que generalmente se utiliza es la de impactos tipo próctor modificada y la porter.

La prueba consiste en ir agregando agua a la muestra y colocándola en un molde se le aplicarán 25 golpes con un pisón o varilla metálicos según el tipo de prueba. Cada vez que se repita el procedimiento se graficarán el peso específico seco y los contenidos de agua hasta formar una curva, de la cual se obtendrá el Peso Volumétrico Seco Máximo y la humedad óptima, valores que serán útiles en la etapa de compactación de las terracerías del camino.

6.2. Seguimiento físico financiero

El seguimiento físico financiero es primordial, tanto como para el concesionario, por representar para el mismo el control de los trabajos que viene ejecutando, dentro del tiempo programado para ello y en base a los costos considerados en la convocatoria, como para el financiero, quien debe tener la seguridad de que las inversiones que se vienen llevando a cabo en la obra son y corresponden a la ejecución de los trabajos programados y finalmente para la SCT, quien no solamente en su momento debe avalar aceptando o rechazando los trabajos ejecutados, sino que también poder verificar el cumplimiento de los programas; por esto, se solicita a las empresas concesionarias una serie de datos que permiten llevar dicho seguimiento desde el punto de vista de topografía, avances de construcción y evaluación financiera, los cuales se enumeran a continuación:

Topografía

- a) Trazo para verificación.
- b) Levantamiento de las zonas que se requieran para proyectos complementarios (entronques, estructuras, etc.)
- c) Perfiles para evaluación mensual de volúmenes ejecutados.
- d) Secciones de construcción a la terminación de cada tramo, para la verificación de la geometría del proyecto y la valorización del costo real total.

Avances de construcción.

- a) Volúmenes y porcentaje por concepto de obra, (quincenal).
- b) Gráfica de producción de triturados, por planta, (semanal).
- c) Gráficas de producción de mezclas, por planta, (semanal).
- d) Relación de equipo activo e inactivo, (semanal).
- e) Larguillo de avance actualizado, (quincenal).
- f) Registro de bitácora.
- g) Programas de trabajo actualizados.
- h) Álbum fotográfico, (mensual).

Evaluación financiera

- a) Estimación mensual en formatos especiales para computo.
- b) Cuadro de costos de obras actualizado, (mensual).
- c) Presentación de estudios de precios unitarios para conceptos que no contemple el concurso.

- d) Generadores de obra, para el control de avances, estudios de precios unitarios y estimaciones.

6.3. Aspectos constructivos

La ejecución de los trabajos, se deben ajustar al proyecto de construcción elaborado por la SCT; sin embargo, el concesionario tendrá la opción de plantear modificaciones al proyecto parcial o total, siempre y cuando sean en beneficio de la obra, tanto en su aspecto constructivo, y/o costos para lo cual deberá presentar los planteamientos respectivos en forma oportuna y debidamente apoyados, tanto con pruebas de laboratorio como con análisis, a fin de que se proceda a su revisión por la SCT y resolver lo procedente.

Para lo cual el concesionario deberá entregar a la SCT una serie de informes con los cuales se estudiara las posibles modificaciones al proyecto original, estos estudios son:

a) Informe geotécnico

En esta etapa se recopilará todo el conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que nos conducirán a la elaboración de los planos, recomendaciones y conclusiones necesarias para establecer las normas geotécnicas y los procedimientos de construcción a que ha de ajustarse el proyecto.

Se deberá poner a disposición del grupo encargado del proyecto, toda la información relevante sobre el terreno de cimentación, tipos de materiales a emplear y el provecho que puede obtenerse de los disponibles, señalando su probable comportamiento y los tratamientos que se requieran en todos los suelos y rocas por usar, así como los procedimientos de construcción idóneos a utilizar.

La información geotécnica deberá presentarse en forma sencilla, clara y sistematizada, traduciendo las características de las formaciones existentes en el campo y todos los datos pertinentes a valores numéricos y recomendaciones, que puedan ser tomados en cuenta por los restantes miembros del grupo de proyecto con seguridad y correcta comprensión, aún no siendo especialistas en las disciplinas geotécnicas.

En el informe geotécnico se pueden distinguir tres etapas que son: zonificación fisiográfica y litológica, datos de suelos para el cálculo del diagrama de masas y bancos de préstamo de materiales.

Zonificación fisiográfica y litológica

Con los datos de suelos recabados en campo de la zona en que se construirá la autopista, se procede a hacer una división de zonas de características similares, lo cual se hace en base a la fisiografía, tomando en cuenta características morfológicas. Los aspectos litológicos y de suelos permiten después hacer una división de subzonas.

Cada una de estas subzonas deberá ser descrita con detalle y puesto que presentarán características más o menos homogéneas, tendrán la misma clasificación y recomendaciones.

