

94
291



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO ECONOMICO, FINANCIERO Y DE
IMPACTO AMBIENTAL PARA EL LIBRAMIENTO
NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
GLORIA PAREDES OLGUIN



MEXICO, D. F.,

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-154/96

Señorita
GLORIA PAREDES OLGUIN
Presente.

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

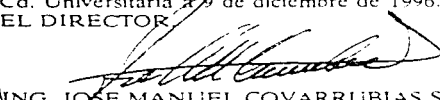
"ESTUDIO ECONOMICO, FINANCIERO Y DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO"

- INTRODUCCION
- GENERALIDADES
- I. ANTEPROYECTO DEL LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO
- II. ESTUDIO DE ASIGNACION DE TRANSITO
- III. ESTUDIO ECONOMICO
- IV. ESTUDIO FINANCIERO
- V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
- VI. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES
- VII. 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 7 de diciembre de 1996.
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

MCS/GMP*Imf

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad que me brindó para estudiar en la Facultad de Ingeniería, por la formación que recibí de ésta

A mis padres, con el mayor respeto y afecto

A la memoria de Héctor Enrique

A Gonzalo, por su paciencia, apoyo y consejos

A mi sobrino Alejandro, por su confianza y cariño

A mis hermanos y sobrinos por su cariño

A la memoria del Ing. Méndez Cossio

*Hago presente mi agradecimiento al Ing. Oscar
Martínez Jurado, así como a los ingenieros de
la S. E. T. por su ayuda para la realización de
la presente tesis*

A mis maestros, compañeros y amigos

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
I.-) GENERALIDADES	5
I.1 Transporte como generador de desarrollo.....	5
I.2 La evolución del transporte en México en el siglo XX.....	9
II.-) ANTEPROYECTO PARA EL LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO	16
II.1 Programa de desarrollo del sector comunicaciones y transportes.....	16
II.1.1 Objetivos del subsector carretero.....	16
II.1.2 El subsector carretero al año 2000.....	17
II.1.3 Infraestructura carretera.....	18
II.1.4 Análisis.....	18
II.1.5 Acciones.....	24
II.1.6 Perspectivas.....	25
II.1.7 Esquema de concesiones.....	34
II.2 Estudios topográficos y fotogramétricos.....	36
II.2.1 Estudios topográficos.....	37
II.2.2 Estudios fotogramétricos.....	40
II.3 Estudios de mecánica de suelos.....	42
II.4 Determinación de estructuras.....	42
II.4.1 Proyecto del espesor de pavimentos en general.....	44
II.4.2 Proyecto de los pavimentos flexibles.....	45
II.5 Drenajes.....	46
II.6 Anteproyecto del Libramiento Norte de la Ciudad de México.....	50

III.-) ESTUDIO DE ASIGNACION DE TRANSITO.....	59
III.1 Oferta.....	60
III.1.1 Area de estudio.....	60
III.1.1.1 Red de influencia.....	61
III.1.1.2 Zonificación.....	64
III.1.2 Características físicas y operativas de la red.....	67
III.1.2.1 Características físicas.....	67
III.1.2.2 Características operativas.....	57
III.1.2.2.1 Velocidades (tiempos de recorrido).....	69
III.1.2.2.2 Nivel de servicio (análisis de capacidad).....	69
III.2 Demanda.....	71
III.2.1 Comportamiento histórico del tránsito.....	72
III.2.1.1 Datos viales.....	73
III.2.1.2 Registros de aforos en casetas.....	75
III.2.2 Características actuales del tránsito.....	77
III.2.2.1 Volúmenes vehiculares.....	77
III.2.2.2 Composición vehicular.....	86
III.2.3 Características de la demanda.....	87
III.2.3.1 Encuesta origen-destino.....	87
III.2.3.2 Factores de expansión.....	89
III.2.3.3 Características de los viajes.....	90
III.2.4 Estimación del valor del tiempo.....	100
III.2.5 Elementos base en la estimación de la demanda.....	103
III.2.5.1 Aspectos de desarrollo regional en el análisis de información.....	105
III.2.5.2 Metodología de estimación de variables socioeconómicas.....	112
III.3 Estimación de aforos.....	113
III.3.1 Asignación.....	113
III.3.1.1 Año base.....	114
III.3.1.2 Horizonte de planeación.....	118
III.3.2 Análisis de sensibilidad.....	121
III.4 Estimación del tránsito por el método de la AASHTO.....	121
III.4.1 Información requerida.....	123

III.4.2 Análisis de información.....	123
III.4.3 Aplicación del método AASHTO.....	124
IV.-) ESTUDIO ECONOMICO.....	129
IV.1 Generalidades.....	129
IV.2 Costos.....	130
IV.2.1 Costos de construcción.....	131
IV.2.2 Costos de mantenimiento.....	134
IV.2.2.1 Mantenimiento rutinario.....	135
IV.2.2.2 Mantenimiento preventivo menor y mayor.....	136
IV.2.3 Costos de equipamiento.....	137
IV.2.4 Costos de operación.....	137
IV.2.5 Costos de operación vehicular (VOC).....	139
IV.2.5.1 Insumos.....	140
IV.2.5.1.1 Características del vehículo.....	140
IV.2.5.1.2 Características físicas de la red de influencia.....	143
IV.2.5.1.3 Resultados.....	144
IV.2.5.2 Análisis de sensibilidad.....	146
IV.2.5.2.1 Análisis de sensibilidad a la velocidad.....	152
IV.2.5.2.2 Análisis de sensibilidad a las características del pavimento.....	152
IV.3 Ahorros en los costos de operación.....	153
IV.4 Ahorros en tiempo de viaje de los usuarios.....	154
IV.5 Principales indicadores de la evaluación económica.....	154
IV.5.1. Valor actual neto (VAN).....	155
IV.5.2 Tasa interna de retomo (TIR).....	158
IV.5.3 Tasa interna de retomo modificada (TIRM).....	159
IV.5.4 Relación entre VAN y TIR.....	159
IV.5.5 Ventajas y desventajas entre VAN y TIR.....	160
IV.5.6 La relación beneficio-costos.....	161
IV.6 Insumos.....	162
IV.7 Resultados.....	166

V.-) ESTUDIO FINANCIERO.....	169
V.1 Financiamiento.....	169
V.2 Premisas básicas.....	171
V.3 Determinación de la tasa de recuperación mínima atractiva.....	174
V.4 Sistemas de amortización.....	176
V.4.1 Sistema de pagos con amortizaciones iguales.....	177
V.4.2 Sistema de pagos valor presente.....	178
V.4.3 Sistema de pagos con amortizaciones crecientes.....	179
V.4.4 Resumen de los sistemas de amortización.....	180
V.5 Resultados del análisis financiero base.....	181
V.5.1 Programa de inversión.....	181
V.5.2 Flujo de efectivo.....	184
V.5.3 Estado de resultados.....	186
V.5.4 Balances financieros.....	187
V.5.5 Razones financieras.....	188
V.6 Resultados de los análisis de sensibilidad.....	191
VI.-) ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	206
VI.1 Leyes y reglamentos ambientales.....	207
VI.2 Caracterización del área.....	209
VI.3 Evaluación de los impactos ambientales.....	214
VI.3.1 Metodología de evaluación.....	214
VI.3.2 Análisis de la matriz de evaluación de impactos.....	217
VI.4 Matriz de Leopold.....	222
VI.5 Impactos adversos significativos y moderadamente significativos específicos para cada tramo.....	226
VI.5.1 Geología.....	226
VI.5.2 Suelo.....	227

VI.5.3 Hidrología.....	228
VI.5.4 Vegetación terrestre.....	228
VI.5.5 Fauna terrestre.....	230
VI.5.6 Comunidades terrestres.....	231
VI.5.7 Paisaje.....	232
VI.6 Impactos benéficos significativos y moderadamente significativos comunes a todos los tramos del trayecto.....	233
VI.7 Balance de los impactos moderados y significativos.....	236
VI.8 Resultados del análisis de impacto ambiental.....	247
VI.9 Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados.....	249
VI.9.1 Etapa de selección del sitio.....	251
VI.9.2 Etapa de preparación del sitio de construcción.....	252
VI.9.3 Cortes, nivelación y compactación.....	253
VI.9.4 Transporte y almacenamiento de maquinaria y equipo.....	254
VI.9.5 Aprovechamiento de recursos.....	255
VI.9.6 Extracción y empleo de agua.....	258
VI.9.7 Construcción y rehabilitación de caminos de acceso.....	259
VI.9.8 Construcción de obras de drenaje.....	261
VI.9.9 Construcción de puentes.....	262
VI.9.10 Colocación de la carpeta asfáltica.....	263
VI.9.11 Manejo y disposición de residuos sólidos.....	264
VI.9.12 Manejo y disposición de aguas residuales.....	265
VI.9.13 Operación de maquinaria y equipo.....	265
VI.9.14 Etapa de operación y mantenimiento.....	266
VII.-) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	268
VIII.-) BIBLIOGRAFIA.....	273

INDICE DE CUADROS

Variación de la longitud de la red carretera.....	8
Cronología del subsector carretero durante el siglo XX.....	14
Sistema Nacional de carreteras.....	19
Ejes troncales y tramos por modernizar.....	21
Autopistas federales de cuota en operación.....	22
Perspectivas de la evolución sectorial.....	26
Necesidades de inversión en la construcción de infraestructura.....	27
Indicadores económicos de la construcción.....	28
Descenso de la inflación.....	30
Terminación de ejes.....	31
Otras carreteras prioritarias.....	32
Principales vías de acceso al trazo de la carretera.....	53
Alternativas carreteras que conforman la red de influencia.....	63
Zonificación del área de estudio.....	65
Características físicas de la red de influencia.....	70
Datos viales de la red de influencia.....	74
Datos históricos del aforo registrado en casetas (TPDA).....	76
Ubicación de los sitios de aforo.....	79
Resumen del comportamiento diario en estaciones automáticas y casetas.....	81
Ubicación y fecha de realización de las encuestas origen-destino.....	88
Composición vehicular por estación (TPDA).....	90
Principales motivos de viaje en automóvil (TPDA).....	91
Síntesis del estudio y origen-destino de la estación: Carretera México-Pachuca (libre).....	92
Síntesis del estudio y origen-destino de la estación: Federal 135 Calpulalpan.....	94
Síntesis del estudio y origen-destino de la estación: Carretera México-Puebla.....	96
Síntesis del estudio y origen-destino de la estación: Carretera México-Puebla (cuota).....	98
Ubicación y fecha de realización de las encuestas de preferencia declarada.....	101

Valor del tiempo de los automovilistas (NS x minuto)	103
Resumen de crecimiento de las principales variables socioeconómicas (1995-2030) en la zona interna de estudio (Zonas No. 1 a la 104).....	113
Volúmenes totales de viajes en un día promedio entre semana y un día en fin de semana.....	116
Asignación de tránsito para el año base (TPDA).....	117
Captación de tránsito por tramo y tipo de vehículo año base (TPDA).....	118
Asignación del tránsito del año base y proyección de la demanda (TPDA).....	119
Análisis de sensibilidad respecto a la cuota.....	121
Factor de cuota por itinerario.....	125
Tránsito total asignado, únicamente Libramiento Norte escenario optimista.....	126
Tránsito total asignado, únicamente Libramiento Norte escenario pesimista.....	127
Estimación de costos.....	132
Libramiento Norte de la Ciudad de México (costo de construcción).....	133
Costos de mantenimiento del Libramiento Norte.....	136
Costos de equipamiento del Libramiento Norte	137
Costos de operación del Libramiento Norte.....	138
Datos de flota y utilización por tipo de vehículo.....	141
Características promedio de vehículos de carga.....	142
Costos y pesos de los vehículos.....	142
Costo unitario por tipo de neumático y marca.....	143
Características físicas del área de influencia por tramos.....	144
Ahorro en costos de operación entre las alternativas y el Libramiento Norte.....	145
Ahorros totales en costos de operación con la implementación del Libramiento Norte.....	146
Ahorro en costos de operación por tipo de vehículo y asignación.....	153
Distancias por tramo analizado para la elaboración económica.....	163
Volumen vehicular asignado para el Libramiento Norte de la Ciudad de México.....	164
Tasa de ocupación por tipo de vehículo	165
Índice internacional de rugosidad por tramo.....	166

Resultados de la evaluación económica.....	167
Tasa efectiva compuesta mensualmente.....	173
Costo ponderado del capital para el Libramiento Norte.....	175
Amortización para los primeros cinco años de vida. Tradicional.....	178
Amortización para los primeros cinco años de vida. Valor presente.....	179
Amortización para los primeros cinco años de vida. Crecientes.....	180
Resumen de los sistemas de amortización.....	180
Programa de inversión Libramiento Norte de la Ciudad de México pesos constantes al 31 de octubre de 1995.....	182
Resumen de inversiones Libramiento Norte de la Ciudad de México pesos constantes al 31 de octubre de 1995.....	184
Resumen de escenarios.....	193
Tramos de estudio.....	210
Lista de chequeo para las etapas y acciones del proyecto LNCM.....	219
Lista de chequeo para los componentes y elementos ambientales del LNCM.....	220
Clasificación de los impactos ambientales de la matriz de Leopold.....	223
Resumen de los impactos detectados en los tramos del LNCM.....	237
Resultado del análisis de impacto ambiental general	247
Componentes ambientales por tramo.....	248

INDICE DE FIGURAS

Principales ejes troncales.....	20
Configuración de la red de altas especificaciones para el año 2000.....	33
Estado físico actual y evolución de los pavimentos.....	34
Ubicación del trazo del LNCM.....	54
Sección tipo. Terreno plano y lomerío.....	55
Sección tipo. Pendientes fuertes.....	56
Sección tipo. Pendientes suaves.....	57
Red de influencia del Libramiento Norte.....	62
Mapa de zonificación.....	66

Escala del índice internacional de rugosidad.....	68
Ubicación de los estudios de campo.....	80
Parques industriales y municipios con actividad económica importante.....	107
Regiones económicas del estado de Hidalgo.....	109
Porcentajes de impactos adversos por etapa del proyecto.....	239
Porcentajes de impactos adversos moderadamente significativos por etapa del proyecto.....	240
Porcentajes de impactos adversos significativos por componente ambiental.....	241
Porcentajes de impactos adversos moderadamente significativos por componente ambiental.....	242
Porcentajes de impactos benéficos significativos por etapa del proyecto.....	243
Porcentajes de impactos benéficos moderadamente significativos por etapa del proyecto.....	244
Porcentajes de impactos benéficos significativos por componente ambiental.....	245
Porcentajes de impactos benéficos moderadamente significativos por componente ambiental.....	246

INDICE DE GRAFICAS

Variación horaria de tránsito TPDA. Calpulalpan.....	82
Variación horaria de tránsito TPDA. Puebla (cuota).....	83
Variación horaria de tránsito TPDA. Puebla (libre).....	84
Variación horaria de tránsito TPDA. Tizayuca.....	85
Composición vehicular de aforo por sitio.....	86
Análisis de sensibilidad respecto a la cuota.....	122
Flujo de fondos de las alternativas de inversión.....	147
Sensibilidad de la cantidad equivalente anual al gradiente.....	148
Sensibilidad de la cantidad equivalente anual a la tasa de interés.....	149
Sensibilidad de la cantidad equivalente anual a cambios en la vida de las alternativas.....	151
Costo de operación-velocidad.....	152
Costo de operación-IIR.....	153

INTRODUCCION

El desarrollo económico del país depende en gran medida de una adecuada infraestructura para el transporte, que apoye la comunicación en forma fluida y eficiente de los centros de producción con los de consumo, y permita la movilización y la correcta distribución de productos dentro y fuera del territorio nacional.

La Ciudad de México es el polo generador y atractor de viajes de mayor importancia en la República Mexicana, tanto por su ubicación geográfica como por la concentración de población y la localización de los principales centros industriales, comerciales, educativos y administrativos del país. Debido a esta importancia a nivel nacional, la red carretera del país confluye de manera concéntrica a la Ciudad de México, haciendo que ésta sea un punto obligado de paso de viajes entre sur y norte y entre este y oeste del país.

El grado de saturación de las vialidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), hacen que la circulación vehicular sea muy lenta al interior de esta zona, propiciando una cantidad importante de horas-hombre pérdidas, lo cual afecta a aquellos viajes que sin necesidad de hacerlo, se ven en la obligación de ingresar a la ZMCM por no contar con una alternativa.

Lo anterior motivó que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), a través de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), pensar en la posibilidad de construir un libramiento que evitará el paso obligado por la ZMCM de aquellos viajes cuyo origen y destino no están localizados en su interior.

El proyecto corresponde a la construcción de una carretera que rodeará a la ZMCM; dicha carretera entroncará en uno de sus extremos con la carretera 57, autopista México-Querétaro, a la altura de Jobas (Méx.), y en el otro, con la carretera 150, autopista México-Puebla, a la altura de San Martín Texmelucan (Pue.); el libramiento carretero tendrá una longitud total de 135.7 km, siguiendo una dirección de norte a sureste.

Por tal razón es necesario el estudio de asignación de tránsito, económico, financiero y de impacto ambiental que ayudaran a proyectar al Libramiento Norte de la Ciudad de México (LNCM) con un mayor apego a las condiciones actuales que imperan en el país en materia de infraestructura carretera.

En lo referente al estudio de asignación de tránsito este contiene un elemento innovador en estudios de ingeniería de tránsito, al trabajar con el concepto de "valor del tiempo de los usuarios", el cual se involucra dentro del proceso de asignación como un elemento básico en la decisión de utilizar o no un tramo de cuota. Debido a que el valor del tiempo es algo subjetivo e individual, para su determinación se utilizará la técnica denominada encuestas de preferencia declarada, aplicada comúnmente en estudios de mercadotecnia; este comentario es muy importante si se tiene en cuenta, que tradicionalmente los modelos de asignación han utilizado el concepto de costo de operación de los vehículos.

Una vez calculados los pronósticos de asignación vehicular para el LNCM, es necesario determinar si con los volúmenes de vehículos que se espera transiten por la autopista, el proyecto puede ser factible desde un enfoque económico, otorgando beneficios sociales a los usuarios de la vialidad y viable desde el punto de vista financiero, ofreciendo una rentabilidad atractiva a los inversionistas.

Una manera de poder evaluar los beneficios sociales y proporcionar información objetiva para la toma de decisiones en proyectos de infraestructura, es mediante la evaluación económica en proyectos de transporte.

La metodología utilizada para este análisis tiene como base el cálculo de los beneficios económicos que se generan como consecuencia de la ejecución del proyecto. Para el caso específico del LNCM, los beneficios que se estimaron relevantes son aquellos referentes a los ahorros en costo de operación de los vehículos y los ahorros en el tiempo de viaje de los usuarios.

Por lo que respecta al estudio financiero se determinará si, desde el punto de vista financiero, el proyecto LNCM puede ser rentable para los inversionistas privados que se interesen en aportar el capital necesario para su construcción. Asimismo, se plantea cuál es la estructura óptima del capital para garantizar la rentabilidad del capital privado; se indica también cuál es el tiempo necesario en el que los inversionistas recuperarán sus aportaciones.

En el estudio de impacto ambiental el propósito es evaluar los resultados probables de la implementación de las acciones de transporte propuestas. Por lo tanto, para el análisis ambiental es necesario ver el futuro de manera cuantitativa, para llevar a cabo las evaluaciones necesarias y comparar los resultados con los lineamientos y estándares expuestos en las leyes y

reglamentos ambientales. Para efectuar una evaluación de impacto ambiental se debe disponer de la mayor información posible sobre el proyecto que se pretende evaluar y su entorno. Se requiere conocer la situación antes del proyecto para con base en ello estimar lo que puede suceder durante la construcción y operación. Para ello es necesario efectuar una descripción completa del medio ambiente en el área dónde se propone llevar a cabo el proyecto, donde se incluye la descripción del medio físico, el medio biológico (flora y fauna) y el social (economía, cultura, patrimonio histórico y costumbres sociales).

I.-) GENERALIDADES

I.- GENERALIDADES

Hoy en día la cada vez más compleja y competitiva economía mundial, así como las interacciones entre los países y sus habitantes hacen indispensable contar con una infraestructura moderna y eficiente en el marco de las comunicaciones y el transporte.

El crecimiento social y económico, así como las necesidades y oportunidades derivadas nos obligan a crear, modernizar y hacer crecer la infraestructura existente, para poder lograr penetrar en las corrientes de la transformación mundial. No podemos limitarnos ante la competencia nacional e internacional.

Los mexicanos nos hemos caracterizado a través de la historia por nuestro esfuerzo para crear y hacer crecer esta Nación, por lo que desde nuestros ancestros hemos tratado de mantenernos a la vanguardia en la introducción de cada uno de los servicios de las comunicaciones y el transporte.

I.1 TRANSPORTE COMO GENERADOR DE DESARROLLO

El desarrollo económico del país depende en gran medida de una adecuada infraestructura para el transporte, que comunique en forma fluida y eficiente los centros de producción con los de consumo, y permita la movilización de pasajeros, el abasto oportuno de insumos y la correcta distribución de productos dentro y fuera del territorio nacional.

La demanda del transporte, tanto de carga como de pasajeros, no es demanda directa. Ni los individuos, ni las empresas requieren del transporte por el solo hecho de moverse de un lado a otro, sino como medios para poder realizar otras actividades. Por ello, debe haber capacidad de transporte ahí donde se genera la economía. Es obvio que el desarrollo de los transportes fue el origen del comercio y este a su vez estimuló la producción, la especialización y la integración de aparatos productivos más complejos.

El transporte se ha convertido en un factor de competitividad empresarial no solo por los ahorros en los costos, sino por la calidad de los servicios proporcionados, su estrecha asociación en el funcionamiento de las cadenas de producción y distribución, la capacidad para

entregar de manera oportuna, confiable y segura las materias primas, insumos y bienes terminados. La movilidad es el punto de partida, más no la finalidad. Esta radica en la contribución del transporte en la creación de mercados. El transporte trasciende el propósito de mover un producto de un lugar a otro para satisfacer una demanda claramente expresada. La disponibilidad de un medio de transporte propició la generación de esta demanda: creó un potencial de intercambio que se fue ampliando en la medida que los medios de transporte fueron mejorando la calidad de servicios y contribuyendo a estructurar los mercados. La búsqueda de eficiencia impuso la necesidad de coordinar los diferentes modos de transporte, lo que aunado al avance de nuevas tecnologías, llevó al desarrollo del concepto de transporte multimodal. "Se entiende por transporte multimodal el envío de mercancías por, al menos, dos modos de transporte diferentes, con un solo contrato, desde un punto de origen situado en un país, en el que el operador de transporte multimodal toma las mercancías bajo su custodia, hasta un punto de destino localizado en un país diferente".

Según este concepto, el transporte multimodal es un sistema que comienza en la puerta de una factoría y termina en la puerta de un cliente. El transporte no es sólo un fenómeno que opera de puerta en puerta, optimizando un traslado, es un fenómeno integrado que toma en cuenta condiciones de mercado, ventajas de presencia, necesidad de reducción de inventarios, oportunidad de entrega, seguridad y todo el conjunto de factores ajenos al transporte mismo que lo integran favorable o desfavorable a la cadena comercial. De acuerdo con esta visión el concepto de transporte queda como un agente más y muy activo del desarrollo comercial. En nuestra actualidad el transporte genera controversias entre los diferentes modos de transporte surgiendo frases sagradas, como "el transporte marítimo es el más económico y, por ende, el preferible", "el ferrocarril es el medio ideal para transportar grandes volúmenes de carga a grandes distancias", "el autotransporte es el medio más flexible". Lo anterior ocasiona un análisis de lo que cada uno de los medios de transporte aporta para el desarrollo del comercio.

El transporte de materias primas industriales y agrícolas, productos minerales e inorgánicos, materias primas para la construcción, productos químicos y combustibles, que requieren ser transportados en grandes masas, son el mercado natural y por lo tanto tradicional del ferrocarril.

La infraestructura básica de vías férreas del país se construyó entre 1857 y 1910 (aproximadamente 20.000 km). Si bien desde 1925 sólo se construyeron 300 km adicionales, a partir de 1960 se ha modernizado aproximadamente 40 % de la vía principal.

La Red Ferroviaria actual comunica a 30 entidades federativas y enlaza a sus principales ciudades con centros agrícolas, mineros y de desarrollo industrial, así como sus principales puertos y puntos fronterizos, su longitud es de 26.477 km y se encuentra segmentada en: el ferrocarril de la terminal del valle de México; el noreste; en el pacífico-norte; el del sureste, asimismo, incluye líneas cortas y especializadas entre las que destaca el ferrocarril Chihuahua-Pacífico.

En lo que respecta al sistema del autotransporte en México, el desarrollo de este ocurrió en la medida que fue extendiéndose la cobertura de la carretera. De una situación dominada por el ferrocarril, a principios de la década de los treinta, la expansión de la red carretera fue propiciando la mayor penetración del transporte carretero, tanto de carga como de pasajeros y el gradual desplazamiento del ferrocarril. Así, la cobertura del servicio se dio primeramente en las grandes rutas troncales, que comunican a la capital del país con la de los estados y los principales puertos marítimos y la frontera. El sistema carretero mexicano cuenta con una extensión de 303.262 km enlazando a las capitales, municipios, zonas urbanas y rurales, puertos, fronteras. Además atiende el 98,5 % del movimiento doméstico de pasajeros y más del 85 % de carga terrestre. La Red Federal de Carreteras, esta constituida por 42.928 km de caminos y 5.683 km de autopistas de cuota, de la cual el 98,7 % se encuentran pavimentadas.

Durante los últimos 26 años, la carga total transportada por vía terrestre se ha incrementado, al pasar de 180 millones de toneladas en 1970 a casi 356 millones de toneladas en 1995.

El transporte carretero en México registra en lo general mayores velocidades que el ferrocarril, tanto de crucero como comerciales. La rapidez es un factor de calidad que exigen los pasajeros y, con menor frecuencia, el servicio de carga. El movimiento de pasajeros creció de 1.611 en 1986 a 2.636 en 1994 al año, cifra que representó el 98,5 % del total de pasajeros transportados en el país. Las vías se quedaron en el Porfiriato, en cambio, los recursos gubernamentales alimentaron el crecimiento de la Red Carretera (ver Cuadro 1).

Cuadro I
VARIACION DE LA LONGITUD DE LA RED CARRETERA

Año	Kilometraje de carreteras
1930	1 426
1940	9 929
1950	22 450
1960	44 890
1970	71 520
1980	212 626
1990	240 186
1995	303 262

Fuente: SCT, 1995

El costo del transporte es determinante, y es ahí donde la complementariedad del transporte ferroviario con el carretero, presenta un enorme potencial. El aprovechamiento de las ventajas comparativas de cada uno de ellos en los distintos eslabones de la cadena de transporte, abre grandes posibilidades para el uso generalizado del contenedor y el transporte de remolque para plataformas, los dos medios mencionados más que competir entre sí, se coordinan para ofrecer un servicio integrado de alta calidad.

El puerto está definido como "el conjunto de instalaciones y actividades (servicios y organizaciones) que permitan la realización de las operaciones de intercambio de mercancías entre el medio terrestre y el acuático". En la época de la colonia los puertos tuvieron mayor presencia por el rol que jugaron en el proceso de conquista, explotación y colonización de México. Además era el único medio de transporte para el envío de productos de la Nueva España a la metrópoli. Sin embargo, estos fueron perdiendo importancia en la medida que el poder económico y político se trasladó hacia el centro del país. Los puertos volvieron a ser relegados en el período revolucionario y post-revolucionario, porque las relaciones económicas y políticas de México se empiezan a orientar hacia los Estados Unidos de Norteamérica. Por tanto el transporte carretero y ferroviario son los que se ven más favorecidos. En México contamos con 76 puertos marítimos y 9 fluviales. De ellos, 31 tienen actividad comercial

nacional e internacional y atienden a los principales centros de producción y consumo del país mientras que el resto se destina a actividades pesqueras o turísticas.

I. 2 LA EVOLUCION DEL TRANSPORTE EN MEXICO EN EL SIGLO XX

A través del transcurso del tiempo se ha podido observar la evolución que han tenido los diversos vehículos; así como los caminos. La diversidad de actividades y el incremento de la población demandan tanto en cantidad como en calidad un mayor nivel de los servicios .

La transición del siglo XIX al XX en México se da bajo el gobierno del General Porfirio Díaz, quien durante el Porfiriato otorgó un gran impulso a los ferrocarriles, mismo que no es comparable con el que se dio a los caminos, cabe destacar que mientras para 1896 había un total de 10,850 km de vías férreas y funcionaban 34 ferrocarriles; la construcción de caminos no sobrepasó 1,000 km.

Sin embargo, en 1895, se expide una ley que encarga a los estados la responsabilidad de crear y conservar los caminos dentro de su territorio. Además de conceder algunos subsidios a las entidades federativas para la construcción de sus caminos estatales.

La aparición del automóvil en 1905 provocó obras de adaptación a los caminos ya existentes, estableciéndose así una Junta Directiva encargada de construir y reparar las carreteras troncales. Uno de los primeros alcances para principios de siglo que marcarían la pauta carretera es la inauguración de los primeros 52 km de la carretera Iguala-Chilpancingo en 1910.

El automóvil se introdujo en México a principios del siglo, con la consecuente revolución de los viejos conceptos del transporte, sin embargo, en nuestro país prácticamente no provocó que se mejoraran los caminos existentes; tal como estaban, continuaron prestando servicio a los vehículos de motor y a los de tracción animal, y todavía en 1925 los automovilistas se limitaban a transitar por las calles y calzadas urbanas, en donde se convirtió en el competidor de tranvías y carretelas.

En 1925, poco después de haber iniciado su gestión el presidente Plutarco Elías Calles dispuso la creación de la Comisión Nacional de Caminos, lo que significó el punto de partida

de la gran obra caminera con la que contamos actualmente. Poco antes se había establecido un impuesto sobre la venta de la gasolina y se le encomendó a la nueva institución la administración y aplicación de estos fondos.

Cuando se inició la rehabilitación de los primeros caminos para automóvil, el país tenía 15 millones de habitantes. La producción automotriz era aún incipiente, así que los transportes se fueron desarrollando paralelamente a las vías de comunicación.

En cuanto a la evolución de los transportes carreteros, gracias a la construcción de los caminos, se comunicaron tres ciudades importantes con otras: la Ciudad de México con Pachuca, Puebla, Toluca y Acapulco, la de Mérida con Puerto Progreso y Valladolid, y la de Monterrey con Nuevo Laredo.

Entre 1925 y 1930 se construyeron los primeros 1,420 km de estas carreteras; también en 1930 se había integrado al tráfico automovilístico el 1 % del territorio nacional. En la década siguiente se agregaron a la red 8,500 km, con lo cual quedó comunicado el 9 % del área de la República por el automóvil y el camión. En esos años se utilizaron los primeros autobuses para 20 pasajeros y se iniciaron los servicios regulares de México a Pachuca, de México a Texcoco y de México a Toluca.

La Ley de Vías Generales de Comunicación fue publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 19 de febrero de 1940; en ella se estipula cuáles son estas vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, puentes, corrientes fluviales navegables, mares territoriales, lagunas, lagos, rutas del servicio postal, así como el espacio aéreo en el que transitan las aeronaves.

Con el decreto de la Ley, se cubrieron varias de las necesidades que había en el ámbito de las comunicaciones, específicamente en lo relacionado con la planeación, construcción, establecimiento y explotación.

Se le dio preferencia a las zonas de mayor potencialidad económica, así como a las vías de enlace o alimentadoras de troncales.

En materia de transportes, esta Ley expone los lineamientos a los que deben sujetarse los concesionarios ya establecidos y los que se establezcan para ofrecer servicios públicos,

teniendo la obligación de enlazar sus vías, líneas o instalaciones en las de otras empresas y con las del gobierno, así como combinar sus servicios entre sí cuando el interés público lo reclame.

Por acuerdo presidencial, el 22 de diciembre de 1932 se originó la fórmula bipartita para la construcción de caminos en cooperación y adquirió cuerpo legal la creación de juntas locales, empresas de autotransportes y de las cámaras de comercio en las entidades federativas.

Esta nueva fórmula de trabajo dio como resultado una mayor y mejor expansión de la red, lo que no se habría logrado si toda la responsabilidad hubiera recaído sobre el gobierno federal.

El 12 de octubre de 1949 se decreta la creación del Comité Nacional de Caminos Vecinales. Su patrimonio lo formaba el 20 % de los ingresos brutos provenientes de los impuestos por la venta de automóviles y camiones ensamblados en el país, y las aportaciones estatales, municipales y particulares.

En la década de los cincuenta se construyeron 22.440 km de carreteras, con lo que se duplica la red existente en 1960, alcanzando una longitud de 44,890 km, con lo que quedaba vinculado por automóvil y el camión el 27 % del territorio del país. Entre las obras relevantes de este periodo está la unión de San Luis Potosí con Piedras Negras, pasando por Saltillo, la de Coahuila con Salina Cruz y la Coahuila con Villahermosa, así como el inicio de una muy extensa red de caminos menores.

En la década de los años sesenta, destaca el esfuerzo de la Secretaría, entonces de Obras Públicas, para continuar con la construcción de caminos a un ritmo sin precedente, sumando a la red nacional 26,650 km con lo que se alcanzó una longitud total de 71,520 km, de los cuales 42,754 estaban pavimentados. Así quedó comunicado el 31 % de país a través del vehículo automotor.

Destacan las obras de la costera del Pacífico en la que se construyeron tramos importantes como Compostela-Puerto Vallarta, Puerto Vallarta-Barra de Navidad, Acapulco-Pinotepa Nacional-Puerto Escondido, Tapanatepec-Arriaga y la carretera del Golfo con los tramos Alazán-Tampico y Villahermosa-Escárcega. También fueron importantes la vía corta México-Tampico, la carretera Cuatro Caminos-Playa Azul y la de Iguala-Altamirano.

Asimismo, se construyeron puentes de gran trascendencia como el Papaloapan con una longitud de 289 metros, el Usumacinta de 346 metros y el Grijalva de 254 metros sobre los ríos con esos nombres; además, se llevaron a cabo las obras de los puentes internacionales Matamoros y Ciudad Camargo y de otros no menos importantes como el Tecolutla de 360 de longitud, el Nautla de 214 metros y el Ameca de 520 metros.

En 1971 se trazó una nueva política económica y social, que exigió una revisión de lo existente en materia de infraestructura para el transporte ya que, además de la red caminera construida en los últimos años, había brechas que en la mayoría de los casos abrían los habitantes con sus propios recursos.

Con el mejoramiento de estas brechas, se inició en 1971 el Programa de Caminos de Mano de Obra en las regiones más inaccesibles y marginadas del país, programa que, para 1975, significó 60,000 km de caminos transitables en cualquier época del año.

Este programa se caracterizó por utilizar la mano de obra de la región que por lo menos recibía el salario mínimo, atención médica y, a través de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), artículos de consumo a precios bajos.

Los caminos de mano de obra demostraron ser económicamente convenientes para las condiciones de un país en proceso de desarrollo, ya que permitieron a los pequeños núcleos de población, formados básicamente por campesinos, tener acceso a las vías de comunicación existentes.

En lo que se refiere a la red troncal, destacan por su importancia la terminación de la carretera transpeninsular de Baja California, la de Acapulco-Zihuatanejo y la de Oaxaca a Tehuacán.

Debido al incremento de las fuerzas económicas y sociales, el crecimiento demográfico y la expansión de la industria automotriz, las carreteras que unían a la capital de la República con las de otros estados, empezaron a saturarse. Por esta razón el gobierno federal construyó, en 1952, un nuevo camino de altas especificaciones entre México y Cuernavaca.

Las carreteras de altas especificaciones fueron proyectadas para mejorar los índices de seguridad, de velocidad y economía.

Cuentan con mejores especificaciones geométricas de curvatura, mayor distancia de visibilidad, pendientes moderadas, señalamientos, y mayor dimensión de los carriles y acotamientos. Asimismo, tienen control de acceso a lo largo de su recorrido, ya que el derecho de vía está protegido por alambradas y cuenta con tramos a desnivel para cruce de peatones, de ferrocarriles y de otros caminos.

En 1954 se construyó el tramo de Cuernavaca-Amacuzac y en 1958 el México-Palmillas. El 31 de julio de ese año, por acuerdo presidencial, se creó el organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos al ampliar su campo de acción con el servicio de transbordadores.

En 1962 se construyó la carretera México-Puebla y en 1965 la de La Pera a Cuautla; a ésta siguieron las que unieron Puebla-Córdoba, México-Tecamac, Tijuana-Ensenada y Zapotlanejo-Guadalajara, entre otras. Destaca de esta última el puente Ingeniero Fernando Espinosa que salva la profunda barranca del río Lerma o Santiago, sus dos calzadas de 7.50 metros cada una con un camellón central y ancho total de 17.70 metros; están a 132 metros de altura sobre el río y su longitud es de 300 metros.

Para 1988 había aproximadamente mil kilómetros de carreteras de altas especificaciones y se cambió la estrategia de financiamiento para su construcción: se invitó a los particulares a participar en ella, concesionándoles su operación por un plazo determinado, con el fin de permitir la recuperación de la inversión con utilidades atractivas y garantías jurídicas.

A su vez, y atendiendo la promoción de los gobiernos de los estados ante la federación, se construyeron carreteras que aunque no son de cuota, tienen altas especificaciones. Lo anterior se ha efectuado tomando en cuenta no sólo los aforos de tránsito, sino también las regiones o zonas de producción, consumo o distribución por donde atraviesan.

A continuación (ver Cuadro 2), se muestran algunos de los más importantes acontecimientos en el subsector carretero durante el siglo XX.

Cuadro 2

CRONOLOGIA DEL SUBSECTOR CARRETERO DURANTE EL SIGLO XX

AÑO	FECHA	SUCESO
1900	Enero 15	Se ponen en servicio 19 sitios de automóviles en la Ciudad de México
1910	Mayo 1	El Presidente Díaz inaugura los primeros 52 km del camino Iguala-Chilpancingo
1920	Noviembre 25	Se inaugura la carretera México-Toluca
1930	Abril 17	Se abre al tráfico la carretera México-Oaxaca
1940		La red carretera del país de jurisdicción federal consta de 9,929 km, siendo su distribución la siguiente: 1,643 km de terracería, 3,505 km de revestimiento y 4,781 km pavimentados
1950		La red carretera nacional es de 22,450 km de los cuales 2,207 km son de terracería, 6,314 km de revestimiento y 13,929 km pavimentados
1960		Se construyeron 924 km de terracerías, 1,277 km de revestimiento, 1,200 km de pavimentos con una inversión de 929 MDP de los cuales 60 MDP, fueron aportados por Caminos y Puentes Federales de Ingresos
	Noviembre 1	Se publican las Especificaciones Generales para Proyecto Geométrico Parte primera "Caminos" y parte segunda "Autopistas", parte tercera "Vías férreas" y parte cuarta "Edificios". Los caminos en cooperación, locales y vecinales lograron los siguientes avances: 1,778 km de terracería, 1,463 km de revestimiento y 473 de pavimentación
1970		Fueron terminadas las carreteras Guadalajara-Zapotlanejo, Orizaba-Córdoba, Uruapan-Pácuaro, San Martín Texmelucan-Tepic y La longitud de la red es de 71,520 km Se inicia la construcción del tramo Puerto Escondido-Pochutla y ramal a Puerto Ángel
1980		Se actualizan las disposiciones sobre concesiones y permisos del auto transporte contenidas en la Ley de Vías Generales La red carretera nacional suma 212,026 km
1990		Se concesiona la construcción de 1,277 km de carreteras entre las que destacan: Guadalajara-Colima, Constituyentes-Reforma-La Venta y Cuernavaca-Acapulco La red carretera nacional es de 240,186 km, de los cuales 74,437 km son federales, 83,692 km estatales y 82,057 rurales. El gobierno de la República ha concesionado 23 grandes obras dentro del esquema de construcción y operación de autopistas de cuota, a lo largo del actual periodo Aumentan entre 33 y 58 % las tarifas por uso de carreteras de cuota. Anuncia la SCT que al finalizar 1990 el país continuará con 2,600 km de carreteras
1995		México cuenta con una red carretera de 303,262 km, de los cuales, 95,945 km están pavimentados y 207,517 km son caminos revestidos, brechas o terracerías

Fuente: SCT, noviembre 1995

**II.-) ANTEPROYECTO DEL
LIBRAMIENTO NORTE DE LA
CIUDAD DE MEXICO**

II.-) ANTEPROYECTO DEL LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO

II.1 PROGRAMA DE DESARROLLO DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

El objetivo estratégico del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 es promover un crecimiento económico y vigoroso y sustentable que fortalezca la soberanía nacional y redunde en favor del bienestar social. El Plan Nacional de Desarrollo (1995-2000) según el Artículo 22 de la Ley de Planeación determinará programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales pertinentes. En cumplimiento a esta disposición se han creado 32 programas entre los que encontramos el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transporte.