La descripción de cada subzona se hace verticalmente, clasificando cada una de las capas o estratos que la componen.

En perfil estratigráfico se dibuja por medio de un sistema cartesiano, en el cual el eje de las "Y" representa las elevaciones en metros y el eje de las "X" representa los kilometrajes del camino.

Datos de Suelos para el Cálculo del Diagrama de Masas

El correcto cálculo de un diagrama de masas, tan importante para definir los procedimientos constructivos, el aprovechamiento de los materiales disponibles y el costo de un proyecto, depende en mucho de consideraciones geotécnicas y de la información de ese tipo que puede ofrecerse a los encargados del proyecto geométrico de la vía.

Bancos de Préstamo de Materiales

En general, los materiales para formar las terracerías se obtienen de tres fuentes distintas. Se utiliza el que se obtiene de la excavación de un corte, para formar un terraplén vecino; éste procedimiento suele denominarse de compensación longitudinal y resulta económico, en el sentido de que tiende a disminuir los volúmenes de desperdicio y a utilizar todo el material removido, es obvio que en muchos casos la compensación que se logra no es completa, produciéndose faltantes o desperdicios, según los volúmenes de terraplén superen o no la los de corte, el procedimiento está limitado por la calidad de los materiales que se obtengan al excavar los cortes y la que se requiera en el que se haya de colocar en los terraplenes.

El segundo procedimiento para la obtención de los materiales para la construcción es el llamado préstamo lateral. En él se extrae material necesario de excavaciones paralelas al eje de la vía adosadas a ésta, generalmente dentro del derecho de vía. Con este procedimiento se disminuyen los acarreo de los materiales, que son un renglón importante en el costo total de construcción.

El tercer método para obtener materiales de construcción en las vías terrestres en la localización de un depósito o formación natural, constituido por un material de características apropiadas, el cual se explota en forma masiva, para acarrearlo y tenderlo en la vía. A éstos se les denomina comúnmente bancos de préstamo.

Los bancos de materiales deberán ser objeto de una búsqueda especial, y para cada uno de los encontrados deberá llenarse una tabla que marque el croquis de localización, características físicas volumen del banco y distancia a la obra.

Así como proporcionarse información precisa sobre la utilización y forma del banco, posición de los frentes de ataque, volumen aprovechable, localización y, por supuesto, tratamientos necesarios, según el uso que de los materiales pretenda hacerse.

La capa subrasante y los materiales para subbase, base y carpeta de pavimentos flexibles y los materiales para concreto suelen provenir de bancos especialmente localizados. Los materiales para construir capas mas bajas de las terracerías se obtienen muchas veces de compensaciones longitudinales o de préstamos laterales, aunque cada día sea más frecuente la utilización de materiales de bancos adecuados, sobre todo cuando, por alguna razón, se desee utilizar materiales de calidad superior.

b) Diseño de pavimento

El diseño de un pavimento debe satisfacer dos condiciones físicas: ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con las llantas de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos; en segundo lugar debe poseer la resistencia apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas por el tránsito, sin falla y con deformaciones que no sean permanentes y que garanticen un tráfico en buenas condiciones. Obviamente, un pavimento debe ser capaz de soportar los ataques del intemperismo su función primordial es la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que ésta no se deforme de manera perjudicial.

El tipo de pavimento que se diseña para una carretera es el llamado de tipo flexible.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas originadas, la base y la subbase.

La función de la subbase consiste en servir de transición entre el material de base y la capa subrasante. La subbase más fina que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante.

Otra función de la subbase es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de la terracería.

La función de la base consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carretera o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

La función de la carpeta es la de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Hay varios factores que afectan en diseño del pavimento, de entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Las características de los materiales que constituyen la terracería y la capa subrasante.
- El clima, en especial la precipitación pluvial.
- El tránsito o sea la magnitud de las cargas, las presiones de inflado de las llantas, su área de contacto, así como su disposición y arreglo en el vehículo.

Los métodos de diseño que se han desarrollado hasta la fecha, para determinar los espesores requeridos en las diferentes capas de un pavimento para una carretera, son métodos semiempíricos que aplican los resultados de alguna teoría

más o menos modificada a las conclusiones derivadas de una prueba de laboratorio específica.

c) Estudios topohidráulicos

Una vía de comunicación no solo exige una planeación adecuada para la selección más conveniente de ruta y para la selección de materiales de construcción a utilizar, sino también el diseño apropiado de estructuras de drenaje que trabajen en forma eficiente cuando sean requeridos.