II.1.1 OBJETIVOS DEL SUBSECTOR CARRETERO

Hoy en día la importancia de una nación radica sustancialmente en la comunicación que existe entre sus comunidades. Por ende el subsector carretero elaboró un diagnóstico de la red vial existente en el país basándose en la actual infraestructura carretera en donde los rezagos eminentes en conservación, mantenimiento y la discontinuidad con los principales ejes troncales, genera una perspectiva al subsector carretero de cambios primordiales a la red a fin de considerarlos para dar una solución posible a los problemas existentes. A continuación se presentan los objetivos encaminados a mejorar la red carretera.

I. Conservar y reconstruir las carreteras libres para abatir los costos de transporte, elevar la seguridad y la calidad del servicio; así como para prolongar la vida útil del patrimonio vial federal.

II. Modernizar y ampliar la Red Federal, a fin de extender la cobertura de las carreteras de altas especificaciones; mejorar los accesos a ciudades, aeropuertos, puertos y fronteras, para propiciar la continuidad de la circulación vial a lo largo de la misma.

III. Impulsar y apoyar la conservación, reconstrucción y ampliación de los caminos rurales para coadyuvar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades; facilitar

su acceso a los servicios de salud y educación; generar empleo; e inducir el intercambio de productos y servicios.

La modernización, ampliación de la red vial y el enlace con los principales ejes troncales del país ayuda al mejoramiento de las relaciones entre las zonas origen-destino de las principales fuentes de economía de la nación, evitando pérdidas de tiempo y menores costos de operación vehicular; bajo estos requerimientos es posible aumentar los accesos a ciudades, aeropuertos, puertos y fronteras del país.

II.1.2 EL SUBSECTOR CARRETERO AL AÑO 2000

Los objetivos de la SCT en el ámbito carretero al año 2000 se enfocaran a la reducción de los costos de operación de los vehículos, aumentar la seguridad de usuarios de las carreteras y extender la cobertura de la red, para lo que se mejorará la conservación carretera, se intensificará la modernización y se continuará la expansión de la red, así como también la descentralización y la integración a diferentes modos de transporte.

La modernización de la red carretera nacional trae consigo aumentar la capacidad vial y seguridad, reduciendo con esta acción los costos de operación vehicular, haciendo mayor énfasis a la eliminación de puntos conflictivos tales como secciones angostas; falta de acotamientos; pendientes pronunciadas y curvas cerradas que causan embotellamientos y accidentes. La clara mejoría de la señalización carretera vertical y horizontal repercute en lo estimado a homogeneizar los sistemas, conforme a lo acordado en el Tratado del Libre Comercio de América del Norte. En el caso de la cobertura de las carreteras de altas especificaciones (autopistas) se le dará continuidad a los corredores de transporte a lo largo de los diez principales ejes troncales haciendo estudios de tránsito en los lugares que así lo requieran para dar continuidad a la circulación, propiciando la construcción de libramientos y accesos eficientes para mejorar el acoplamiento con la red principal. Además de la mayor asignación de recursos a cada uno de los estados de la federación con una transferencia de más de 20 mil kilómetros de carreteras, alrededor de 75 mil kilómetros de caminos rurales. La conservación de la red carretera consiste en mejorar las condiciones geométricas para reducir los costos de operación, por ello se debe adecuar la programación de los recursos destinados a

conservación y construcción, a fin de que se apliquen antes de la época de lluvias y así maximizar su aprovechamiento. Para el caso de puentes de la red federal se debe realizar una revisión oportuna para programar acciones preventivas que eviten su deterioro; así como ampliar puentes angostos y sustitución de vados.

II.1.3 INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Al estudiar la conveniencia o no de llevar a cabo un proyecto carretero, sobre todo si se trata de construir una nueva carretera troncal alimentadora o inclusive una autopista, uno de los aspectos más debatidos se refiere a su potencialidad para generar nuevas actividades que a su vez hagan crecer los niveles de la demanda de tránsito .

En nuestro país el principal medio de transporte es sin duda alguna el carretero que moviliza y distribuye a personas y bienes del territorio nacional por contar con una infraestructura flexible que lo hace más accesible a los requerimientos de cada sector ya sea económico, político y social. México cuenta en la actualidad con una red carretera de 303,262 kilómetros que enlazan a la gran mayoría de los Estados, Municipios y fronteras del país, así como las vías que comunican a los puertos y aeropuertos. Por la diversidad de alternativas en comunicación vía terrestre con la que contamos en la actualidad el transporte de pasajeros por caminos es de 98.54% y el de carga 85%.

II.1.4 ANALISIS

En México, de la Red Carretera total, 95,945 kilómetros están pavimentados y 207,317 kilómetros son caminos revestidos, brechas o terracerías. La Red Federal de carreteras, está constituida por 48,611 kilómetros de caminos libres y 6,288 kilómetros de autopista de cuota, también se cuenta con 56,659 kilómetros de caminos estatales y 147,456 de caminos rurales.

El 53% de la Red Federal libre tiene más de 30 años de servicio y sólo un 11% se construyó hace menos de 15 años, el 21% de la red soporta tránsitos superiores a 5 mil vehículos diarios. Del total de la red, aproximadamente el 50% atiende los grandes flujos del movimiento troncal nacional, en tanto que el resto cumple una función de carácter regional (ver Cuadro 3).

Cuadro 3

SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS			
Clasificación	Pavimentadas (km)	No pavimentadas (km)	Total (km)
Red federal	47,960	651	48,611
Libre (A cargo de la SCT)	42,277 ¹	651	42,928
Autopista 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
Autopista 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, 1995

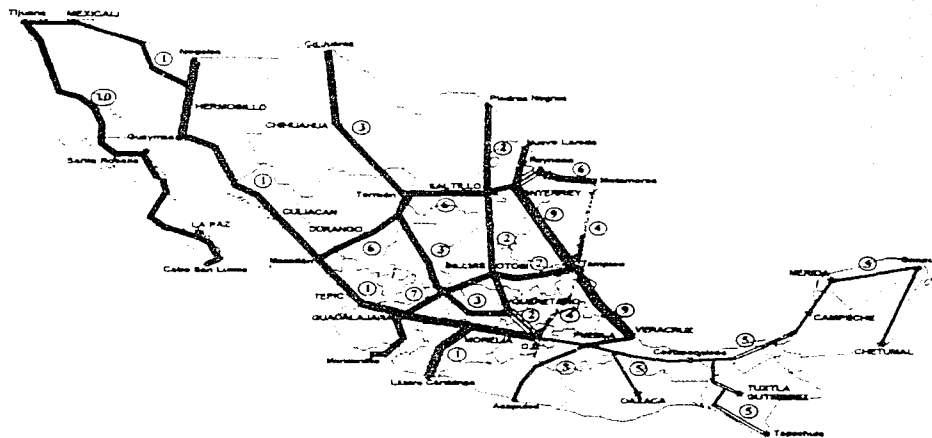
¹ Incluye 95 kilómetros que atienden principalmente Fonatur y CFE

Un eje troncal es sinónimo de grandeza económica, política y cultural, estos se encuentran distribuidos en los centros de mayor captación regional, y rigen en gran medida el desarrollo de la nación, por consiguiente la nueva infraestructura carretera trata de estar ligada lo más posible a los ejes troncales (ver Figura 1).

Figura 1

PRINCIPALES EJES TRONCALES

1. México-Guadalajara-Tepic-Mazatlán-Guaymas-Hermosillo-Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas y Tijuana
2. México-Querétaro-San Luis Potosí-Salttillo-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-Coahuacalcos-Campeche-Merida-Cancun-Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas
6. Mazatlán-Durango-Torreón-Salttillo-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)



Fuente: SCT, Subsecretaría de Infraestructura, 1995

Durante los últimos años, las inversiones destinadas a la modernización y ampliación de la Red Federal libre han sido insuficientes, dada su gran extensión, su estado físico, el constante incremento de los volúmenes de tránsito y los efectos recurrentes de fenómenos naturales. Por lo que una parte de la Red Carretera se encuentra en condiciones físicas desfavorables que incrementan los costos de operación del transporte y que reducen los niveles de seguridad en la circulación. El Cuadro 4 presenta una visión de los tramos que requieren en mayor medida ser modernizados, y son el resultado de un análisis hecho en la Subsecretaría de Infraestructura en 1995.

Una de las metas principales de las autopistas es la de propiciar al usuario grandes ventajas en tiempo de recorrido, seguridad y menor costo de operación. Las autopistas de cuota que actualmente están en operación aparecen en el Cuadro 5.

Cuadro 4

EJES TRONCALES Y TRAMOS POR MODERNIZAR				
Eje	Longitud en kilómetros			Tramos por modernizar
	Total	Modernizada	Faltante	
México-Guadalajara-Tepic-Mazatlán-Guaymas-Hermosillo-Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas y Tijuana	3,036	1,976	1,060	Entronque San Blas-Villa Unión (227 km) San Luis Río Colorado-Sonoyta (200 km) Santa Ana-Caborca-Sanoyta (254 km) La Rumorosa-Tecate (54 km) Patzcuaro-Uruapan (56 km) Uruapan-Lázaro Cárdenas (269 km)
México-Querétaro-San Luis Potosí-Saltillo-Monterrey-Nuevo Laredo, con ramales a Reynosa y Piedras Negras	1,816	1,094	722	San Luis Potosí-Puerto México (393 km) Saltillo-Castaños (170 km) Monclova-Sabinas (90 km) Agujitza-Allende (55 km) Allende-Nava (14 km)
Querétaro-Irapuato-León-Lagos de Moreno-Aguascalientes-Zacatecas-Torreón Chihuahua-Ciudad Juárez	1,610	1,293	317	Aguascalientes-Zacatecas (111 km) Ent Ramon López Velarde-Cuencame (206 km)
Acapulco-Cuernavaca-México-Pachuca-Tuxpan-Tampico-Matamoros	1,044	202	842	Piramides-Tihuatán (185 km) Tuxpan-Tampico (193 km) Tres Marias-Estación Manuel (47 km) Est Manuel-Soto La Marina (148 km) Soto La Marina-Matamoros (269 km)
México-Puebla-Contzacoatlcos-Campeche-Merida-Cancun-Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas	2,806	1,607	1,199	Agua Dulce-Cárdenas (82 km) Villahermosa-Cd del Carmen (168 km) Cd. del Carmen-Champotón (147 km) Campeche-Merida (182 km) Cárdenas-P Nezahualcóyotl (132 km) Ocozacoatlá-Las Cruces (67 km) Las Cruces-Arriaga (47 km) Cancun-Chetumal (374 km)

continúa ...

Eje	Longitud en kilómetros			Tramos por modernizar
	Total	Modernizada	Faltante	
Mazatlán-Durango-Torreón-Salttillo-Monterrey-Reynosa-Matamoros	753	388	365	Mazatlán-Durango (294 km) Reynosa-Matamoros (71 km)
Manzanillo-Guadalajara-Lagos de Moreno-San Luis Potosi-Tampico	908	381	527	Lagos de Moreno-San Luis Potosi (130 km) San Luis Potosi-Cd Valles (259 km) Cd Valles-Tampico (138 km)
Acapulco-Cuernavaca-Puebla-Veracruz	446	344	102	Athlixco-Alpuyeca (102 km)
Veracruz-Tampico-Monterrey	737	192	545	Cardel-Nautla (122 km) Nautla-Poza Rica (97 km) Est Manuel-Cd Victoria (162 km) Cd. Victoria-Linares (164 km)
Transpeninsular de Baja California	1,738	200	1,538	R Sánchez Taboada-Gro. Negro (592 km) Guerrero Negro-La Paz (770 km) La Paz-Entronque Aeropuerto San Jose del Cabo (176 km)
TOTAL	14,894	7,677	7,217	

Fuente: SCT. Subsecretaría de Infraestructura, 1995

Cuadro 5
AUTOPISTAS FEDERALES DE CUOTA EN OPERACION
(kilómetros)

Autopista	Longitud
AUTOPISTAS CONCESIONADAS AL SECTOR PRIVADO	3,176
Armeria-Manzanillo	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	108
Cuernavaca-Acapulco	263
Durango-Yerbanis	105
Ecatepec-Pirámides	22
Guadalajara-Tepic	194
Guadalajara-Zapotlanejo	26

continúa...

Autopista	Longitud
Kantunil-Cancun	240
La Tinaja-Cosoleacaque	228
León-Lagos de Moreno-Aguascalientes	116
Libramiento de Manzanillo	19
Libramiento Oriente de San Luis Potosi	34
Libramiento Poniente de Tampico	14
Maravatio-Zapotlanejo	311
Mazatlan-Culiacan	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 Martin Texmelucan-Tlaxcala	26
Tijuana-Tecate y Libramiento Tecate	38
Torreón-Cuencame-Yerbanis	119
Torreón-Saltillo	233
Zapotlanejo-Lagos de Moreno	152
AUTOPISTAS CONCESIONADAS A GOBIERNOS DE LOS ESTADOS	1,087
Camargo-Jimenez y El Zueco-Villa Ahumada	188
Carbonera-Puerto Mexico "Los Chorros"	34
Cardel-Veracruz y Libramiento de Cardel	31
Delicias-Camargo	65
Estación Don-Nogales	469
Gómez Palacios-Jiménez	184
Libramiento Calera-Victor Rosales	6
Libramiento de Fresnillo	19
Libramiento Nororiental de Querétaro	37
Libramiento Oriente de Saltillo	22
Peñón-Tevcoco	16
Puente Internacional Libre Comercio	4
Puente Internacional Reynosa-Pharr	8
Puente Internacional Solidaridad-Colombia	1
Puente San Miguel (Rio Fuerte)	-
AUTOPISTAS CONCESIONADAS OPERADAS POR CAPUFE	548
Atacomulco-Maravatio	64
Guadalajara-Colina	148
México-Cuernavaca y Tramos Complementarios	182

continúa ...

Autopista	Longitud
Tepic-Entronque San Blas	25
Tihuatlán-Tuxpan puente Tuxpan y México - Pachuca	129
TOTAL DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN OPERACION	4,811
OTRAS AUTOPISTAS OPERADAS POR CAPUFE	872
TOTAL	5,683

Fuente: SCT. Dirección General de Servicios Técnicos, 1995

II.1.5 ACCIONES

En lo que se refiere a la capacidad institucional de planeación en los programas carreteros se harán más eficientes los procesos de planeación para conservar, reconstruir, modernizar y ampliar las carreteras a cargo de la SCT implementando una mayor visión de los proyectos ejecutivos, con el objeto de reducir el incremento del costo de obra, así mismo la actualización de las normas técnicas prevaletentes en el entorno carretero, con el fin de lograr un aumento en la calidad de las obras; a su vez se contará con estudios al medio ambiente para no propiciar el desequilibrio ecológico que la construcción pueda ocasionar. En el caso de la conservación de la infraestructura carretera se dará prioridad a mejorar las condiciones geométricas de las carreteras así como la prematura intervención de los recursos destinados a la conservación antes de la época de lluvias. Atender a la señalización vehicular, mejorándola y haciéndola compatible con los requerimientos expuestos ante el Tratado del Libre Comercio. En las carreteras de altas especificaciones se tratará de evaluar las condiciones que se generan en los principales ejes troncales y dependiendo del aforo vehicular se encaminarán a ellos nuevas carreteras de altas especificaciones en tramos o sectores del país que estos requieran. En la promoción para la inversión en carreteras se fomentará una mayor participación de los particulares con la información necesaria actualizada de los proyectos ejecutivos y se otorgarán

las concesiones al ofrecimiento de tarifas más bajas en un plazo fijo determinado y dependiendo del caso una participación mínima de los recursos fiscales. En caso de contar con una concesión, la SCT coordinará la reestructuración de las autopistas concesionadas con problemas financieros, el impulso de financiamientos con el apoyo del fondo de inversión (FINFRA) para hacerlos atractivos a la inversión privada, mediante aportaciones de riesgo o capital subordinado. Utilizar esquemas financieros de tipo "construir-arrendar-transferir" (BLT) "construir-poseer-operar" (BOO) "construir-operar-transferir" (BOT); así como fortalecer el papel promotor del Gobierno Federal (CETES, UDIS, etc.). En materia de descentralización se canalizarán la transferencia a los estados y municipios, de capital y técnicas, y por ende de las responsabilidades y funciones que estas implican.

II.1.6 PERSPECTIVAS

Los sectores que se verán favorecidos por las actuales condiciones económicas del país serán los altamente exportadores y los que sustituyen importaciones, los que se benefician por los precios internacionales y la devaluación, los que están sujetos a privatización o concesión al sector privado y los que concentren el gasto público. En contraste los sectores desfavorecidos por la caída del poder adquisitivo y la escasa disponibilidad y alto costo del crédito, serán los relacionados al mercado interno, los afectados por acuerdos comerciales, los que serán sustituidos al modernizarse la infraestructura, los que fijan sus precios internacionalmente pero tienen un mercado principalmente doméstico, los bienes de consumo duradero, y los sectores altamente sensibles al costo y disponibilidad del crédito. En razón de lo anterior, se presenta un esquema de los sectores y su perfil de desarrollo para este año (ver Cuadro 6).

Cuadro 6

PERSPECTIVAS DE LA EVOLUCION SECTORIAL	
1996	
SECTORES FAVORECIDOS POR LA EXPORTACION	SECTORES DESFAVORECIDOS POR ORIENTARSE AL MERCADO INTERNO
Automotriz terminal y autopartes	Tiendas departamentales
Cerveza y tequila	Calzado
Metálica básica	Imprenta y editorial
POR LA SUSTITUCION DE IMPORTACIONES	Restaurantes
Cárnicos y lácteos	Comercio
Papel	Transporte de personal
Productos agrícolas	POR LA DEPENDENCIA DE LA DISPONIBILIDAD Y COSTO DEL CREDITO
POR LA DESREGULACION, PRIVATIZACION	Distribución de autos
Telecomunicaciones	Construcción
Electricidad	Vivienda media y residencial
Petróleo, petroquímica y gas	Edificación no residencial
Construcción e infraestructura	Aparatos eléctricos
	Aparatos electrodomésticos

Fuente: Depto. de Economía y Estadística, CNIC, con datos de Macro Asesoría Económica, S.C., febrero 1996

Para hacer posible la convergencia de capitales y satisfacer las nuevas necesidades, las autoridades han instrumentado distintos programas y medidas para incentivar la actividad constructora, entre estos se encuentran: el Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA) y el Programa de las 100 ciudades

El Fondo se constituyó con 1,600 millones aportados por el Gobierno Federal divididos en dos partes iguales. El capital preferente (serie A) será destinado a inversiones de riesgo con base en una cuidadosa evaluación de la rentabilidad del proyecto el cual podrá ser bursatilizado, estas inversiones serán recuperables, minoritarias y con reglas definidas de salida. El capital subordinado (serie B) sería destinado a financiar proyectos prioritarios y con rentabilidad social, aún cuando no se recupere la inversión en la vida útil del proyecto; será con participación mayoritaria y con horizontes de inversión a largo plazo. El Fondo se destinaría a

financiar todo tipo de proyectos que cumplan con la normatividad vigente; se estima que las áreas beneficiarias serían:

- Carreteras
- Puertos
- Aeropuertos
- Agua, drenaje y saneamiento
- Transporte y equipamiento urbano
- Recolección, disposición y reciclaje de basura

El Programa de las 100 ciudades es un programa de desarrollo urbano, orientado a satisfacer en materia de infraestructura, equipamiento y servicios urbanos de las localidades que serán receptoras del crecimiento económico y social futuro.

En el Cuadro 7 se presentan las necesidades de inversión para el período 1995 - 2000.

Cuadro 7

NECESIDADES DE INVERSION EN LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA (Millones de dólares) (1995-2000)			
SECTOR	MONTO DE INVERSION ESPERADO PROMEDIO	PART. %	AREAS POTENCIALES
TELECOMUNICACIONES	475	1.92	Telefonía local fija, larga distancia y servicios móviles y de televisión
PUERTOS	875	3.54	Obras de protección (escolleras y espigones), áreas de agua (canales de acceso), áreas de almacenamiento (bodegas y patios)
PETROQUIMICA SECUNDARIA	1,600	6.46	Modernización y ampliación de los distintos complejos petroquímicos
AEROPUERTOS	1,650	6.67	Modernización y ampliación de terminales aéreas, establecimientos comerciales y de servicios.
FERROCARRILES	1,850	7.47	Talleres de reparación y mantenimiento, reconstrucción y rehabilitación de vías
GAS	2,450	9.90	Transporte, almacenamiento y distribución
ELECTRICIDAD	3,600	14.55	Autoabastecimiento, cogeneración y producción independiente de energía
CARRETERAS	12,250	49.49	Autopistas, caminos y puentes federales
TOTAL	24,750	100.00	

Fuente: Depto. de Economía y Estadística, CNIC, con datos de Macro Asesoría Económica, S. C. febrero 1996

La industria de la construcción se ha caracterizado por ser una rama económica sensible al comportamiento de la economía nacional. Además es una actividad con un significativo efecto multiplicador, dado que realiza compras directas a 37 de los 72 sectores productivos y ofrece empleo a entre un 10 y un 5 % del total del personal remunerado a nivel nacional. Gran parte de su mercado está orientado a la creación de la infraestructura de la planta productiva del país, por ello, el desarrollo de esta rama es un indicador de la evolución de los demás sectores productivos. A continuación se presenta el Cuadro 8 con la información del primer trimestre de 1996.

Cuadro 8
INDICADORES ECONOMICOS DE LA CONSTRUCCION
(1995 - 1996)

CONCEPTO	
SECTOR TOTAL CONSTRUCCION	NACIONAL
Producto Interno Bruto 1995	
Miles de pesos corrientes	65,224,250
Var. real anual (%)	-22.00
Part. en el PIB nacional (%)	4.68
Empleo 1995	
Miles de ocupaciones remuneradas (Promedio anual)	2,321
Var. anual (%)	-16.33
Part. en el empleo nacional (%)	10.50
SECTOR FORMAL CONSTRUCCION (Primer trimestre de 1996)	NACIONAL
Valor de la producción	
Miles de pesos corrientes	9,025,953
Var. real anual (%)	-23.72
Empleo	
Numero de ocupaciones (Promedio trimestral)	286,756
Var. anual (%)	-8.83
Indice de actividades de las empresas (Promedio trimestral)	
Activas	69.70
Paradas	28.10
Desaparecidas	2.20

continúa...

...Cuadro 8

Grado de utilización de la capacidad instalada (Promedio trimestral)	
Total	67.30
Gigantes	69.10
Grandes	58.90
Medianas	57.20
Pequeñas	56.20
Micro	56.60
Compra de materiales	
Miles de pesos corrientes	3,403,095
Var. anual (%)	-23.41
Consumo de materiales	
Miles de pesos corrientes	3,412,693
Var. anual (%)	-21.84
PRECIOS (Variación acumulada a marzo de 1996)	NACIONAL
Índice de precios al productor (%)	
General	8.00
Construcción	7.35
Inflación (%)	8.34

Fuente: Depto. de Economía y Estadística, CNIC, marzo 1996

La evolución de la tasa de inflación durante el primer trimestre confirmó la tendencia descendente que se esperaba para 1996. Así, la continuidad de la política antiinflacionaria dio por resultado una tasa de inflación acumulada del 8.3 % para los primeros tres meses del año, lo que representa una disminución importante respecto de la tasa de 14.5 % registrada en el mismo período de 1995. En consecuencia, la tasa actual bajó de 52 % en diciembre a 43.7 % en marzo de 1996. Esta evolución ha generado expectativas favorables sobre un desempeño en los próximos meses, corrigiendo con ello las expectativas que mantenían algunos agentes económicos acerca de un fuerte repunte inflacionario. Así, siguiendo esta tendencia y con base en la consistencia mostrada por la política monetaria restrictiva, se prevé que al final del año la inflación acumulada se ubicará alrededor de un 27 %, cifra sustancialmente mayor a la meta gubernamental de 20.5 % (ver Cuadro 9).

Cuadro 9
DESCENSO DE LA INFLACION

INFLACION (acumulada en el año)	Diciembre 95	Mayo 96*	Junio 96*	Diciembre 96*
Precios al consumidor	51.97 %	13.72 %	15.42 %	27.33 %
Precios productor	59.50 %	13.58 %	16.19 %	29.95 %
TASAS DE INTERES (Tasa anual)				
Cetes a 28 días	48.65 %	33.50 %	32.00 %	34.00 %
Cetes a 91 días	48.06 %	34.50 %	33.00 %	36.00 %
Tasa de interés interbancaria promedio	51.34 %	35.00 %	35.50 %	36.00 %
Tasa de interés interbancaria de equilibrio	51.77 %	34.50 %	33.00 %	35.00 %
Costo porcentual promedio de captación	46.64 %	35.00 %	33.00 %	35.00 %
TIPO DE CAMBIO ^(a)				
Bancario	7.75	7.60	7.70	8.70
Interbancario	7.64	7.55	7.65	8.60
Sobre (+) o sub (-) valuación de pesos ^(b)	-7.41	5.20	6.10	-4.17

Notas:

^(a) Pesos por dólar

^(b) Base 1988 = 100

* Proyección

Fuente: Elaboración de la revista Expansión con base de datos del Banco de México, mayo 22, 1996

Con una población de 91.12 millones de habitantes, de acuerdo con el conteo de población elaborado por el INEGI en 1995, el número de mexicanos crece a una tasa media anual del 1.9 % y su estructura es eminentemente joven: alrededor del 50 % de la población tiene menos de 20 años. Esto implica uno de los ritmos de crecimiento (3.6 % anual) de la población económicamente activa más alto a nivel mundial. De acuerdo con estudios demográficos especializados, añade Invermexico, para el quinquenio 1996-2000 se espera el ingreso más alto de la población en edad de trabajar al mercado laboral.

La estrategia de ampliación de la red de autopistas de altas especificaciones parte de la necesidad de avanzar en la terminación de los principales ejes de comunicación troncal a nivel nacional. Para dar un servicio eficiente y continuo entre las principales ciudades, fronteras y puertos, el país requiere contar con una red mínima del orden de 11,500 km de autopistas de altas especificaciones; se cuenta ya con 7,450 km de ellos, por lo que el rezago es de 4,050 km.

de los cuales corresponden 1,297 km a construcción y 2,421 km a modernización en el periodo 1995-2000 (ver Cuadro 10). Por lo tanto, en lo que se refiere a completar ejes, el programa básico de autopistas de la presente administración comprenderá 2,596 km. Adicionalmente, para mejorar la continuidad de la red existente, con base en evaluaciones preliminares se han detectado otros 642 km de proyectos factibles (ver Cuadro 11 y Figura 2).

Cuadro 10

TERMINACION DE EJES			
OBRA	LONGITUD (km)	INVERSION (mmp)	TIPO DE FINANCIAMIENTO
Construcción			
Pátzcuaro-Uruapan	56	630	Obra pública
Tulancingo-Tuxpan	122	1,450	Obra pública
Entronque San Blas-Villa Unión	225	1,800	Concesión
Ocosauautla-Límites de Tabasco y Chiapas	80	400	Obra pública
Lagos de Moreno-San Luis Potosí	133	1,050	Obra pública
Uruapan-Lázaro Cárdenas	215	2,200	Obra pública
Atizapan-Atlacomulco	80	1,000	Concesión
Tuxpan-Cardel	203	1,450	Concesión
Tuxpan-Tampico	183	1,600	Concesión
SUBTOTAL	1,297	11,580	
Modernización			
Querétaro-Palmillas	63	350	Especial
San Luis Potosí-San Roberto	285	1,500	Obra pública
Rincón de Romos-Trancoso	60	300	Obra pública
Cárdenas-Raudales (tramo Rómulo Calzada-Plan de Ayala)	22	150	Obra pública
Saltillo-Monclova-Nava	250	1,250	Obra pública
Cuencame-Fresnillo	250	1,000	Obra pública
Pirámides-Tulancingo	63	380	Obra pública
Tampico-Linares	306	2,100	Obra pública
SUBTOTAL	1,299	7,030	
TOTAL	2,596	18,610	

Fuente: SCT, septiembre 1995

Cuadro 11

OTRAS CARRETERAS PRIORITARIAS			
OBRA	LONGITUD (km)	INVERSION (mmp)	TIPO DE FINANCIAMIENTO
<i>Construcción</i>			
La Venta-Colegio Militar	22	1,500	Concesión
Entronque San Roberto-Allende	98	1,600	Concesión
Libramiento de Zacatecas	39	350	Concesión
Libramiento de Aguas Calientes	44	400	Concesión
Libramiento Norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	135	1,500	Concesión
Pirámides-Texcoco	20	200	Concesión
Tehuantepec-Salina Cruz	17	150	Obra pública
Japala-Puerto Vallarta	132	1,500	Concesión
Abasolo-Ecuandureo	75	600	Concesión
SUBTOTAL	582	7,800	
<i>Modernización</i>			
Cuitzeo-Salamanca	63	350	Obra pública
SUBTOTAL	63	350	
TOTAL	642	8,150	

Fuente: SCT, septiembre 1995

Figura 2

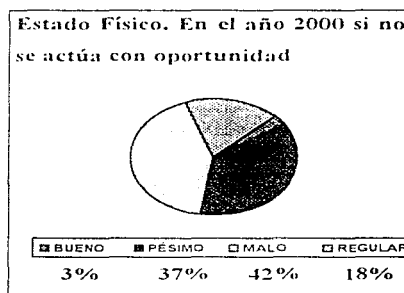
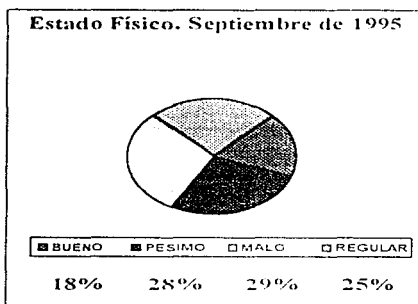
CONFIGURACION DE LA RED DE ALTAS ESPECIFICACIONES PARA EL AÑO 2000



La intensificación de los flujos vehiculares y el aumento de los pesos y dimensiones de los vehículos han provocado el acelerado deterioro de los pavimentos de la red. Hoy el 21% de la red soporta tránsito diario de más de 15 mil vehículos. Estudios realizados por el Instituto Mexicano del Transporte demuestran que la economía mexicana paga un sobrecosto anual (el cual consiste en el incremento en consumo de combustible, lubricantes, llantas y refacciones, así como en el mayor deterioro de los vehículos), del orden de 6 mil millones de pesos al año por el mal estado de las carreteras de la Red Federal. Este sobrecosto equivale al 0.5% del Producto Interno Bruto nacional y al 20% del costo de operación total de los vehículos en carreteras. El estado físico actual y una posible evolución de los pavimentos en la red se muestran en la Figura 3.

Figura 3

ESTADO FÍSICO ACTUAL Y EVOLUCIÓN DE LOS PAVIMENTOS



Fuente: SCT, 10 de septiembre 1995

II.1.7 ESQUEMA DE CONCESIONES

El programa de concesión tiene facetas peculiares como son el otorgamiento por parte del Estado del proyecto de vía y la adquisición de los terrenos necesarios para su construcción, elementos con los que participa el gobierno en el establecimiento de los caminos

concesionados. 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 suficiente oportunidad, una oferta capaz de satisfacer tal demanda a lo largo del tiempo.

Generalmente se trata de proyectos de un considerable monto de inversión, el cual se ejerce de acuerdo a un programa de obra, cubriendo siempre las especificaciones técnicas que se establezcan. Estos niveles de inversión impiden la aplicación de garantías tradicionales para la obtención de créditos, de manera que, como ya se ha mencionado el propio proyecto se convierte en la principal garantía a través de su capacidad para generar ingresos.

Son proyectos que de no respetarse el programa de construcción pueden generar serios problemas de costos, tanto de obra como financieros, poniendo en peligro la recuperación de las inversiones; ya que por lo general la etapa de generación de ingresos inicia una vez concluida la construcción.

Las características de un periodo de construcción donde no existe generación de ingresos se traduce financieramente en la existencia de una etapa de capitalización de interés, proceso que se detiene una vez que el proyecto genera recursos suficientes.

Por el lado de la demanda, generalmente el gobierno fija y garantiza niveles mínimos en determinadas variables, como pueden ser un mínimo de ingresos, ya sea por tarifa o por volumen, determina mecánicas de ajuste de las tarifas y establece el tratamiento fiscal del proyecto, lo cual caracteriza la parte de operación y transferencia del mismo.

Ejemplificando lo anterior en los proyectos carreteros, la SCT determina los niveles de cuota, el aforo, la composición vehicular y las tasas de crecimiento, con ello se proyecta el flujo de ingresos, el cual deberá ser suficiente para recuperar la inversión durante la concesión. De no cumplirse las premisas en los niveles de estas variables, se ampliaría el periodo de concesión.

En cuanto a los egresos, es importante una buena estimación puesto que la desviación, sobre todo en lo relativo a la construcción se puede traducir en el fracaso del proyecto. El periodo real de construcción debe de ser compatible con el programa de obra, ya que el

incumplimiento de este no solo puede encarecer el proyecto sino provocar retrasos que incidan desfavorablemente en el período de recuperación de la inversión.

Este tipo de desvíos de costo de obra y rezagos de la misma, tienen un impacto negativo en la situación financiera del proyecto, al registrarse incrementos en los costos financieros. Como se mencionó anteriormente, en la etapa de construcción se tiene una capitalización de intereses, la cual aumenta al prolongarse la primera; con su consecuente impacto en los montos del crédito.

En lo relativo a los costos de operación y mantenimiento deberán calcularse y programarse de manera consistente, ya que estos serán cubiertos con los propios ingresos de operación.

Las variables de los costos son propuestas por parte de las concesionarias y autorizadas por el gobierno.

La veracidad y consistencia de estas variables redundará en resultados más realistas en cuanto a la recuperación de las inversiones. Por lo que una deficiente estimación de éstas podría significar el fracaso del proyecto.

El último conjunto de variables clave requeridas para la evaluación del proyecto son aquellas que están relacionadas al entorno macroeconómico y financiero, y que son estimadas por el agente financiero, destacando los niveles de inflación, tasas de interés, márgenes financieros, entre otros. Una estimación conservadora de este tipo de variables permitirá obtener resultados realistas de la evaluación del proyecto.

II.2 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS Y FOTOGRAFOMETRICOS

Una vez analizada y aprobada la viabilidad del proyecto, la base y punto de partida para su realización se divide en tres etapas: estudios topográficos, estudios de mecánica de suelos y estudio de estructuras.

A continuación se esquematiza la forma en la que cada uno de ellos interviene en la inicialización del proyecto.

	Estudio Topográfico	<ul style="list-style-type: none"> i) Reconocimiento topográfico y localización de rutas posibles. ii) Elección de la localización entre las rutas posibles. Levantamiento topográfico, estudio del trazo y movimiento de terracerías. Estudio de los cauces en los cruces y trazo definitivo sobre el terreno. iii) Afinamiento del trazo y la curva masa. Planos de construcción. Presupuesto.
Proyecto	Estudio de Mecánica de Suelos	<ul style="list-style-type: none"> i) Reconocimientos geológicos e hidrológicos con sondeos preliminares sobre las rutas posibles, definiendo en términos generales los problemas de materiales, estabilidad de cortes y terraplenes y costos posibles ii) Estudio geológico sobre el trazo definitivo sondeo para formar el perfil de suelos. Abundamientos, compactaciones, estabilidad de terracerías, drenaje, procedimientos de construcción, equipo adecuado a los materiales y costos unitarios iii) Estudio geohidrológico de los cauces en los cruces. Estudio de cimentación de puentes. Estudio de materiales disponibles para la construcción de estructuras. Estudios foto-elásticos de estructuras
	Estudio de Estructuras	<ul style="list-style-type: none"> i) Estudio de puentes, estudio de las alternativas posibles. Elección de proyecto y cálculo estructural. Planos y especificaciones de construcción. Presupuestos. Proyecto de estructuras

II.2.1 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

El objeto del reconocimiento es el de examinar una zona del relieve terrestre con el propósito de fijar los puntos obligados. Hay dos clases de puntos obligados: los topográficos o técnicos y los políticos o sociales.

Un puerto topográfico es un punto bajo de paso a través de una cordillera. Siendo los puertos los lugares más decisivos en la localización de una vía terrestre. El paso por los puertos nos da beneficios en el desarrollo longitudinal de la vía, evita que se tengan pendientes muy fuertes y por lo tanto nos permite disminuir costos en la construcción. Otro tipo de punto obligado técnico o topográfico es el cruce de un río y también un *tahveg* (palabra alemana que

significa camino del valle) por el lugar que, topográfica y geológicamente hablando, representa las mejores condiciones de paso. Un *talweg* es una línea que recoge las aguas que caen sobre dos vertientes o costados.

De los puntos obligados por razones políticas o sociales podemos indicar la cabecera de un distrito o un centro turístico.

Generalmente existen a la vista varias alternativas pasando por varios de los puntos obligados, pero es necesario estudiar, desde todos los puntos de vista, cuál es la solución más adecuada, y ahí es donde entra el criterio.

El reconocimiento se lleva a cabo, en la generalidad de los casos, usando instrumentos portátiles, tales como brújula, aneroides, clisímetros, cuenta-pasos, etc. La forma de llevar a cabo el reconocimiento depende de las condiciones de la región, pues unas veces será necesario hacerlo a pié, otras a caballo, en jeep, en avión o en helicóptero.

Una vez decidido cómo se va a hacer el reconocimiento, los datos que deberían tomarse, si se sigue el procedimiento convencional (actualmente se cuenta con el procedimiento de fotogrametría y percepción remota) son: Altura de los puntos obligados para obtener la diferencia relativa entre ellos, cosa que se puede llevar a cabo con el aneroides. Distancias aproximadas entre los puntos obligados, haciendo uso del cuenta-pasos en los reconocimientos a pié o empleando el marcador de distancias de los vehículos cuando sea con ellos la forma de ejecutar los reconocimientos. Pendientes aproximadas del terreno, dato que se obtiene de los anteriores ya que se conoce la diferencia de nivel entre dos puntos y su distancia horizontal. La pendiente será el cociente entre ambas cantidades si el terreno es uniforme.

Cuando el terreno no es uniforme, es decir que hay subidas y bajadas, entonces el clisímetro nos proporciona la pendiente.

Trazo preliminar

Una vez llevado a cabo el reconocimiento durante el cual se fijaron los puntos obligados y los intermedios que sean necesarios por la topografía, se lleva a cabo el trazo preliminar, que no es más que una poligonal abierta, partiendo de un punto al que se le denomina Km 0 +000, y se van clavando estacas a cada 20 metros y en aquellos lugares accidentados y puntos notables

que lo ameriten hasta llegar al vértice que le sigue, continuando en esta forma a todo lo largo de la línea.

El trazo preliminar constituye la base para la selección definitiva del trazo y proporciona datos que sirven para preparar presupuestos preliminares de la obra. Por lo que debe ser llevado a cabo de la mejor manera posible marcando todos los accidentes topográficos que de una manera u otra afecten al trazo definitivo.

Trazo de la línea definitiva

Teniendo dibujada en el plano la línea definitiva en sus tangentes y curvas, es necesario ahora trazar en el terreno la mencionada línea, la que tendrá que quedar tal como se proyectó. Cada vez que en el plano la línea de proyecto cruce a la línea preliminar, gráficamente se marcará el cadenamamiento en el punto de cruce y con el transportador se determinará el ángulo de cruce.

Diagrama de masas

Al diseñar un camino no basta ajustarse a las especificaciones sobre pendientes, curvas verticales, compensación por curvatura, drenaje, etc., para obtener un resultado satisfactorio, sino que también es igualmente importante conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras. Esta se consigue excavando y rellenoando solamente lo indispensable y acarreoando los materiales la menor distancia posible y de preferencia cuesta abajo, las cantidades de excavación y de relleno, su compensación y movimiento, se lleva a cabo mediante un diagrama llamado curva masa o diagrama de masas.

La curva masa es un diagrama en el cual las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las terracerías y las abscisas el cadenamamiento correspondiente. Este diagrama se dibuja en el mismo papel donde se dibujó el perfil del terreno y se proyectó la subrasante. Corrientemente las abscisas se dibujan a escala de un centímetro igual a una estación y las ordenadas se dibujan en escala de un centímetro igual a 400 metros cúbicos, pero estas escalas pueden variarse según sea más conveniente.

Para determinar los volúmenes acumulados se consideran positivos los de los cortes y negativos los de los terraplenes, haciéndose la suma algebraicamente, es decir, sumando los volúmenes de signo positivo y restando los de signo negativo.

11.2.2 ESTUDIO FOTOGRAMETRICO

Los adelantos en la técnica fotogramétrica y en la computación han hecho posible que hoy día se puedan proyectar los caminos con suma rapidez. El sistema de estudio se divide en tres etapas: a) Reconocimiento, b) Proyecto Preliminar y c) Proyecto Definitivo.

La primera etapa, o Reconocimiento aéreo para la selección de la ruta, se inicia después de que la planeación fija las prioridades de las vías terrestres de acuerdo con los estudios geográfico-físicos, económico-sociales y políticos. En el reconocimiento aéreo intervienen un representante del área de planeación, un ingeniero experto en localización y un geólogo, quienes definen las posibles rutas para que se tomen todas las fotografías aéreas necesarias. Las fotografías aéreas en esta etapa generalmente se toman a escala de 1:25000 a efecto de estudiar, con más detalle, las líneas resultantes de una depuración previa. Estas se imprimen en placas de cristal que se proyectan sobre la mesa de un aparato llamado Balplex en la cual aparece, en relieve, el terreno natural a escala 1:5000. Sobre esta proyección se estudian las diferentes alternativas posibles y se elige la más conveniente.

Simultáneamente al estudio en el Balplex, se elaboran mosaicos foto-geológicos. La interpretación geológica de las fotografías aéreas revela información de tipo cualitativo, o sea, situación, el origen y las variaciones de textura de los diferentes suelos y depósitos sin consolidar; la presencia y las características generales de los depósitos de arena, grava, arcilla y piedras; el origen, tipo y características estructurales de la roca; los límites de áreas con buen drenaje o con drenaje pobre; la ubicación de centros de condiciones adversas, como manantiales, filtraciones en las laderas, posibilidad de derrumbes, mantos freáticos cerca de la superficie, fallas, alta salinidad y alto potencial erosivo; y la ubicación selectiva de áreas especiales o complejas para ordenar se hagan perforaciones, extraigan muestras y hagan investigaciones geofísicas del terreno.

La segunda etapa, correspondiente al Proyecto Preliminar, se inicia con el proyecto del apoyo terrestre para la línea que resultó escogida de acuerdo con los estudios hechos en el Balplex y la información de los mosaicos fotogeológicos. Este apoyo consiste en la orientación, medición y nivelación de bases aisladas, puntos de control en el terreno, ligados entre sí por medio de una poligonal cuyos lados varían de 300 a 500 metros de longitud.

Llevado a cabo lo anterior, se efectúa un nuevo vuelo a escala de 1:10,000 para obtener fotografías aéreas cuyas diapositivas se introducen por pares en el autógrafo A-8. Este aparato de restitución, funciona sobre el principio de la proyección mecánica, que transforma la perspectiva del terreno en proyección ortogonal (plana) y produce planos fotogramétricos a escala 1:2,000 en los cuales se estudia el proyecto definitivo. Simultáneamente a la restitución, se realizan trabajos de fotointerpretación más detallados que en la primera etapa. Este paso se ejecuta sobre un mosaico fotogeológico de mayor precisión, que ha sido elaborado sobre fotografías a escala 1:10,000 y con datos comprobados en el campo.

La tercera etapa, correspondiente al Proyecto Definitivo, se inicia con otro vuelo para tomar fotografías a escala 1:5,000 en las cuales se observará el terreno natural con mayor detalle. Por medio de los autógrafos A-7 ó A-8, provistos de dispositivos electrónicos adicionales como el EK-5 y el perfiloscopio, se obtienen el perfil longitudinal y la línea definitiva, así como las secciones transversales, que son automáticamente registradas. Estos datos adicionados a los que contienen los alineamientos horizontal y vertical, dimensiones y tipos de las secciones, datos geotécnicos, etc., se programan y procesan con el fin de obtener los volúmenes de tierra por mover.

Empleando el sistema fotogramétrico se facilita mucho el proyecto del drenaje, en virtud de que las cuencas se estudian con mayor facilidad en fotografías aéreas. Los planos que se obtienen bajo el estudio fotogramétrico y que se entregan para la construcción de caminos son:

- a) Planta topográfica con trazo definitivo.
- b) Perfil estimativo de construcción.
- c) Legajo con geometría del seccionamiento de construcción.
- d) Legajo con los datos, volúmenes y coordenadas de las curvas.
- e) Legajo que contiene los datos para el estacado del trazo definitivo (poligonal de referencia).

II.3 ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS

Las muestras que fueron obtenidas durante el reconocimiento y que se enviaron a un laboratorio de Mecánica de Suelos, son inspeccionadas por el geólogo y por el ingeniero civil para hacerles las pruebas de clasificación petrográfica, granulometría, características plásticas, humedad en el lugar, etc., lo cual permite trazar un perfil geológico aproximado de las diversas rutas probables de la localización. Con todos estos datos se puede elegir cuál de las alternativas es más estable y económica.

El conocimiento del perfil del suelo tiene mucha importancia para conocer los materiales con los cuales se van a construir terracerías tanto por lo que se refiere a cortes como a terraplenes.

En el caso de los terraplenes, por medio del perfil de suelos sabemos de qué materiales se dispone para su construcción, y como consecuencia de ello, qué equipo es el más indicado para llevarla a cabo y qué procedimiento es el apropiado. En el caso de cortes el conocimiento del material que se va a encontrar tiene gran importancia por tres motivos:

- a) Conocer las dificultades que se tendrán al atacar la excavación y definir el procedimiento de construcción a emplear.
- b) El conocimiento del material que se va a emplear en los terraplenes para fijar bien los factores de abudamiento, o de reducción, y haya compensación.
- c) Estudiar la estabilidad de los cortes para recomendar el mejor talud a emplear y el drenaje necesario.

Un estudio adecuado de los materiales evita el que se presenten fallas.

Además del estudio de los materiales para formar las terracerías es necesario se estudien los depósitos o bancos de materiales que se puedan emplear en sub-bases, bases y carpetas asfálticas.

II.4 DETERMINACION DE ESTRUCTURAS

En lo correspondiente a la determinación de estructuras es de suma importancia el análisis de los pavimentos, aunque no existe una terminología única para designar las diversas

partes que lo forman, un pavimento en su forma más completa se construye de varias capas, teniendo cada una de ellas una función específica.

Los pavimentos se dividen por lo general en dos tipos:

- i) Los pavimentos rígidos o de concreto hidráulico.
- ii) Los pavimentos flexibles o de asfalto.

La principal diferencia estructural entre ambos se encuentra en la poca resistencia que presenta a la flexión los llamados flexibles.

En un pavimento rígido la losa de concreto suele constituir, al mismo tiempo, la capa de rodamiento y el medio para soportar y distribuir la carga. Cuando el suelo que forma las terracerías es de mala calidad, es necesario colocar bajo la losa un material de sub-base de grava bien granulada y compactada o de suelo estabilizado para conseguir una mejor distribución de las cargas.

En un pavimento de asfalto, o flexible, la sub-base es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y que está formada por un material de mejor calidad que el de aquella, obtenido en la generalidad de los casos de depósitos cercanos a la obra. La sub-base tiene como función: a) Reducir el costo del pavimento disminuyendo el espesor de la base ; b) Proteger a la base aislándola de la terracería ya que cuando ésta está formada por material fino y plástico y cuando la base es de textura abierta, de no existir el aislamiento dado por el material de sub-base, el material de la terracería se introduciría en la base pudiendo provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad, a la vez que se disminuiría la resistencia estructural de la base; c) En caminos en construcción frecuentemente se construye la sub-base, que propiamente es un revestimiento provisional, para tener una superficie de rodamiento que facilite, en cualquier época del año, el paso del equipo de construcción y de los vehículos que transiten por el camino antes de quedar pavimentado.

La base es la capa de material que se construye sobre la sub-base o, a falta de esta, sobre la terracería, debiendo estar formada por materiales de mejor calidad que el de la sub-base. Los requisitos que debe satisfacer la capa de base son: a) Tener en todo tiempo la resistencia estructural para soportar las presiones que le sean transmitidas por los vehículos estacionados o en movimiento; b) Tener el espesor necesario para que dichas presiones al ser

transmitidas a la sub-base o a la subrasante, no excedan la resistencia estructural de éstas; e) No presentar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad.

La carpeta asfáltica es la capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base para satisfacer las funciones siguientes: a) Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita, en todo tiempo, un tránsito fácil y cómodo de los vehículos; b) Impedir la infiltración del agua de lluvia hacia las capas inferiores, para impedir que el agua disminuya su capacidad para soportar cargas; c) resistir la acción destructora de los vehículos y de los agentes atmosféricos.

11.4.1 PROYECTO DEL ESPESOR DE PAVIMENTOS EN GENERAL

Son muchos los métodos que existen para proyectar el espesor de un pavimento. Se puede decir que la confianza que se puede tener en cada uno de ellos depende de la cantidad de comprobaciones experimentales a que hayan sido sometidos, los métodos que existen para proyectar el espesor de un pavimento exige una suficiente cantidad de experiencia y de sentido común por parte de quien los aplica.

Los métodos existentes pueden ser clasificados en cuatro grupos definidos:

- i) **Métodos empíricos que no emplean ensayos de resistencia del suelo.** En estos métodos el espesor del pavimento se determina basándose en los espesores que la experiencia ha demostrado que son necesarios para cargas por rueda similares y suelos que dan resultados iguales en ensayos de clasificación tales como los límites de consistencia.
- ii) **Métodos empíricos que emplean un ensayo de resistencia del suelo.** Se basan en un ensayo de penetración que, generalmente, sólo es aplicable en relación con el método de proyecto asociado con él.
- iii) **Métodos basados parcialmente en la teoría y parcialmente en la experiencia.** En estos métodos se determinan las propiedades fundamentales de la relación esfuerzo-deformación del material que forma la terracería por medio de ensayos de corte y los resultados se emplean aunados a una teoría modificada de la distribución de presiones.

iv) **Métodos totalmente teóricos.** Estos métodos se basan en un análisis matemático de los esfuerzos y deformaciones a través del pavimento y de la terracería así como de las verdaderas características de la función esfuerzo-deformación de los diversos materiales.

De los cuatro grupos anteriormente indicados, probablemente los métodos más seguros actualmente son el del Valor Relativo de Soporte de California (C.B.R.) para pavimentos flexibles que pertenece al grupo ii), y el método de Westergaard, con las modificaciones subsiguientes, para los pavimentos rígidos y que pertenece al grupo iii).

II.4.2 PROYECTO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

La estructura de un pavimento flexible puede proyectarse para que resista, sin romperse o deformarse en forma perjudicial, cualquier densidad de tránsito y cualquier carga por eje que se le aplique, existiendo una gran variedad de combinaciones que permiten un proyecto económico para tales condiciones. Se ha indicado ya que los pavimentos de asfalto son llamados comúnmente pavimentos flexibles ya que tienen poca resistencia a flexión tal como se les construye. Sin embargo, es posible construir pavimentos de asfalto de tal manera que se comporten como pavimentos rígidos, pero ello no es conveniente ya que una ligera deformación o adaptabilidad del pavimento nos brinda muchas ventajas técnicas y económicas al poder seguir las pequeñas deformaciones de la subrasante.

Cuando una carga se aplica, mediante una superficie de contacto, a la superficie de un pavimento de asfalto, se desarrollan dos resistencias fundamentales, una de corte perimetral en función de la longitud del perímetro del área de apoyo de la carga, y otra resistencia interna a la compresión en función del área afectada por la carga.

Como la mayoría de la fallas de los pavimentos flexibles tienen como causa principal una rotura al corte de los materiales que forman la estructura del pavimento y de la subrasante, la tendencia moderna es la de efectuar el diseño de dichos pavimentos basándose en ensayos al corte. Esta determinación puede ser llevada a cabo simplemente midiendo la resistencia a la penetración del material, o sea, mediante la determinación del valor de soporte de California (C.B.R. = California Bearing Ratio) que es un índice de la resistencia del suelo al corte, más

conocido en nuestro medio como valor relativo de soporte en condiciones determinadas de compactación y humedad, y se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular de 19.35 centímetros cuadrados en una muestra de suelo respecto a la precisa para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra triturada.

Otro de los métodos es el del Valor Relativo de Soporte Modificado (V.R.S.). Este método para la determinación del espesor de un pavimento flexible se refiere esencialmente a una prueba de proyecto, es decir, que los resultados obtenidos con ella deberán ser verificados posteriormente en el camino ya construido a fin de comprobar dichos resultados, o bien hacer las modificaciones de acuerdo con los nuevos datos obtenidos.

La prueba consiste en medir la resistencia a la penetración en especímenes de material compactado por medio de cargas aplicadas con una máquina de compresión, para reproducir los pesos volumétricos correspondientes a diferentes grados de compactación empleando diferentes grados de humedad.

Como recomendación muy general, se recomienda que para transformar la base asfáltica en base y sub-base hidráulicas hay que multiplicar por 1.25 el valor obtenido de base asfáltica si es que los materiales de la base y de la sub-base son materiales pétreos triturados. Si los materiales pétreos de la sub-base y de la base hidráulica no son triturados entonces es necesario que el valor de la base asfáltica se multiplique por 1.5 para dar el valor total de la sub-base y base hidráulicas.

11.5 DRENAJES

El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanente y naturalmente drenados. La experiencia en el análisis y estudio de muchos caminos en mal estado ha enseñado que el drenaje inadecuado más que ninguna otra causa, ha sido el responsable del daño que han sufrido.

Drenaje superficial

Se debe definir la manera de reducir al mínimo el agua que afluye al camino, mediante la captación de la misma, y segundo la forma de dar rápida salida al agua que inevitablemente entra al mismo.

i) Cunetas

Las cunetas son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino, el agua que escurre por los cortes y a veces la que escurre de pequeñas áreas adyacentes.

ii) Contracunetas

Las contracunetas son zanjas que se hacen en lugares convenientes con el fin de evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual están proyectadas. En virtud de que las cunetas sólo pueden llevar el agua que escurre por el bombeo del camino y los taludes de los cortes, y de pequeñas áreas adyacentes, con el fin de recoger y encauzar el agua que proviene de zonas más alejadas y que se dirigen al camino, hay que construir zanjas llamadas contracunetas colocadas transversales a la pendiente del terreno, las cuales interceptan el paso del agua y la alejan de los terraplenes y cortes.

iii) Lavaderos o vertederos

El desfogue de una corriente de agua puede hacerse con un lavadero o vertedor, el cual no es más que una cubierta o delantal de mampostería de concreto o de piedra acomodada simplemente, por donde se encauza el agua de los taludes o terraplenes, o en terreno muy erosionable, hasta llevarla a lugares donde la erosión continuada no pueda llegar a afectar el camino en forma alguna. Cuando se construyan en terrenos inclinados, es necesario anclarlos con dentellones para evitar que resbalen. Las dimensiones y forma de los lavaderos quedan enteramente a criterio del ingeniero drenajista.

iv) Alcantarillas

Las obras de cruce, que son llamadas también de drenaje transversal, tienen por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de cruce están comprendidos los puentes y las alcantarillas. La diferencia fundamental entre los puentes y las alcantarillas es que éstas llevan encima un colchón de tierra y aquellos no. Una alcantarilla consta de dos partes: el cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura. Los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal.

Tipos de alcantarillas

La elección de cuál tipo de alcantarilla es la mejor depende: a) Del suelo de cimentación; b) De las dimensiones de la alcantarilla y requisitos de la topografía, y c) De la economía relativa de los diferentes tipos posibles y adecuados de estructura.

Dependiendo de su forma y material, las alcantarillas se clasifican en:

- 1.- Alcantarillas de tubo: de concreto reforzado, de lámina corrugada, de barro vitificado, y de fierro fundido.
- 2.- Alcantarillas de cajón: de concreto reforzado, sencillas o múltiples.
- 3.- Alcantarillas de bóveda: de mampostería o de concreto simple, sencillas o múltiples.
- 4.- Alcantarillas de loza: de concreto reforzado.

En cuanto al tipo de cimentación se puede decir que cuando la cimentación es en el suelo firme y seco, cualquiera de los tipos anteriores es satisfactorio.

v) Vados

En algunas comarcas poco lluviosas se encuentran hondonadas por las que llega a escurrir agua solamente en raras ocasiones de tal manera que no ameritan la construcción de una alcantarilla. En estos casos lo que se hace es construir un vado, esto es, se pavimenta el camino con concreto en forma tal que no sea perjudicado por el paso eventual de una corriente, y en lugares bien visibles se indica el tirante de agua para que los conductores de vehículos decidan a su juicio si pueden pasar o no. Los vados se emplean mucho en los caminos vecinales cuando los arroyos no llevan mucha agua.

vi) Puente-vado

Se denomina puente-vado o puente bajo a una estructura en forma de puente que se utiliza para dar paso al flujo de las aguas máximas ordinarias y que durante el período de aguas máximas extraordinarias permite que el agua sobrepase por encima de ella. Este tipo de estructura es muy recomendable para caminos vecinales.

vii) Drenaje subterráneo

El drenaje subterráneo, desde muchos aspectos, es muy semejante al drenaje superficial, ya que las capas impermeables forman canales bien definidos o vasos de almacenamiento de agua subterránea tal como sucede en la superficie del terreno: el drenaje subterráneo consiste en proporcionar ductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento de esa agua rápidamente.

Al drenaje subterráneo debe dársele toda la atención que se merece ya que de él depende gran parte de la seguridad y estabilidad del camino.

Aunque en términos generales el drenaje superficial es más importante que el drenaje subterráneo hay que reconocer que hay lugares en los cuales no se puede prescindir del drenaje subterráneo. Los lugares inestables deben de ser drenados inmediatamente y de una vez por todas durante la construcción.

viii) Zanjas

Para hacer el drenaje subterráneo, frecuentemente se han usado, en los caminos construidos en zonas bajas, zanjas localizadas a unos cuantos metros fuera del mismo y para llear a él. Estas zanjas son usualmente de 0.60 m en la base y de 0.90 m a 1.20 m de profundidad. Si se les hace suficientemente profundas pueden mantener el nivel freático bajo el nivel deseado. El uso de zanjas como subdrenaje debe decidirse con cuidado estudiando los materiales y la conservación de la misma durante los años que va a funcionar.

ix) Drenes ciegos

Los drenes ciegos son zanjas rellenas de piedra quebrada o grava. Estos drenes han sido muy empleados, y cuando se les ha construido en forma correcta, han dado resultados satisfactorios durante mucho tiempo.

Cuando se usan drenes ciegos paralelos al camino, la práctica común es el de colocar uno en cada lado del camino, precisamente bajo las cunetas.

Los drenes ciegos son de 0.45 m de ancho y de 0.60 m a 0.90 m de profundidad.

Para que sean efectivos deben tener una pendiente uniforme e ir a desfogar a una salida adecuada.

x) Drenes de tubo

En general, para el drenaje subterráneo en caminos, los drenes con tubo de barro o de concreto son muy superiores a los formados por zanjas abiertas y a los drenes ciegos. Los tubos para subdrenaje deben satisfacer una serie de requisitos para que funcionen en forma efectiva durante un periodo largo.

II.6 ANTEPROYECTO DEL LIBRAMIENTO NORTE PARA LA CIUDAD DE MEXICO

Es indudable la importancia socioeconómica que tiene la Ciudad de México en el desarrollo actual. Sobra mencionar que el Distrito Federal, así como la zona conurbada es el foco principal de operaciones económico-financieras que se llevan a cabo en el país.

Este aspecto nos ubica como un punto central en el tránsito de vehículos, personas así como bienes de consumo, aquí se comercializan un 40% de los productos perecederos que se consumen en el país.

La movilidad diaria de la carga dentro del área metropolitana es del orden de 385, 600 toneladas.

De aquí la idea de construir “libramientos” para evitar la penetración al área metropolitana de vehículos cuyo destino no sea ésta. Disminuyendo sensiblemente el deterioro de los pavimentos, congestionamientos, y atenuando los altos índices de contaminación actual.

El Libramiento Norte de la Ciudad de México constituye una propuesta carretera para unir la autopista México-Querétaro con la autopista México-Puebla, y ha sido planteada con el objetivo principal de evitar la penetración a la ZMCM del tránsito de paso, que en la actualidad por falta de una infraestructura carretera adecuada, se ve forzado a utilizar las congestionadas vialidades internas de la ZMCM (ver Figura 4).

El objetivo estratégico es disponer de bases sólidas para una futura concesión del LNCM, contempla tres grandes aspectos: asignación de tránsito; evaluación, económica y financiera; y manifestación de impacto ambiental.

El estudio de asignación de tránsito para el LNCM, tiene el objetivo de estimar con un alto nivel de confianza los volúmenes y características del tránsito que circulará por cada uno de los tramos de dicho Libramiento, una vez que éste entre en operación.

La evaluación económica tiene el objetivo de determinar los beneficios sociales que la construcción y operación del LNCM producirá. Para llevar a cabo esta evaluación se utilizó la metodología establecida por el Banco Mundial, tomando en cuenta dos tipos de beneficios: los producidos por los ahorros en tiempo de viaje de las personas; y los generados por ahorros en costos de operación de vehículos. La evaluación financiera tiene el objetivo de determinar bajo una estructura de financiamiento factible en México el comportamiento de estados financieros y la rentabilidad que el proyecto generará a posibles inversionistas del sector privado interesados en la concesión de la autopista.

La manifestación del impacto ambiental en su modalidad intermedia tiene el objetivo de identificar los efectos que la construcción y operación del LNCM generará al ambiente, con el fin de poder proponer las medidas de mitigación pertinentes para controlar, reducir o atenuar los impactos generados.

El proyecto corresponde a la construcción de una carretera que rodeará a la ZMCM, dicha carretera entroncará en uno de los extremos con la carretera 57, Autopista México-Querétaro, a la altura de Jorobas (Méx.), y en el otro, con la carretera 150, autopista México-Puebla, a la altura de San Martín Texmelucan (Pue.)

El libramiento carretero tendrá una longitud total de 135.7 km, siguiendo una dirección de norte a sureste y a lo largo de su trazo intersectará varios municipios en los límites de los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. Los municipios que serán intersectados son: Huehuetoca, Zumpango, Temascalapa, Nopaltepec, Tequixquiac, Hueypostla y Axapusco, en el estado de México; Emiliano Zapata y Tizayuca en el estado de Hidalgo; Calpulalpan, Nanacamilpa, Sanctórum, Españita, Ixtacuitla y Tepetitla en el estado de Tlaxcala y Texmelucan en el estado de Puebla.

Con este proyecto se logrará una ruta que comunicará una vía importante proveniente del centro-norte de la República, como lo es la carretera 57, con otra igualmente importante hacia el oriente, la 150, sin tener que cruzar por la ZMCM.

Además, este libramiento contribuirá a una comunicación más rápida entre las dos vías mencionadas evitándose los problemas de vialidad que implica actualmente tener que cruzar por la Ciudad de México para lograr este enlace carretero.

El proyecto lineal corresponde a una carretera con ancho de corona de 12 metros, que constará de 2 carriles (tipo A2S), uno en cada sentido, en un solo cuerpo, con separación de la circulación por medio de camellón central o muro de concreto. El derecho de vía será variable, en función de los cerros de terraplenes y cortes, aunque en promedio tendrá una amplitud de 60 metros. Las secciones tipo se muestran en las Figuras 5, 6 y 7.

La curvatura máxima, de acuerdo con la topografía, será de 11" y la pendiente proyectada es de 6 %.

Considerando que la carretera, así como el derecho de vía quedarán incluidos dentro de una extensión de 60 metros, treinta de cada lado, de acuerdo con las secciones tipo, y con una

longitud de 135.7 km. se obtiene una superficie requerida de 814.2 ha. Las principales vías de acceso a los distintos puntos del trazo se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12

PRINCIPALES VIAS DE ACCESO AL TRAZO DE LA CARRETERA

VIA DE ACCESO	UBICACION EN EL TRAZO (km)	POBLACION DE REFERENCIA
Carretera 57	1 + 500	Jorobas (Méx.)
Carretera 31	5 + 000	Huehuetoca (Méx.)
F.C. Méx.-Nvo Laredo	12 + 500	
Carretera 167	18 + 800	San Mateo (Méx.)
Carretera 85	35 + 000	Tizayuca (Hgo.)
F.C. Mex.-Ver.	40 + 000	Tepojaco (Hgo.)
Carretera 132	60 + 000	Nopaltepec (Méx.)
Carretera 7	68 + 000	Jaltepec (Tlax.)
Carretera 116	88 + 900	Calpulalpan (Tlax.)
Carretera 130	95 + 000 - 103 + 000	Francisco I. Madero (Hgo.)
Carretera 190	130 + 000	San Martín Texmelucan (Pue.)
Carretera 112	130 + 000	San Martín Texmelucan (Pue.)
Carretera 150	135 + 000	San Martín Texmelucan (Pue.)

Fuente: Cal y Mayor Asociados S.C., noviembre 1995

Figura 4

UBICACION DEL TRAZO DEL LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO

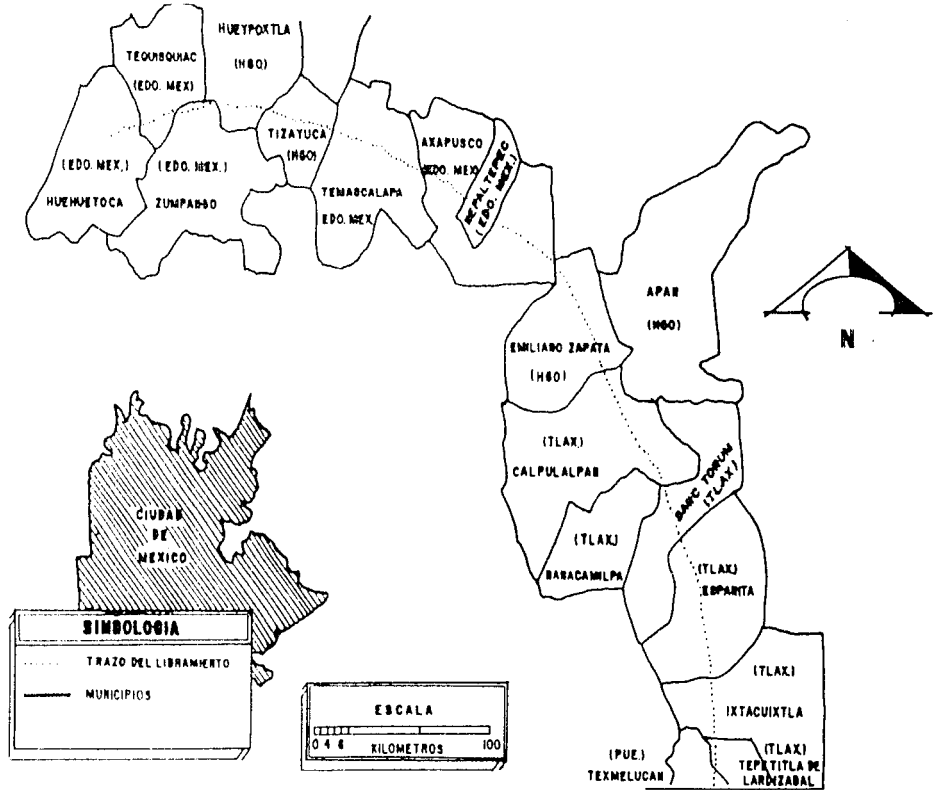
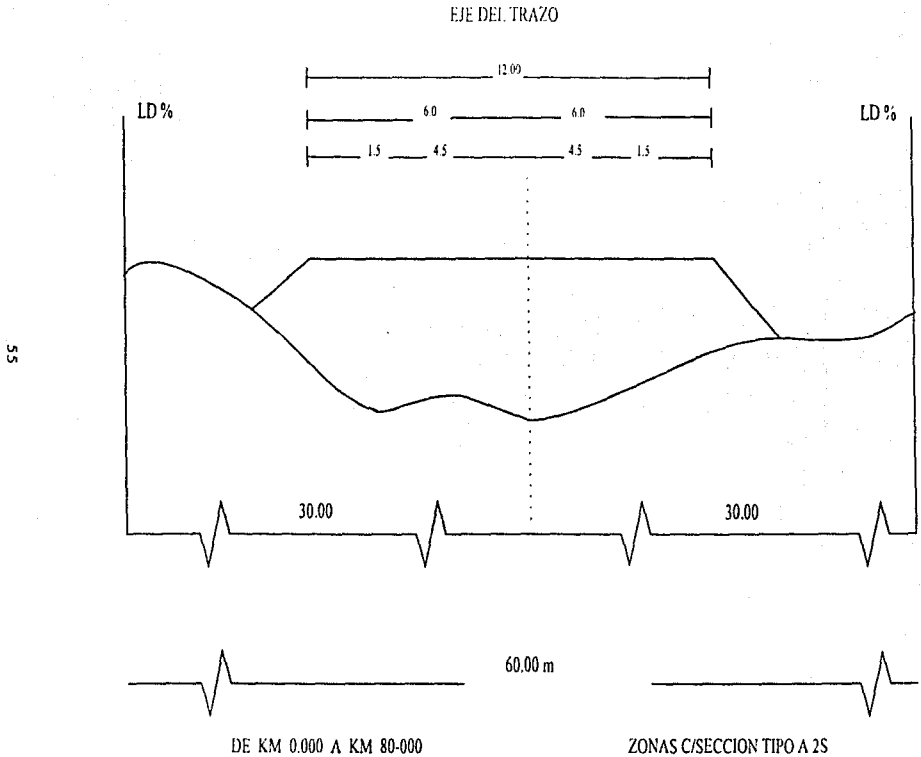
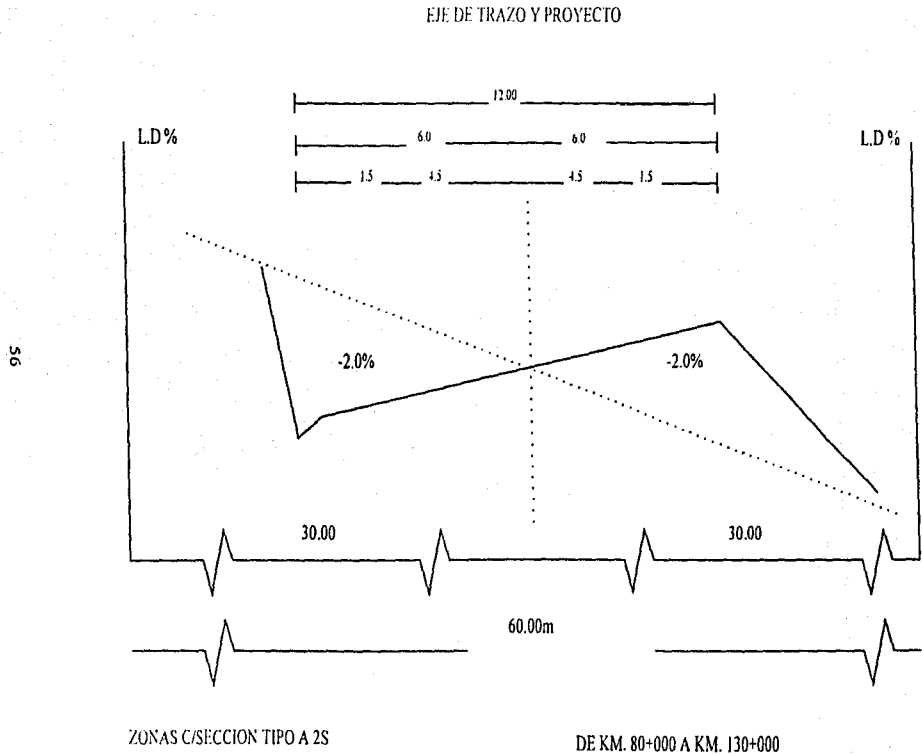


Figura 5
SECCION TIPO. TERRENO PLANO Y LOMERIO



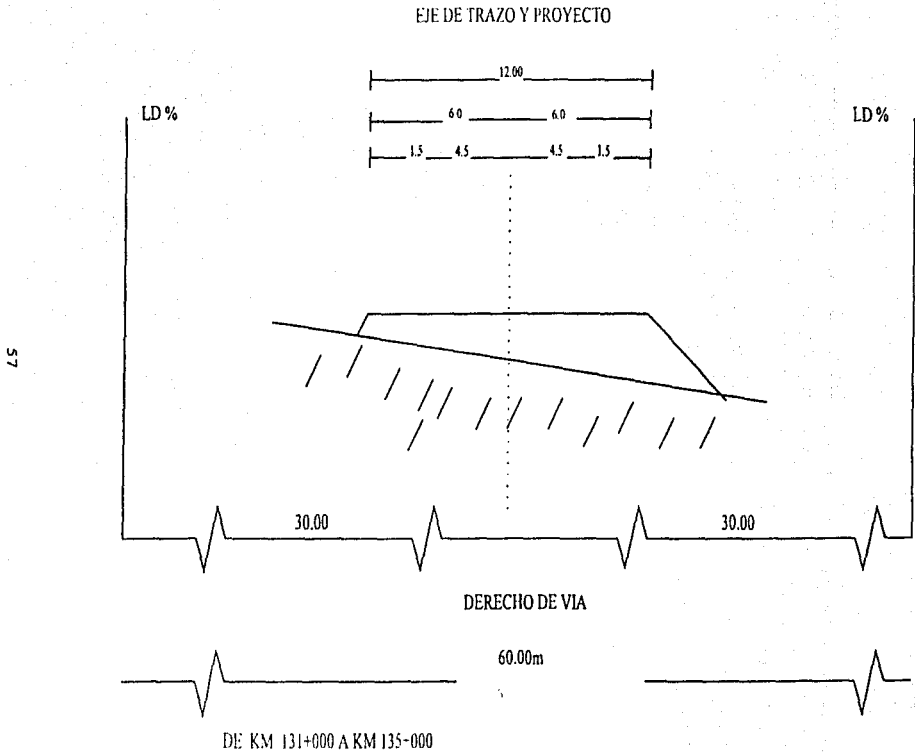
Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Figura 6
SECCION TIPO. PENDIENTES FUERTES



Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Figura 7
SECCION TIPO. PENDIENTES SUAVES



57

III.-) ESTUDIO DE ASIGNACION DE TRANSITO

III.- ESTUDIO DE ASIGNACION DE TRANSITO

La asignación de tránsito se define como el proceso para determinar las rutas de viaje y asignación de los recorridos de zona a zona a estas rutas. Este proceso representa una de las fases más complejas e importantes del proceso de planificación del transporte. Es una técnica sistemática y fácil de usar que permite al planificador predecir la carga probable de tránsito en cada tramo de una red de transporte.

Dada una red de carreteras o vialidades urbanas el problema de asignación de tránsito consiste en determinar cómo se repartiría la demanda de tránsito sobre los diferentes arcos de la red. Un arco es la parte de una ruta que se encuentra entre dos intersecciones o nodos con tránsito en un solo sentido. La demanda de tránsito comúnmente se expresa a través de una matriz origen-destino, la cual indica la cantidad de transporte que se demanda entre diferentes pares de nodos de la red. Un nodo es un punto en el que se enlazan dos o más tramos de una ruta y en el que es posible efectuar un cambio de dirección. La demanda de transporte debe repartirse de acuerdo a los tiempos de viaje sobre la red puesto que cada unidad de demanda escogería la ruta que tuviera menor tiempo de viaje. Sin embargo, a medida que el flujo aumenta sobre un arco, el tiempo de viaje también aumenta debido al efecto de congestión. Usualmente estos tiempos no son proporcionales al flujo sobre el arco y deben de modelarse a través de funciones No-Lineales. Estas funciones se llaman flujo-tiempo y para cada arco proporcionan el tiempo de viaje sobre dicho arco en función de su flujo.

Una asignación de tránsito se dice que está en equilibrio, cuando ninguna unidad de demanda podría cambiar de ruta y simultáneamente mejorar su tiempo de viaje. Esta condición de equilibrio puede modelarse mediante ecuaciones, cuya solución daría el flujo así descrito.

III.1 OFERTA

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 objetivo del proyecto. Algunos indicadores de las características de la oferta actual son, a manera de ejemplo:

- 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

III.1.1 AREA DE ESTUDIO

En la definición del área de estudio la cantidad de variables que influyen es muy diversa, así como sus orígenes. No solo se cuenta con variables de tipo económico o técnico; sino que es importante el entorno político y social para hacer una selección lo más acertada posible.

Esto nos lleva a elaborar proyecciones de las variables socioeconómicas que demanda el estudio.

Por lo general las variables socioeconómicas de influencia necesaria son:

- Población total y tasa de crecimiento correspondiente

- Población económicamente activa y tasas de crecimiento
- Población por niveles de ingreso (alto, medio, bajo)
- Tasas de crecimiento por niveles de ingreso (alto, medio, bajo)
- Proyección del número de vehículos registrados por tipo de vehículo
- Tasa de motorización

Con frecuencia existe el inconveniente de las grandes erogaciones por lo que se conoce como "obras inducidas" que si bien es cierto que en su mayoría son variables impredecibles en ocasiones dan origen a cambios en la selección del área de estudio.

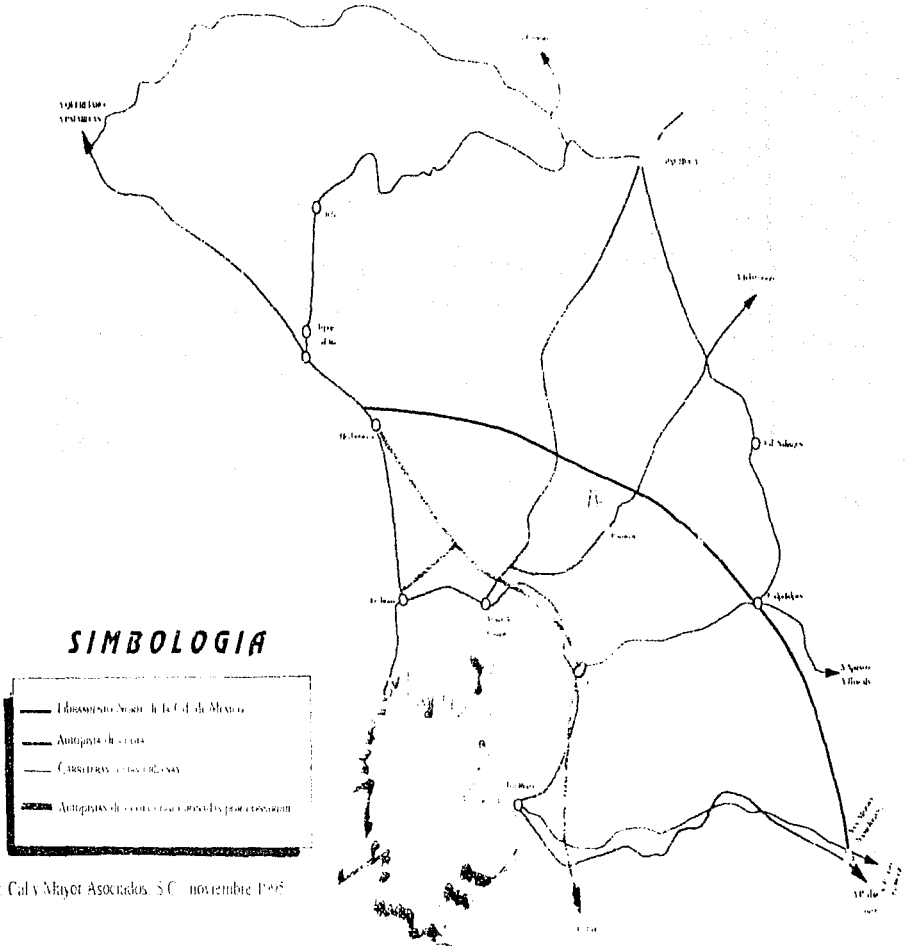
En la definición del área de estudio para el Libramiento Norte de la Ciudad de México, ésta se elaboró a través de la red de influencia, con información detallada de municipios y estados sobre la integración de cada una de las zonas en las que se dividió el área de estudio. Esta zonificación fue realizada a dos niveles: interna y externa.

III.1.1.1 RED DE INFLUENCIA

La red de influencia quedó caracterizada por aquellas carreteras que de manera directa o indirecta tienen alguna influencia relevante sobre el Libramiento Norte para este estudio, la red de influencia que se consideró se representa gráficamente en la Figura 8, en donde se observan las principales autopistas, carreteras federales, estatales y autopistas concesionadas en operación y planeadas, que influyen directamente en la asignación del tránsito al Libramiento Norte. En el Cuadro 13 se muestran cada una de las carreteras que conforman la red de influencia considerada.