La importancia de un sistema de drenaje adecuado es más relevante si se toma en cuenta que del costo total del camino, en promedio un 15% de este corresponde al drenaje, lo cual justifica la inversión para resguardar el camino del agua.

d) Localización de cruces

Ya confirmado el trazo definitivo se deberá realizar el reconocimiento de la zona para verificar los puntos de cruce con escurrideros, arroyos y ríos.

Una vez localizados los cruces se procederá a ubicarlos con respecto al eje de trazo, de la siguiente forma:

Cuando el arroyo y el eje del camino forman 90 grados:

- Normal en tangente
- Radial en curva circular
- Normal en curva espiral

Cuando el arroyo y el eje del camino forman un ángulo diferente de 90 grados:

- Esviajado en tangente
- Esviajado en curva circular

– Esviajado en curva espiral

Por lo que se refiere a los esviajes, estos pueden estar comprendidos entre 10 y 45 grados, los cuales pueden ser de esviaje derecho o izquierdo.

Una vez localizado el cruce se procederá a rectificar el eje del arroyo, ya que por lo general en la zona de cruce los cauces son sinuosos, tratando de no variarse en más de 30 grados el cauce original. Una vez hecho lo anterior se procederá a trazar y nivelar el eje propuesto.

Es indispensable proporcionar por lo menos tres secciones transversales representativas del arroyo (aguas arriba, en el cruce con el trazo y aguas abajo) en las que se localizarán las huellas del NAME.

e) Recopilación de información

Es recomendable complementar la información topográfica con otra adicional, que será de ayuda durante la etapa de proyecto, el tipo de información puede ser:

- Información Hidráulica
- Información Hidrológica
- Información Geotécnica
- Información de Tránsito
- Otro Tipo de Información

Información Hidráulica

La información que se puede proporcionar va desde las características geométricas del cauce hasta la profundidad de excavación estimada.

Entre otros se pueden enumerar los siguientes:

Zona del arroyo en que se encuentra el cauce (captación, conducción o deyección).

Material de arrastre.

Si el arroyo es de carácter torrencial o permanente.

Elevación máxima y anchura de la lámina de agua en épocas de estiaje, en aguas extraordinarias y en aguas ordinarias.

Gasto estimado en crecientes extraordinarias.

En caso de existir alcantarillas cercanas al cruce, sobre el mismo arroyo proporcionar dimensiones, así como las condiciones en que se encuentra trabajando, tanto estructural como hidráulicamente.

Información Hidrológica

Los datos hidrológicos pueden ser desde las características fisiográficas de la cuenca hasta información obtenida de estaciones climatológicas cercanas, por ejemplo:

- Área y forma de la cuenca (en forma aproximada).
- Orografía de la cuenca (plana, lomerío, montañosa, etc.).
- Precipitación media de la cuenca.
- Región hidrológica.
- Características geológicas de la cuenca.
- Longitud y pendiente del cauce.
- Tipo de suelo de la cuenca.
- Uso del suelo.
- Tipo y densidad de drenaje en la cuenca.
- Distribución de vegetación en la cuenca.

Información Geotécnica

Para complementar las recomendaciones de los estudios geotécnicos realizados se pueden proporcionar los siguientes datos:

Descripción de los materiales que forman el fondo y las márgenes de la corriente.

Datos de cimentación en caso de existencia de obras aledañas.

Existencia de problemas de estabilidad tanto en cortes como en terrapienes.

Información de Tránsito

Estos datos se refieren básicamente a las características de la sección de proyecto:

- Ancho de corona
- Ancho de carpeta
- Ancho de calzada
- Ancho de banqueta en caso de tránsito de peatones
- Tipo de vehículo de proyecto

Otro Tipo de Información

Entre otros tipos de datos que se pueden proporcionar:

- Cruces con otras vías de comunicación.
- Cruces con líneas de electrificación.
- Cruces con líneas de conducción de agua potable.
- Cruces con oleoductos y gasoductos.

OBRAS DE DRENAJE

El estudio del sistema de drenaje es uno de los elementos más importantes dentro del proyecto de una carretera, ya que éste determinará el tipo de obra a utilizar para la protección de las terracerías, la cual puede ser desde una obra complementaria (bordillos, lavaderos, etc.), hasta una obra de cruce (alcantarilla o puente).

El estudio de obras de drenaje comprende a grandes rasgos las siguientes actividades:

I. Funcionamiento Hidráulico

Se refiere a la justificación de las obras que se utilizarán para solucionar el cruce de escurrimientos a través de las terracerías.

Elementos para la formulación del funcionamiento hidráulico.

Para poder hacer los estudios hidráulicos del proyecto se deberá contar con la siguiente información:

- Planta topográfica
- Perfil del eje de trazo
- Secciones transversales
- Registro de nivel de ejes trazados
- Carta topográfica de la zona y fotografías aéreas de contacto

II. Métodos para Obtener el Area Hidráulica

Para determinar el área hidráulica que deberá contener nuestra estructura de cruce, es necesario conocer el gasto de diseño. Los métodos para la obtención del gasto de diseño se clasifican en:

a) Métodos de campo

Por comparación.

El diseño de alcantarillas por el método de comparación es recomendable cuando existen obras de drenaje cercanas al cruce en estudio.

Por lo general en obras existentes se pueden detectar huellas dejadas por el agua, que sirven para definir las características hidráulicas de las alcantarillas que se pretende diseñar.

Método de sección pendiente

Para emplear este método el cauce en estudio debe estar bien definido, debiendo levantarse por lo menos tres secciones transversales representativas de las características de este. En las secciones se deberá indicar la huella de la avenida máxima extraordinaria (NAME), la cual nos servirá para aplicar las siguientes expresiones matemáticas.

Fórmula de Manning:

$$V = 1.49 / n (R^{2/3} S^{1/2})$$

Donde:

V = Velocidad

R = Radio Hidráulico

S = Pendiente del cauce, en decimales

n = Coeficiente de rugosidad

Formula de continuidad:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

$Q =$ Gasto ($m^3 / \text{seg.}$)

$V =$ Velocidad ($m / \text{seg.}$)

$A =$ Área hidráulica (m^2)

b) Métodos Hidrológicos

Métodos empíricos

Los métodos empíricos se emplean para obtener un gasto preliminar de diseño, o para obtener un gasto de diseño cuando no se conocen las características de precipitación en la zona de estudio.

Método de Talbot

Este método consiste en la obtención del área hidráulica de la obra de cruce, en función del área de aportación y de las características topográficas de la cuenca en estudio.

La fórmula de Talbot es:

$$a = 0.183 * C * A^{3/4}$$

Donde:

$a =$ Área necesaria para la obra de cruce (m^2)

$A =$ Área de la cuenca a drenar en (Has)

$C =$ Coeficiente de escurrimiento que depende de las características topográficas de la cuenca

VALORES DEL COEFICIENTE "C" DE LA FORMULA DE TALBOT

CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS	VALOR DE "C"
TERRENO PLANO	0.1
	0.2
	0.3
ONDULADO	0.4
	0.5
LOMERIO	0.6
	0.7
	0.8
MONTANOSO	0.9
	1.0

Métodos semiempíricos

Los métodos empíricos se diferencian de los semiempíricos en que los segundos hacen intervenir la intensidad de lluvia para definir el gasto de diseño.

Método Racional

Este método es de los más viejos (1889) y es utilizado actualmente con sus respectivas consideraciones ya que sus resultados se apartan de la realidad mientras mayor sea la cuenca en estudio, la fórmula es la siguiente:

$$QP = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Donde:

QP= Gasto máximo de diseño o gasto pico (m^3/seg)

C = Coeficiente de escurrimiento adimensional

I = Intensidad media de lluvia para duración igual al tiempo de concentración (mm/hr.)

A = Área de la cuenca, en km^2

VALORES DE COEFICIENTE "C"

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEF. DE ESCURRIMIENTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
ZONAS COMERCIALES		
Zonas comerciales	0.70	0.95
vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES		
unifamiliares	0.30	0.50
multifamiliares espaciados	0.40	0.60
multifamiliares compactos	0.60 - 0.25	0.75
semiurbanos		0.40
ZONAS INDUSTRIALES		
espaciado	0.50	0.80
compacto	0.60	0.80
CEMENTERIOS, PARQUES	0.10	0.30
PATIOS DE FERROCÁRRIL	0.20	0.40
ZONAS URBANAS	0.10	0.30
CALLES		
asfaltadas	0.70	0.95
de concreto hidráulico	0.80	0.95
adoquinadas	0.70	0.85
ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
PREDERAS		
suelos arenosos planos pendiente (0.02)	0.05	0.10
suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
suelos arenosos escarpados (0.07 ó más)	0.15	0.20
suelos arcillosos planos con pendientes (0.02)	0.13	0.17
suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
suelos arcillosos escarpados (0.07-ó más)	0.25	0.35

CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CRUCE

Las obras de cruce de escurrimiento se clasifican en dos clases:

alcantarillas y puentes.

Las alcantarillas por lo general son obras pequeñas con claros hasta de 6.00 m y pueden ser:

1) Alcantarillas de tubo

Estas alcantarillas estan formadas por tubos de concreto o de lámina, pudiendo ser estos últimos circulares o abovedados. Los diámetros más comunes de tubo son:

Concreto:	0.75, 0.90, 1.05, 1.20 y 1.50
De Lámina:	0.76, 0.91, 1.07, 1.22 y 1.52

Cuando se utiliza este tipo de alcantarilla es importante tomar en cuenta lo siguiente:

El colchón mínimo en el hombro más desfavorable deberá ser de 0.50 m para tubos de concreto y de 0.30 m para tubos de lámina circulares y abovedados.