Figura 8

RED DE INFLUENCIA DEL LIBRAMIENTO NORTE



62

Cuadro 13

ALTERNATIVAS CARRETERAS QUE CONFORMAN LA RED DE INFLUENCIA

No.	CARRETERA	TRAMO
1	Autopista México-Querétaro	Palmilla-Tepozotlán
2	Autopista México-Pachuca	México-Pachuca
3	Autopista Ecatepec-Pirámides	Ecatepec-Pirámides
4	Autopista México-Puebla	México-San Martín Texmelucan
5	Carretera Federal 45 Portezuelo-Palmillas	Palmillas-Portezuelo
6	Carretera Federal 85 Portezuelo-Colonia	Portezuelo-Pachuca
7	Carretera Pachuca-Cd Sahagún	Pachuca-Cd Sahagún
8	Carretera Cd Sahagún-Calpulalpan	Cd. Sahagún-Calpulalpan
9	Carretera Tepeji del Río-Actopan	Tepeji del Río-Actopan
10	Carretera Federal 136 Los Reyes-Zacatepec	Puebla Libre-Textcoco-Calpulalpan-Apizaco
11	Carretera Federal 132 Venta de C.-T.C. Pach.-Tul.	Venta de Carpio- T.C. Pachuca-Tulancingo
12	Carretera Federal 142 San Bernardino-Tepexpan	Venta de Carpio-Textcoco
13	Carretera Federal 85 México-Pachuca	México-Pachuca
14	Carretera Federal 190 México-Puebla	México-Puebla
15	Autopista concesionada Peñón-Textcoco	Peñón-Textcoco
16	Autopista concesionada Atizapán-Venta de Carpio	Atizapán-Venta de Carpio (ramal a Huehuetoca)
17	Autopista concesionada Venta de Carpio-Nepantla	Venta de Carpio - Nepantla
18	Libramiento Norte	Jorobas-San Martín Texmelucan

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Además de las carreteras mencionadas en el Cuadro anterior se utilizó la red primaria de la ZMCM, lo cual permitió modelar con una red integral (red regional con la red urbana), la asignación de tránsito.

La red vial de influencia del Libramiento Norte se representó en el paquete de cómputo denominado GISPLUS, el cual es un Sistema de Información Geográfica, que facilita la organización, análisis y visualización del área de estudio, además de constituir una base de datos georeferenciada.

III.1.1.1.2 ZONIFICACION

Para determinar los principales sitios de origen y destino de los viajes y para llevar a cabo el análisis regional de la información, se realizó una zonificación que consideró por una parte, el área interna de la región de estudio, que básicamente contempló los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Morelos, San Luis Potosí y Distrito Federal y por otra parte una zonificación externa que consideró los estados restantes de la República Mexicana.

La zonificación interna se realizó a nivel municipal, agregando en la mayoría de los casos municipios basados en la estructura de la red vial existente y en la relación económico espacial de la región.

El Cuadro 14 muestra las zonas internas y externas y en la Figura 9 se representan gráficamente.

Cuadro 14

ZONIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO

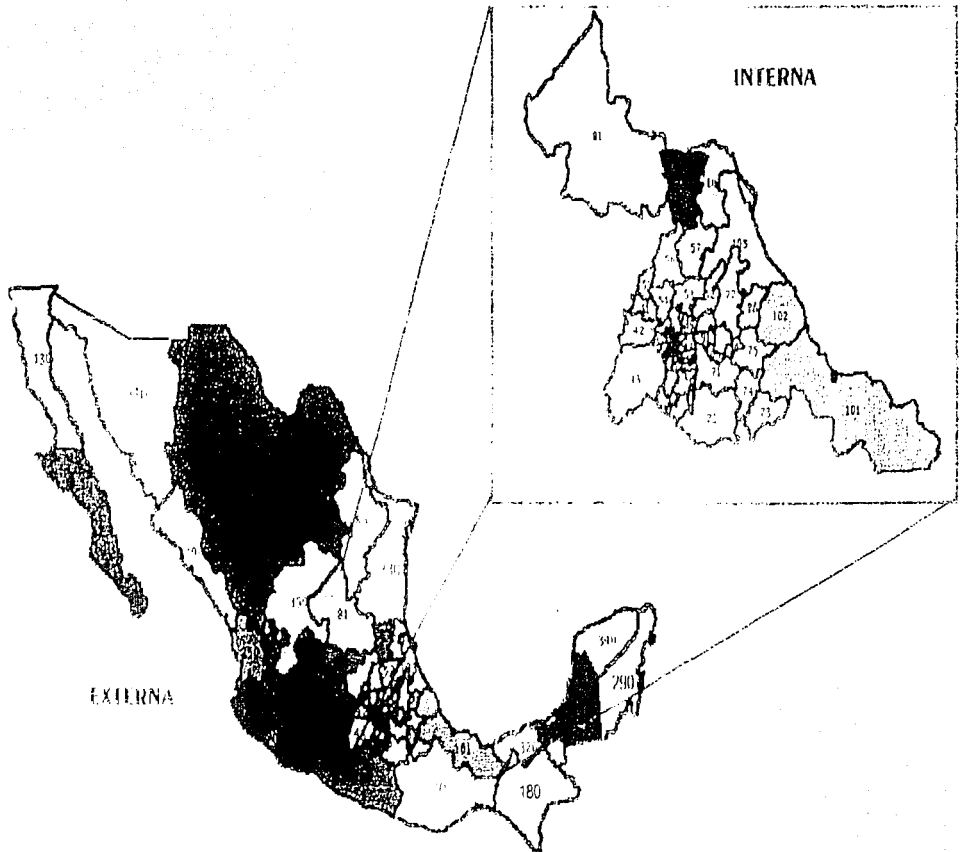
ESTADO	No. DE ZONAS	ZONAS No.
ZONIFICACION INTERNA		
DISTRITO FEDERAL	16	1 a 16
MEXICO	23	21 a 43
HIDALGO	7	51 a 57
MORELOS	6	61 a 66
PUEBLA	7	71 a 77
SAN LUIS POTOSI	2	81 a 82
TLAXCALA	4	91 a 94
VERACRUZ	4	101 a 104
AGUASCALIENTES	1	120
BAJA CALIFORNIA	1	130
BAJA CALIFORNIA SUR	1	140
CAMPECHE	1	150
COAHUILA	1	160
COLIMA	1	170
CHIAPAS	1	180
CHIHUAHUA	1	190
DURANGO	1	200
GUANAJUATO	1	210
GUERRERO	1	220
JALISCO	1	230
MICHOACAN	1	240
NAYARIT	1	250
NUEVO LEON	1	260
OAXACA	1	270
QUERETARO	1	280
QUINTANA ROO	1	290
SINALOA	1	300
SONORA	1	310
TABASCO	1	320
TAMAULIPAS	1	330
YUCATAN	1	340
ZACATECAS	1	350
TOTAL	93	

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Las zonas internas suman un total de 69 y las externas 24, esto se debe al detalle con que se trato la zona interna, como se indico anteriormente. El anexo A contiene el detalle de integración de cada una de las zonas mencionadas.

Figura 9

MAPA DE ZONIFICACION



Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C. noviembre 1995

III.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERATIVAS DE LA RED

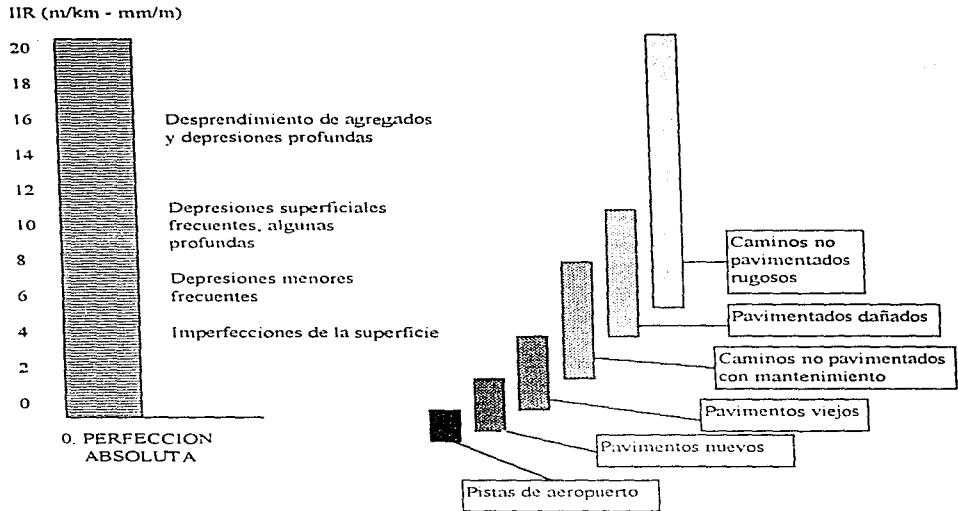
La red vial constituye la infraestructura de transporte disponible para satisfacer las necesidades de movimiento de los usuarios del sistema. Las características de los tramos, como longitud, número de carriles, tipo de infraestructura, velocidad o tiempo de recorrido y nivel de servicio, se tomaron de los estudios de campo realizados por la empresa Cal y Mayor, Asociados S.C.

III.1.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas de cada una de las carreteras se obtuvo de la información de campo y documental de la red de influencia. Los elementos de análisis de las características son: longitud, número de carriles, estado del pavimento (IIR), pendientes medias y proporción de viaje ascendente y descendente, esto último se refiere al porcentaje respecto al total del recorrido en que el vehículo se mantiene transitando en pendientes positivas o negativas. El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de viaje, las cargas dinámicas y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodamiento de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo; su unidad de medida es m/km (ver Figura 10). Esta información se utilizará posteriormente en la estimación del nivel de servicio de cada tramo, así como en el cálculo de los costos de operación que se hace para la factibilidad económica y financiera del Libramiento Norte. En el Cuadro 15 se presentan las principales características físicas obtenidas en campo.

Figura 10

ESCALA DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte
 Publicación Técnica No. 30, 1991

III.1.2.2 CARACTERISTICAS OPERATIVAS

Mediante las características físicas y los tiempos de recorrido se obtuvieron las velocidades medias y los niveles de servicio de la red de influencia, lo que sirvió de base para la modelación de la red carretera actual.

III.1.2.2.1 VELOCIDADES (TIEMPOS DE RECORRIDO)

El objetivo de este estudio es determinar los tiempos de recorrido promedio requeridos actualmente para ir entre pares de origen y destino importantes dentro del área de análisis.

Para llevar a cabo el estudio de tiempos de recorrido se utilizó el método del vehículo flotante, que consiste en introducir un vehículo al flujo vehicular, rebasando tantos vehículos como lo rebasen. En el formato se anota principalmente la fecha del estudio, la hora inicial y final del recorrido, el punto inicial y final del tramo carretero y las lecturas del odómetro del automóvil al principio y al final de cada tramo. La velocidad se determinó mediante la relación entre la distancia existente y el tiempo de realización del recorrido. Las velocidades de los tramos analizados en la red de influencia se muestran en el Cuadro 15.

III.1.2.2.2 NIVEL DE SERVICIO (ANÁLISIS DE CAPACIDAD)

Se realizaron análisis de capacidad en los tramos de la red de influencia. Para realizar este análisis se aplicó el paquete de cómputo HCS (Highway Capacity Software); este paquete se alimentó con la siguiente información de campo.

- Tiempos de recorridos
- Inventario físico de las carreteras
- Composición del tránsito (principalmente de camiones y autobuses)
- Volumen de tránsito
- Velocidad de proyecto en cada tramo.

Ya que cada tramo de la red tiene diferentes características físicas y de operación fue necesario distinguir tres tipos diferentes de análisis: i) para autopistas con altas especificaciones de operación, ii) para carreteras de dos carriles, básicamente carreteras federales o libre y iii) para vías urbanas, principalmente en aquellas alternativas de viaje que entran a la ciudad de México. En el Cuadro 15 se presentan los niveles de servicio estimados por tramo.

Cuadro 15

CARACTERISTICAS FISICAS DE LA RED DE INFLUENCIA

TRAMOS	Long.	No. de carriles	IRI	Pendiente media +%	Pendiente media -%	Proporción viaje ascendente %	Velocidad	Nivel de servicio
PALMILLAS-CALPULALPAN								
Palmillas-Ixmiquilpan	90.20	1,2	10		2		62	D
Ixmiquilpan-Actopan	41.20	1,2	10	3		10	57	D
Actopan-Pachuca	33.20	1,2	8	2		10	53	E
Pachuca-E. Tulancingo	10.10	1	6		3		53	E
E. Tulancingo-Cd. Sahagún	40.70	1	8	3		25	73	C
Cd. Sahagún-Calpulalpan	26.20	1	10	2		5	80	B
Calpulalpan-E. Tlaxcala	66.50	1	8	3		15	71	C
E. Tlaxcala-San Mar. Texm.	24.90	1	8		2		85	B
LOS REYES -PUEBLA (Libre)								
Los Reyes-San. Mar. Texm.	73.70	1	8	6		50	60	D
San Mar. Texm. - Puebla	40.10	1	6	2		50	60	D
LOS REYES-PUEBLA (Cuota)								
Los Reyes-San Mar. Texm.	75.10	2	4	1		60	96	A
San Mar. Texm. -Puebla	29.00	2	4		1		96	A
LECHERIA-PALMILLAS (Cuota)								
Tepeji del Rio-Palmillas	26.30	2,3	2	1		5	92	A
Huehuetoca-Tepeji del Rio	13.80	2,3	2		1		98	A
Lecheria-Huehuetoca	80.90	2,3,6	2	1		5	92	A
LECHERIA-LOS REYES								
Lecheria-Vta. de Carpio	23.80	2,4	4	1			66	D
Vta. de Carpio-Texcoco	21.62	2	6	1			79	C
Texcoco-Los Reyes	28.20	2,3	8		1		79	D
LIBRAMIENTO NORTE*	135.70	2	2	1		5	100	A

* Estimados con la base en las características del proyecto.

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Como se observa en el Cuadro anterior, las características físicas son congruentes con las velocidades alcanzadas, así como los niveles de servicio que presentan cada uno de los tramos analizados.

La red vial de influencia del Libramiento Norte se codificó con las características físicas y operativas en el Sistema de Información Geográfica (GISPLUS), lo cual permite que la modelación tenga la información real sobre el sistema vial.

III. 2 DEMANDA

Es necesario estimar el tamaño del mercado objetivo para el segmento propuesto, es decir, cuál será el número de usuarios potenciales y a qué porcentaje de éste se pretenderá captar para el proyecto.

Esta fase del proyecto estará ligada a la obtención o determinación de aforos o conteos vehiculares, por tipo de vehículo, recientes sobre las carreteras de la red de la cual se pretenderá captar usuarios para el proyecto.

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.

Para emprender la tarea de cuantificar la demanda de un mercado es preciso contar con una identificación preliminar del tipo de una encuesta origen-destino. Dicha identificación habrá de ser lo más exacta posible en cuanto a su ubicación y su amplitud, o sea: se deberá conocer donde está la región, que tan extensa es y cuales polos de generación de viajes alberga, ya que solamente a partir de esos datos se podrán iniciar las investigaciones. Para esto habrá que buscar un buen apoyo cartográfico (mapas de la región) y localizar en él la zona que se quiere atender.

Conociendo ya los detalles del lugar, será necesario diseñar una encuesta que informe desde y hacia donde quieren viajar las personas, además de otros datos complementarios, tales como los motivos y los horarios de los viajes. Para ubicar apropiadamente los lugares de origen y de destino será indispensable contar con una zonificación apropiada de toda el área de estudio, de otra manera las trayectorias de origen y destino serían demasiado parciales.

La demanda quedó caracterizada por el comportamiento histórico del tránsito y por su comportamiento actual, que comprende el volumen, la composición vehicular y las características de los viajes (origen, destino, motivo de viaje, preferencia de circulación, etc.). Por tal motivo se realizaron aforos automáticos, aforos manuales, encuestas origen-destino y encuestas de preferencia declarada en la zona de influencia al Libramiento Norte de la Ciudad de México.

La información de la demanda de transporte permite identificar el tipo de usuario que transita por las carreteras que se estudian. Además de la información obtenida por medio de

aforos y encuestas origen-destino, se recopiló información histórica de las variables socioeconómicas de las zonas en estudio, con el objetivo de analizar su crecimiento durante los últimos 30 años, para lo cual se utilizan los datos de los censos de población del INEGI para los años de 1970, 1980 y 1990. Para estimar la captación de la autopista, se recopilan los datos provenientes de las encuestas de preferencia declarada, realizadas a los usuarios de las mismas vialidades donde se llevaron a cabo las encuestas origen-destino.

III.2.1 COMPORTAMIENTO HISTORICO DEL TRANSITO

Para una estadística o un comportamiento histórico de tránsito es necesaria la cuantificación de los volúmenes de tránsito y este queda definido como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril de una calzada en un período determinado.

Es común expresarlo de la siguiente manera:

$$Q = N / T$$

Donde

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo

N = Número de vehículos que pasan

T = Período determinado

Generalmente estos períodos están especificados o referenciados a un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora.

De acuerdo a los días de ese período se presentan los siguientes volúmenes de tránsito.

- a) Tránsito promedio diario (TPD)
- b) Tránsito promedio diario anual (TPDA)
- c) Tránsito promedio diario mensual (TPDM)
- d) Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

Según la American Association of State and Transportation Officials (AASHTO) la unidad general de medida para el volumen de tránsito en una vía es el tránsito promedio diario (TPD), que define como "el volumen total durante un período de tiempo dado (en días completos), mayor que un día y menor que un año, dividido entre el número de días en ese período". Tránsito promedio diario semanal, es el número total de vehículos que pasan durante una semana, así de igual manera para el tránsito promedio mensual, en el que el período será de un mes. Si el período es de un año entonces se le llama tránsito promedio diario anual (TPDA).

El TPDA se emplea generalmente en planeación y estudios económicos, por que representa la utilización que se hace de la vía o el servicio que presta, pero es demasiado global para determinar las características geométricas que debe tener una vía o realizar análisis de circulación. En las vías urbanas también se emplea el volumen medio anual que circula en los días laborables, pues la demanda de tránsito urbano no suele ser crítica en fines de semana o días feriados.

Para establecer cual ha sido el comportamiento del tránsito en el área de influencia del presente estudio, y poder establecer los cambios que ha sufrido el TPDA en determinado periodo de tiempo, se tomaron las estadísticas vehiculares a lo largo de por lo menos 10 años. Esta información se obtuvo en los Datos Viales que publica la SCT y en los aforos registrados en las principales casetas de las autopistas que entran a la ciudad de México.

III.2.1.1 DATOS VIALES

La información registrada por la SCT, mediante estaciones automáticas, en la publicación Datos Viales, sirvió de base para este análisis. En el Cuadro 16 se muestra la tendencia creciente del tránsito durante el horizonte analizado, en la mayoría de los tramos considerados, aunque en algunos casos ésta se incrementa considerablemente, para después estabilizarse en los años subsecuentes. Las estaciones de aforo con mayor volumen vehicular en 1994 son las que se ubican al norte de la ZMCM, esto debido principalmente, al gran crecimiento de centros de población y de trabajo, que han surgido en esta zona.

Cuadro 16

DATOS VIALES DE LA RED DE INFLUENCIA

CARRETERA/ESTACION	AÑOS									
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992*	1993*	1994*
PORTEZUELO-PALMILLAS										
HUICHIAPAN km 45.10				2020	4436	3365	3457	4130	4454	4778
COLONIA-PORTEZUELO										
T DER PACHUCA km 8.34				5936	9463	10448	10762	12173	13732	14836
EST MAESTRA FCO VILLA km 41.70				4300	4921	5313	6710	7217	8111	8939
T IZQ TULA km 70.80				4868	5326	5982	6161	6718	7136	7571
RAMAL A PACHUCA										
T CARR (COLONIA-PORTEZUELOS) km 0					7274	7369	7591	7728	7887	8045
T(CALP EL OCOTE)-CD SAHAGUN										
T IZQ TOUMBA km 14.00				3592	3531	4476	5706	6148	6877	7605
(MEX-ORO)-TLAHUELIPA DE OCAMPO										
TULA DE ALLENDE km 18.00				3919	4087	4541	4683	4994	5269	5543
TECAMA-TEOACALCO										
AJACUBA km 11.98				1750	1925	2100	2275	2450	2625	2800
MEXICO-PACHUCA (LIBRE)										
VENTA DE CARPIO km 27.00				20816	21160	24839	26079	28091	30037	31984
TIZAYUCA km 52.50			4364	4600	4831	4997	5196	5416	5622	5828
V. DE CARPIO-T. CARR PACHUCA-TUL										
TEPEPAN km 7.57				5430	5631	5799	5973	6158	6337	6517
TEOTIHUACAN km 20.0		2937	3490	3000	5436	5820	5995	6170	6345	6520
X. CAR PACHUCA-CD				4776	6520	6776	6979	7217	7447	7676
SAHAGUN km 54.00										
X CARR CALP EL OCOTE km 64.17		5374	6568	5100	5420	5522	5749	5893	6057	6222
LOS REYES-ZACATEPEC										
T IZQ CHIMULHUACAN km 8.45	33 000	33000	23488	33700	33672	34683	35001	35493	35984	36476
CALPULALPAN km 59.58		5530	5643	5648	6136	6320	6399	6548	6680	6811
T DER. NANCAMILPA km 71.76		6740	6880	6849	7440	7588	7740	7889	8039	8189
APIZACO km 117.74		8660	8839	9444	10260	20665	21280	21911	22534	23157
SAN BERNARDINO-TEPEPAN										
T DER TENOCOCO km 2.08				16924	17430	17874	18359	18834	19309	19784
X CARR TENOYUCA-NEX km 12.35				25318	26081	26759	27494	28214	28935	29655
MEXICO-PUEBLA (LIBRE)										
T DER CUAUTLA km 28.85	12 109	16945	20848	22626	23389	26189	27698	30068	32222	34377
XTAPALUCA km 31.06	8 300			8218	5388	5439	5656	5762	5896	6030
T. DER. MEX-PUE (cuota)-RIO FRIO km 62.06		1420	1497	1551	1238	1350	1649	1823	2029	2234
SAN MARTIN TEXMELUCAN km 90.35				6320	6299	6466	6660	6836	7017	7197

Fuente: Datos Viales DGST y C de la SCT 1992

En las cantidades que aparecen con negrillas el aforo disminuyó respecto al año anterior.

* En los tres últimos años el flujo se obtuvo con la tendencia histórica del tránsito.

III.2.1.2 REGISTROS DE AFOROS EN CASETAS

El análisis de los datos históricos de flujo vehicular en casetas, tiene por objeto, ofrecer un panorama del comportamiento del tránsito registrado durante los últimos 10 años, en las autopistas de influencia. Para este proyecto en particular, se recopiló información del TPDA referentes al período de 1985 a 1994 para las siguientes autopistas:

- Autopista México-Puebla
 - Caseta Chalco
 - Caseta San Marcos
 - Caseta San Martín Texmelucan
 - Caseta San Martín Texmelucan (auxiliar)
- Autopista México-Querétaro
 - Caseta Tepotzotlán
 - Caseta Jorobas
 - Caseta Palmillas
 - Caseta Polotitlán
- Autopista México-Tizayuca
 - Caseta San Cristóbal
 - Caseta Tizayuca, Pachuca
 - Caseta Tepexpan

La variación de los flujos vehiculares de las autopistas antes mencionadas se muestran en Cuadro 17. En 1994, último año completo con información, puede observarse la tendencia creciente del volumen vehicular en las autopistas México-Querétaro y México-Tizayuca; en el caso de la autopista México-Puebla, el volumen vehicular en las casetas de San Marcos y Chalco se incrementan y en las casetas central y auxiliar de San Martín Texmelucan disminuyen aunque no significativamente. Sin embargo, como se observa posteriormente en los resultados de la asignación, la tendencia que se obtuvo después de analizar el comportamiento histórico del flujo y del comportamiento socioeconómico de las zonas, es un crecimiento moderado de la demanda.

Cuadro 17

DATOS HISTORICOS DEL AFORO REGISTRADO EN CASETAS (TPDA)

AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA									
	CHALCO		SAN MARCOS		SN.M.TEXMELUCAN		AUX.SN. M. TEXMELUCAN		
AÑO	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	
1985	10352		16436		12337		7715		
1986	10142	-2.03	15481	-5.81	12546	1.69	8047	4.30	
1987	9489	-6.44	16438	6.18	12756	1.67	7984	-0.78	
1988	9530	0.43	17380	5.73	13676	7.21	8406	5.29	
1989	11395	19.57	17892	2.95	13003	-4.92	9141	8.74	
1990	9026	-20.79	16257	-9.14	11869	-8.72	8267	-9.56	
1991	8626	-4.43	12876	-20.80	10658	-10.20	6964	-15.76	
1992	13125	52.16	18783	45.88	11163	4.74	7923	13.77	
1993	17125	30.48	19007	1.19	13590	21.74	9284	17.18	
1994	17588	2.70	19064	0.30	13355	-1.73	9122	-1.74	
AUTOPISTA MEXICO-QUERETARO									
	TEPOZOTLAN		JOROBAS		PALMILLAS		POLOITLAN		
AÑO	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	
1985	24027		400		16554		55		
1986	23946	-0.34	277	-30.75	16603	0.30	50	-9.09	
1987	24471	2.19	357	28.88	16929	1.96	54	8.00	
1988	25618	4.69	604	69.19	18111	6.98	53	-1.85	
1989	26821	4.70	611	1.16	19581	8.12	62	16.98	
1990	25258	-5.83	538	-11.95	18626	-4.88	58	-6.45	
1991	25683	1.68	737	36.99	19250	3.35	58	0.00	
1992	27459	6.92	483	-34.46	20405	6.00	64	10.34	
1993	28073	2.24	334	-30.85	20170	-1.15	42	-34.38	
1994	29544	5.24	349	4.49	20423	1.25	46	9.52	
AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA Y ECATEPEC-PIRAMIDES									
	SAN CRISTOBAL		PACHUCA		TEPEXPAN				
AÑO	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.	Aforo	% Crec.			
1985	24836		22484		5416				
1986	23596	-4.99	22710	1.01	5453	0.68			
1987	24761	4.94	23907	5.27	4082	-25.14			
1988	24464	-1.20	24755	3.55	3902	-4.41			
1989	24234	-0.94	24548	-0.84	4779	22.48			
1990	25229	4.11	24627	0.32	4537	-5.06			
1991	27179	7.73	25489	3.50	0	@			
1992	21596	-20.54	14542	-42.95	11158	*			
1993	35014	62.13	23660	62.76	12523	12.23*			
1994	44211	26.27	24552	3.73	12755	1.85*			

Fuente: Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, noviembre 1995

@ De este año no se obtuvo información de tránsito ya que fue cuando la autopista se concesionó.

* Esta información se obtuvo del concesionario de la autopista.

III.2.2 CARACTERISTICAS ACTUALES DEL TRANSITO

El objetivo de este punto es establecer las características actuales del tránsito, las cuales se determinan principalmente a través de la información recopilada en los estudios de campo, que para este trabajo en particular consistieron en: i) aforos con contadores automáticos: ii) aforos manuales de 24 horas; iii) encuestas de origen-destino y iv) encuestas de preferencia declarada. En la Figura 11, se muestra la ubicación de los estudios de campo realizados. A continuación, se describen los principales resultados de los mismos.

III. 2.2.1 VOLUMENES VEHICULARES

El procedimiento habitual para obtener información sobre volúmenes de tránsito es efectuando aforos o recuentos en las vías. El aforo es la numeración de los vehículos que pasan por uno o varios puntos de una vía o vías, clasificándolos de acuerdo con distintos criterios. A no ser que se enumeren los vehículos continuamente todo el año, año tras año, los aforos constituyen una toma de muestras que pueden ser desde unos pocos minutos, hasta muchos meses. De estas muestras se infieren otros valores que se analizan. Conforme al procedimiento y equipo empleados podemos distinguir dos clases principales de aforos: manuales y con instrumentos registradores, aunque a veces también se usa el método fotográfico.

Los volúmenes de tránsito, siempre deben ser considerados como dinámicos, ya que su precisión dura únicamente el período en el que es tomado el aforo.

Sus características rítmicas y repetitivas permiten programar aforos y relacionar volúmenes de tiempo, así como de tiempo y lugar, con otros volúmenes para prever controles de tránsito y conservación.

Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día dependen del tipo de ruta así como de las actividades que prevalearan en ella.

En cuanto a la variación diaria de los volúmenes de tránsito podemos observar que en su gran mayoría son estables de lunes a viernes y que durante los fines de semana se registran los volúmenes máximos.

Para la determinación de las características actuales de tránsito es necesaria la información de volúmenes vehiculares registrados durante los estudios de campo; con la finalidad de establecer la red de influencia del LNCM.

Con el fin de conocer los volúmenes vehiculares actuales se realizaron dos tipos de estudios i) conteos automáticos de siete días de duración y ii) conteos manuales de 24 horas con clasificación vehicular.

i) Aforos con contadores automáticos

Los conteos automáticos se realizaron con la finalidad de conocer la variación diaria de tránsito durante una semana; dichos conteos se obtuvieron en seis puntos diferentes (con dos equipos, uno por cada sentido de circulación), comenzando el martes, y terminando el lunes de la siguiente semana. Los arcos donde fueron instalados los contadores automáticos son los siguientes:

- Palmillas-Ixmiquilpan
- Cd. Sahagún-Calpulalpan
- Tula-Pachuca
- Texcoco-Calpulalpan
- Calpulalpan-Apizaco
- Ozumbilla-Tecamac

Para obtener el comportamiento del tránsito en las autopistas de cuota que llegan a la ciudad de México, durante la misma semana en que realizaron los aforos automáticos, se recabó información sobre el aforo en casetas en las siguiente autopistas:

- Autopista México-Puebla
- Autopista México-Querétaro
- Autopista México-Tizayuca

En el Cuadro 18 se presenta un resumen del tránsito promedio diario semanal en ambos sentidos, de las estaciones automáticas y de las principales casetas en las autopistas que entran a la ciudad de México. De acuerdo con la tabla mencionada, en la mayoría de las vías analizadas los días sábado y domingo son los que presentan el mayor flujo vehicular, mientras que el menor flujo vehicular se da entre semana, sin existir un día en particular que se pueda identificar como el de menor flujo.

ii) Aforos manuales de 24 horas

Como se mencionó anteriormente, se llevaron a cabo conteos manuales de 24 horas continuas, simultáneos a las encuestas de origen-destino, con la finalidad principal, de contar con los elementos necesarios para poder expandir la muestra de tránsito encuestada, a valores diarios. Las ubicaciones y las fechas donde se realizaron los estudios, se presentan en el Cuadro 19.

Cuadro 19
UBICACION DE LOS SITIOS DE AFORO

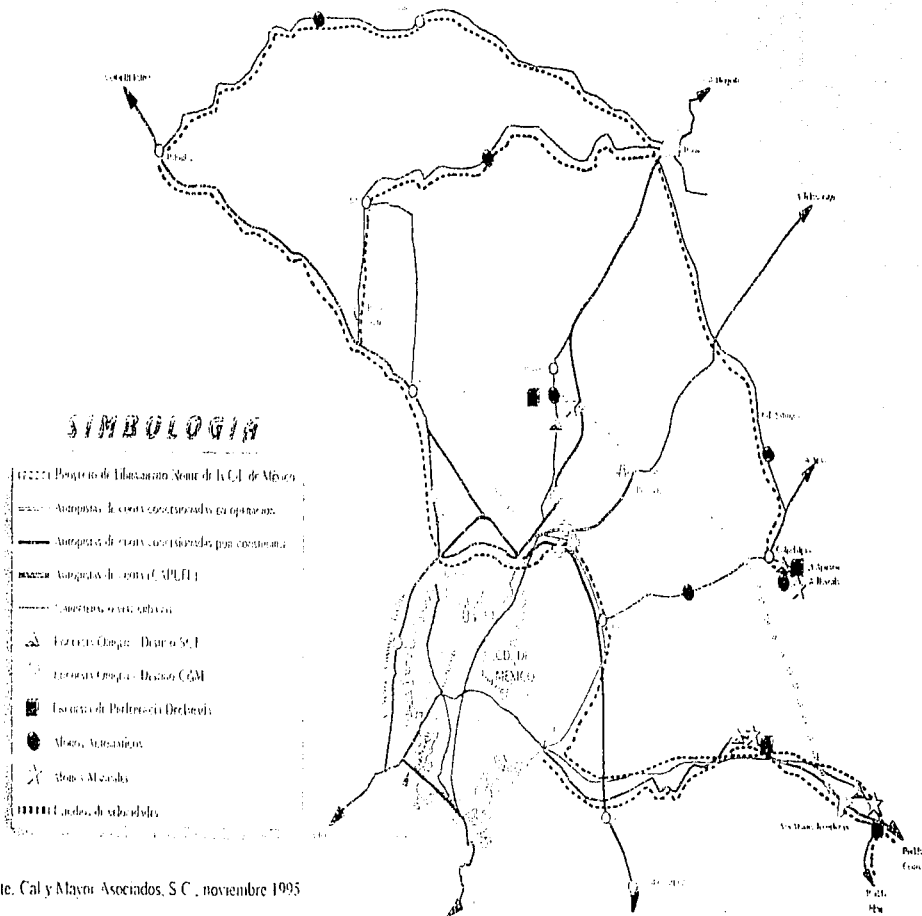
UBICACION	SITIO	FECHAS
Carr. Fed. No. 85 México-Pachuca (libre)	km 39+500	5,6,7 y 8 de agosto de 1995
Carr. Fed. No. 136 Los Reyes-Zacatepec	km 63+100	27,28,29 y 30 de julio de 1995
Carr. Fed. No. 190 México-Puebla (libre)	km 37+500	24 y 26 de agosto de 1995
Autopista México-Puebla	Caseta Sn. M. Texmelucan	26 y 29 de agosto de 1995

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Con el objetivo de observar la variación del tránsito a lo largo del día en los diferentes sitios de aforo se presentan las Gráficas de la 1 a la 4. Todos los datos y estudios de campo fueron recabados por la empresa Cal y Mayor Asociados, S. C.

Figura 11

UBICACION DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO



Fuente: Cal y Mayra Asociados, S.C., noviembre 1995

Cuadro 18

RESUMEN DEL COMPORTAMIENTO DIARIO EN ESTACIONES AUTOMATICAS Y CASETAS

CARRETERA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL	TPDS
AUTOMATICOS (7 días)									
Amiquilpan-Palmillas	2990	2878	3105	2849	2667	2506	2679	19674	2811
Variación diaria respecto a TPDS	103.5	102.4	110.5	101.4	94.9	<i>89.7</i>	95.3		
Cd. Salvagún-Capululpan	5936	6574	6582	6524	6644	6944	6612	45816	6545
Variación diaria respecto a TPDS	<i>90.7</i>	100.4	100.6	99.7	101.5	106.1	11.0		
Pachuca-Tula	12087	10765	11227	10698	11484	12568	11554	80383	11483
Variación diaria respecto a TPDS		<i>93.7</i>	97.8	<i>95.2</i>	100.0	<i>109.4</i>	100.6		
Texcoco-Capululpan	5110	5371	5408	5346	5751	6290	5410	38686	5527
Variación diaria respecto a TPDS	<i>92.3</i>	97.2	97.8	<i>96.7</i>	104.5	113.5	97.9		
Apizaco-Capululpan	8079	7927	7956	7555	8402	8540	7184	55652	7950
Variación diaria respecto a TPDS	101.6	99.7	100.1	95.0	105.7	107.6	<i>90.4</i>		
México-Pachuca (Libre)	14669	16272	15259	14569	15395	16232	15126	107522	15360
Variación diaria respecto a TPDS	95.5		99.3	94.9	100.2	<i>105.7</i>	98.5		
REGISTRO EN CASETAS (7 días)									
Caseta San Mateos	17356	16694	16480	16233	18665	22482	22498	130408	18630
Variación diaria respecto a TPDS	<i>93.2</i>	89.6	88.5	<i>87.1</i>	100.2	120.17	120.8		
Caseta San Martín Puebla	11302	10768	10779	11135	14183	16103	15206	89476	12782
Variación diaria respecto a TPDS	88.4	<i>84.2</i>	84.3	87.1	111.0	126.10	119.0		
Caseta San Martín Tlaxcala	7759	10382	7127	7269	8740	9426	8064	58767	8395
Variación diaria respecto a TPDS	<i>92.4</i>		<i>84.9</i>	86.6	104.1	<i>112.3</i>	96.1		
Caseta Tepozotlán	24953	24289	24804	25714	29577	33853	32245	195435	27919
Variación diaria respecto a TPDS	89.4	<i>87.0</i>	88.8	92.1	105.9	121.3	115.5		
Caseta Palmillas	18077	17437	18423	18941	21744	23056	21857	139535	19934
Variación diaria respecto a TPDS	90.7	<i>87.5</i>	92.4	95.1	109.1	115.7	109.6		
Caseta Tlaxiaca	18283	17458	17531	17238	18947	25099	23891	138447	19778
Variación diaria respecto a TPDS	<i>92.4</i>	88.3	88.6	<i>87.2</i>	95.8	126.9	120.8		
Caseta San Cristóbal	41879	39805	44092	40650	41522	46356	42298	296602	42372
Variación diaria respecto a TPDS	98.8	<i>93.9</i>	104.4	95.9	98.0	108.4	99.8		

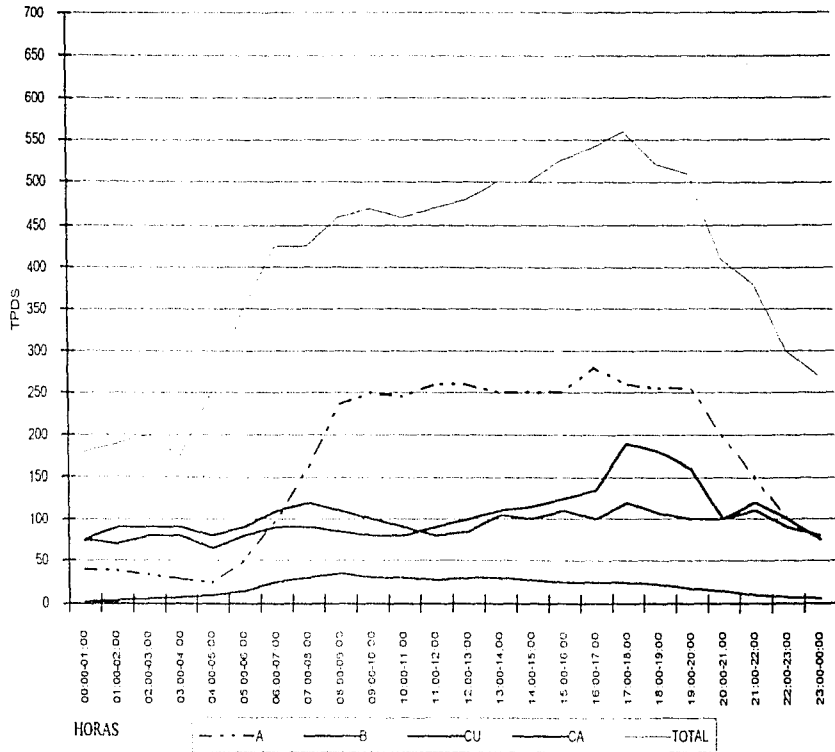
Días con mayor flujo vehicular

Día con menor flujo vehicular

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Gráfica 1

VARIACION HORARIA DEL TRANSITO TPDA. CALPULALPAN

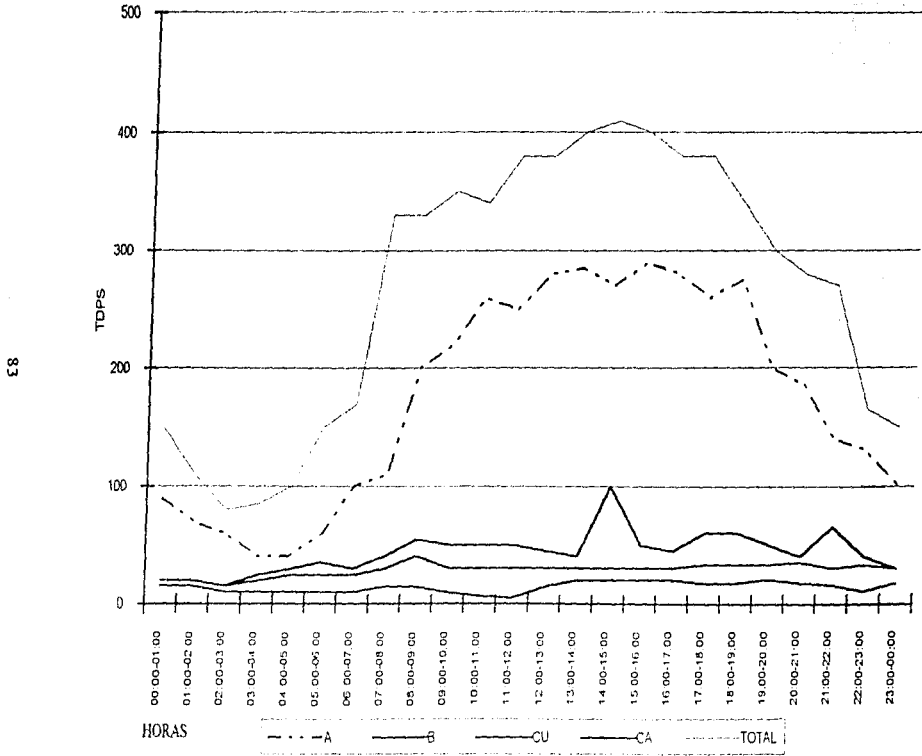


A AUTOMOVILES
 B AUTOBUS (2 Y 3 EJES)
 CU CAMION UNITARIO (2 Y 3 EJES)
 CA CAMION ARTICULADO (1 O MAS EJES)

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Gráfica 2

VARIACION HORARIA DEL TRANSITO TPDA. PUEBLA (cuota)