En caso de rellenos bajo la tubería, estos tendrán un espesor máximo de 1.00 m.

La pendiente máxima de plantillas sin empleo de muros de anclaje es del 30%, en caso contrario será necesario el uso de estos.

Lo anterior tiene como finalidad garantizar la estabilidad y el buen funcionamiento estructural de la alcantarilla.

2) Alcantarillas de losa

Este tipo de obra está formada por una losa de concreto armado la cual puede estar apoyada en estribos de concreto o de mampostería o bien estribos mixtos.

La altura del colchón sobre la losa puede ser de cero, aunque generalmente se le da un colchón mínimo de 20 cm por no ser recomendable que sea la superficie de rodamiento, la pendiente máxima que se debe dar a este tipo de alcantarilla para no escalar la cimentación es de 12%.

3) Alcantarilla de bóveda

Este tipo de estructura está formada generalmente por una sección rectangular y un medio círculo en la parte superior y puede ser de mampostería o concreto, sus dimensiones se expresan de la siguiente manera: primero el diámetro o claro horizontal y después la altura de la sección rectangular.

El colchón sobre la clave en el hombro más desfavorable será de 1.00 m y la pendiente máxima sin escalar la cimentación es de 15% pudiendo incrementarse a 25 % si se escala.

4) Alcantarilla de cajón

La estructura de cajón es rectangular y de concreto reforzado, sus dimensiones se dan por su claro y su galibo, se deben de hacer las mismas consideraciones que para las alcantarillas de losa en cuanto al colchón mínimo y la pendiente longitudinal debe ser como máximo del 12%, este tipo de obra es recomendable para terrenos con baja capacidad de carga.

5) Sifones

Este tipo de obra está formado por tubos de concreto y cajas de estrada y de salida pudiendo ser éstas de concreto o de mampostería. En lo que se refiere al colchón mínimo, será de 0.50 m y la pendiente longitudinal de 0.00% hasta 1.00%.

6) Vados

Son estructuras que se diseñan con la finalidad de permitir que el agua escurra sobre la corona de la obra vial sin deteriorarla, el tirante máximo para permitir la circulación de vehículos será de 30 cm. Este tipo de obra generalmente se localiza en curva vertical en columpio y es recomendable su utilización en caminos de poco tránsito.

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 7
Conclusiones

7. Conclusiones

Como se mencionó el Programa Nacional de Autopistas surge de la necesidad de contar con una red de carreteras de altas especificaciones con el propósito de agilizar el movimiento de bienes y personas dentro del territorio nacional, y así reducir los costos de operación, mejorar la seguridad y reducir los tiempos de recorrido.

Para la conformación de una obra de esta índole se requiere la conjunción de diferentes especialistas en ingeniería civil, para llevar a cabo los diferentes proyectos que la conforman, como es el caso de especialistas en el área de la planeación, construcción, geotécnia, hidráulica, estructuras e impacto ambiental.

Estos trabajos no sólo contemplan la construcción de la autopista sino que también un control en la operación y mantenimiento de la misma, ya que el concesionario se compromete en el título de concesión en cumplir con estos controles, los cuales al ser financiados por particulares que exigen al mismo concesionario un manejo eficiente de su inversión con lo cual garantizan la recuperación de su capital en un plazo menor y con ello maximizar sus ganancias.

La elección de la ruta así como su trazo estará sujeto no solo a los estudios de topografía y geotécnia los cuales dan las características geométricas del proyecto y en una primera instancia los costos iniciales de construcción, sino también es de mucha importancia los estudios económicos y financieros que se requiere para la realización de la autopista.

El proyecto deberá ser analizado en cuanto a las vías alternas que los usuarios podrán elegir para la realización de su viaje una vez que el proyecto está terminado, ya que en el país para el caso de carreteras de cuota, deberá existir una vía alterna libre del pago de cuota, por que al ser conceptualizado el proyecto de una autopista concesionada, como un proyecto de inversión, surgirá en forma natural la conveniencia de realizar para el mismo un estudio de mercado que

incluirlá, entre otras, las secciones típicas de oferta, demanda, balance y dimensionamiento del proyecto.

La oferta se deberá encaminar en dos sentidos una que satisfaga al usuario potencial y otra al futuro inversionista del proyecto

En relación al usuario potencial la oferta estará dada por aquellos tramos carreteros existentes o futuros que competirán con la autopista, son de particular consideración aquellos tramos libre del pago de cuota en donde se deberá convencer al usuario potencial de los beneficios que obtendrán al utilizar esta ruta.

Estos beneficios se establecen en términos de la topografía del terreno por el cual transitará el usuario, la velocidad promedio y el tiempo de recorrido, el nivel de servicio con el que se contara, el número de carriles, longitud total de la carretera y sus diferentes tramos y la cuota de peaje por tramo.

Es importante lograr que el usuario potencial tome el pago de cuota como un beneficio, esto se logra a través de las encuestas de Origen y Destino en donde se plantea al usuario las diferentes cuotas que podrían regir en la autopista, en dichas encuestas se les hace ver que el pago de esta cuota no solamente garantiza el nivel de servicio de la autopista sino que también reduce sus costos de operación.

En donde el costo de operación base se define como el costo de operación por kilómetro de un vehículo que transita sobre una carretera recta y plana; ésto es, con curvatura y pendiente iguales a cero, con pavimento en muy buenas condiciones (Índice Internacional de Rugosidad igual a 2 m/km, Índice de servicio igual a 4.5). Dicho costo se calcula como la suma de los productos de los diferentes consumos del vehículo en un kilómetro de recorrido, por sus respectivos costos unitarios.

Con el uso de este concepto, bastará actualizar los costos periódicamente, utilizando precios promedio nacionales de los vehículos y consumos para

actualizar el costo de operación. Multiplicado por el factor leído en las gráficas correspondientes, se obtendrá el costo de operación buscado.

Los consumos que se toman en cuenta son

- Consumo de combustible
- Uso de lubricantes
- Consumo de llantas
- Tiempo de operación "operador"
- Mano de obra de mantenimiento
- Refacciones
- Depreciación
- Interés por la compra del vehículo a crédito

Y los costos unitarios:

- Precio del vehículo nuevo
- Costo del combustible
- Costo de lubricantes
- Costo de llanta nueva
- Tiempo de operación
- Mano de obra de mantenimiento
- Tasa de interés anual
- Costos indirectos por vehículo-km

Las encuestas de Origen y Destino tienen el propósito de conocer las preferencias de los usuarios potenciales. Las preguntas tratarán en primer lugar de discriminar si el entrevistado usaría o no usaría la autopista proyectada en el caso de que ésta existiese y, en segundo término, cuales serían los tramos que usaría.

Existen varios factores que determinan la conveniencia o no conveniencia para los conductores de utilizar algún(os) tramo(s) de autopista, como son el tiempo, la distancia y el costo, sin embargo, existen otros que pueden determinar el uso o desuso de algún tramo del proyecto, como es la costumbre de pernoctar el algún sitio ya establecido o costumbres alimenticias, etc.

Las respuestas obtenidas sobre la disponibilidad al pago de diferentes niveles de tarifas permitirán estimar curvas sobre la fracción de usuarios potenciales (por tipo de vehículo) que estarían dispuestos a pagar determinada tarifa por kilómetro o por tramo de autopista. Las preguntas deberán de estar encaminadas a saber Cuanto pagaría por el uso de la carretera, si estaría dispuesto a pagar cierta cantidad y hasta cuanto estaría dispuesto a pagar por el sus de esta nueva vía, estas preguntas se deben de gráficas para poder estimar el comportamiento del usuario potencial.

Con el resultado de las encuestas de Origen y Destino se grafican las frecuencias de los viajes y el ingreso promedio por mes en base a cada tipo de vehículo, tomando en cuenta que entre más alta sea la frecuencia de un usuario al usar una ruta menor será la frecuencia en utilizar la autopista, esto se obtiene al gráficas el propósito de viajes que se obtiene de las encuestas.

Con la información referente al pago de peaje y el tránsito estimado se obtiene la gráfica de elasticidad del tránsito vs tarifa que se define como la relación obtenida entre el cambio porcentual del tránsito a consecuencia de un cambio porcentual en la tarifa. Tradicionalmente este concepto está orientado a la medición de dicha relación como respuesta a cambios históricos en los niveles de tarifas en autopistas existentes. Sin embargo, también puede relacionarse con la distribución (acumulativa) de las respuestas de los posibles usuarios del proyecto ante la magnitud de la tarifa propuesta expresada en \$/vehículo-km, o para efectos comparativos en \$/eje-km.

Es conveniente recordar que dicha distribución es el reflejo de la disponibilidad práctica de los usuarios al pago de un cierto nivel de tarifas en relación de los

niveles existentes en otras autopistas, más que el resultado de un ejercicio de estimación, por parte de los usuarios, de los posibles ahorros monetarios derivados del uso de la autopista.

Con los datos obtenidos se calcula el tránsito estimado que transitará por la autopista el cual se compara con el tránsito calculado por el método de la AASHTO el cual proporciona un tránsito llamado optimista y otro de valor real.