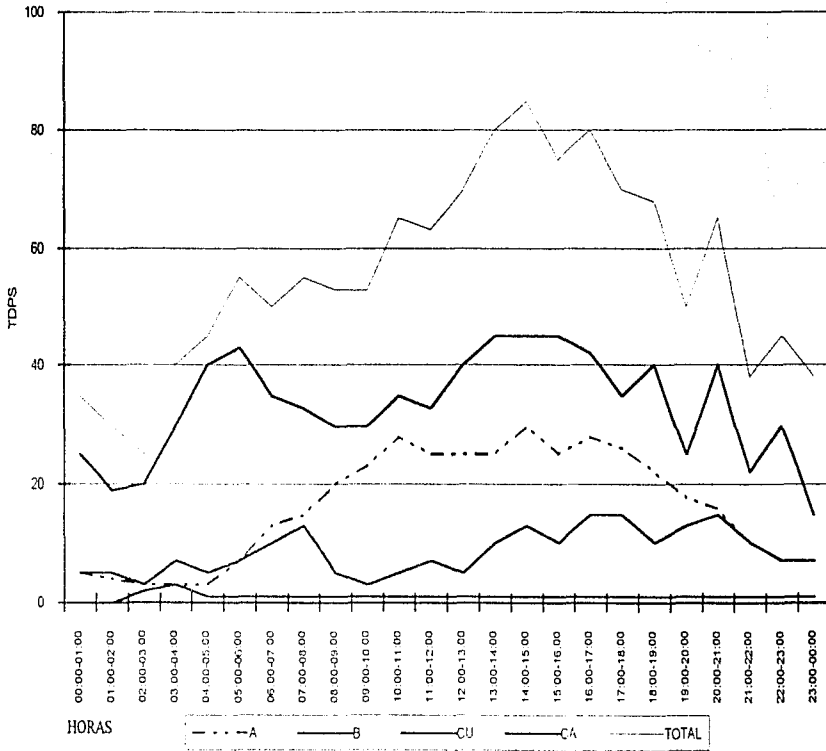


A AUTOMOVILES
 B AUTOBUSES (2 Y 3 EJES)
 CU CAMIONES USTIARIOS (2 Y 3 EJES)
 CA CAMIONES ARTICULADOS (10 MAS EJES)

Gráfica 3

VARIACION HORARIA DEL TRANSITO TPDA. PUEBLA (libre)

84



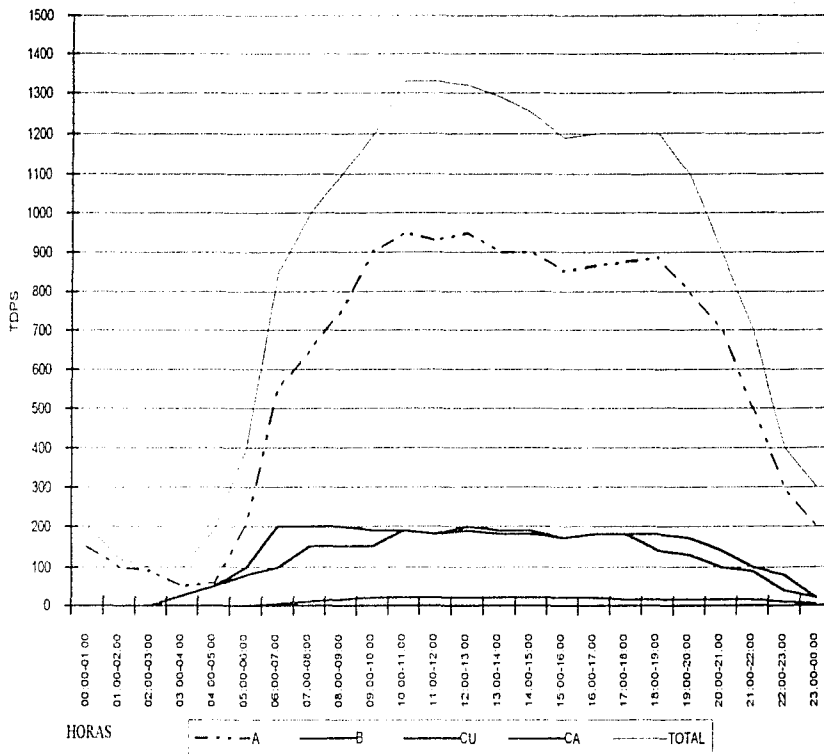
A AUTOMOVILES
 B AUTOBUSES (2 Y 3 EJES)
 CU CAMIONES UNITARIOS (2 Y 3 EJES)
 CA CAMIONES ARTICULADOS (10 MAS EJES)

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Gráfica 4

VARIACION HORARIA DEL TRANSITO TPDA. TIZAYUCA

58



- A. AUTOMOVILES
- B. AUTOBUSES (Y 3 EJES)
- CU. CAMIONES UNITARIOS (2 Y 3 EJES)
- CA. CAMIONES ARTICULADOS (10 MAS EJES)

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

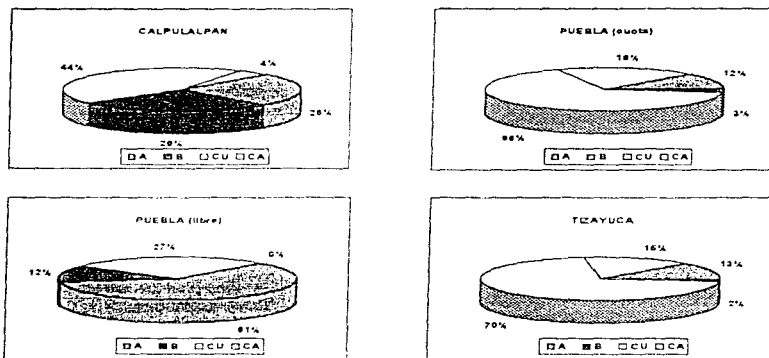
Como se muestra en las gráficas anteriores, en Calpulalpan el tránsito se mantiene relativamente constante de las 08:00 a las 20:00 hrs. en Puebla (cuota) el comportamiento se mantiene similar con horas pico a las 13:00 y 14:00 hrs; en la Puebla (libre) el comportamiento es muy variado a lo largo del día y por último en Tizayuca de las 10:00 a las 17:00 hrs. el comportamiento se mantiene variando entre 850 y 950.

III.2.2.2 COMPOSICION VEHICULAR

La composición vehicular del tránsito, se observa en la siguiente secuencia de gráficas que corresponden a cada una de los sitios de aforo y encuesta origen-destino (ver Gráfica 5).

Gráfica 5

COMPOSICION VEHICULAR DEL AFORO POR SITIO



Fuente: Cal y Mayor y Asociados S.C., noviembre 1995

El total de la demanda potencial del Libramiento Norte, se obtuvo exactamente en los puntos donde se realizaron las encuestas, ya que los automóviles y autobuses se captaron en

Puebla (cuota) y Tizayuca, mientras que los camiones se capturaron en Calpulalpan y Puebla (libre).

III.2.3 CARACTERISTICAS DE LA DEMANDA

Una vez conociendo el comportamiento diario y horario del tránsito en la red de influencia del Libramiento Norte fue necesario recabar información referente a las características de los viajes que utilizan dicha red, por lo que se realizaron encuestas de origen-destino a una muestra representativa del tránsito, que luego se expandieron para considerar el universo de vehículos que circulan por cada tramo en TPDA, mediante factores de expansión, y que arrojó información relevante de los viajes que se realizan en el área de influencia.

III.2.3.1 ENCUESTA ORIGEN-DESTINO

El transporte consiste en mover personas u objetos de un lugar en el espacio a otro la forma más usada para cuantificar y sintetizar este movimiento es mediante las llamadas matrices origen-destino, las cuales miden la cantidad de transporte llevada a cabo entre dos puntos fijos en un determinado intervalo de tiempo. Se puede afirmar que las matrices origen-destino constituyen una de las piezas de información fundamental para analizar el funcionamiento o intentar la planeación de redes o corredores de transporte. Para estos propósitos, no basta con tener una idea de los volúmenes de tránsito que pasan por el sistema, sino que es necesario conocer que regiones producen estos flujos, sobre todo cuando se pretende una modificación al sistema existente.

Estos estudios consisten básicamente en detener a los vehículos que pasan por un punto de una carretera, para obtener información sobre los viajes que realizan, principalmente sobre su origen y su 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-destino. Dicha información es recolectada mediante una serie de encuestas que se realizan en paralelo a los aforos para la

cuantificación de los volúmenes vehiculares. La entrevista se aprovecha para obtener información adicional sobre el tipo de vehículo que resultó parte de la muestra; 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-vehículos. Así mismo, se obtiene la matriz origen-destino para los principales orígenes-destino. La información anterior, junto con los afloros vehiculares realizados en paralelo, permiten acotar, al presente, el máximo número de usuarios potenciales para los diversos tramos de la nueva autopista proyectada.

Para conocer el flujo potencial que transitará por el Libramiento, así como, las principales características del mismo, como son motivos de viaje, composición vehicular, ocupación promedio en el caso de automóviles y autobuses, tipo de carga y toneladas transportadas en el caso de camiones, se realizaron encuestas de origen-destino en un día entre semana y uno en fin de semana.

Para obtener el total del flujo potencial de la autopista se realizaron encuestas en tres sitios distintos, además de considera otros estudios origen-destino importantes que se tenían en la base de datos de C&M. Los sitios que se consideraron en el presente análisis se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20

UBICACION Y FECHA DE REALIZACION DE LAS ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO

	TRAMO	FECHA
SCT	Calpulalpan-Apizaco	27,28,29 y 30 de julio de 1995
SCT	Tizayuca-Tecamac	05,06,07 y 08 de agosto de 1995
SCT	Puebla-México(cuota a Puebla)	26 y 29 de agosto de 1995
SCT	Puebla-México (cuota a San Martín Tex.)	26 y 29 de agosto de 1995
SCT	Puebla-México (libre)	24 y 26 de agosto de 1995
C&M	Querétaro-México	24 y 27 de febrero de 1994
C&M	Pachuca-México(cuota)	25 y 27 de febrero de 1993
C&M	Ecatepec-Pirámides(cuota)	18 y 20 de febrero de 1993
C&M	Ecatepec-Pirámides (libre)	23 y 28 de febrero de 1993
C&M	Pirámides-Tepehpan (rampa)	18 y 20 de febrero de 1993

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cabe destacar que las encuestas que se realizaron en Calpulalpan y Tizayuca tuvieron una duración de cuatro días, durante las 24 horas, considerando dos días entre semana y dos en fin de semana y tomando la totalidad del flujo vehicular. Las encuestas de Puebla se realizaron un día entre semana y uno en fin de semana, durante 12 horas y tomando una muestra del 25% del tránsito total. Las encuestas que se consideraron de la base de datos de C&M se realizaron entre semana y fin de semana durante 12 horas y considerando una muestra del 50%.

III.2.3.2 FACTORES DE EXPANSION

Dado que la matriz de origen-destino está asociada exclusivamente al volumen vehicular promedio identificado durante el periodo de estudio, es necesario una expansión de la misma para obtener un volumen de viajes representativo a nivel de TPDA.

La expansión de la matriz se realiza por medio de los siguiente factores: i) factor día, ii) factor semanal, y iii) factor mensual. Estos factores se estiman de la siguiente manera:

1. Factor día: Este factor se debe a que algunos de los estudios de origen-destino fueron realizados en un periodo de 12 horas, por lo que es necesario hacer la expansión de la matriz a las 24 horas del día a través del aforo realizado simultáneamente a estos estudios. El factor es el producto de dividir el número de vehículos aforado durante las 24 horas, entre el número de vehículos encuestados en las 12 horas.
2. Factor semanal: Este factor se debe a las variaciones diarias de flujo que se presentan a lo largo de una semana, el cual se obtiene de los aforos automáticos realizados. Debido a que en el análisis de las matrices de origen-destino, se observaron dos comportamientos claramente diferentes de los flujos posibles de asignar al libramiento, uno de los cuales describe los flujos de entre semana (de lunes a viernes), y el otro los de fin de semana (sábado y domingo), las matrices no se expandieron por el factor semanal, sino que fueron agrupadas para tener matrices de entre semana y de fin de semana por separado, calibrándose un modelo de demanda para cada una.
3. Factor mensual: Este se debe a las variaciones de flujo mensual que se presentan a lo largo de un año, el cual se obtiene a partir de información publicada por la SCT y de estaciones permanentes de aforo (casetas de cobro).

A partir de los factores anteriores se realizan la expansión de la matriz de origen-destino, misma que se lleva a cabo por tipo de vehículo y para cada uno de los diferentes puntos de estudio en los que se aplicó la encuesta.

Es necesario mencionar que la información utilizada de estudios anteriores, fue actualizada tomando como base los nuevos aforos.

III.2.3.3 CARACTERISTICAS DE LOS VIAJES

Mediante las encuestas origen-destino expandidas se obtuvo información relevante de los viajes de los usuarios que sirvió para caracterizar la demanda por tipo de vehículo y caracterizar los viajes en automóvil por motivo de viaje.

En la mayoría de los pares origen-destino se encuentra involucrado la ZMCM por su importancia mencionada en la introducción de este documento. En Cuadro 21 se muestra la composición vehicular por estación y el Cuadro 22 los principales motivos de viaje en automóvil.

Cuadro 21

COMPOSICION VEHICULAR POR ESTACION (TPDA)

ESTACION	A	B	CU	CA	TPDA
TEPOTZOTLAN	18999	4221	2912	4345	30477
Composición %	62.34	13.85	9.55	14.26	100.00
LIBRE A PACHUCA	13178	2810	2429	357	18774
Composición %	70.19	14.97	12.94	1.90	10.00
CUOTA PACHUCA	192368	3439	2023	108	24839
Composición %	77.57	13.85	8.14	0.44	100.00
LIBRE ECATEPEC -PIRAMIDES	3108	305	343	12	3768
Composición %	82.47	8.10	9.10	0.33	100.00
CUOTA ECATEPEC-PIRAMIDES	10 014	1669	1178	136	12997
Composición %	77.05	12.84	9.07	1.04	100.00
RAMPA TEPEXPAN	4.128	108	1161	185	5582
Composición %	73.95	1.93	20.80	3.31	100.00
CALPULALPAN	3725	400	2169	2229	8524
Composición %	43.70	4.69	25.45	26.15	100.00
LIBRE PUEBLA	952	0	1587	327	2866
Composición %	33.23	0.00	55.38	11.40	100.00
CUOTA PUEBLA SAN MARTIN	14952	3896	2276	514	21638
Composición %	69.10	18.01	10.52	2.37	100.00

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cuadro 22

PRINCIPALES MOTIVOS DE VIAJES EN AUTOMOVIL (TPDA)

ESTACION	TRABAJO	PASEO	OTROS	TPDA
TEPOTZOTLAN	8868	4503	5628	18999
Composición %	46.68	23.70	29.62	100.00
LIBRE A PACHUCA	7928	2060	3190	13178
Composición %	60.16	15.63	24.21	100.00
CUOTA PACHUCA	11606	2352	5310	19268
Composición %	60.23	12.21	27.56	100.00
LIBRE ECATEPEC-PIRAMIDES	2199	237	672	3108
Composición %	70.76	7.62	21.63	100.00
CUOTA ECATEPEC-PIRAMIDES	5542	1945	2527	10014
Composición %	55.34	19.43	25.23	100.00
RAMPA TEPEXPAN	2547	794	787	4128
Composición %	61.70	19.23	19.07	100.00
CALPULALPAN	2278	1218	229	3725
Composición %	61.16	32.70	6.13	100.00
LIBRE PUEBLA	574	245	133	952
Composición %	60.29	25.75	13.95	100.00
CUOTA PUEBLA SAN MARTIN	9348	3709	1895	14952
Composición %	62.52	24.81	12.67	100.00

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Como se observa en el Cuadro 22 las carreteras Puebla libre y Calpulalpan tiene una participación de camiones mayor que lo correspondiente a automóviles. En el Cuadro 22 se observa que el motivo principal de los usuarios de automóviles es el de trabajo siguiendo en importancia el de paseo y finalmente "otros", en los que están agrupados compra, educación y salud.

A continuación se presenta los Cuadros (23, 24, 25, 26) con el detalle de la información de las encuestas en:

CUADRO No.	CARRETERA	TRAMO
23	CARR.MEX-PACHUCA (LIBRE)	TIZAYUCA-TECAMAC
24	FEDERAL 135 CALPULALPAN	CALPULALPAN-APIZACO
25	CARR.MEX-PUEBLA	km 37+500
26	CARR.MEX-PUEBLA (CUOTA)	CARR.SN MARTIN TEXMELUCAN

Que incluyen composición vehicular, ocupación promedio en automóvil y autobús, tipo y cantidad de carga transportada, etc.

Cuadro 23

SINTESIS DEL ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO DE LA ESTACION: Carretera México-Pachuca (libre)
EFECTUADO DEL : 25 al 31 de julio de 1995

CARRETERA: Carretera México-Pachuca (libre)
TRAMO: Tizayuca-Tecamac
FUENTE: Aforos automaticos

*1. VOLUMENES DE TRANSITO

Hacia: TIZAYUCA 54,911 Promedio diario 15,360
Hacia: TECAMAC 52,611 Máximo horario 566
107,522

TRANSITO DIARIO	Hacia TIZAYUCA	Hacia TECAMAC	TOTAL
Lunes	7,692	6,977	14,669
Martes	8,284	7,988	16,272
Miércoles	7,708	7,551	15,259
Jueves	7,308	7,261	14,569
Viernes	7,784	7,611	15,395
Sábado	8,102	7,130	16,232
Domingo	8,300	7,093	15,126
Total	54,911	52,611	107,522

*2. CLASIFICACION VEHICULAR

Tipo	Volumen	%
Automoviles	58,010	54
Pick ups	14,358	13
Autobuses	17,007	16
	89,375	83

Tipo	Volumen	%
Camiones 2 ejes	11,527	11.00
Camiones 3 ejes	4,123	4.00
Camiones 4 ejes	345	0.32
Camiones 5 ejes y más	2,158	1.68
Total camiones	18,147	17.00

*3. PROMEDIO DE PASAJEROS POR VEHICULO

Automóviles 2.21
Autobuses 13.39

*4. MOTIVO DEL VIAJE (AUTOMOVILES)

Trabajo	58,171	57%
Paseo	32,933	32%
Otros	11,494	11%

continua...

*** 5. TONELADAS TRANSPORTADAS POR TIPO DE PRODUCTO Y POR SENTIDO**

Hacia Tecamac	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal	
Prod. forestales	58.14	30.54	0.00	98.00	186.68	
Prod. agrícolas	1,583.21	896.79	13.00	687.51	3,180.51	C-2 camión de 2 ejes
Animales y derivados	579.45	540.24	33.46	1,120.54	2,273.69	C-3 camión de 3 ejes
Prod. minerales	63.27	109.97	0.00	276.30	449.53	C-4 camión de 4 ejes
Petróleo y derivados	53.10	26.83	0.00	105.00	184.93	C-5 camión de 5 ejes o más
Prod. inorgánicos	761.65	722.37	2.00	1,394.05	2,880.07	
Prod. industriales	3,116.40	1,485.72	97.33	3,375.96	8,075.41	
Varios	00.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	6,215.21	3,812.46	145.79	7,057.35	17,230.82	

Hacia Apizaco	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal
Prod. forestales	61.37	25.76	0.00	63.27	150.40
Prod. agrícolas	1,024.47	3,246.42	5.00	398.99	4,674.88
Animales y derivados	172.56	499.77	97.80	517.75	1,287.89
Prod. minerales	174.40	85.02	3.00	149.70	412.13
Petróleo y derivados	74.74	0.00	0.00	114.65	189.39
Prod. inorgánicos	558.35	360.45	38.00	547.64	1,504.44
Prod. industriales	1,952.92	1,396.39	65.58	2,191.68	5,606.57
Varios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	4,018.81	5,613.81	209.38	3,983.68	13,825.69

Total ambos sentidos 31,056.51

***6. PROMEDIO DE TONELADAS TRANSPORTADAS POR VEHICULO**

Camiones 2 ejes	6.07
Camiones 3 ejes	14.86
Camiones 4 ejes	11.49
Camiones 5 ejes y más	26.17

***7. CAMIONES CON CARGA Y SIN CARGA**

Con carga	4254	38%
Sin carga	6821	62%
TOTAL		100%

*Datos obtenidos del 5 al 8 de agosto (O-D)

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cuadro 24

SINTESIS DEL ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO DE LA ESTACION: Carretera federal 136 Calpulalpan
EFFECTUADO DEL . 25 al 31 de julio de 1995

CARRETERA: Federal 136 Calpulalpan
TRAMO: Calpulalpan - Apizaco
FUENTE: Aforos automáticos

*1. VOLUMENES DE TRANSITO

Hacia: CALPULALPAN	27,685	Promedio diario 7,950	
Hacia: APIZACO	27,967	Máximo horario 322	
Total aforado	55,652		

TRANSITO DIARIO	Hacia CALPULALPAN	Hacia APIZACO	TOTAL
Lunes	4,094	3,985	8,079
Martes	3,864	4,063	7,927
Miércoles	3,937	4,019	7,956
Jueves	3,694	3,861	7,555
Viernes	4,246	4,156	8,402
Sábado	3,981	4,568	8,549
Domingo	3,869	3,315	7,184
Total	27,685	27,967	55,652

*2. CLASIFICACION VEHICULAR

Tipo	Volumen	%
Automóviles	20,244	36
Pick ups	6,641	12
Autobuses	372	1
	27,257	49

Tipo	Volumen	%
Camiones 2 ejes	7,869	14
Camiones 3 ejes	6,048	11
Camiones 4 ejes	352	1
Camiones 5 ejes y más	14,126	25
Total camiones	28,395	51

*3. PROMEDIO DE PASAJEROS POR VEHICULO

Automóviles	2.24
Autobuses	10.97

*4. MOTIVO DEL VIAJE (AUTOMOVILES)

Motivo	Volumen	%
Trabajo	17,744	52%
Paseo	10,081	29%
Otros	6,592	19%

continua...

*** 5. TONELADAS TRANSPORTADAS POR TIPO DE PRODUCTO Y POR SENTIDO**

Hacia Tecamac	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal	
Prod. forestales	212.090	320.11	34.85	874.61	1,441.66	
Prod. agrícolas	4,597.657	7,312.03	98.34	9,611.15	16,193.17	C-2 camión de 2 ejes
Animales y derivados	395.925	589.69	57.22	2,510.48	3,553.30	C-3 camión de 3 ejes
Prod. minerales	72.461	101.00	76.61	3,323.32	3,573.39	C-4 camión de 4 ejes
Petróleo y derivados	61.346	21.70	0.00	863.31	946.36	C-5 camión de 5 ejes o más
Prod. inorgánicos	246.217	299.49	0.00	5,508.30	6,054.01	
Prod. industriales	2,324.320	4,231.80	827.81	44,265.32	51,649.25	
Varios	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	7,910.02	12,875.82	1,094.83	66,956	88,837.15	

Hacia Apizaco	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal
Prod. forestales	99.37	143.38	41.52	771.02	1,055.30
Prod. agrícolas	1,998.55	4,279.71	297.55	7,546.66	14,122.47
Animales y derivados	126.50	547.79	181.12	3,041.80	3,897.21
Prod. minerales	64.42	248.38	30.00	3,491.18	3,833.98
Petróleo y derivados	34.42	6.43	30.00	1,244.46	1,315.30
Prod. inorgánicos	302.35	176.60	38.68	1,942.26	2,459.89
Prod. industriales	3,530.18	5,717.39	1,047.89	35,750.89	46,046.35
Varios	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	6,155.80	11,119.67	1,666.76	53,788.27	72,730.49

Total ambos sentidos 161,567.64

***6. PROMEDIO DE TONELADAS TRANSPORTADAS POR VEHICULO**

Camiones 2 ejes	6.47
Camiones 3 ejes	12.10
Camiones 4 ejes	17.06
Camiones 5 ejes y más	26.84

***7. CAMIONES CON CARGA Y SIN CARGA**

Con carga	10,915	62%
Sin carga	6,778	38%
TOTAL	17,693	100%

*Datos obtenidos del 27 al 30 de julio (O-D)

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cuadro 25

SINTESIS DEL ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO DE LA ESTACION: Carretera México-Puebla (libre)
EFFECTUADO : jueves 24 de agosto y sábado 26 de agosto de 1995

CARRETERA: Carretera México-Puebla (libre)
TRAMO: km 37+500
FUENTE: Aforos manuales

*1. VOLUMENES DE TRANSITO

Hacia: PUEBLA	2,743		Promedio diario	—
Hacia: MEXICO	2,528		Máximo horario	174
Total aforado	5,271			

TRANSITO DIARIO	Hacia PUEBLA	Hacia MEXICO	TOTAL
Lunes			
Martes			
Miércoles			
Jueves	1,344		1,321
Viernes			
Sábado	1,399		1,207
Domingo			
Total	2,743		2,528

*2. CLASIFICACION VEHICULAR

Tipo	Volumen	%
Automóviles	1,130	0
Pick ups	490	22
Autobuses	5	0
	1,625	31

Tipo	Volumen	%
Camiones 2 ejes	2,188	42
Camiones 3 ejes	839	16
Camiones 4 ejes	73	1
Camiones 5 ejes y más	546	10
Total camiones	3,646	69

*3. PROMEDIO DE PASAJEROS POR VEHICULO

Automóviles	1.86
Autobuses	0.00

*4. MOTIVO DEL VIAJE (AUTOMOVILES)

Motivo	Volumen	%
Trabajo	1,478	55%
Paseo	635	24%
Otros	554	21%

...continua

*** 5. TONELADAS TRANSPORTADAS POR TIPO DE PRODUCTO Y POR SENTIDO**

Hacia Tecamac	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal	
Prod. forestales	73.20	66.33	31.05	90.57	261.15	
Prod. agrícolas	548.13	247.67	66.33	431.13	1,293.27	C-2 camión de 2 ejes
Animales y derivados	59.68	44.86	41.40	349.18	495.12	C-3 camión de 3 ejes
Prod. minerales	0.00	113.86	0.00	77.39	191.25	C-4 camión de 4 ejes
Petróleo y derivados	61.62	478.64	0.00	658.69	1,198.95	C-5 camión de 5 ejes o más
Prod. inorgánicos	182.02	244.57	0.00	346.05	772.64	
Prod. industriales	3,100.16	2,679.25	139.85	3,537.25	9,456.51	
Varios	572.59	411.26	56.93	1,267.58	2,338.36	
TOTAL	4,597.41	4,316.43	335.56	6,757.84	16,007.24	

Hacia Apizaco	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal
Prod. forestales	27.47	0.00	0.00	0.00	27.47
Prod. agrícolas	881.78	440.86	39.32	327.20	1,689.17
Animales y derivados	91.11	70.15	0.00	0.00	161.26
Prod. minerales	14.32	0.00	0.00	0.00	14.32
Petróleo y derivados	34.73	191.65	0.00	0.00	226.38
Prod. inorgánicos	148.44	379.72	0.00	169.29	697.45
Prod. industriales	1,234.87	1,003.69	319.99	1,572.14	4,130.69
Varios	240.35	430.74	52.47	427.00	1,150.55
TOTAL	2,673.08	2,516.80	411.78	2,495.64	8,097.29

Total ambos sentidos 24,104.53

***6. PROMEDIO DE TONELADAS TRANSPORTADAS POR VEHICULO**

Camiones 2 ejes	4.7
Camiones 3 ejes	10.8
Camiones 4 ejes	16.0
Camiones 5 ejes y más	20.1

***7. CAMIONES CON CARGA Y SIN CARGA**

Con carga	2,412	67%
Sin carga	1,185	33%
TOTAL		100%

*Datos obtenidos del 24 al 30 de agosto (O-D)

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cuadro 26

SINTESIS DEL ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO DE LA ESTACION: Carretera México-Puebla (cuota)
 EFECTUADO DEL : 25 al 31 de julio de 1995

CARRETERA: Carretera México-Puebla (cuota)
 TRAMO: Caseta San Martín Texmelucan
 FUENTE: Caminos y puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos

*1. VOLUMENES DE TRANSITO

Hacia:	Puebla	Promedio diario	13,243
Hacia:	México	Máximo horario	1,096
Total aforado	92,704		

TRANSITO DIARIO	Hacia PUEBLA	Hacia MEXICO	TOTAL
Lunes			13,103
Martes			12,226
Miércoles			11,288
Jueves			12,104
Viernes			13,544
Sábado			15,261
Domingo			15,178
Total			92,704

*2. CLASIFICACION VEHICULAR

Tipo	Volumen	%
Automóviles	55,957	60
Pick ups	9,307	10
Autobuses	15,389	17
	80,653	87

Tipo	Volumen	%
Camiones 2 ejes	6,387	7
Camiones 3 ejes	3,013	3
Camiones 4 ejes	120	0
Camiones 5 ejes y más	2,531	3
Total camiones	12,051	13

*3. PROMEDIO DE PASAJEROS POR VEHICULO

Automóviles	2.67
Autobuses	23.61

*4. MOTIVO DEL VIAJE (AUTOMOVILES)

Trabajo	21,977	54%
Paseo	10,749	26%
Otros	8,252	20%

...continua

*** 5. TONELADAS TRANSPORTADAS POR TIPO DE PRODUCTO Y POR SENTIDO**

Hacia Tecamac	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal	
Prod. forestales	166.92	0.00	0.00	152.75	319.67	
Prod. agrícolas	433.41	640.08	0.00	445.80	1,519.28	
Animales y derivados	461.60	375.48	0.00	714.60	1,551.68	
Prod. minerales	0.00	44.18	0.00	189.80	233.98	
Petróleo y derivados	13.63	296.89	99.28	1,529.23	1,939.03	
Prod. inorgánicos	54.83	260.25	0.00	375.93	691.01	
Prod. industriales	2,637.92	1,542.25	351.19	4,445.63	8,976.98	
Varios	1,049.75	339.81	0.00	263.99	1,653.55	
TOTAL	4,818.06	3,498.94	450.46	8,117.72	16,885.18	C-2 camión de 2 ejes C-3 camión de 3 ejes C-4 camión de 4 ejes C-5 camión de 5 ejes o más

Hacia Apizaco	C-2	C-3	C-4	C-5+	Subtotal
Prod. forestales	21.84	0.00	0.00	0.00	21.84
Prod. agrícolas	753.98	2,112.24	33.76	1,269.07	4,169.04
Animales y derivados	626.66	136.21	0.00	281.96	1,044.83
Prod. minerales	159.45	74.14	0.00	0.00	233.59
Petróleo y derivados	255.67	113.35	209.82	2,357.10	2,935.94
Prod. inorgánicos	99.94	330.84	0.00	82.76	513.54
Prod. industriales	2,859.07	1,792.12	113.80	3,722.91	8,487.90
Varios	1,667.71	1,055.10	85.72	1,163.47	3,972.00
TOTAL	6,444.32	5,613.99	443.09	8,877.27	21,378.68

Total ambos sentidos 38,263.86

***6. PROMEDIO DE TONELADAS TRANSPORTADAS POR VEHICULO**

Camiones 2 ejes	4.6
Camiones 3 ejes	10.4
Camiones 4 ejes	14.2
Camiones 5 ejes y mas	21.9

***7. CAMIONES CON CARGA Y SIN CARGA**

Con carga	3,827	78%
Sin carga	1,110	22%
TOTAL		100%

*Datos obtenidos del 26 al 29 de agosto (O-D)
Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

III.2.4 ESTIMACION DEL VALOR DEL TIEMPO

El ahorro de tiempo de viaje es uno de los beneficios más importantes que resultan de los recursos y esfuerzos invertidos en mejorar la infraestructura de los sistemas de transportes en todo el mundo. Aún cuando otros factores, como incrementos en la seguridad, mejoramiento ambiental y confort del usuario, tengan importancia sobre su comportamiento, el impacto de estos últimos sobre las decisiones no es tan relevante, como lo son las alternativas planteadas que permiten una disminución considerable de los tiempos de viaje de los usuarios.

En el caso de la construcción de una autopista, en donde los beneficios se ofrecen al usuario a cambio del pago de una cuota, es muy importante determinar la cantidad que el usuario está dispuesto a pagar por ellos, es decir, cuál es el valor que los usuarios atribuyen a su tiempo. A pesar que las autopistas permiten también ahorros importantes en los costos de operación de los vehículos, la influencia de esta reducción es muy limitada en el proceso de toma de decisiones, ya que se ha comprobado que los usuarios solamente perciben un porcentaje muy bajo de los costos reales de operación de un vehículo.

Para el caso particular del LNCM, la evaluación del valor atribuido por los usuarios a su tiempo se realizó a partir de la aplicación de las encuestas de preferencia declarada.

Existen varios factores que determinan la conveniencia o no para los conductores de utilizar algún(os) tramo(s) de autopista (tiempo, distancia, costo). De acuerdo con lo anterior, en vez de disimular la decisión de los posibles usuarios en cuanto al uso de algún tramo, en paralelo a la encuesta origen-destino se plantea a los posibles usuarios una serie de preguntas sobre su preferencia de uso de algún(os) tramo(s) de la autopista proyectada. Al igual que en la sección anterior, 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 sobre su disponibilidad al pago de cuotas o tarifas. La pregunta puede ser orientada a saber si aceptaría pagar una cantidad predeterminada por un tipo de vehículo, para un tramo determinado, o bien, a cuestionarlo sobre la cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar.

Este tipo de encuestas es parte de una familia de técnicas que utilizan las respuestas de los usuarios sobre sus preferencias, cuando se les presentan alternativas predefinidas en términos de atributos de interés. En el caso del presente estudio, los atributos evaluados fueron el tiempo y el costo de diversas alternativas.

Las encuestas de preferencia declarada se aplicaron en ambos sentidos y en los puntos listados en Cuadro 27. El valor obtenido para estos puntos se generalizó para el total de la demanda, suponiéndose el mismo valor para todas las estaciones de encuesta.

Cuadro 27

UBICACION Y FECHA DE REALIZACION DE LAS ENCUESTAS DE PREFERENCIA DECLARADA

TRAMO	FECHA
Apizaco-Calpulalpan	27 y 29 de julio de 1995
Tizayuca-Tecamac	8 de agosto de 1995
Puebla-México (cuota)	26 y 29 de agosto de 1995
Puebla-México (libre)	24 y 26 de agosto de 1995
San Martín-México	26 y 29 de agosto de 1995

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Como se ha comentado anteriormente, la realización de las encuestas de preferencia consiste en presentar al usuario una serie de tarjetas, que contienen cada una de ellas, dos situaciones hipotéticas.

- Una alternativa básica, que debe contener condiciones similares a los viajes habituales del usuario.
- Una alternativa hipotética, en que se presenta un reducción de tiempo y un incremento en costo.

A partir de las respuestas de los conductores se calibraron las funciones de utilidad que traducen la forma en que los usuarios evalúan tiempo vs. costo. Un factor importante es que cada individuo tiene una evaluación personal de su tiempo; sin embargo, desarrollar una función

de utilidad para cada individuo resultara sumamente complejo e innecesario. Para obtener una buena representación del comportamiento de los usuarios, éstos son agrupados de acuerdo con su motivo de viaje y su nivel socioeconómico, basados en la hipótesis de que personas de un mismo grupo tienen comportamientos similares. La calibración para el Libramiento Norte resultó, en grupos de usuarios de automóviles, definidos como sigue:

Después de realizar la calibración se encontró que el comportamiento de los usuarios por nivel de ingreso no presentó diferencias significativas, por lo que se agrupó únicamente por motivo de viaje. Es importante destacar aquí, que en el caso de los automóviles, para cada grupo de usuarios se definió una matriz de viajes a partir de las combinaciones utilizadas de motivo de viaje y día de la semana en que se realiza el viaje.

Para cada grupo de usuarios se calibró su función de utilidad correspondiente, que tiene la siguiente forma:

$$U = \alpha * \text{tiempo} + \beta * \text{costo}$$

Donde α y β son los parámetros de calibración de la función de utilidad.

A partir de la calibración de las funciones de utilidad, se determinaron los valores del tiempo, para cada grupo de usuarios, a través de la expresión siguiente:

$$\text{vot} = \alpha / \beta$$

El valor estimado del tiempo para cada grupo de usuarios del automóvil, se presenta en el Cuadro 28. En el caso de los camiones unitarios y articulados, debido a que la decisión generalmente no está en manos de los conductores, se ha utilizado un valor general calibrado a partir del análisis del comportamiento de este tipo de unidades en otras carreteras de cuota concesionadas y de información obtenida en un estudio realizado por C&M para la Asociación Mexicana de Infraestructura Concesionada (AMICO), en donde se entrevistó directamente a diversos tipos de transportistas. El resultado de dicho análisis arrojó un valor del tiempo para camiones de N \$0.60 por minuto ahorrado.

Cuadro 28

VALOR DEL TIEMPO DE LOS AUTOMOVILISTAS (NS x MINUTO)

MOTIVO	ENTRE SEMANA	FIN DE SEMANA
TRABAJO	NS0.33	NS0.35
TURISMO	NS0.41	NS0.33
OTROS	NS0.38	NS0.28
TOTAL DE USUARIOS	NS0.37	NS0.32

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Los autobuses generalmente tienen un patrón más predecible; se ha observado en diferentes carreteras de cuota del país, que aquellas empresas que prestan servicios directos, desde primera clase hasta ejecutivos, tienen mayor nivel de disponibilidad de pago de las cuotas; por tal razón no se ha estimado un valor del tiempo de los conductores de este tipo de unidades.

III.2.5 ELEMENTOS BASE EN LA ESTIMACION DE LA DEMANDA

En caso de implementarse el LNCM, además de reducir los tiempos en los viajes de los vehículos de paso por la ZMCM, también servirá de impulso en el mediano plazo, a una serie de nuevos desarrollos urbanos e industriales que se ubicarían a lo largo del trazo o en ciudades importantes cercanas (tales como Tula, Pachuca, Tlaxcala y San Martín Texmelucan), e inclusive en el lado norte de la ZMCM.

Por otra parte, considerando que los aspectos socioeconómicos forman parte importante en la obtención de los datos del modelo de demanda para el LNCM, el objetivo general de este numeral es efectuar un breve análisis a esta serie de elementos que contribuyen

de utilidad para cada individuo resultara sumamente complejo e innecesario. Para obtener una buena representación del comportamiento de los usuarios, éstos son agrupados de acuerdo con su motivo de viaje y su nivel socioeconómico, basados en la hipótesis de que personas de un mismo grupo tienen comportamientos similares. La calibración para el Libramiento Norte resultó, en grupos de usuarios de automóviles, definidos como sigue:

Después de realizar la calibración se encontró que el comportamiento de los usuarios por nivel de ingreso no presentó diferencias significativas, por lo que se agrupó únicamente por motivo de viaje. Es importante destacar aquí, que en el caso de los automóviles, para cada grupo de usuarios se definió una matriz de viajes a partir de las combinaciones utilizadas de motivo de viaje y día de la semana en que se realiza el viaje.

Para cada grupo de usuarios se calibró su función de utilidad correspondiente, que tiene la siguiente forma:

$$U = \alpha * \text{tiempo} + \beta * \text{costo}$$

Donde α y β son los parámetros de calibración de la función de utilidad.

A partir de la calibración de las funciones de utilidad, se determinaron los valores del tiempo, para cada grupo de usuarios, a través de la expresión siguiente:

$$\text{vot} = \alpha / \beta$$

El valor estimado del tiempo para cada grupo de usuarios del automóvil, se presenta en el Cuadro 28. En el caso de los camiones unitarios y articulados, debido a que la decisión generalmente no está en manos de los conductores, se ha utilizado un valor general calibrado a partir del análisis del comportamiento de este tipo de unidades en otras carreteras de cuota concesionadas y de información obtenida en un estudio realizado por C&M para la Asociación Mexicana de Infraestructura Concesionada (AMICO), en donde se entrevistó directamente a diversos tipos de transportistas. El resultado de dicho análisis arrojó un valor del tiempo para camiones de N \$0.60 por minuto ahorrado.

Cuadro 28
VALOR DEL TIEMPO DE LOS AUTOMOVILISTAS (N\$ x MINUTO)

MOTIVO	ENTRE SEMANA	FIN DE SEMANA
TRABAJO	N\$0.33	N\$0.35
TURISMO	N\$0.41	N\$0.33
OTROS	N\$0.38	N\$0.28
TOTAL DE USUARIOS	N\$0.37	N\$0.32

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Los autobuses generalmente tienen un patrón más predecible; se ha observado en diferentes carreteras de cuota del país, que aquellas empresas que prestan servicios directos, desde primera clase hasta ejecutivos, tienen mayor nivel de disponibilidad de pago de las cuotas; por tal razón no se ha estimado un valor del tiempo de los conductores de este tipo de unidades.