La comparación de estos tres tránsitos obtenidos; el de las encuestas y por los métodos de la AASHTO se elige el tránsito que uno considere conveniente establecer como nuestro tránsito inicial.

Usando el tránsito inicial y aplicando la tasa de crecimiento anual se obtiene el tránsito a futuro para cada uno de los años siguientes, el cual se ajusta por el método de los mínimos cuadrados con el fin de obtener la ecuación para determinar el crecimiento del tránsito a futuro.

La unión de este tránsito obtenido y el costo que tendrá la obra se procede a realizar las evaluación económica y financiera.

La evaluación económica permite determinar cuantitativamente los beneficios económicos que obtiene el país y la sociedad, por concepto de reducción en los costos de operación de los vehículos y por ahorros en tiempos de recorrido, así como cualitativamente el beneficio atribuible a la generación de empleos en la construcción, operación y conservación de nuevas carreteras; al reactivamiento de la industria de la construcción; a la disminución del número de accidentes que representan pérdidas humanas y económicas; a la comodidad y confort de los usuarios al tener paraderos y áreas de servicio.

Toda evaluación económica de un proyecto de infraestructura carretera se basa en la comparación de los costos, tasables en unidades monetarias, en que incurriría la nación o el particular de presentarse dos situaciones: Una donde se mantiene el estado actual de la infraestructura (situación sin proyecto) y otra que considera lo que ocurriría si el proyecto se pusiese en servicio (situación con proyecto), por tanto resulta fundamental identificar con claridad cada una de ellas.

Para cada alternativa se consideran los gastos y los costos de operación de los vehículos, así como los beneficios del incremento de capacidad vial que se refleja en una mayor velocidad de operación, menores tiempos de recorrido y ahorros en costos de operación, dentro de los beneficios se incluye la disminución en el sobre costo de operación debido al estado superficial de la carretera.

Para que un proyecto sea rentable, a valor presente los beneficios deben ser mayores al de los costos. Si se toma la relación entre estos, se concluye que aquellos proyectos con una relación mayor que uno deben ser aceptados. Al efectuarse el cociente entre los beneficios y los costos se obtiene un número puro o índice.

Se considera como costo, todo aquel consumo real de recursos físicos derivados del uso de la infraestructura. En el costo se involucran básicamente la inversión en obra física construcción y su mantenimiento, así como el costo de la operación de los vehículos que circulan sobre ella y el tiempo empleado por los usuarios.

En general se puede señalar que los beneficios son diversos, destacando los siguientes:

- Fomento en las actividades agrícolas, industriales y turísticas.
- Incremento en el valor de las tierras.
- Incremento en la recaudación de impuestos.
- Disminución en los tiempos y costos de recorrido de los vehículos
- Disminución de la probabilidad de accidentes.

Para obtener los ahorros en los costos de operación, se requiere contar con los costos de recorrido con y sin proyecto que se obtiene de la siguiente manera:

Arj = Crjs - Crjc

Donde:

Arj = Ahorro en los costos de recorrido en el año j

Crjs= Costos de recorrido sin proyecto en el año j

Crjc= Costo de recorrido con proyecto en el año j

Los beneficios atribuibles a la disminución en los tiempos de recorrido, se obtienen deduciendo el tiempo de recorrido que normalmente se emplea en la ruta actual menos el tiempo de recorrido calculado para la nueva ruta.

La evaluación financiera determina la rentabilidad del proyecto, comparando los costos y beneficios obtenidos a lo largo de su vida útil, es decir, tiene como objetivo precisar el rendimiento y la recuperación del capital invertido.

En dicho análisis es necesario determinar tres variables básicas que son: El tránsito que circulará por la nueva obra, los niveles de cuota autorizados y el monto de la inversión. La primera variable se obtiene de los estudios de Origen y Destino y Datos Viales publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos; el nivel de cuotas a cobrar se obtiene de un promedio general de las tarifas por kilómetro, de toda la red operada por Capufe. La tercera variable o sea el costo de construcción, se calcula en algunos casos con base en costos medios por kilómetro en diferentes tipos de terreno, en base de proyectos ya elaborados y que actualmente se encuentran en proceso de construcción.

Para la elaboración de este análisis financiero el concesionario se reúne con el banco interesado y los inversionistas privados con los cuales elabora las políticas monetarias que se aplicarán para solventar de una forma eficiente los recursos del proyecto.