III.2.5 ELEMENTOS BASE EN LA ESTIMACION DE LA DEMANDA

En caso de implementarse el LNCM, además de reducir los tiempos en los viajes de los vehículos de paso por la ZMCM, también servirá de impulso en el mediano plazo, a una serie de nuevos desarrollos urbanos e industriales que se ubicarían a lo largo del trazo o en ciudades importantes cercanas (tales como Tula, Pachuca, Tlaxcala y San Martín Texmelucan), e inclusive en el lado norte de la ZMCM.

Por otra parte, considerando que los aspectos socioeconómicos forman parte importante en la obtención de los datos del modelo de demanda para el LNCM, el objetivo general de este numeral es efectuar un breve análisis a esta serie de elementos que contribuyen

en la estimación del crecimiento del flujo vehicular en la autopista a través del tiempo, así como presentar una exposición de la metodología utilizada para obtener los pronósticos.

Con el fin de exponer en orden los procedimientos realizados para llegar a las cifras estimadas, el numeral se divide en dos grandes apartados:

- a) Tomando en cuenta que el trazo propuesto para el LNCM cruza por cuatro estados de la República (México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla), es importante conocer de manera general el entorno socioeconómico en dichas entidades, prestando mayor atención a las expectativas de desarrollo en infraestructura y el nivel de vida en aquellas zonas cercanas al trazo de la autopista; lo anterior con el fin de conocer el entorno dentro del cual se realizaría la construcción de la vialidad y destacar aquellos aspectos que puedan significar en el mediano y largo plazo un atractivo más para utilizar la carretera en cuestión. Dentro de estos atractivos se encuentran aquellos proyectos de inversión recientemente efectuados o en planes de iniciar actividades en el corto plazo, así como programas de desarrollo urbano municipales y estatales que hayan sido revisados o actualizados recientemente (de 1992 a 1995), también se contemplan parques industriales que operen actualmente, en el corto y largo plazo, nuevos desarrollos urbanos, proyectos turísticos y comerciales, etc.
- b) Presentar la metodología que se siguió para obtener los datos pronosticados hasta el año 2030 de cada una de las posibles variables utilizadas por el modelo de acuerdo a las características particulares de cada zona. Las variables socioeconómicas sobre las que se realizaron los pronósticos son: Población Total, Población Económicamente Activa (PEA), Activa Ocupada (PEAO), composición del nivel de ingreso (alto, medio y bajo) de las personas con empleo, la composición del parque vehicular (automóviles, camiones de carga y de pasajeros) y las tasas de motorización.

En todas las variables se consideraron datos históricos a partir de 1970 para ser estimadas hasta el año 2030, manteniendo constante la última tasa quinquenal (2010-2015) para

los siguientes tres períodos de cinco años, llegando así a la estimación de cifras hasta el 2030, destacándose sus tendencias y las expectativas que se tienen para cada una de ellas.

No se considera relevante contar con un modelo que arroje cifras para un horizonte de 35 años dado que las variaciones porcentuales en períodos tan largos son muy pequeñas. De este modo, los modelos de pronóstico de variables socioeconómicas sólo permite hacer estimaciones hasta el año 2015.

Es importante destacar que, aun cuando la región más importante es la ZMCM, no se contempló dentro de los estados de los cuales se debía recopilar información socioeconómica por ser el objetivo de la autopista que el tránsito de vehículos que viaja del sureste al norte de la república y viceversa, evite pasar por esa zona. De esta forma, los pronósticos de las zonas ubicadas dentro de la ZMCM, se basan fundamentalmente en sus tendencias naturales y fueron ajustadas con información recopilada por la empresa para proyectos de carreteras anteriores realizados en el Distrito Federal y su área conurbada, verificando únicamente que dicha información aún se encontrara vigente.

Finalmente, es conveniente indicar que, gran parte de la información recopilada está respaldada por las visitas que se efectuaron a las zonas de influencia y a las entrevistas que se realizaron con funcionarios públicos de los Gobiernos estatales y municipales.

El resto de la información de gabinete fue recopilada de documentos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO) y de documentos editados por los gobiernos de los estados.

III.2.5.1 ASPECTOS DE DESARROLLO REGIONAL EN EL ANALISIS DE INFORMACION

El objetivo es presentar un breve panorama de las zonas o municipios más importantes de cada uno de estos estados por los cuales atraviesa el Libramiento Norte. En la Figura 12 se

ubican los principales parques industriales y zonas de actividad económica que existen a lo largo del trazo. Se mencionarán los principales rasgos económicos de zonas cercanas al trazo, cuando se tengan elementos suficientes que justifiquen ampliar el análisis hacia las mismas.

Estado de México

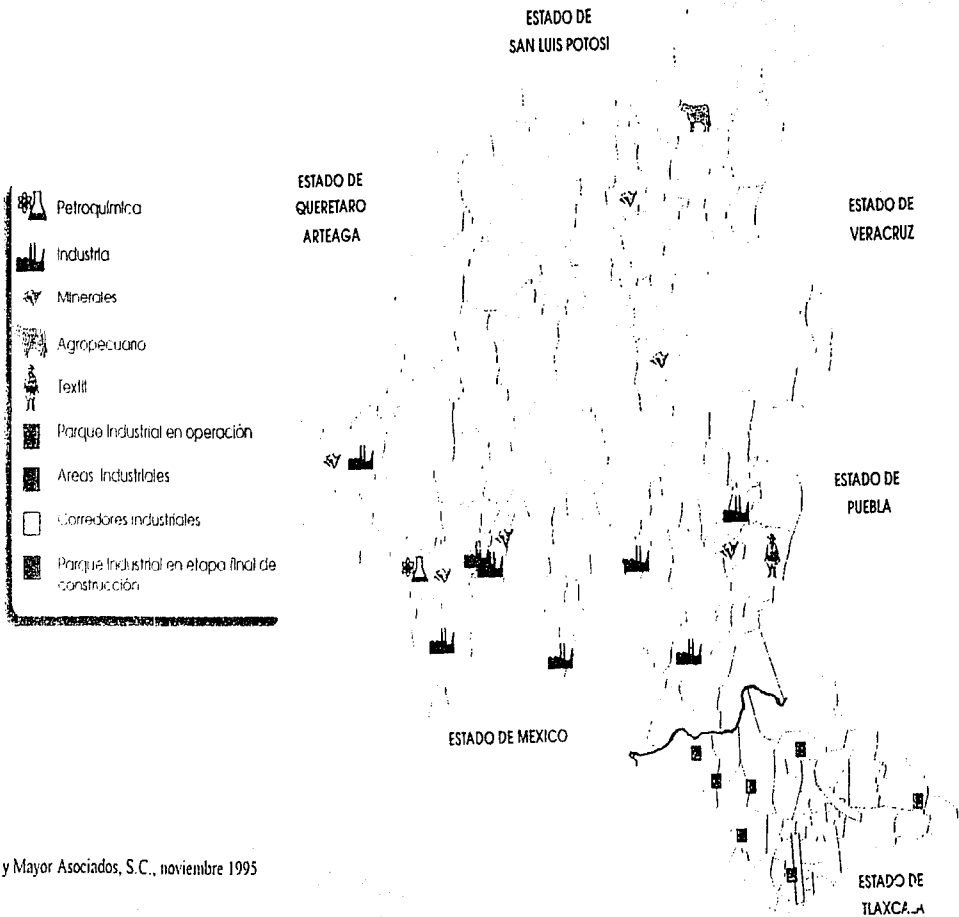
En el estado de México, el LNCM toca los municipios de Axapusco, Nopaltepec, Temascalapa, Hueyponxtla, Apaxco, Huehuetoca, Tequixquiac y Zumpango. Dichos municipios se ubican en la parte noreste del estado de México, de los cuales los de mayor importancia en cuanto a concentración de población son Zumpango y Huehuetoca; el primero se caracteriza por ser una región dedicada a las actividades primarias y dada su relativa cercanía con el parque industrial de Tizayuca en el estado de Hidalgo, parte de su población se emplea en ese lugar. Con relación al segundo municipio, el sector servicios es el importante, además de emplearse parte de su población en las industrias ubicadas a lo largo del corredor industrial de la autopista México-Querétaro (que llega hasta el municipio de Tepozotlán) y en el parque industrial de Tepeji del Río ubicado en Hidalgo.

Como se puede observar, las entidades mexiquenses por las que cruza el libramiento no tienen centros de desarrollo propios (el parque de Huehuetoca es todavía incipiente), por lo que son atraídas por otros centros de actividad económica del propio estado y del colindante. Sólo el municipio de Apaxco es quien cuenta con una fábrica importante de cemento, misma que da empleo a un segmento importante de la PEAO del municipio.

Con relación al resto del estado, la actividad económica en el aspecto industrial, se da fundamentalmente en el mencionado corredor de la México-Querétaro, en la zona colindante con el norte de la ciudad de México, correspondiente a los municipio de Naucalpan, Tlanepantla y colindantes, y en la parte oeste del estado, específicamente en el llamado Pasco Tollocan (corredor Toluca-Lerma) en donde se concentra la actividad industrial más importante y en la que las autoridades del estado han puesto mayor empeño en desarrollar. Este último corredor se encuentra alejado de la zona de influencia de la autopista objeto del análisis. Adicionalmente, las autoridades están interesadas en fomentar la llegada de nuevas inversiones a los parques industriales de los municipios de Atlacomulco y Huehuetoca.

Figura 12

PARQUES INDUSTRIALES Y MUNICIPIOS CON ACTIVIDAD ECONOMICA IMPORTANTE



Estado de Hidalgo

Los municipios hidalguenses que toca el Libramiento son: Apan, Emiliano Zapata, Tizayuca y Toluca. Estos municipios se ubican en el área del sur de Hidalgo, la cual es la más desarrollada en su infraestructura, al ubicarse dentro de ella todos los parques y zonas industriales más importantes del estado, sin dejar de lado el hecho de que es la parte más cercana con la ZMCM, además de incluir a la ciudad de Pachuca que es la capital del estado.

La mayor parte del área sur está dedicada a actividades industriales, de manufactura y servicios y cuenta con municipios o ciudades que han jugado parte importante en la producción de la industria a nivel estatal como Cd. Sahagún, ubicada en el municipio de Tepeapulco y con otras en las que se está planteando el crecimiento económico en el mediano plazo como el corredor Tizayuca - Toluca - Zapotlán - Pachuca (precisamente dos de estos municipios los toca el trazo del libramiento), en donde el programa de desarrollo urbano estatal espera tener las mayores concentraciones de población urbana las cuales son justificadas en caso de que las autoridades federales determinen la ubicación del nuevo aeropuerto internacional en el municipio de Zapotlán.

Adicionalmente a las actividades industriales, en el municipio de Tizayuca también existe importante producción lechera. Otro aspecto que se debe destacar es la ubicación del Valle de Mezquital, cercano al municipio de Tetengo, en donde los yacimientos de calizas, mármoles y caolines han generado un importante desarrollo de la actividad cementera, de mármol para construcción y otras del ramo.

La industria textil y del vestido también está presente en la zona sur en los municipios de Tulancingo, Talantepec y Cuauhtemoc. De las seis ciudades más importantes de todo el estado, las cinco primeras se encuentran en el área sur (Pachuca, Tulancingo, Tula, Cd. Sahagún y Tepeji del Río), aspecto que reafirma las mejores expectativas de desarrollo económico en dicha zona.

Con base en lo anterior, se observa que los municipios de Hidalgo por los que cruza el Libramiento tendrán, en el mediano y largo plazo, mayor importancia como centro de actividad económica, convirtiéndose en centro de atracción de población y de generación de viajes, cuestión que puede ser favorecida con la construcción del Libramiento.

A nivel general, se puede resaltar que desde el punto de vista económico, el estado de Hidalgo se puede dividir en dos grandes regiones, la primera ubicada al sur del estado y la segunda en el centro-norte de la entidad, mismas que se pueden observar en la Figura 13.

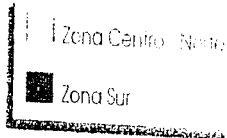
Figura 13

REGIONES ECONOMICAS DEL ESTADO DE HIDALGO
ESTADO DE
SAN LUIS POTOSI

ESTADO DE
QUERETARO
ARTEAGA

ESTADO DE
VERACRUZ

ESTADO DE
PUEBLA



Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995 ESTADO DE MEXICO

ESTADO DE
TLAXCALA

La zona norte es quien presenta el retraso económico de forma más acentuada (principalmente en la región de la Huasteca), mientras que la sur tiene las mejores perspectivas de crecimiento. En su conjunto, la entidad está orientada en sus actividades económicas hacia la industria, el procesamiento de minerales no metálicos, la industria textil y algunos puntos aislados enfocados a la agricultura y ganadería.

Estado de Tlaxcala

Los municipios del estado de Tlaxcala por donde pasa el Libramiento son Ixtacuixtla de Matamoros, Españita, Calpulalpan y Sanctorum. En cada una de estas localidades, con excepción del último, se encuentran parques o áreas industriales aunque su importancia no es muy relevante con respecto al resto del estado.

En el municipio de Calpulalpan, la principal actividad económica es la agricultura en cultivos como la cebada, el maíz y el trigo y cuenta con una pequeña zona industrial con una rama predominante en producción de malta. En Calpulalpan se ubica uno de los cuatro parques industriales que existen en el estado de Tlaxcala. La importancia de este municipio radica en que es el paso entre el Estado de México y Veracruz, vía Texcoco, sin embargo, las expectativas que se tenían en el desarrollo de su infraestructura y llegada de nuevas industrias a esta localidad no se han logrado, al grado de ser el parque industrial en el estado que más hectáreas disponibles tiene para establecimiento de plantas (53 ha).

En los municipios de Españita y Hueyolipan, se encuentran pequeñas áreas industriales en donde se pueden establecer industrias medianas y pequeñas. En el caso de Ixtacuixtla, el corredor industrial con que cuenta se ha visto beneficiado con la construcción de la autopista de San Martín Texmelucan-Tlaxcala al ubicarse precisamente sobre esta vialidad. Su cercanía con el Libramiento Norte puede incrementar el interés de algunas industrias por establecerse en este lugar que aún está en fase de consolidación.

A nivel estatal, la principal zona en la entidad es la número 92 en donde se encuentra el área conurbada de Tlaxcala-Chiautempan-Apetitlán-Totolac-Panotla y el municipio de Apizaco, zonas que tiene la mayor concentración de población a nivel estatal y por ende, la mayor infraestructura. En el aspecto de actividad económica en esta zona, la rama de los servicios ha

comenzado a despuntar en el área conurbada, puesto que ha dejado de ser un punto expulsor de población para convertirse en una zona de atracción de la misma. También continúa siendo importante la industria textil, sobre todo en los municipios de Santa Ana y Apetatitlán. En el municipio de Apizaco-Xalostoc-Huamantla (el más importante de la entidad) ubicado en el municipio de Tetla y por las empresas que se ubican en el lado sur del municipio, las cuales se dedican a la producción de cerveza, papel, jabones y fabricación de textiles y telares para la exportación de ropa.

En la actualidad, la actividad económica del sector servicios se ha visto mermada en Apizaco con la construcción del Libramiento a Veracruz, mismo que inició operaciones en este año (1995).

Estado de Puebla

Finalmente, en el estado de Puebla el único municipio que toca el trazo es el de San Martín Texmelucan, punto extremo del trazo propuesto. Este lugar ha ido transformando su actividad predominantemente agrícola por la industrial en la rama de manufacturas (en la actualidad existen 23 empresas de diferentes giros y magnitudes) y el sector servicios. Cuenta con un parque industrial al cual, dentro de las políticas de desarrollo estatales, se pretende impulsar en el corto plazo. Un caso excepcional es el comercio ambulante que se efectúa en esta localidad mediante un tianguis semanal con 12,450 puestos aproximadamente, generando una concentración de hasta 2,700 vehículos de carga. Dicho tianguis genera una fuerte atracción de los municipios cercanos a la ciudad de Puebla y de la ciudad de Tlaxcala.

Dentro de la misma zona número 71 se encuentra la ciudad de Puebla y su zona conurbada (actualmente en un programa de reordenación urbana a través del megaproyecto Angelópolis), principal centro de actividad industrial y de servicios en el estado, en ella se ubican empresas importantes como la automotriz de la Volkswagen, Cerámica Santa Julia, plantas de bombeo de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y distintas plantas harineras. La zona número 71 es por lo tanto, la que mayor población económicamente activa tiene de todas las mencionadas que se encuentran en el área de influencia directa del Libramiento Norte.

III.2.5.2 METODOLOGIA DE ESTIMACION DE VARIABLES SOCIOECONOMICAS

A continuación se describe la metodología empleada para establecer el comportamiento de cada una de las variables socioeconómicas en el mediano y largo plazo. Es importante mencionar que el orden de procesamiento de las variables es aspecto fundamental para obtener un pronóstico más cercano a la realidad de cada zona. De este modo, el orden de importancia de las variables es: Población Total, PEA; PEAO; PEAO por nivel de ingreso alto, medio y bajo, y finalmente, parque vehicular clasificado en automóviles, camiones de carga y de pasajeros.

El criterio que se toma para la formulación de los modelos es que las zonas que tienen mayor concentración de población o cuentan con un potencial de crecimiento económico en base a nuevos proyectos de desarrollo urbano e industrial, desempeñan la función de polos atractores de población, mientras que las zonas con pocas expectativas en el mediano y largo plazo, que se dedican a actividades primarias, son zonas expulsoras de población. Las únicas excepciones que se contemplan a este supuesto son algunas delegaciones del Distrito Federal, fundamentalmente por los cambios de usos de suelo o porque se tiene una elevada densidad de población que no puede ser sostenida en el largo plazo.

Dentro del modelo, se pretenden cubrir las expectativas poblacionales de las autoridades federales que esperan reducciones paulatinas en las tasa de crecimiento hasta llegar a cifras alrededor del 1.5% promedio anual a nivel nacional en el largo plazo, es por ello que un movimiento hacia arriba o abajo en un estado se compensa con su inverso en otras entidades, principalmente con aquellas que colinda.

A continuación en el Cuadro 29, se resumen las principales variables socioeconómicas de la zona interna de estudio.

Cuadro 29

**RESUMEN DE CRECIMIENTO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES SOCIOECONOMICAS
(1995-2030) EN LA ZONA INTERNA DE ESTUDIO (ZONAS NUMERO 1 A 104).**

VARIABLES SOCIOECONOMICAS		TASA DE CREC. ANUAL %
POBLACION		1.61
PEA		1.63
PEAO		1.85
Nivel de ingresos	Alto	2.07
	Medio	2.18
	Bajo	1.74
Parque Vehicular	Autos	2.44
	Autobus	1.76
	Camiones	1.96
	Tasa de motorizacion	1.46

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

III.3 ESTIMACION DE AFOROS

Para conocer el comportamiento de la demanda de viajes en la zona de influencia y posteriormente realizar las estimaciones de flujo para el horizonte de planeación de 1995 a 2025, se desarrolló un modelo de demanda, calibrado para la zona de estudio.

Mediante el análisis de la información recabada en campo (aforos vehiculares, encuestas origen-destino, tiempos de recorrido y encuestas de preferencia) y de la información documental (planes de desarrollo de la zona, variables socioeconómicas y aforos históricos en la caseta), se calibró un modelo de demanda basado en el comportamiento actual de los viajes y su relación con las variables socioeconómicas de las zonas de origen-destino de éstos.

III.3.1 ASIGNACION

La estimación del tránsito que circulará por el Libramiento Norte se realizó mediante la utilización del modelo de planeación del transporte denominado EMMÉ/2, el cual facilita la representación gráfica de la red analizada y la manipulación de las matrices de viajes. De manera previa al proceso de asignación de tránsito a la autopista se hizo la calibración de la red

para que ésta representara lo mejor posible, las condiciones actuales de flujo con todos sus aspectos operativos.

El modelo utilizado para determinar la captación de automóviles, camiones y tractocamiones es probabilístico de tipo Logit, y tiene la siguiente estructura:

$$P(a) = 1 / (1 + \exp(\lambda * \Delta U))$$

$$P(b) = 1 - P(a)$$

Donde:

P(a)= Probabilidad de tomar la Autopista de cuota

P(b)= Probabilidad de tomar la vía alterna (carretera federal)

λ = Factor escala

ΔU = Diferencia de utilidad entre las rutas = $U_a - U_b = a * (\text{tiempo en a} - \text{tiempo en b}) + \beta * (\text{costo en a} - \text{costo en b})$

Los parámetros α y β son los calibrados a partir de las Encuestas de Preferencia Declarada. Los valores de tiempo de viaje para cada alternativa son obtenidos a partir de la calibración de la red y están en función de las velocidades estimadas por cada arco.

III.3.1.1 AÑO BASE

El aforo base o de partida es el punto de inicio de los pronósticos de tránsito, gira en torno a los aforos del año base. Estos aforos son normalmente realizados en campo a la fecha de estudio de asignación para el propósito de certificación de la base a partir de la cual el tránsito de la autopista proyecto o pronosticada a futuro. Normalmente, los aforos deberán realizarse sobre puntos seleccionados de las vías existentes sobre la red de estudio, o sobre las vías de las cuales se pretende que el tránsito se desvíe hacia la nueva Autopista.

Una vez asignado el 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.
- Ajustando curvas de regresión tránsito vs el 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.

En este numeral se presentan las estimaciones de aforos para el LNCM, resultado de la integración de cada uno de los componentes del modelo desarrollado.

El análisis de la demanda se realizó en forma separada para el fin de semana y entre semana debido a que los motivos de viaje y valoración del tiempo por parte de los usuarios son distintos. Sin embargo el procedimiento es igual para ambos casos.

El procedimiento consiste en la eliminación de los viajes que se repitan ya que para fines de la modelación, se requiere de una matriz de demanda total que no incluya duplicidad de viajes, por lo que elaboró un algoritmo con las matrices de demanda de tal forma que los eliminara. Lo anterior se logró con la ayuda del modelo desarrollado en el programa de EMME/2 el cual facilita el manejo de las matrices.

Este proceso se aplicó por tipo de vehículo motivo de viaje y nivel de ingreso para el caso de los automóviles. En el Cuadro 30 se muestran los volúmenes vehiculares de entre semana y fin de semana por tipo de vehículo. Este volumen es el resultado de la suma de las matrices origen-destino utilizadas para el Libramiento Norte.

Cuadro 30**VOLUMENES TOTALES DE VIAJES EN UN DIA PROMEDIO
ENTRE SEMANA Y UN DIA EN FIN DE SEMANA**

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN E/SEMANA	VOLUMEN F/SEMANA
A	76,412	110,290
B	16,457	16,218
CU	16,813	11,977
CA	9,542	3,361
TOTAL	119,224	141,846

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., Datos noviembre 1995

Para el año base se tomaron en cuenta 2 escenarios distintos, considerando el primero con el Libramiento Norte y el segundo también con el Libramiento Norte y adicionalmente las autopistas planeadas de Atizapán, Huehuetoca y Nepantla con el objetivo de ver la influencia de éstas sobre la captación del Libramiento. Para ambos escenarios se consideró como base la cuota de N \$ 0.40 por kilómetro, que fue la que arrojaba el mayor ingreso, como se verá en el análisis de sensibilidad.

La asignación de tránsito para cada escenario se presenta en el Cuadro 31, el cual muestra que el tramo impactado mayormente por las autopistas planeadas es el tramo IV (Pachuca-Querétaro), ya que en este tramo el ramal de Venta de Carpio a Huehuetoca, es la competencia directa y el aforo disminuye en un 38% aproximadamente. En los tres tramos restantes el Libramiento Norte incrementa su aforo entre un 3.78 y 6.60%. En términos reales respecto al aforo ponderado (la ponderación respecto a la distancia) la captación total disminuye en 4.68%.

Cuadro 31

ASIGNACION DE TRANSITO PARA EL AÑO BASE (TPDA)

TRAMO	ASIGNACION SOLO LIBRAMIENTO NORTE				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	1,886	91	445	379	2,801
II. Calpulalpan-Tulancingo	1,731	82	244	180	2,237
III. Tulancingo-Pachuca	655	88	111	444	1,298
IV. Pachuca-Querétaro	1,240	48	213	336	1,837
Ponderado	1,461	77	273	327	2,138
Composición %	68.33	3.60	12.77	15.29	100.00
TRAMO	ASIGNACION LIBRAMIENTO NORTE + PLANEADAS				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	2,037	91	463	395	2,986
II. Calpulalpan-Tulancingo	1,810	82	251	186	2,329
III. Tulancingo-Pachuca	687	88	114	458	1,347
IV. Pachuca-Querétaro	686	48	159	252	1,145
Ponderado	1,381	77	267	313	2,038
Composición %	67.76	3.78	13.10	15.36	100.00
TRAMO	DIFERENCIA PORCENTUAL (%)				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	8.01	0.00	4.04	-4.22	6.60
II. Calpulalpan-Tulancingo	-4.56	0.00	2.87	3.33	-4.11
III. Tulancingo-Pachuca	-4.89	0.00	2.70	3.15	-3.78
IV. Pachuca-Querétaro	-44.68	0.00	-25.35	-25.00	-37.67
Ponderado	-5.48	0.00	-2.20	-4.28	-4.68

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Para obtener la captación del Libramiento Norte, fue necesario establecer la demanda potencial del mismo, la cual es de 6,533 (en TPDA). El Cuadro 32 muestra la demanda potencial por tramo y tipo de vehículo, así como, la captación.

Los vehículos que tienen margen de captación pequeño y sobre los que se tendría que trabajar con promociones especiales son los camiones, ya que como se muestra en el Cuadro equivalen aproximadamente al 50% de tránsito potencial, y solo se capta el 20% aproximadamente del potencial de éstos.

Cuadro 32

**CAPTACION DE TRANSITO POR TRAMO Y TIPO DE VEHICULO
AÑO BASE (TPDA)**

UNICAMENTE LIBRAMIENTO NORTE

TRAMO	POTENCIALES (TPDA)				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	4 312	162	2,193	2,322	8,989
II. Calpulalpan -Tulancingo	3 826	148	1,240	1,517	6,732
III. Tulancingo-Pachuca	1 173	156	523	2,118	3,969
IV. Pachuca-Querétaro	2 598	85	832	1,723	5,238
Ponderado	3 187	136	1,293	1,916	6,533
Composición %	48.79	2.08	19.79	29.33	100.00
TRAMO	ASIGNADOS (TPDA)				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	1,886	91	445	379	2,801
II. Calpulalpan-Tulancingo	1,731	82	244	180	2,237
III. Tulancingo-Pachuca	655	88	111	444	1,298
IV. Pachuca-Querétaro	1,240	48	213	336	1,837
Ponderado	1,461	77	273	327	2,138
Composición %	68.33	3.60	12.77	15.29	100.00
TRAMO	CAPTACION (%)				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	45.73	56.40	20.31	16.34	31.17
II. Calpulalpan-Tulancingo	45.24	55.69	19.65	11.87	33.24
III. Tulancingo-Pachuca	55.80	56.24	21.26	20.98	32.69
IV. Pachuca-Querétaro	47.74	56.66	25.55	19.50	35.07
Ponderado	47.26	56.26	21.73	16.84	33.02

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

III.3.1.2 HORIZONTE DE PLANEACION

Al expandir la muestra de viajes tomada para el estudio mediante el comportamiento diario y horario del tránsito, se obtuvo una matriz que representa el TPDA, que muestra el número de viajes que producen o atraen ciertas zonas o poblaciones.

La matriz se correlacionó con las variables socioeconómicas (población, PEA, niveles de ingreso, vehículos y PIB) para calibrar un modelo de demanda que representa el comportamiento de los viajes en la zona. Para esta calibración se consideraron relaciones funcionales que a nivel de viajes se dan entre las diferentes ciudades de la red simplificada. Este modelo se utilizó para la proyección de la demanda de viajes mediante las variables socioeconómicas.

Se estimaron los flujos vehiculares para el horizonte de planeación por tramo y por tipo de vehículo. La tasa de crecimiento anual compuesta del tránsito es del 2.63% para 30 años (1995-2025), con una tasa para el primer quinquenio del 3.46% y de 2.30% para el último.

En Cuadro 33 muestra los flujos captados por quinquenio para cada tramo y tipo de vehículo. En esta tabla se aprecia un tránsito ponderado respecto a la distancia de cada tramo del Libramiento Norte.

Cuadro 33

ASIGNACION DEL TRANSITO DEL AÑO BASE Y PROYECCION DE LA DEMANDA (TPDA)

TRANSITO ASIGNADO CONSIDERANDO LIBRAMIENTO NORTE (CUOTA N\$ 0.40 x km)							
TRAMO I ENT. AUT. MEXICO-PUEBLA-CALPULALPAN							
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)							
AÑO	A	B	CU	C5-C6	C7-más	TOTAL	Tasa de crecimiento %
1995	1,886	91	445	359	20	2,801	
2000	2,217	1,089	522	421	24	3,292	3.28
2005	2,548	124	600	483	28	3,783	2.82
2010	2,875	139	676	546	31	4,267	2.44
2015	3,200	155	752	606	35	4,748	2.16
2020	3,569	173	838	676	39	5,295	2.20
2025	3,988	193	935	755	43	5,914	2.24

continua...

...Cuadro 33

TRAMO II CALPULPAN - ENT. CARR. A TULANCINGO							
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)							
AÑO	A	B	CU	C5-C6	C7-más	TOTAL	Tasa de crecimiento %
1995	1,731	82	244	170	10	2,237	
2000	2,055	98	290	202	12	2,657	3.50
2005	2,382	113	335	234	13	3,077	2.98
2010	2,709	128	382	266	15	3,500	2.61
2015	3,036	144	427	297	17	3,921	2.30
2020	3,409	161	480	334	19	4,403	2.35
2025	3,830	181	539	376	21	4,947	2.36
TRAMO III ENT. CARR. A TULANCINGO - EN AUT. MEXICO-PACHUCA							
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)							
AÑO	A	B	CU	C5-C6	C7-más	TOTAL	Tasa de crecimiento %
1995	655	88	111	432	12	1,298	
2000	758	102	129	499	14	1,502	2.96
2005	859	115	146	565	16	1,701	2.52
2010	957	129	162	629	18	1,895	2.18
2015	1,052	141	179	691	20	2,083	1.91
2020	1,160	155	196	761	22	2,294	1.95
2025	1,279	171	216	839	24	2,529	1.97
TRAMO IV ENT. AUT. MEXICO-PACHUCA- AUT. MEXICO-QUERETARO							
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)							
AÑO	A	B	CU	C5-C6	C7-más	TOTAL	Tasa de crecimiento %
1995	1,240	48	213	314	22	1,837	
2000	1,501	58	256	379	26	2,220	3.86
2005	1,762	67	300	444	31	2,604	3.24
2010	2,026	77	344	510	35	2,992	2.82
2015	2,289	87	389	574	40	3,379	2.46
2020	2,591	99	439	648	45	3,822	2.49
2025	2,955	112	497	733	51	4,328	2.52
FLUJO TOTAL PONDERADO DEL LIBRAMIENTO NORTE							
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)							
AÑO	A	B	CU	C5-C6	C7-más	TOTAL	Tasa de crecimiento %
1995	1,461	76	273	310	17	2,138	3.45
2000	1,733	91	323	366	20	2,533	2.93
2005	2,005	104	373	422	23	2,927	2.55
2010	2,276	118	423	478	26	3,319	2.25
2015	2,545	131	472	532	29	3,710	2.29
2020	2,853	147	528	595	33	4,155	2.32
2025	3,201	164	592	665	36	4,658	

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

III.3.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Con el objetivo de determinar la variación de la captación del tránsito utilizando diferentes tarifas se realizó un análisis de sensibilidad el cual consistió en modelar la demanda total en la misma red, únicamente variando la cuota por kilómetro. Las cuotas que se utilizaron fueron NS0.30, NS0.40, NS0.50, NS0.60 y NS0.70 por kilómetro y se determinó cual es la que genera el mayor ingreso.

El Cuadro 34 muestra el resultado de este análisis, la cuota con la que se obtiene el mayor ingreso es de NS 0.40 x km, aunque no es con la que se obtiene la mayor captación, en la Gráfica 6 de sensibilidad se observa este mismo análisis del ingreso vs. captación y cuota.

Cuadro 34

ANALISIS DE SENSIBILIDAD RESPECTO A LA CUOTA

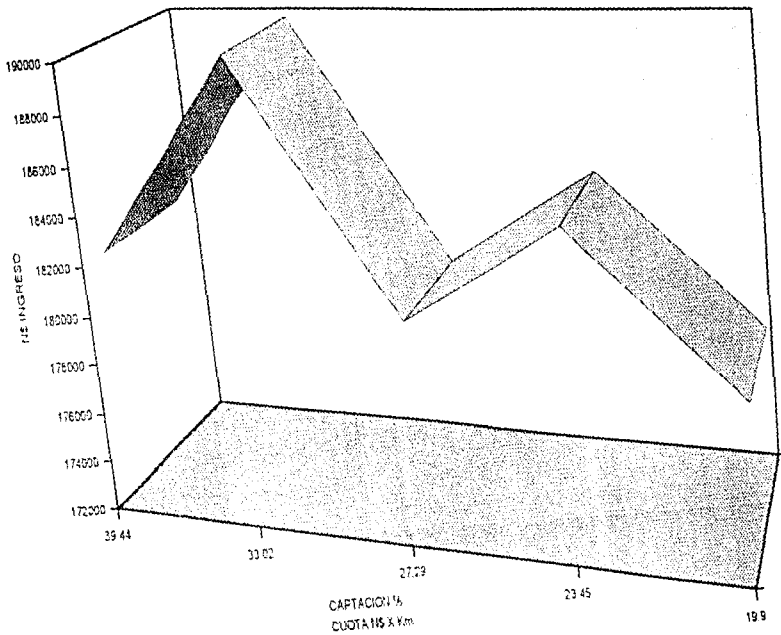
Cuota (NS x km)	Aforo	Captación (%)	Ingreso (NS)
0.3	2,547	39.44	182,722
0.4	2,138	33.02	190,102
0.5	1,770	27.29	180,145
0.6	1,524	23.45	183,989
0.7	1,298	19.9	177,182

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

III.4 ESTIMACION DEL TRANSITO POR EL METODO DE LA AASHTO

El método de la AASHTO, es una serie de pasos encaminados a la estimación del flujo vehicular que posiblemente circulará por el Libramiento Norte de la Ciudad de México, a continuación se describe el mismo.

Gráfica 6
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD RESPECTO A LA CUOTA



122

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

III.4.1 INFORMACION REQUERIDA

Para llevar a cabo la estimación de tránsito asignado por el método de la AASHTO se requiere de una serie de información documental y estudios de campo tales como (i) encuestas de origen-destino; (ii) aforos manuales y automáticos, realizados en puntos específicos de la red, que describan los patrones de viajes del tránsito actual; (iii) tiempos de recorrido; (iv) medios alternativos de transporte; (v) proyectos importante de la zona y (vi) uso del suelo de la zona en estudio.

III.4.2 ANALISIS DE LA INFORMACION

La primera etapa de este análisis consiste en revisar los pares origen destino de la matriz de viajes, seleccionando a aquellos que por su recorrido pudieran ser potencialmente asignables al Libramiento Norte; a su vez estos viajes se clasificaron por itinerario y tipo de vehículo.

- Viajes de corto itinerario; aquellos que por su recorrido pudieran utilizar un tramo del Libramiento.
- Viajes de mediano itinerario son aquellos que pudieran utilizar dos o más tramos del Libramiento.
- Viajes de largo itinerario, son aquellos que en su recorrido pudieran usar el total de la longitud del Libramiento.

Esta diferenciación se hace, porque para el método AASHTO se aplica un factor de costo diferente para los viajes de corto, mediano y largo itinerario. Una vez concluida la identificación de los pares origen-destino, se obtiene el TPDA a partir de la matriz de viajes, para el total de viajes y para los potencialmente asignables; esto con el fin de determinar el porcentaje de rutas susceptibles de utilizar el Libramiento, conforme al itinerario y tipo de vehículo.

En la segunda etapa se determinó el tiempo de recorrido por las rutas actuales, seleccionando la mejor alternativa y comparada contra el tiempo que tendría la ruta en proyecto, para obtener el ahorro en tiempos de recorrido.

Para determinar el tiempo de recorrido del LNCM se consideró una velocidad de 100 km/hr, debido a que las características del trazo no tienen pendientes y grados de curvatura considerables que pudieran influir sobre la velocidad.

III.4.3. APLICACION DEL METODO AASHTO

El análisis inició con la determinación del Factor de Utilización para viajes de corto, mediano y largo itinerario a partir de los tiempos de recorrido, dicho factor varía de acuerdo al tipo de itinerario y vehículo, debido principalmente a que en viajes cortos y medianos, fue necesario obtener un tiempo promedio comparado los tiempos de recorrido por las diferentes alternativas, seleccionando las más lógicas y adecuadas. A continuación se muestra la ecuación utilizada para el cálculo del factor de utilización.

$$F.U. = 1 / (1 + T6)$$

Donde:

F.U. = Factor de utilización

T6 = $(T_p / T_a)^6$

T_p = Tiempo de proyecto

T_a = Tiempo actual

Posteriormente se tomó el factor de cuota para el cual ya se tienen valores calibrados para los diferentes itinerarios. En el Cuadro 35 describe el factor de cuota por itinerario.

Cuadro 35

FACTOR DE CUOTA POR ITINERARIO

TIPO DE ITINERARIO	RECORRIDO (km)	F.C.
Corto	<50	0.40
Mediano	50<MI<100	0.65
Largo	>100	0.85

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Una vez definidos estos factores se calculó el Tránsito Atraído por tipo de itinerario mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Tránsito atraído (TA)} = \text{TPDA} * \% \text{ RUTAS} * \text{F.U.} * \text{F.C.}$$

Donde:

T.A. = Tránsito Atraído

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual

% RUTAS = Porcentaje de rutas asignables

F.U. = Factor de Utilización

F.C. = Factor de Cuota

Posteriormente se obtiene el tránsito total, el cual incluye el tránsito inducido que representa del 3 al 4% y el tránsito generado que representa del 6 al 10% del tránsito atraído. A continuación se presentan dos escenarios, uno optimista y otro pesimista del tránsito total. En los Cuadros 36 y 37 muestran la asignación por el método AASITTO considerando un escenario optimista y uno pesimista, respectivamente. Considerando el tránsito potencial obtenido por métodos estocásticos se obtiene un captación que en términos generales en el escenario optimista es aproximadamente igual al obtenido por los otros métodos.

Cuadro 36

**TRANSITO TOTAL ASIGNADO. UNICAMENTE LIBRAMIENTO NORTE
ESCENARIO OPTIMISTA**

TRAMO	DEMANDA POTENCIAL				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	4,312	162	2,193	2,322	8,989
II. Calpulalpan-Tulancingo	3,826	148	1,240	1,517	6,732
III. Tulancingo-Pachuca	1,173	156	523	2,118	3,969
IV. Pachuca-Querétaro	2,598	85	832	1,723	5,238
Ponderado	3,187	136	1,293	1,916	6,533
Composición %	48.79	2.08	19.79	29.33	100.00
TRAMO	ASIGNADOS				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	885	87	264	632	1,868
II. Calpulalpan-Tulancingo	1,862	141	449	362	2,814
III. Tulancingo-Pachuca	1,352	122	348	356	2,178
IV. Pachuca-Querétaro	777	48	202	318	1,345
Ponderado	1,187	96	309	430	2,022
Composición %	48.79	2.08	19.79	29.33	100.00
TRAMO	CAPTACION				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	20.52	53.75	12.04	27.22	20.78
II. Calpulalpan-Tulancingo	48.66	95.27	36.20	23.86	41.80
III. Tulancingo-Pachuca	115.26	78.35	66.56	16.81	54.87
IV. Pachuca-Querétaro	29.91	56.66	24.28	18.45	25.68
Ponderado	37.23	70.65	23.90	22.44	30.95

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cuadro 37**TRANSITO TOTAL ASIGNADO, UNICAMENTE LIBRAMIENTO NORTE
ESCENARIO PESIMISTA**

TRAMO	DEMANDA POTENCIAL				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	4,312	162	2,193	2,322	8,989
II. Calpulalpan-Tulancingo	3,826	148	1,240	1,517	6,732
III. Tulancingo-Pachuca	1,173	156	523	2,118	3,969
IV. Pachuca-Querétaro	2,598	85	832	1,723	5,238
Ponderado	3,187	136	1,293	1,916	6,533
Composición %	48.79	2.08	19.79	29.33	100.00
TRAMO	ASIGNADOS				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	846	84	252	315	1,497
II. Calpulalpan-Tulancingo	1,780	135	429	347	2,691
III. Tulancingo-Pachuca	1,289	117	333	341	2,080
IV. Pachuca-Querétaro	743	47	193	303	1,286
Ponderado	1,134	93	295	324	1,846
Composición %	48.79	2.08	19.79	29.33	100.00
TRAMO	CAPTACION				
	A	B	CU	CA	TOTAL
I. Aut. Tlaxcala-Calpulalpan	19.62	51.90	11.49	13.57	16.65
II. Calpulalpan-Tulancingo	46.52	91.22	34.59	22.87	39.98
III. Tulancingo-Pachuca	109.89	75.14	63.69	16.10	52.40
IV. Pachuca-Querétaro	25.60	55.48	23.20	17.58	24.55
Ponderado	35.57	68.03	22.84	16.93	28.26

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

La asignación obtenida por el método de la AASHTO es semejante en cuanto a volumen asignado, con los métodos estocásticos, sin embargo, la composición vehicular y el volumen obtenido por tramo, es diferente.

IV.-) ESTUDIO ECONOMICO

IV.- ESTUDIO ECONOMICO

IV.1 GENERALIDADES

En la evaluación económica para los proyectos de infraestructura, es sumamente objetiva la evaluación de los beneficios sociales que éstos proporcionan, sobre todo cuando hablamos de proyectos relacionados con el transporte.

A través de éstas evaluaciones y sobre todo mediante un análisis de beneficio-costos podemos estimar los beneficios que estos proyectos generarán en términos monetarios y porcentuales, asignándoles un valor a los ahorros en costos de operación y de tiempo, al mejoramiento del nivel de servicio y a la seguridad.

Generalmente aquí se presentan dos situaciones a evaluar, una de ellas es manteniendo el estado actual de la infraestructura (situación sin proyecto) y otra lo que ocurriría al ponerse en servicio el proyecto sujeto a estudio (situación con proyecto).

Estas situaciones implican diversas relaciones entre la oferta y la demanda de la infraestructura. En las situaciones donde contamos con un proyecto existente comienza a valorarse una utilización de la vía a realizarse, motivo por el cual uno de los primeros pasos para la evaluación esté constituido por un análisis de oferta.

Otra de las fases importantes para la evaluación consiste en la estimación de tráfico potencial, así como su posible evolución.

La evaluación consiste en una comparación de costos. En el costeo se involucran básicamente la inversión en obra física (construcción/modernización) y su mantenimiento así como el costo de la operación de los vehículos que circulan sobre ella y el tiempo empleado por los usuarios.

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 los ahorros por menores tiempos de recorrido para los usuarios.

Los costos inherentes al proyecto, son los de la inversión inicial y los gastos programados para su futuro mantenimiento.

La rentabilidad de un proyecto se mide a través de diversos indicadores, como son: el valor presente neto, la tasa interna de retomo así como la relación beneficio-costo.

Para la evaluación del LNCM se utilizó la metodología establecida por el Banco Mundial, en la que se establece una comparación de las alternativas viales existentes, con el proyecto, los componentes a utilizarse son: i) los producidos por los ahorros en el costo de operación de vehicular y ii) los generados por el ahorros en tiempos de viaje.

IV.2 COSTOS

El costo por carretera se ha definido como la suma de los costos de construcción, mantenimiento, operación, equipamiento y costos operativos de transporte.

Costo de construcción son aquellos en que se requiere la preparación del mejoramiento de una carretera para el servicio, incluyendo derechos de vía, dispositivos de control, adaptación del terreno, etc.

Costo de mantenimiento son los requeridos para la preservación de la carretera y sus anexos, así como para conservar las instalaciones en condiciones de servicio, costos de operación incluyen los costos del control de tránsito, alumbrado y demás aspectos como son los administrativos e intendencia entre otros.

Costos de equipamiento son los relacionados con el equipo necesario para el funcionamiento de las casetas de peaje como son: equipo de control de aforo, equipo de cómputo, mobiliario de oficina, etc.

Costos de operación vehicular son los gastos relacionados con el vehículo como son llantas, lubricantes, aceites, gasolina, etc.

Evidentemente los costos operativos del transporte sobre la autopista y los costos para mantenerla con un nivel operativo adecuado no son los únicos que intervienen en el balance, como se menciona con anterioridad. Otro costo de gran importancia es el que emana del capital

invertido en la construcción de la obra. Estos costos tienen dos vertientes principales, en primer lugar el capital invertido en la construcción debe ser recuperado con alguna consideración relativa al interés de una inversión bancaria, en segundo lugar en la mayoría de los casos, el dinero utilizado para construir la autopista hubo de ser obtenido mediante un financiamiento ajeno al propio constructor, sea éste el estado o particular, en cuyo caso habrá pagarse ese financiamiento así como los intereses a partir de los recursos obtenidos por la operación de la autopista.

IV.2.1 COSTOS DE CONSTRUCCION

Este costo es el que representa un mayor impacto en el análisis. Debido a la falta del proyecto ejecutivo para el LNCM, fue necesario analizar diferentes experiencias de construcción similares a las del Libramiento Norte.

Por esta razón y debido a la inexistencia de un proyecto ejecutivo se tuvo que recurrir al análisis de información de autopistas más recientes para lo cual fue seleccionada como referencia la autopista Tula-Pachuca en el estado de Hidalgo (ver Cuadro 38), ya que presenta características topográficas similares al Libramiento Norte entre las adecuaciones que se realizaron destaca principalmente la que influye en la longitud de ambas, ya que el ancho de la corona que para esta es de 24 mts. Este problema se solucionó obteniendo el costo por kilómetro y considerando el 60% del mismo para el Libramiento Norte, que representa aproximadamente el costo de una carretera de 12 mts. de corona. De esta manera fue posible la homogeneización en cuanto a las características para la estimación de costos del Libramiento.

Del proyecto de la carretera Tula-Pachuca-Tulancingo se obtuvieron los costos unitarios, al dividir directamente los costos por partida entre la longitud del trazo se logró la siguiente estimación aproximada (ver Cuadro 39).

Con los que se obtuvo un costo por km de N\$ 4,944,374.73, cantidad que representa uno de los costos más bajos para la construcción de una autopista.

Cuadro 38

ESTIMACION DE COSTOS
 Libramiento Norte de la Ciudad de México
 Costos de construcción
 (Proyecto Tula-Pachuca-Tulancingo)

	UNIDAD	CU	Cantidad	Costo Total
Terracerías	km	\$1,681,327.95	135.7	\$228,156,202.82
Obras de Drenaje	km	\$484,742.27	135.7	\$65,779,526.04
Pavimentos	km	\$1,330,374.77	135.7	\$180,531,856.29
Puentes	Pte	\$1,402,581.00	74	\$103,790,994.00
Señalamiento	km	\$37,576.33	135.7	\$5,099,107.98
Casetas de Cobro				
Principales	lote	\$3,695,596.82	2	\$7,391,193.64
Auxiliar	lote	\$2,771,697.62	3	\$8,315,092.86
Subtotal				\$599,063,973.62
12% Lib. de Derecho de Vía, Supervisión y Proyecto ejecutivo				\$71,887,676.83
				\$670,951,650.46

Costos de conservación

	UNIDAD	CU	Cantidad	Costo Total
Conservación rutinaria	km/año	18,000.00	135.7	\$2,442,600.00
Conservación preventiva menor C/3 años				
Riego de sello	km	60,000.00	135.7	\$8,142,000.00
Pintura de señalamiento horizontal	m ²	15.00	65137	\$977,055.00
				\$11,561,655.00

Costos de conservación

	UNIDAD	CU	Cantidad	Costo Total
Conservación preventiva Mayor				
Sobrecarpetao de concreto asfáltico (Cada 7 años)		\$420,000.00	135.7	\$56,994,000.00
				\$56,994,000.00

...continua

Costos de operación

		Costo Total
Personal		\$334,500.00
Traslado de valores y Seguridad		\$45,950.00
Manto del equipo de transporte e instalaciones		\$44,884.00
Servicios		\$27,327.00
Boletos, Papelería y Art. de Limpieza		\$8,200.00
20% por control de Administración		\$92,172.00
		\$553,033.00

Costo de equipamiento

			Costo Total
Equipo de control de aforo	5	800,000.00	\$4,800,000.00
Equipo de cómputo	5	250,000.00	\$1,500,000.00
Mobiliario y equipo de oficina			\$60,000.00
Maq. menor de conservación	1	250,000.00	\$250,000.00
Equipo de transporte			\$650,000.00
			\$7,260,000.00

Fuente: SCT

Cuadro 39

LIBRAMIENTO NORTE DE LA CD. DE MEXICO
Costos de Construcción

CONCEPTO	UNIDAD	C U	CANTIDAD	TOTAL
TERRACERIAS				
Excavaciones				
Terraplenes				
Acarreos				
Subrasante				
	km	\$1,681,327.95	135.7	\$228,156,202.82
OBRAS DE DRENAJE				
Transversal (alcantarillas)				
Longitudinal (cunetas y contracunetas)				
	km	\$484,742.27	135.7	\$65,779,526.04
PAVIMENTOS				
Sub-base				
Base				
Carpeta y Acarreo				
Acarreo				
Pétreo para sello				
	km	\$1,330,374.77	135.7	\$180,531,856.29

continua...

PUNTES				
P.I.V.			50	
P.S.V.			16	
Entronques			5	
Cruce			3	
	Unidades	\$1,402,581.00	74	\$103,790,994.00
SEÑALAMIENTO				
Horizontal				
Vertical				
	km	\$37,576.33	135.7	\$5,099,107.98
CASSETAS DE COBRO				
Caseta Principal (de cuatro posiciones)		\$3,695,596.82	2	\$7,391,193.64
Caseta Auxiliar (de dos posiciones)		\$2,771,697.62	3	\$8,315,092.86
	Lotes			\$15,706,286.50
Sub-total		\$4,414,620.29		\$599,063,973.62
12% OTROS COSTOS				
Proyecto ejecutivo (3%)		\$132,438.61		\$17,971,919.21
Supervisión (5%)		\$220,731.01		\$29,953,198.68
Afectaciones (4%)		\$176,584.81		\$23,962,558.94
		\$4,944,374.73		\$71,887,676.83
COSTO TOTAL DE LA OBRA SIN IVA				\$670,951,650.46

Nota. Tomando como base los costos unitarios de la carretera Tula-Pachuca-Tulancingo

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., enero 1995

IV.2.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de carreteras se ha definido como la función de preservar reparar y restaurar una carretera y conservarla en condiciones de uso seguro, conveniente y económico. El mantenimiento comprende tanto aquellas actividades de mantenimiento físico tales como bacheo, llenado de juntas, sellado etc., como las actividades de servicio de tránsito entre las que se incluyen las marcas de la pintura en el pavimento señalización etc., los programas de mantenimiento de carreteras están diseñados para compensar los efectos del clima, vandalismo, crecimientos orgánicos, desgaste y daños provocados por el tránsito, así como deterioro debido a los efectos del envejecimiento, fallas de los materiales y fallas de construcción y de diseño.

Para garantizar que las condiciones físicas del Libramiento Norte en sus diferentes elementos (pavimentos, señalamientos, derecho de vía, casetas, alcantarillas y drenaje) se mantengan en las mejores condiciones es necesario establecer programas de mantenimiento

rutinario preventivo menor y mayor; esto implica tener un presupuesto por concepto de mantenimiento que impacta en los ingresos netos del Libramiento Norte.

IV.2.2.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO

El mantenimiento rutinario y menor requerido para realizarse en el LNCM durante la vida útil del mismo, abarca los siguientes conceptos:

a. Corona

- Reparación de baches
- Renivelaciones

b. Drenaje

- Limpieza, desasolve y reparación de cunetas, contracuentas, alcantarillas y lavaderos
- Pegado, cambio y reconstrucción de bordillos centrales y laterales
- Afinamiento de taludes
- Pintura de bordillos y cunetas

c. Derecho de vía

- Deshiere del derecho de vía
- Mantenimiento de la cerca perimetral
- Limpieza de derrumbes y basura
- Mantenimiento de taludes

d. Señalamiento

- Mantenimiento de barreras
- Mantenimiento de señales
- Pintura de referencias de cadenamientos, alcantarillas y pozos de drenaje

e. Otros conceptos

- Mantenimiento de pasos vehiculares y ganaderos
- Mantenimiento de árboles

IV.2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENOR Y MAYOR

Existe un programa de mantenimiento preventivo menor y mayor que incluye la colocación de riego de sello en periodos de cuatro años y medio y la colocación de una sobrecarpeta de refuerzo cada nueve años. El mantenimiento mayor se programa cada nueve años, período calculado en función de la cantidad de vehículos que se estima circularán por el Libramiento Norte, con lo que se calculó la vida útil de la sobrecarpeta, de refuerzo. La colocación del riego de sello cada 4.5 años concuerda con la práctica de mantenimiento en México. La programación del mantenimiento preventivo menor y mayor es adecuada siempre y cuando se mantenga el drenaje del Libramiento en condiciones óptimas.

En el Cuadro 40 se muestran los costos de mantenimiento calculados para el Libramiento por cada tipo de mantenimiento. Se presenta un costo anual del mantenimiento rutinario, un costo cada 4.5 años del mantenimiento preventivo menor y un costo cada 9 años del mantenimiento preventivo mayor.

Cuadro 40

COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL LIBRAMIENTO NORTE

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO/UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Conservación rutinaria (anual)	kn/año	N\$ 18,000.00	135.7	N\$2,442,600
Conservación preventiva menor C/4.5 años				
Riego de sello	km	N\$60,000.00	135.7	N\$ 8,142,000
Pintura de señalamiento horizontal	m ²	N\$ 15.00	65137	N\$ 977,055
		SUBTOTAL		N\$ 9,119,055
Conservación preventiva Mayor C/9 años				
Sobrecarpeta de concreto asfáltico	km	N\$ 420,000.00	135.7	N\$56,994,000

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., enero 1995

IV.2.3 COSTO DE EQUIPAMIENTO

Cualquier autopista de cuota requiere contar con un equipamiento de casetas para la operación y con los recursos para el mantenimiento rutinario y menor. Los elementos para la operación son el equipo de control de aforo, el equipo de cómputo y el mobiliario y equipo de oficina, para el mantenimiento rutinario se requiere equipo de transporte y maquinaria menor de conservación. Este equipo deberá tenerse al inicio de la operación del Libramiento. El Cuadro 41 muestra los costos de equipamiento investigados en el mercado considerando las cantidades necesarias para la operación y mantenimiento del Libramiento.

Cuadro 41

COSTO DE EQUIPAMIENTO DEL LIBRAMIENTO NORTE		
CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Equipo de control de aforo		N\$4,800,000
Equipo instalado en el carril	10	
Equipo en la cabina del cobrador	10	
Cuarto de control	5	
Equipo de computo		N\$1,500,000
PC de administración	10	
Sistema ininterrumpible de energía	5	
Impresora de reporte	5	
Mobiliario y equipo de oficina		N\$ 60,000
Escritorios	20	
Sillas	20	
Archiveros	20	
Maq. menor de conservación		N\$ 250,000
Rodillo manual	2	
Compactor neumático	2	
Cortador de hiervas	5	
Equipo de transporte		N\$650,000
Camionetas pick-up	4	
Camión de volteo	1	
		N\$ 7,260,000

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., enero 1995

IV.2.4 COSTOS DE OPERACION

La determinación de los costos de operación se realizó tomando en cuenta el aforo estimado del Libramiento, los elementos que se consideraron dentro del presupuesto de operación son los siguientes (ver Cuadro 42).

Cuadro 42

COSTOS DE OPERACION DEL LIBRAMIENTO NORTE	
CONCEPTO	COSTO TOTAL
PERSONAL	\$335,500.00
DIRECTOR DE OPERACION	
GERENTE DE OPERACION	
CONTADOR	
JEFE DE TURNO	
COBRADOR	
SECRETARIA DE GERENCIA	
CHOFER	
INTENDENCIA	
PRESTACIONES	
SOPORTE TECNICO	
ASESORES LEGALES	
VIATICOS	
GERENTE DE OPERACIONES	
SOPORTE TECNICO	
VARIOS	
UNIFORMES	
FIANZAS DEL PERSONAL	
SEGUROS VARIOS	
GASTOS DE REPRESENTACION	
CUOTAS Y SUBSCRIPCIONES	
TRASLADO DE VALORES Y SEGURIDAD	\$45,950.00
TRASLADO DE EFECTIVO	
RECUESTO DE DINERO	
COMISION POR CAMILLON	
VARIOS CONCEPTOS	
MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE TRANSPORTE E INSTALACIONES	\$ 44,884.00
VEHICULOS DE OPERACION	
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	
MANTENIMIENTO DE VEHICULOS	
TRANSPORTE DE PERSONAL	
CONSERVACION DE EQUIPO E INSTALACIONES	
SERVICIOS	\$27,327.00
AGUA	
ENERGIA ELECTRICA	
TELEFONO	
ARTICULOS DE PAPELERIA LIMPIEZA Y BOLETOS	\$ 8,200.00
BOLETOS Y PAPELERIA	
ARTICULOS DE LIMPIEZA	
20% DE CONTROL Y ADMINISTRACION	\$ 92,172.00
TOTAL POR AÑO	\$553,033.00

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., enero 1995

IV.2.5 COSTOS DE OPERACION VEHICULAR (VOC)

Las relaciones entre costos de operación y características de carreteras, incluida la rugosidad, fueron estudiadas en Kenia (1971-75), Brasil (1957-84), Santa Lucía (1977-82) e India (1977-83). Debido tanto a los antecedentes generados en Kenia como a una mayor disponibilidad de recursos financieros, los estudios más completos y confiables fueron los realizados en Brasil, por lo que fundamentalmente con base en sus resultados fueron construidos los modelos matemáticos con los que el Banco Mundial estructuró posteriormente un programa de cómputo denominado Costo de Operación Vehicular (VOC). El cual consiste en el uso de datos sobre características técnicas de vehículos nacionales, así como costos unitarios de sus insumos como también las características físicas de la carretera.

Con la finalidad de incorporar la variable de costos de operación en la toma de decisiones de los usuarios potenciales del LNCM, se realizó el presente análisis comparativo entre la red carretera actual y el proyecto del Libramiento Norte. Se estima que dicho proyecto tendrá un porcentaje importante de vehículos de carga, por lo que se procedió al cálculo de costos de las unidades más representativas que transitan por toda el área de influencia, las cuales se clasifican a continuación:

C₂- Camión de carga de dos ejes, sencillo el delantero y el dual trasero.

C₃- Camión de carga de eje sencillo delantero y eje tandem trasero.

T3-S2.- Camión de carga articulado con tractor de tres ejes y remolque con eje tandem trasero.

T3-S3.- Camión de carga articulado con tractor de tres ejes y remolque con eje triple trasero.

T3-S2-R4.- Camión de carga doblemente articulado con tractor de tres ejes y dos remolques, el primero con eje tandem trasero y el segundo con 2 ejes en tandem, uno delantero y el otro trasero.

Cabe mencionar que para obtener un análisis más completo no sólo se realizó el cálculo para los vehículos de carga sino que también se incluyeron los costos de operación de automóviles (A) y de autobuses (B2).

Para la realización de los cálculos se utilizó el modelo de costos de operación de vehículos de carga (VOC) basado en el "Vehicle Operating Costs Model Ver. 3.0" estructurado por el Banco Mundial en 1989, revisado y adecuado por el IMT.

IV.2.5.1 INSUMOS

Se refiere a los datos disponibles para el cálculo del costo de operación vehicular estos consisten como son: tipo de vehículo, kilometraje de recorrido, número de horas transitadas, etc., así como el costo de las unidades y la información actualizada de las características físicas de la red de influencia. La información resumida que más repercute en el costo de operación es sin duda la velocidad de operación del vehículo, el índice internacional de rugosidad del tramo (IIR) y su pendiente (PEND) se puede decir que estas variables son las que representan en si resultados favorables o desfavorables combinados con los aspectos económicos.

IV.2.5.1.2 CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

El tamaño y tipo de vehículos que transitan dentro de las carreteras influyen de manera directa en el diseño de éstas tanto de forma técnica, (en el cálculo de ancho de puentes, túneles, en las estructuras de pasos a desnivel, características geométricas, medidas de estacionamiento, etc.) como en el aspecto económico y de costos (costos de mantenimiento operación, los costos de tiempo y recorrido, costos de transición en los que influye directamente los cambios de velocidad que se dan según la variación de las condiciones de la carretera). Motivo por el

que se hace necesario que una vez que se ha realizado el estudio de tránsito se lleve a cabo una estimación de las características tanto físicas como operativas de los vehículos que transitan.

Ya que este tipo de información es necesaria para la aplicación del modelo utilizado para la realización de los costos de operación de los vehículos de carga (VOC).

El modelo se analizó para los costos de operación de automóviles (A) autobuses (B2), así como para vehículos de carga. Esta información se obtuvo de diversas compañías, que se relacionan con la rama de transporte y que cuentan con una gran variedad de unidades vehiculares, así como la obtención de los costos unitarios (de combustible, neumáticos, lubricantes, precio de las unidades, etc.) lo más actualizado posible.

A continuación se anexan Cuadros (43, 44, 45 y 46) con los datos recopilados necesarios para la aplicación del programa.

Cuadro 43

DATOS DE FLOTA Y UTILIZACION POR TIPO DE VEHICULO

Tipo	Modelo más común de la flota	Velocidad promedio de operación	Número de km promedio recorridos al año	Número de horas promedio recorridas al año	Edad del vehículo en km promedio	Vida útil promedio de servicio
C2	1990	89	90000	2208	8832	13
C3	1989	85	72360	1608	8040	15
T3-S2	1990	80	126500	2583	10332	9
T3-S3	1990	75	133966	2745	10980	12
T3-S2-R4	1992	67	140400	3120	6240	10

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

Cuadro 44

CARACTERISTICAS PROMEDIO DE VEHICULOS DE CARGA

Tipo	Peso promedio del vehículo vacío	Carga promedio del vehículo (Ton)	Máximo No. de renovaciones	Costo promedio del tiempo del operador (NS/hr)	Costo promedio de mantenimiento (NS/hr)	Costos indirectos veh-km promedio
C2	6.45	8.33	2	41	21	0.013
C3	6.947	9.7	2	29	17	0.018
T3-S2	15.133	24.5	2	35	24	0.028
T3-S3	15.386	31	2	35	24	0.028
T3-S2-R4	26.486	42	2	26	24	0.021

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Cuadro 45

COSTOS Y PESOS DE LOS VEHICULOS

Tipo de vehículo	Modelo	Peso del vehículo vacío (ton)	Costo de la unidad NS
C2	Kenworth	6.1	246,650
C3	Kenworth	6.5	276,242
T3	Mercedes Benz FLD 120 FA	8.39	402,812
S2	FB8-F2-35'X102" 2 ejes	3.53	71,314
S3	PBFB8-F3-40'X102" 3 ejes	4.14	96,787
R4	FB8-F2-30'X102" 2 ejes	3.03	34,343
B2	Dina Viaggio 1000	8.1	900,000
A	Golf Manhattan	1.2	77,122

Nota: no incluye el precio de las llantas

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Cuadro 46

COSTO UNITARIO POR TIPO DE NEUMATICO Y MARCA

Tipo de vehículo	Tipo de llantas	Número de llantas	Costo unitario por marca NS			Costo de renovación por llanta NS
			Fireston	Good Year	Euzcadi	
C2	1000X20-12	6	1,192.17	1,226.55	1,156.52	791.10
C3	Radiales sin cámara 12R22 5	10	2,260.87			700.00
T3	12R24 5	10	2,347.83			700.00
	Diseño Carretera 11X22-12 capas	10	1,391.30	1,470.50	1,380.87	871.10
	Radial Diseño Carretera 11R24 5	10	2,129.57	3,280.15	2,417.39	
	Radial sin cámara 11R24 5-14 capas	10				1,075.00
B2	Radial 11R24 5 16 capas	10	2,007.83	1,660.05	2,417.39	1,075.00
A	Radial sin cámara 305/75 R24 5	7			2,347.83	
	185/60 R14	5	473.91	521.73	529.85	

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

IV. 2.5.1.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA RED DE INFLUENCIA

Esta es otra de las informaciones necesarias para la aplicación del VOC. Consiste en la descripción de las características físicas de la red de influencia. Para su análisis se dividió en cinco tramos que a su vez fueron divididos estos en subtramos que se consideraron con cierta importancia dentro del estudio (ver Cuadro 47).

Cuadro 47

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AREA DE INFLUENCIA POR TRAMOS

TRAMOS	IIR	Pend.Med. Positiva %	Pend.Med. Negativa%	Proporción Viaje Ascen. %	Curvatura Horizon. grad/km	No.de Carriles
PALMILLA-TLAXCALA						
Palmillas-Ixmiquilpan	10		2		200	1,2
Ixmiquilpan-Actopan	10	3		10	300	1,2
Actopan-Pachuca	8	2		10	200	1,2
Pachuca-E.Tulancingo	6		3		300	1
E.Tulancingo-Cd.Sahagún	8	3		25	300	1
Cd.Sahagún-Calpulalpan	10	2		5	200	1
Calpulalpan-E.Tlaxcala	8	3		15	300	1
E.Tlaxcala-San Mar.Texm.			2		200	
LOS REYES-PUEBLA (Libre)						
Los Reyes-San.Mar.Texm.	8	6		50	1000	1
San.Mar.Texm.-Puebla	6	2		50	200	1
LOS REYES PUEBLA (Cuota)						
Los Reyes-San.Mar.Texm.	4	1		50	100	2
San.Mar.Texm.-Puebla	4		1		100	2
LECHERIA-PALMILLAS (Cuota)						
Lecheria-Huehuetoca	2	1		5	100	2,3,6
Huehuetoca-Tepeji del Río	2				100	2,3
Tepeji del Río-Palmillas	2	1			100	2,3
LECHERIA-LOS REYES						
Lecheria-Vta.de Carpio	4	1			100	2,4
Vta.de Carpio-Texcoco	6	1			100	2
Texcoco-Los Reyes	8		1		100	2,3

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

IV.2.5.1.3 RESULTADOS

Los cálculos realizados por el VOC arrojaron resultados de costo de operación por kilómetro para cada tipo de vehículo, considerando diferentes alternativas. Se aplicó el modelo con las características físicas actuales de las rutas, obteniéndose el costo de operación por cada 1000 vehículos para cada uno de los tramos considerados.

Cabe mencionar, que las condiciones bajo las cuales el modelo de costos de operación realiza los cálculos, es considerando un flujo libre, por lo que la velocidad permanece constante, de tal forma, que para obtener resultados más reales, se consideró una velocidad afectada por la saturación con la que se calibró una velocidad de acuerdo a la obtenida en campo. Se analizaron cuatro alternativas posibles de recorrido, que compiten con la ruta proyectada del Libramiento Norte, considerando las características físicas actuales de los tramos. El Cuadro 48 muestra los ahorros en costos por tipo de vehículo para cada una de las alternativas contra el Libramiento Norte.

Cuadro 48

AHORRO EN COSTOS DE OPERACION ENTRE LAS ALTERNATIVAS Y EL LIBRAMIENTO NORTE

ALTERNATIVA	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S3-R4	B2	A	TOTAL
1. Palmillas-Calpulalpan	272.1	264.75	489.41	508.32	569.68	134.28	90.07	2328.61
2. Palmillas-San Martín Tex. (libre)	242.85	263.92	496.84	551.16	752.5	190.7	58.47	2556.44
3. Palmillas-San Martín Tex. (cuota)	136.45	154.16	286.03	314.22	434.3	105.21	36.54	1466.91
4. Palmillas-Calpulalpan (vía Texcoco)	102.11	115.51	218.76	230.84	348.07	79.14	21.85	1116.28

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Las alternativas 1 y 4 son parciales hasta Calpulalpan, por lo que de agregar el tramo de Calpulalpan a San Martín Texmelucan el costo se incrementaría en un 80% aproximadamente. La alternativa más conservadora en función de los ahorros en costos de operación es la alternativa 3, por lo que ésta se toma como base para el cálculo de los ahorros totales en costos de operación.

El Cuadro 49 muestra los ahorros totales por costos de operación de vehículos, considerando la estimación de tránsito para el LNCM y considerando las características físicas actuales de la superficie de rodamiento del área de influencia.

Cuadro 49

AHORROS TOTALES EN COSTOS DE OPERACION CON LA IMPLEMENTACION DEL LIBRAMIENTO NORTE

CONCEPTO	A	B	CU	CA	TOTAL
AFORO (TPDA)	1,461	77	273	327	2138
AHORRO POR COSTO/UNITARIO NS	36.54	105.21	145.3	344.85	
AHORRO TOTAL NS/DIA	53,385	8101	39,667	112,766	213,920

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

IV.2.5.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

En su gran mayoría para la realización de proyectos sólo contamos con cierto grado de seguridad, en las variables que intervienen para la obtención de resultados. Es precisamente esta falta de certeza sobre el futuro lo que hace a la toma de decisiones económicas una de las tareas más difíciles a realizar.

La evaluación y la dictaminación de proyectos debe permitir conocer las implicaciones que se tendrían de llevarse a cabo las inversiones y, de esta manera, determinar las estrategias para minimizar los riesgos. El comportamiento financiero de un proyecto suele ser influenciado en mayor o menor medida por las diversas variables que lo integran. Un análisis de sensibilidad permite conocer el comportamiento financiero del proyecto ante cambios en dichas variables y, de esta manera establecer la estrategia para minimizar los riesgos.

Para el presente estudio se realizaron análisis de sensibilidad con la velocidad deseada, y con las características del pavimento, para observar de que manera afectan estos parámetros a los costos de operación de los vehículos.

En la toma de decisiones rara vez se restringe el interés a un solo resultado de análisis. Típicamente se está interesado en el rango total de resultados posibles que resultarán de la

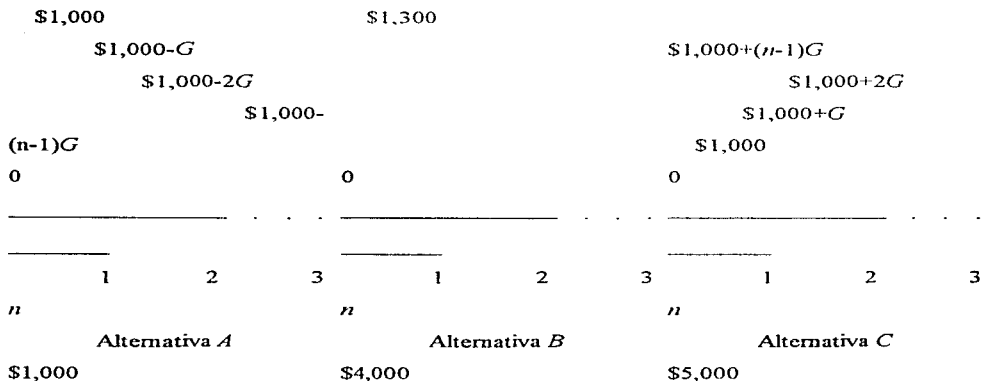
variación en las estimaciones que puedan ocurrir. Por tanto, un estudio económico amplio debe investigar qué tan sensibles son los resultados finales a cambios de el uso de las estimaciones.

Un ejemplo de la técnica del análisis de sensibilidad es el que se examinará la variación en la cantidad equivalente anual de las tres alternativas de inversión a cambios en su gradiente, la tasa de interés utilizada y sus vidas útiles esperadas. La ganancia equivalente anual esperada de cada una de estas alternativas es la base para juzgar la descabilidad económica.

La Alternativa *A* requiere de una inversión inicial de \$1,000 seguida de ingresos que conforman una serie gradiente como la muestra la Gráfica 7. La ganancia equivalente anual de la Alternativa *A* se expresa como:

$$EA_A(i) = -\$1,000 \quad \left(\overset{A/P, i, n}{} \right) + \$1,000 - G \left(\overset{A/G, i, n}{} \right)$$

Gráfica 7
FLUJO DE FONDOS DE TRES ALTERNATIVAS DE INVERSION



La Alternativa *B* se produce \$1,300 anuales durante *n* años con una inversión inicial de \$4,000, como lo muestra la Gráfica 7. Los ingresos de esta alternativa son una serie uniforme y su ganancia equivalente anual se expresa:

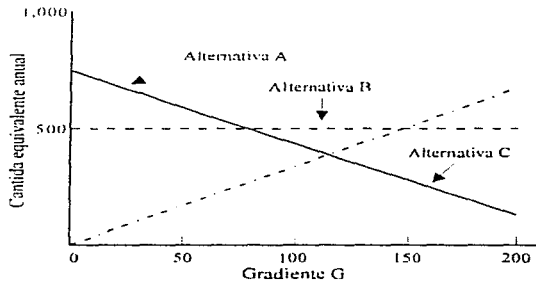
$$EA_B(i) = -\$4,000 \left(\frac{A/P, i, n}{i} \right) + \$1,300$$

La Alternativa *C* requiere una inversión de \$5,000 que producirá ingresos que se espera se incrementen uniformemente durante la vida útil de la inversión como lo muestra la Gráfica 7. La ganancia equivalente anual de esta alternativa se expresa:

$$EA_C(i) = -\$5,000 \left(\frac{A/P, i, n}{i} \right) + \$1,000 + G \left(\frac{A/G, i, n}{i} \right)$$

Considere la situación en donde se espera que la vida útil de las tres alternativas será de 10 años y la tasa de interés apropiada es 15%. ¿Cuáles son los efectos sobre las ganancias de estas tres alternativas cuando los valores de *G* van de \$0 a \$200? De las expresiones para la ganancia equivalente anual de las tres alternativas se observa que las alternativas *A* y *C* están directamente afectadas por cambios en *G* mientras que la alternativa *B* no se afecta. Estas observaciones son evidentes en la Gráfica 8.

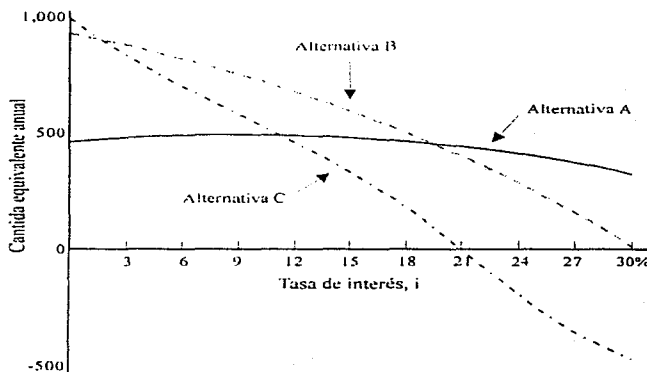
Gráfica 8
SENSIBILIDAD DE LA CANTIDAD EQUIVALENTE ANUAL AL GRADIENTE



Si por otra parte se cree que las mayores variaciones estarán asociadas con la tasa de interés estimada que va a usarse, pueden investigarse los cambios en la ganancia equivalente anual como función de la tasa de interés. Suponga que el gradiente es \$100 para la alternativa A y C y que la vida útil esperada de cada una de las tres alternativas es de 10 años. Si estos dos parámetros se mantienen constantes, los cambios en la ganancia equivalente anual pueden calcularse para rangos de la tasa de interés de 0% a 30%. Los resultados de este análisis se presentan en la Gráfica 8.

Manteniendo constantes los valores del gradiente y la tasa de interés, es posible estudiar cómo las variaciones en la vida útil estimada de estas alternativas afectan sus ganancias equivalentes anuales. Para este análisis el gradiente se fijó en \$100 y se le asignó a la tasa de interés el valor de 15%.

Gráfica 9
SENSIBILIDAD DE LA CANTIDAD EQUIVALENTE ANUAL
A LA TASA DE INTERÉS

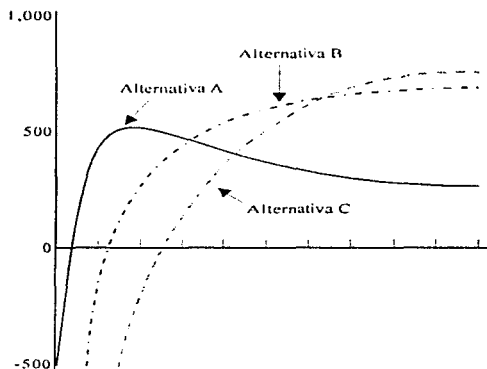


Alternativas preferibles para rangos de la tasa de interés

Alternativa posible	Rango de las tasa de interés
Alternativa <i>A</i>	$0 \leq i \leq 4\%$
Alternativa <i>B</i>	$4\% \leq y \leq 16\%$
Alternativa <i>C</i>	$16\% \leq y \leq 30\%$

Un examen de la Gráfica 9 revela que la rentabilidad de las alternativas *A* y *C* se afecta significativamente por el gradiente que se estime. Es obvio que la rentabilidad de la alternativa *B* no se afecta por tal estimación. También se ve que para las cantidades del gradiente en el rango \$0 a \$200, todas las alternativas producirán una contribución positiva a las ganancias. Por tanto, con respecto a la estimación del gradiente parece que existe poca probabilidad de que ocurrirán pérdidas financieras para cualquiera de esta actividades. Sin embargo, cuando se comparan estas tres alternativas es posible determinar para una estimación en particular qué alternativa será preferible. En la Gráfica 8 se ve que la alternativa *A* es preferible a las otra mientras que el valor de la estimación del gradiente sea menor a \$88, en tanto que la alternativa *B* es preferible para el rango de valores de \$88 a \$147. Para valores estimados mayores a \$147, es preferible la alternativa *C*. El uso de esta información provee conocimiento con respecto a la sensibilidad de estás alternativas a la estimación del gradiente. Pueden hacerse interpretaciones similares para las Gráficas 9 y 10. Por ejemplo, se ve el la Gráfica 9 que para el rango considerado de tasas de interés la alternativa *A* siempre es rentable. Sin embargo, si la tasa de interés supera el 22%, la alternativa *C* se volverá no rentable. La alternativa *B* se vuelve no rentable si la tasa de interés supera el 30%. Con la Gráfica 9 es posible especificar el rango de las tasas de interés para el cual una alternativa es más rentable que las otras. Por tanto si se cree que la tasa de interés que se utilizará en este análisis estará en la vecindad del 90%, la alternativa *B* es la opción obvia grandes variaciones relativas de esta tasa del 10% no cambiarán la decisión y en consecuencia puede utilizarse con confiabilidad la decisión.

Gráfica 10
SENSIBILIDAD DE LA CANTIDAD EQUIVALENTE ANUAL A CAMBIOS
EN LA VIDA DE LAS ALTERNATIVAS



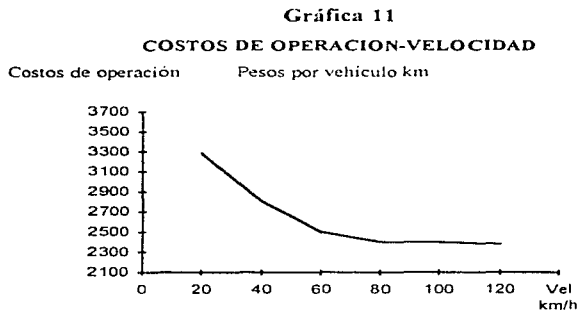
Alternativas preferibles para rangos de la tasa de interés

Alternativa posible	Rango de las tasa de interés
Alternativa A	$0 \leq n \leq 4\%$
Alternativa B	$4\% \leq n \leq 16\%$
Alternativa C	$16\% \leq n \leq 30\%$

El efecto de las varias estimaciones de la vida útil de las alternativas sobre la rentabilidad se presentan en la Gráfica 10. Aquí se observa que las alternativas A, B y C deben tener vidas útiles que excedan los 2, 5 y 7 años respectivamente con el fin de asegurar una ganancia.

IV.2.5.2.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD A LA VELOCIDAD

De los resultados del análisis de sensibilidad puede comentarse, que a velocidades muy bajas, el costo se incrementa considerablemente y conforme la velocidad aumenta, el costo disminuye, llegando a un punto en el cual casi llega a estabilizarse, por lo que, el ahorro en costo, es poco considerable al seguir aumentando la velocidad (ver Gráfica 11).



IV.2.5.2.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD A LAS CARACTERISTICAS DEL PAVIMENTO

De acuerdo con los términos de referencia se llevó a cabo un segundo análisis en el cual se consideró una superficie de rodamiento igual para las dos rutas (actual y futura), es decir, con el mismo Índice Internacional de rugosidad (IIR).

Para realizar el análisis comparativo se tomaron las mismas cuatro alternativas posibles del estudio anterior. Los costos de operación vehicular, considerando las superficies de rodamiento similares se reducen, pero el factor más significativo en la disminución del costo, sigue siendo la distancia total del recorrido.

El Cuadro 50 muestra los resultados en el ahorro en costos de operación para la asignación estimada y considerando similares condiciones del pavimento.

Cuadro 50

AHORRO EN COSTOS DE OPERACION POR TIPO DE VEHICULO Y ASIGNACION

CONCEPTO	A	B	CU	CA	TOTAL
AFORO (TPDA)	1,461	77	273	327	2,138
AHORRO POR COSTO/UNITARIO NS	32.17	99.72	132.31	320.01	
AHORRO TOTAL NS/DIA	47,000	7,678	36,121	104,643	195,443

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

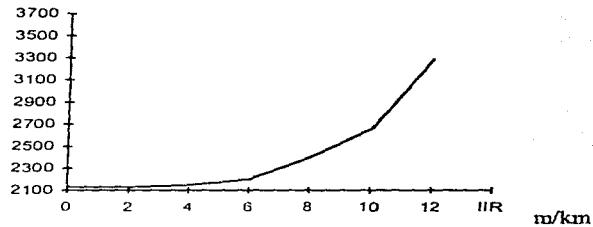
La reducción en ahorro de costos de operación considerando similares condiciones del pavimento es aproximadamente 10%, con respecto al análisis con las condiciones del pavimento actuales (ver Gráfica 8).