Para lo cual es necesario establecer el monto del crédito, el periodo de disposiciones de acuerdo al programa de obra, plazo de recuperación, tasa de interés y la tasa del rendimiento, además de evaluar la inflación que se tendrá en

el periodo de concesión, los seguros que se tendrán que utilizar, el paga de los servicios bancarios, el flujo vehicular, la tarifas de peaje tanto para el año base como a futuro, el programa de obra a seguir, los cargos por honorarios de supervisión y control de calidad, la tasa de crecimiento vehicular, los costos por administración y mantenimiento, el impuesto sobre la renta y la composición vehicular.

Con todas estas premisas se elabora un análisis "corrída financiera" que determinará tanto importes como plazos y finalmente el periodo en el que se mantendrá la concesión asegurando la recuperación del capital invertido, así como la ganancia neta.

En donde el punto medular en la Tasa Interna de Retorno TIR la cual garantiza la recuperación de la inversión más su ganancia el periodo estimado de concesión en la actualidad ente indicador esta del orden del 38% de acuerdo con el Banco Mundial.

Por último es importante decir que el control de calidad en la ejecución de las obras es de gran importancia para la mejor optimización de los recursos ya que al ser la concesionaria el encargado de dar mantenimiento a la autopista debe tomar en cuenta que un mal control de calidad repercutirá sobre sus costos de mantenimiento y las preferencias de los usuarios con la virtual disminución de sus ingresos. Aunado a que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, conforme se establece en los pliegos de las convocatorias, no supervisa los trabajos, sino que lleva a cabo una verificación de los mismos; por lo cual y basándose en el compromiso de la concesionaria de ejecutar los trabajos dentro de la norma establecida por la Secretaría, se compromete la propia concesionaria a llevar a cabo una supervisión detallada, para lo cual implementa, dentro de su organización todo lo necesario para garantizar un correcto control de calidad en todas sus fases y para llevar a cabo trabajos de topografía y controles de avances que permitan a la SCT, efectuar el seguimiento y verificación de los avances físicos y financieros de la obra.

En la actualidad es obligatorio presentar un estudio de impacto ambiental de acuerdo con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en donde se deben señalar los impactos generados al medio ambiente por la construcción y operación de la autopista enunciando todos los impactos sin importar que sean negativos o positivos e informando de una manera detallada todas las medidas que se aplicarán para mitigar los impactos al medio ambiente, como es la reforestación de las áreas verdes y el aprovechamiento total de los recursos madereros provocados por la tala en el derecho de vía, el control sobre el sobrante de los cortes y el tratamiento que se brindara para la protección de la flora y la fauna de la región.

En conclusión para la realización de una autopista concesionada no basta contar con los estudios del proyecto constructivo y el beneficio que traerá para la región y para el país, sino que también hay que tomar en cuenta que la inversión que se hará debe recuperarse dentro del periodo que abarca la concesión,

Además se debe tomar en cuenta que al terminar dicho periodo la autopista pasara a formar parte de la Red Federal por lo que el concesionario deberá de entregar la obra en perfectas condiciones.

**PROCESO DE PLANEACIÓN DE AUTOPISTAS
CONCESIONADAS**

CAPÍTULO 8

Bibliografía

8. Bibliografía

- Análisis de metodologías para determinar la factibilidad económica y financiera de proyectos de infraestructura para el transporte carretero
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
1990
- Criterios para establecer la cuota óptima en una autopista de cuota
Instituto Mexicano del Transporte, SCT
Publicación técnica No. 60
1995
- Datos Viales 1996
Dirección General de Servicios Técnicos, SCT
1996
- Elementos de proyecto y costos de operación en carreteras
Instituto Mexicano del Transporte, SCT
Publicación técnica No. 20
1991
- Estado Superficial y costos de operación en carreteras
Instituto Mexicano del Transporte, SCT
Publicación técnica No. 30
1991
- Estrategias para la realización de Estudios Origen y Destino
Instituto Mexicano del Transporte, SCT
Publicación técnica No. 48
1992
- Evaluación financiera de proyectos
Téllez Sánchez, Rubén
Facultad de Economía, UNAM
1996
- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres
Rico, Del Castillo
Limusa
1996
- Manual de capacidad vial
Dirección General de Servicios Técnicos, SCT
1991

- Modelos matemáticos para distribución de viajes
Instituto Mexicano del Transporte, SCT
Publicación técnica No. 31
1991
- Normas de calidad de los materiales, "Vías, Estructuración, Terminados, Instalaciones y Comunicaciones"
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Libro 4
1986
- Normas de servicios técnicos. "Proyecto geométrico"
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Libro 2
1984
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, "Normas SCT de proyecto, construcción y conservación de la infraestructura del transporte"
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
1988
- Normas técnicas de control ecológico para la construcción de carreteras en México
Coordinación General de Planeación y Centros SCT. SCT
1991
- Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000
Coordinación General de Planeación y Centros SCT. SCT
1996