Gráfica 12

COSTOS DE OPERACION-IRR

Costos de operación

Pesos por vehículo km



IV.3 AHORRO EN LOS COSTOS DE OPERACION

El beneficio adquirido mediante el ahorro en los costos de operación se obtiene mediante la disminución en la distancia de recorrido, el incremento de la velocidad y las mejoras en las superficies de rodamiento. Esto nos permite su valoración directa y una facilidad de medición en términos monetarios.

Una manera de ejemplificar la considerable disminución en el ahorro de las distancias de recorrido la podemos observar en la distancia de Puebla a Querétaro, en la que la distancia en km sin proyecto tiene una longitud de 175.00 km, si tomamos ahora la longitud de este mismo tramo con el proyecto ya establecido tenemos que esta alcanza una longitud de 135.7 km, la diferencia entre ambas es considerable, ya que 39.3 km, representa un 22.45% de disminución en la distancia de recorrido.

IV. 4 AHORROS EN TIEMPO DE VIAJE DE LOS USUARIOS

El valor del tiempo del viaje es el producto del total de horas-vehículo (por tipo de vehículo) y el valor unitario promedio. La magnitud del viaje depende de la velocidad de recorrido promedio así como el número y duración de las paradas. Los estudios han indicado que el valor que se otorga al tiempo de viaje depende del propósito de éste, así como el tiempo ahorrado para su realización.

El beneficio en el ahorro del tiempo total de viaje para el Libramiento Norte, se obtuvo a través de la reducción de la distancia de recorrido total y/o por el incremento de la velocidad de operación. La función con la que se obtuvo el ahorro en tiempo considera el aforo, la ocupación promedio por vehículo y los ingresos medios por tipo de usuario.

De esto podemos comentar que a velocidades muy bajas (pendiente alta), el costo se incrementa considerablemente y conforme la velocidad aumenta (pendiente baja), el costo disminuye, llegando a un punto en el cual casi llega a estabilizarse.

IV.5 PRINCIPALES INDICADORES DE LA EVALUACION ECONOMICA

La adecuada evaluación de un conjunto de alternativas generadas por un proyecto de inversión o determinado por directrices de desarrollo de una región, se ubica generalmente en tres rubros, la evaluación económica, una evaluación conjunta y comparativa de las alternativas desarrolladas utilizando varios enfoques metodológicos, como el análisis de decisiones y la teoría de utilidad.

Para una adecuada evaluación económica fundamentada en costos de oportunidad del capital, así como los impactos en el bienestar de la comunidad, es necesario la utilización de indicadores como son el valor actual neto (VAN), la relación beneficio-costos (B/C), así como tasa interna de retorno (TIR).

IV. 5.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Se define como el ingreso neto que obtendrá la empresa en valores actualizados, el cual puede ser positivo o negativo. En el cálculo del VAN no se obtiene como resultado una rentabilidad (conveniencia de llevar a cabo una inversión o no) en términos de tasa de interés, ésta debe de ser seleccionada previamente.

El valor actual neto de un proyecto se obtiene sumando sus beneficios netos anuales actualizados a una determinada tasa:

$$VAN = B_{N0} + B_{N1} / (1+i)^1 + \dots + B_{Nn} / (1+i)^n$$

generalizando

$$VAN = \sum_{j=0}^{j=n} \frac{B_{Nj}}{(1+i)^j}$$

Donde:

- VAN = Valor Actual Neto
- B_{Nj} = Flujo neto de efectivo anual desde $j=0$ hasta $j=n$
- i = Tasa de actualización
- n = Vida útil del proyecto (HP)

Horizonte de proyecto (HP) este es el período de tiempo considerado para el análisis y las proyecciones de los datos. El HP no puede ser indefinido, se debe de acordar una temporalidad de hasta cuando se recibirán ingresos o se incurrirán en costos, fijando un horizonte idóneo para la evaluación de proyectos, éste dependerá de los siguiente factores:

- Vida útil del grueso de los activos
- Tipo de recursos sujetos a explotación
- Plazo de amortización
- Vida económica de la inversión

Bajo este indicador un proyecto será considerado conveniente si el VAN es positivo o cuando menos igual a cero (esto último es muy difícil que ocurra) pues casi siempre aparece una cantidad determinada, si el VAN es negativo, esto indica que no es conveniente y se debe rechazar.

Para seleccionar la tasa de interés necesaria para poder calcular el VAN, se siguen cualquiera de los siguientes criterios:

1) Costo de oportunidad del capital (COC) que es la máxima tasa de interés bancaria a largo plazo.

2) TREMA, que es la tasa de rendimiento mínima atractiva esperada por los inversionistas una vez considerado el riesgo.

3) Tasa de oportunidad de la empresa, (TOE) que es la tasa de rendimiento que actualmente obtienen los inversionistas en negocios parecidos a los de proyecto, por lo que una inversión más, minimamente les debe redituar lo mismo que obtienen en su empresa.

4) Tasa de costo del capital (TCC), esta es la tasa que pactaron para el financiamiento a mediano o largo plazo y es una medida de eficiencia, para comprobar que el proyecto rinde igual o más que su costo de capital, sobre todo para proyectos públicos.

Si se tiene un proyecto con una inversión inicial de 4037.2 millones, beneficios netos de 1619 millones por año y un horizonte de 4 años, ¿cuál será el valor neto, si el costo de oportunidad del capital es del 10% anual?

CONCEPTO / AÑO	0	1	2	3	4
FLUJO NETO DE EFECTIVO	(4037.2)	1619	1619	1619	1619

$$VAN = (4037.2) + 1619/(1.10) + 1619/(1.10)^2 + 1619/(1.10)^3 + 1619/(1.10)^4$$

$$VAN = (4037.2) + 5.132.01$$

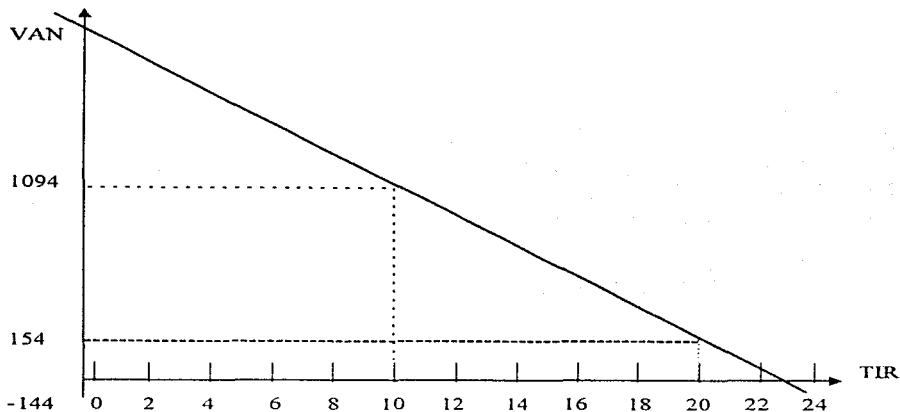
10%

$$VAN = 1094.81$$

10%

Si la tasa de interés seleccionada fuera del 24% anual, entonces el VAN es de -144.67, como el resultado es negativo el proyecto se rechaza. Los diferentes valores del VAN pueden graficarse, observándose también la TIR:

PRESENTACION GRAFICA DEL VAN Y DEL TIR



En la gráfica anterior se observa que a una mayor tasa de actualización, el VAN disminuye. Cuando la tasa de actualización es igual a 22.0 el VAN = 0 y a tasas mayores que esta última, el VAN será negativo.

IV.5.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Este indicador refleja el rendimiento de los fondos invertidos, siendo un elemento de juicio muy usado y necesario cuando la selección de proyectos se hace bajo una óptica de racionalidad y eficiencia financiera. La tasa interna de retorno o rentabilidad financiera de un proyecto, se define de dos formas:

1) Como aquella tasa de actualización que hace nulo el valor actual neto del proyecto, es decir, cuando el VAN es cero, situación que se observa en la gráfica anterior. algebraicamente esto se representa así:

$$\sum_{j=0}^{j=n} \frac{B_{nj}}{(1+i)^j} = 0$$

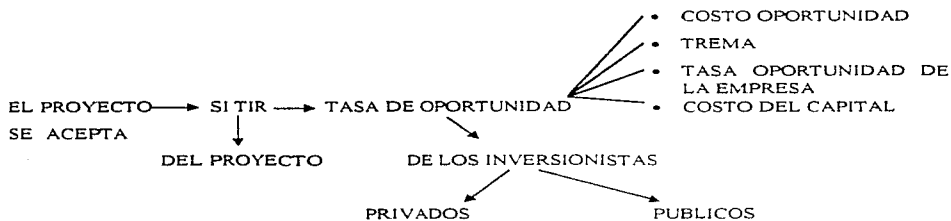
Donde i es la TIR

Por lo tanto, a diferencia del VAN la TIR supone que el cálculo de ésta va al encuentro de una tasa de interés, generalmente mediante tanteos.

2) Es la máxima tasa de interés que pueda pagarse o que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y que conlleva la recuperación o consumos del capital.

Algunos autores han mezclado estas dos situaciones y llegan a un concepto de TIR verdadera, que es el producto de considerar los beneficios que genera el proyecto, más los beneficios de la reinversión a una tasa de oportunidad "x", lo que a todas luces es subjetivo, pues la decisión de la reinversión y la tasa que encuentren los socios, son cuestiones ajenas a la empresa.

La decisión de la inversión con base en la tasa interna de retorno es también muy sencilla, se debe seleccionar el proyecto cuya TIR sea mayor a la tasa de oportunidad (TO) que los inversionistas han escogido, se pueden tomar cualquiera de las cuatro tasas propuestas para el cálculo del VAN:



IV.5.3 TASA INTERNA DE RETORNO MODIFICADA (TIRM)

Su interpretación es similar a la TIR, pero ésta incluye un factor de eliminación de efectos externos en el tiempo de vida del proyecto, mediante la conversión de la vida útil de la inversión a un factor ($1/\text{Vida Útil de Inversión}$), al cual se eleva la relación B/C y posteriormente se le aplica la tasa de descuento.

IV.5.4 RELACIONES ENTRE VAN Y TIR

Si existe una sola solución al cálculo de la TIR o si no se comparan alternativas excluyentes de proyectos son flujos de efectivo contrastados en el tiempo, entonces las relaciones existentes son:

SI $TIR > T_0$	SIGNIFICA QUE	$VAN > 0$
SI $VAN = 0$	SIGNIFICA QUE	$T_0 = TIR$
SI $TIR < T_0$	SIGNIFICA QUE	$VAN < 0$

En estos casos el VAN y la TIR proporcionan indicadores iguales en cuanto a las decisiones de aceptación o rechazo de una inversión, sin embargo recuérdese que son indicadores independientes.

IV.5.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL VAN Y TIR

Ventajas y Desventajas del VAN:

En el método de flujos descontados (el cual consiste en obtener un valor actual partiendo de la generación neta de efectivo proyectada para un período determinado) se muestra que el uso de recursos en un proyecto se justifica si sus beneficios exceden a sus costos, evaluados a una tasa de descuento que reflejará el costo de oportunidad del capital.

El VAN indica de manera clara y exacta si la realización de un proyecto es conveniente ($VAN \geq 0$), o no conveniente ($VAN < 0$). Este criterio es muy útil sobre todo para seleccionar con exactitud de un grupo de proyectos, aquel que brinda el máximo beneficio, con respecto al de menor beneficio; de un VAN positivo más alto a uno negativo.

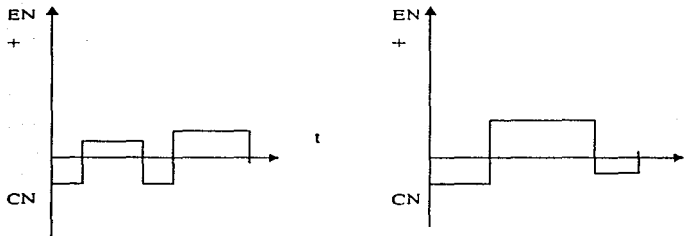
A pesar de la importancia de este indicador, su aplicación presenta una cierta desventaja, la dificultad para determinar adecuadamente la tasa de oportunidad, elemento que juega un papel clave en la obtención de los resultados de un conjunto de proyectos analizados.

Sin embargo, la definición de la tasa dependerá en última instancia del grupo de inversionistas o del comité de inversiones, basándose en cualquiera de los factores analizados.

Ventajas y Desventajas de la TIR

En contra posición, la ventaja de la TIR reside en que puede calcularse utilizando los datos correspondientes al proyecto, prescindiendo hasta cierto punto, de la tasa que representa el costo de oportunidad del capital.

En cuanto a las desventajas de la TIR, en primer lugar, hay proyectos para los cuales es posible obtener varias tasas de rentabilidad. Este caso sucede cuando el proyecto presenta alternadamente períodos con flujos positivos y negativos, tal como se muestra en las gráficas siguientes:



IV.5.6 LA RELACION BENEFICIO-COSTO (B/C)

Este indicador se define como la relación entre los beneficios y los costos de un proyecto generalmente a valores actuales. Si la relación B/C es mayor o igual a uno, el proyecto deberá aceptarse por cuanto indica que sus beneficios son mayores que sus costos o equivalentes a la tasa de oportunidad, que es la conveniente para los inversionistas.

Si el indicador es menor que uno, se debe rechazar el proyecto.

Lo anterior se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{j=0}^{j=n} \frac{B_{jt}}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^{j=n} \frac{I_j}{(1+i)^j} + \sum_{j=0}^{j=n} \frac{C_o}{(1+i)^j}}$$

Donde:

- B_B = Beneficios brutos
- C_o = Costos de operación
- I = Costos de inversión
- i = Tasa de actualización seleccionada
- n = Vida útil del proyecto

En general las decisiones aplicando la relación beneficio-coste, siguen las mismas recomendaciones que el VAN, por esta razón es un indicador de mayor peso en la evaluaciones eco-sociales que en las financieras.

IV.6 INSUMOS

La estimación de los beneficios sociales del Libramiento Norte, fue realizada mediante la alimentación obtenida tanto de las vías actuales como con la información que pudo ser recopilada de los datos de proyecto, se analizó y los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

i.-) Costo de la obra

El análisis de los costos de proyecto de la obra ascendió a la cantidad de USD \$84,810,000. A continuación se muestra el desglose de cada uno de los costos que integran el costo total de la obra.

Costo de construcción.....	670, 951, 850.46
Puesta en marcha.....	269, 685.00
Costo de equipamiento.....	<u>7, 260, 000.00</u>
Programa de inversión	NS 678, 481, 348.46
	+
Refinamiento de interés	44, 203, 571.00
Gastos y comisiones bancarias	3, 851, 368.00
Fianzas y seguros	<u>2, 434, 746.00</u>
Costo de proyecto	728, 971, 033.46

Cantidad que representa el costo total del proyecto, y que evaluada en dólares para efectos de cotización en el período de noviembre de 1995 se tomó el valor de paridad del dólar frente al peso de aproximadamente N\$ 8.595 por dólar.

ii.-) Longitud

La longitud del proyecto es de 135.7 km, y para la longitud sin proyecto se tomaron las longitudes actuales para cada uno de los tramos.

Como se ha mencionado anteriormente se consideraron diez tramos o arcos diferentes (alternativas) del recorrido total del viaje, que fueron estudiados tanto para condiciones actuales (sin proyecto) como para las implementadas (con proyecto), la continuación mostramos los 10 tramos que fueron objeto de las alternativas en estudio, para los viajes potenciales en el Libramiento Norte, así como las distancias que fueron utilizadas (ver Cuadro 51).

Cuadro 51

DISTANCIAS POR TRAMO ANALIZADO PARA LA EVALUACION ECONOMICA

TRAMO	LONGITUD	LONGITUD
	(sin proyecto en km)	(con proyecto en km)
A-B Puebla-Calpulalpan	99.90	40.70
A-C Puebla-Tulancingo	172.00	75.70
A-D Puebla-Pachuca	163.10	98.70
A-E Puebla-Querétaro	175.00	135.70
B-C Calpulalpan-Tulancingo	85.70	35.00
B-D Calpulalpan-Pachuca	100.90	58.00
B-E Calpulalpan-Querétaro	112.80	95.00
C-D Tulancingo-Pachuca	73.50	23.00
C-E Tulancingo-Querétaro	97.10	60.00
D-E Pachuca-Querétaro	83.50	37.00

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

iii.-) Vida útil

De acuerdo a los criterios de evaluación económica y a la magnitud de la obra se consideró para fines del análisis económico una vida útil de 15 años.

iv.-) Tasa de crecimiento del tránsito

La tasa de crecimiento del tránsito para autos, autobuses y camiones es de 2.54%, 2.50% y 2.51% respectivamente. Estas fueron obtenidas mediante los estudios de tránsito realizados.

v.-) Volúmenes vehiculares

Este representa la demanda que se atrae al proyecto de tal forma que, para fines de evaluación, se tomó el mismo aforo con o sin proyecto, a continuación podemos observar los volúmenes de tránsito asignados para la evaluación (ver Cuadro 52).

Cuadro 52

VOLUMEN VEHICULAR ASIGNADO PARA LNCM
(Ponderado por la distancia)

TIPO DE VEHICULO	VOLUMEN
Autos	1,461
Autobuses	77
Camiones	600
Total	2,138

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

vi.-) Velocidades

Las velocidades de operación para las condiciones actuales, se obtuvieron mediante estudios de tiempos de recorrido, para la condición con proyecto se estimó la velocidad de

acuerdo a las características geométricas del Libramiento Norte, llegando a la siguiente consideración:

Para autos de 100 km/hr, para autobuses de 90 km/hr, y para camiones de 80 km/hr. La velocidad se consideró a flujo libre (para un escenario conservador).

vii.-) Tasa de ocupación promedio

Esta se obtuvo a través de las encuestas de origen destino aplicadas en el área de influencia del proyecto, por lo que contienen la tasa de ocupación promedio, por tipo de vehículos (autos y autobuses) para las alternativas con o sin proyecto. A continuación mostramos como la tasa de ocupación varía dependiendo de la ubicación del tramo de análisis (ver Cuadro 53).

Cuadro 53
TASA DE OCUPACION POR TIPO DE VEHICULO

TRAMOS	OCUPACION PROMEDIO (pas/veh)			
	SIN PROYECTO		CON PROYECTO	
	AUTOS	AUTOBUSES	AUTOS	AUTOBUSES
A-B	2.24	23.61	2.37	23.61
A-C	2.67	23.61	2.37	23.61
A-D	2.67	23.61	2.37	23.61
A-E	2.67	23.61	2.37	23.61
B-C	2.24	10.67	2.37	23.61
B-D	2.23	10.67	2.37	23.61
B-E	2.23	10.67	2.37	23.61
C-D	2.21	13.39	2.37	23.61
C-E	2.21	13.39	2.37	23.61
D-E	2.21	13.39	2.37	23.61

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

viii.-) Índice internacional de rugosidad (IIR)

Como se comento anteriormente la seguridad y el nivel de servicio para los usuarios, es uno de los elementos importantes a considerar para una evaluación económica, motivo por el cual es importante tomar en cuenta para su análisis la superficie de rodamiento. Se realizó un análisis a las dos rutas (actual y futura), en base al IIR (ver Cuadro 54).

La reducción en ahorro de costos de operación considerando similares condiciones del pavimento es aproximadamente de un 10%, con respecto al análisis con las condiciones del pavimento actuales.

Cuadro 54
INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD POR TRAMO

TRAMOS	INDICE DE INTERNACIONAL RUGOSIDAD (IIR)
A-B	6.00
A-C	4.00
A-D	4.00
A-E	4.00
B-C	8.00
B-D	6.00
B-E	6.00
C-D	4.00
C-E	4.00
D-E	4.00

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

IV.7 RESULTADOS

Los resultados obtenidos a través de la evaluación económica del proyecto fueron los siguientes:

La Tasa Interna de Retorno (TIR) del escenario base y de los diferentes análisis de sensibilidad, son muy superiores a la Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA) contra

la que son comparadas. El análisis de la relación Beneficio-Costo es superior a 2, en el escenario base, y sólo en uno de los análisis de sensibilidad resulto inferior a 1.4 con lo cual se reafirma que el beneficio social que se obtendrá con la construcción y operación del Libramiento Norte, es superior a los costos que este pueda ocasionar (ver Cuadro 55).

Cuadro 55

RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA

ESCENARIO BASE	B/C	VPN US \$1000	TIR	TIRM	
		2.30	110,308.07	32.79	18.38
ANALISIS DE SENSIBILIDAD					
COSTO + BRCO	B/C	VPN US \$1000	TIR	TIRM	
	2.13	95,881.10	30.26	17.78	
	COSTO + 25% + (BT-25%)	1.38	40,187.54	18.54	14.42
	COSTO + B 1º año	2.02	86,646.58	30.21	17.37

B/C Razón de beneficio costo
 VPN Valor presente neto
 TIR Tasa interna de retorno
 TIRM Tasa interna de retorno modificada
 BRCO Beneficio por reducción en costos de operación
 BT Beneficio por ahorro en tiempo de viaje
 Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación económica, el proyecto del LNCM, es atractivo y resulta factible su implementación. Los beneficios más directos en términos monetarios, que obtendrían los usuarios, serían los relacionados a los ahorros en los costos de operación, debido a la reducción de la distancia entre los puntos de recorrido, al incremento en la velocidad y a las mejoras en la superficie de rodamiento.

V. -) ESTUDIO FINANCIERO

V. - ESTUDIO FINANCIERO

V.1. FINANCIAMIENTO

La crisis económica de los 80's en México afectó la capacidad crediticia del país, reduciendo la inversión en proyectos de infraestructura, además los programas de ajuste económico disminuyeron la asignación de recursos presupuestales del gobierno y de las empresas paraestatales en dichos proyectos. Por otro lado el crecimiento acelerado de la población, el desarrollo de la economía durante los últimos años y el incremento en la demanda por servicios han acentuado los requerimientos de obras de infraestructura.

Ante tal situación el gobierno mexicano ha implementado políticas de participación del sector privado en el desarrollo de la infraestructura para cubrir con esto el rezago causado por la falta de inversión durante la década de los 80's. Dicha participación toma hoy especial relevancia ante el reto que implica la incursión de México en un mercado global como el que se gestiona con Estados Unidos y Canadá. El país debe ofrecer una amplia red de servicios apoyados en una sólida infraestructura para ser competitivos, reactivar la inversión privada, atraer capitales foráneos y lograr con esto un desarrollo armónico y sostenido.

Los esquemas actuales buscan que los proyectos sean autofinanciables y no comprometan recursos presupuestales para la inversión. La implementación del esquema y la consolidación del proyecto se lleva a cabo por un promotor, generalmente instituciones financieras, quienes realizan las gestiones necesarias ante las autoridades gubernamentales y los agentes financieros para formar un paquete integral desde un punto de vista técnico, legal y financiero.

El esquema financiero de los primeros proyectos instrumentados bajo el esquema de concesión utilizó la modalidad del fideicomiso en el que participaban con un capital de riesgo el gobierno y las empresas constructoras y un banco aportando un crédito. A su vez el banco intervino como fiduciario al que se le otorgó la concesión para la construcción, operación y explotación de las autopistas por un período "n", tiempo en el que se calculó que se recuperaría la inversión.

Bajo esta concepción el fideicomiso se constituyó en el receptor y administrador de las aportaciones de capital y del crédito así como de los flujos provenientes del cobro de cuotas para ejecutar la obra, hacer frente a la conservación y mantenimiento de las propias carreteras,

recuperar el préstamo y pagar el rendimiento ofrecido a los inversionistas en su calidad de fideicomitentes. Una vez recuperada la inversión y habiendo pagado alicuota a los participantes, el fideicomiso se extinguirá y las carreteras serán entregadas en propiedad al gobierno federal.

Dada la extraordinaria dinámica del programa de concesión de carreteras de cuota fue necesario desarrollar esquemas financieros novedosos y flexibles. Así mediante la figura de crédito, por aval los bancos pudieron hacer uso de su capacidad crediticia, sin que ello gravitara sobre su techo financiero, situación que abrió de inmediato la posibilidad de acudir al mercado de valores para obtener el fondeo necesario a mediano y largo plazo.

De esta manera, en la primera autopista financiada bajo esta modalidad, la concesionaria recibió un crédito por aval, equivalente al 60% de la inversión total para que mediante la emisión de papel comercial se financiara su construcción en dos etapas durante las cuales estará vigente como garantía, una fianza por el anticipo y por otra terminación de obra, una vez en operación se emitirán certificados de participación ordinarios de mediano plazo con riesgo de proyecto, con lo que quedará liberado el compromiso de la banca.

La colocación del papel de corto plazo avalado así como la que habrá de los certificados una vez que esté en operación la autopista corre a cargo de una casa de bolsa, la cual se compromete a la toma en firme en ambos casos, entregando el producto de la primera de las emisiones a un fideicomiso de administración constituido por el banco, cuyo fin consiste en aplicar los recursos para sufragar los costos de construcción y emitir una vez concluidos cada uno de los tramos, certificados de participación ordinarios amortizables, que sustituyen el papel comercial. Así mismo una vez en operación la carretera, recibirá el importe de las cuotas de peaje para cubrir los gastos de conservación y mantenimiento, así como los intereses y la amortización de los títulos emitidos.

La funcionalidad del esquema financiero depende en gran medida del diseño de instrumentos de captación compatibles con las características de cada proyecto, por lo que deben analizarse alternativas de instrumentos financieros para allegarse de recursos, y con ello lograr la factibilidad del proyecto con una estructura adecuada de capital de riesgo y de financiamiento.

El objetivo del presente capítulo es determinar si desde el punto de vista financiero, el proyecto del LNCM puede ser rentable para los inversionistas privados que se interesen en aportar el capital necesario para su construcción. Así mismo se plantea cual es la estructura óptima del capital para garantizar la rentabilidad del capital privado, se indica también cual es el tiempo necesario en el cual los inversionistas recuperarán sus aportaciones y el tiempo que necesitará para obtener los rendimientos equivalentes en caso de haber destinado sus recursos a otro tipo de inversión y que para este caso dicho tiempo se maneja como el equivalente al periodo de concesión de la autopista.

V.2. PREMISAS BASICAS

En este aspecto, es conveniente anotar que se analizaron las tasas de interés efectivas aplicables al cálculo de los intereses por los créditos que se espera obtener.

La realización de la estimación de la tasa de descuento mediante flujos de efectivo se descuentan a una tasa igual a la tasa libre más un premio por el riesgo.

- a) Riesgo económico
- b) Riesgo comercial según el tipo de negocio
- c) Riesgo financiero

El Riesgo económico se fundamenta en la estabilidad macroeconómica.

El Riesgo comercial se basa en la incertidumbre inherente a la variabilidad de la utilidad.

El Riesgo financiero relaciona la incertidumbre en los flujos de efectivo ante el servicio de la deuda.

En este caso el riesgo es financiero y se aplica la tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE) más 2 puntos; a esta tasa se le descontó el componente inflacionario para la obtención de la tasa real.

La ganancia que se obtiene por una inversión en términos monetarios esta dada por la tasa de interés nominal; cuando dicha ganancia se da en relación al poder de compra, el rendimiento es la tasa de interés real. Si "In" es la tasa de inflación, "TR" la tasa real de interés y "TN" la tasa nominal, para una inversión unitaria se tiene que $TN=1$, por lo que la tasa de interés real será:

$$(1+TN) = (1+TR) (1+In)$$

$$TN = (1+TR) (1+In) - 1$$

$$TR = (1+TN) / (1+In)$$

Nota: Cuando los intereses se capitalizan más de una vez al año, la tasa de interés anual se le conoce como tasa nominal.

Por último se tomó en cuenta la capitalización de intereses en forma mensual y de esa manera se obtuvo la tasa efectiva compuesta mensualmente que se aplica a los créditos (ver Cuadro 56).

$$IEF = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1$$

Donde: IEF = interés efectivo anual

r = interés nominal anual

m = número de periodos en los cuales se divide el año.

En caso de que el número de periodos durante el año creciera indefinidamente, o sea ($m \rightarrow \infty$), entonces $IEF = e^r - 1$. Esto es el interés anual r , se capitaliza continuamente, entonces el interés efectivo anual equivale a: $e^r - 1$.

Cabe señalar que en los problemas de análisis financiero, por lo general se selecciona un determinado periodo (semestre, año, etc.) luego entonces el interés deberá ser expresado en forma semestral o anual.

Por otra parte, con base en las diversas corridas financiera en las que se evaluó la capacidad de generación de efectivo y de utilidades operativas, se concluyó que la estructura del financiamiento deberá estar conformada mediante la participación de inversionistas privados, gobierno y créditos.

Cuadro 56

TASA EFECTIVA COMPUESTA MENSUALMENTE

Libramiento Norte de la Ciudad de México
Pesos Constantes del 31 de octubre de 1995

Año de vida del proyecto	1	2	3	4	5	6
Inflación acumulada anual	24.88%	17.30%	15.80%	15.80%	15.10%	14.90%
Tasa nominal líder (TIIE)	36.51%	27.83%	24.86%	24.86%	23.64%	23.09%
TIIE + 2 puntos porcentuales	38.51%	29.83%	26.86%	26.86%	25.64%	25.09%
Tasa real	10.91%	10.68%	9.55%	9.55%	9.16%	8.87%
Tasa efectiva mensualmente compuesta	11.48%	11.22%	9.98%	9.98%	9.55%	9.24%

Año de vida del proyecto	7	8	9	10	11	12
Inflación acumulada anual	14.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%
Tasa nominal líder (TIIE)	23.09%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%
TIIE + 2 puntos porcentuales	25.09%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%
Tasa real	8.87%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%
Tasa efectiva mensualmente compuesta	9.24%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%

Año de vida del proyecto	13	14	15	16	17	18
Inflación acumulada anual	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%
Tasa nominal líder (TIIE)	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%
TIIE + 2 puntos porcentuales	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%
Tasa real	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%
Tasa efectiva mensualmente compuesta	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%

Año de vida del proyecto	19	20	21	22	23	24
Inflación acumulada anual	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%
Tasa nominal líder (TIIE)	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%
TIIE + 2 puntos porcentuales	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%
Tasa real	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%
Tasa efectiva mensualmente compuesta	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%

Año de vida del proyecto	25	26	27	28	29	30
Inflación acumulada anual	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%	13.90%
Tasa nominal líder (TIIE)	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%	21.70%
TIIE + 2 puntos porcentuales	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%	23.70%
Tasa real	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%	8.60%
Tasa efectiva mensualmente compuesta	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%

Fuente: Cal y Mayor Asociados S.C., noviembre 1995

V.3. DETERMINACION DE LA TASA DE RECUPERACION MINIMA ATRACTIVA

Parte fundamental del análisis de factibilidad financiera, es encontrar un nivel adecuado del costo financiero que permita la optimización de los recursos invertidos, para ello es necesario determinar el costo del financiamiento del proyecto tomando en cuenta la tasa de rendimiento esperadas por los aportantes del capital (gobierno, inversionistas privados e instituciones bancarias), dicho costo recibe el nombre de costo ponderado del capital y se obtiene sumando los productos de la tasa de recuperación esperada, por el porcentaje de participación de cada uno de ellos en la estructura del financiamiento.

El concepto de costo de capital ponderado separa en forma correcta las inversiones del financiamiento individual relacionado y trata las inversiones como si hubiesen sido financiadas por un conjunto (POOL) de fondos provenientes de diferentes fuentes en proporciones que la empresa considere apropiadas. Esta solución permite decisiones de inversión con mayor consistencia a través del tiempo.

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, para el caso de la participación de los inversionistas 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.

Las instituciones bancarias permiten el financiamiento de los proyectos con recursos financieros de bajo costo, a cambio del anual de los gobiernos federal y estatal, y de la condición de que el proyecto presente una rentabilidad económica mayor o igual a la establecida por la banca de desarrollo o la banca comercial así como también que los riesgos de fracaso del proyecto sean mínimos. Para el caso de la banca de desarrollo usualmente la tasa interna de retorno del proyecto deberá superar al 12 por ciento anual.

En tanto la banca privada canaliza sus recursos a los proyectos de menor riesgo que ofrecen mejores garantías por la solvencia moral y económica que tienen, la banca de desarrollo debe diversificar el riesgo que en forma individual le presenta cada crédito a través de la diversificación de su cartera. Además la banca de desarrollo debe convertirse en el agente de cambio que a través del financiamiento a largo plazo otorgado como banco de segundo piso, otorga y opera líneas de descuento.

Por sus características, el LNCM es elegible por instituciones de banca de desarrollo para el otorgamiento de apoyos crediticios preferenciales, en este caso, la institución indicada es el Banco Nacional de Obras y Servicios públicos, SNC. La tasa de recuperación que esperaría cada uno de los participantes se muestran en Cuadro 57.

Cuadro 57
COSTO PONDERADO DEL CAPITAL PARA EL LIBRAMIENTO NORTE

Participante	% de aportación	Tasa esperada %	Ponderación %
Inversionista privado	22.33	9.00	2.01
Gobierno	38.55	0.00	0.00
Institución bancaria*	39.12	10.21	3.99
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva del Proyecto			6.00

*Promedio

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

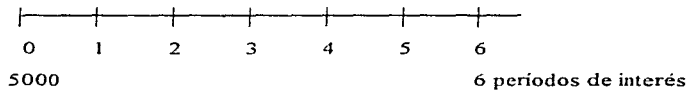
Como se puede observar, la tasa de recuperación global es de 6% real, una vez que los flujos de efectivo proporcionen este rendimiento, los participantes estarán en posibilidad de obtener un adecuado nivel de utilidad por su inversión en este caso particular, el costo es afectado en forma importante por el nivel de rendimiento "cero" que espera el gobierno, por lo cual, para establecer un adecuado nivel de rendimiento se optó por emplear la TREMA equivalente al nivel esperado por los inversionistas privados, este nivel se considera apropiado en razón a la rentabilidad que se pudiese obtener en inversiones equivalentes en el sistema financiero y a que su participación es minoritaria, por lo cual, los riesgos inherentes al proyecto recaen en su mayor parte en el gobierno al constituirse en socio mayoritario, adicionalmente los recursos gubernamentales no se espera que retornen.

V.4. SISTEMAS DE AMORTIZACION

Se dice que un documento que causa intereses está amortizado cuando todas las obligaciones contraídas (tanto capital como intereses) son liquidadas mediante una serie de pagos (generalmente iguales), hechos en intervalos de tiempos iguales.

Ejemplo

Una deuda de \$5,000.00 con intereses al 5% convertible semestralmente se va amortizando mediante pagos semestrales iguales R en los próximos 3 años, el primero con vencimiento al término de 6 meses. Hallar el pago.



Los 6 pagos R constituyen una anualidad cuyo valor presente es \$5,000.00

$$R a_{\overline{6}|0.025} = 5000 \quad \text{y} \quad R = 5,000 / a_{\overline{6}|0.025} = \$907.75$$

Amorticemos una deuda amparada con un documento que causa interés, mediante una serie de n pagos de R cada uno, tal como el ejemplo, cada pago R se aplica en primer lugar para el pago del interés vencido a la fecha del pago, la diferencia se utiliza para disminuir la deuda. En consecuencia, la cantidad disponible para disminuir la deuda aumenta con el transcurso del tiempo.

La parte de la deuda no cubierta en una fecha dada se le conoce como saldo insoluto o capital insoluto en la fecha. El capital insoluto al inicio del plazo es la deuda original. El capital insoluto al final del plazo es 0 en teoría, sin embargo, debido a la práctica de redondear al centavo más próximo, puede variar ligeramente de 0. El capital insoluto justamente después de que ha efectuado un pago es el valor presente de todos los pagos que aún faltan por hacerse.

Una vez determinado el costo ponderado del capital y definidas las fuentes de financiamiento se elaboraron escenarios financieros, empleando sistemas de pago de la deuda

tradicional es decir, pagos iguales de capital y pago de los intereses generados durante el período, calculados sobre el saldo insoluto: es importante señalar que todos los análisis se realizaron empleando pesos constantes a octubre de 1995. Desafortunadamente, se encontró que la capacidad de generación de efectivo del proyecto es limitada en sus primeros 5 años de vida, fundamentalmente por su limitada participación en el mercado; adicionalmente, la realización de obras de mantenimiento preventivo y mayor durante los primeros nueve años, le obligan a reservar parte importante de su generación de recursos para cubrir oportunamente sus obligaciones. Ante esto, se optó por realizar un análisis paralelo de los sistemas de amortización factibles de ser empleados que permitan obtener sobranes de efectivo suficientes para la amortización del capital privado, seguido de un adecuado nivel de costo y por último, fuese posible adaptarlo a las características del proyecto considerado su ciclo de vida, para ello se analizaron los siguientes sistemas de amortización:

- i.-) Sistemas de pagos con amortizaciones iguales
- ii.-) Sistema de pagos a valor presente
- iii.-) Sistema de pagos con amortizaciones crecientes
- iv.-) Resumen de los sistemas de amortización

Para efectos de análisis se empleó la tasa efectiva mensualmente compuesta que se espera para el primer año de vida del proyecto de 11.48% (ver Cuadro 56) y el monto total del crédito incluidos descuentos, comisiones y refinanciamiento de intereses durante el período de gracia, la proyección se realizó a 15 años, sin considerar el primer período de gracia. A continuación se presenta un extracto de las tablas de amortización generadas para los primeros cinco años y un breve análisis de los resultados obtenidos

V.4.1 SISTEMA DE PAGOS CON AMORTIZACIONES IGUALES

En este sistema se realizan pagos iguales de capital durante todo el ciclo y el saldo insoluto disminuye en la misma proporción; ello permite una rápida disminución de los saldos insolutos y el menor costo del financiamiento posible. Sin embargo, durante los primeros

ejercicios, la composición del pago genera presiones en el flujo de efectivo ya que durante el primer año se deberá pagar un total de NS 47,305,935.75 pesos constantes (PC) por lo cual los pagos a capital deben posponerse y el período de retorno del capital invertido se amplía. El Cuadro 58 muestra la amortización para los primeros 5 años.

Cuadro 58
AMORTIZACIÓN PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS DE VIDA. TRADICIONAL

No.	Saldo Inicial	Interés	Capital	Saldo final	Interés Acumulado
1	260,724,450.00	29,924,305.75	17,381,630.00	243,342,820.00	29,924,305.75
2	243,342,820.00	27,929,352.03	17,381,630.00	225,961,190.00	57,853,657.78
3	225,961,190.00	25,934,398.31	17,381,630.00	208,579,560.00	83,788,056.09
4	208,579,560.00	23,939,444.60	17,381,630.00	191,197,930.00	107,727,500.69
5	191,197,930.00	21,944,490.88	17,381,630.00	173,816,300.00	129,671,991.57

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

V.4.2 SISTEMA DE PAGOS A VALOR PRESENTE

Como se puede observar este sistema permite incrementar la liquidez de la empresa a corto plazo, toda vez que el pago propuesto sería únicamente de NS 19,376,583.72 PC en el primer año; los pagos subsecuentes, se incrementarían paulatinamente hasta alcanzar un nivel de NS 88,693,363.06 PC en el año 15, lo cual permitiría en principio mayor margen de maniobra durante los primeros años y pagar la mayor parte de la deuda al final del ciclo de vida. Sin embargo, tiene la desventaja de incrementar en forma significativa el costo financiero al requerir durante el primer año financiamiento adicional por NS 27,929,352.03 PC, y un total de NS 172,992,505.08 PC, para todo el ciclo. Por otra parte los intereses acumulados representarían un total de NS 431,912,052.00 PC. El Cuadro 59 muestra el esquema de pagos a valor presente para los primeros 5 años.

Cuadro 59

AMORTIZACION POR LOS PRIMEROS 5 AÑOS DE VIDA PAGOS A VALOR PRESENTE

No.	Saldo Inicial	Amortización Original	Pago Propuesto	Interes	Financiamiento Adicional	Amortización Fin Adicional	Interés Acumulado	Saldo Final
1	260,724,450.00	17,381,630.00	19,376,583.72	29,924,305.75	27,929,352.03	0.00	29,924,305.75	271,272,172.00
2	271,272,172.03	17,381,630.00	21,600,505.62	31,134,906.67	26,916,031.05	0.00	61,059,212.42	280,806,573.10
3	280,806,573.08	17,381,630.00	24,079,675.24	32,229,295.60	25,531,159.77	0.00	93,288,417.42	288,956,102.90
4	288,956,102.85	17,381,630.00	26,843,388.28	33,164,556.56	23,702,798.28	0.00	126,452,973.98	295,277,271.10
5	295,277,271.13	17,381,630.00	299,243,02.86	33,899,060.34	21,347,387.48	0.00	160,343,034.32	299,243,028.60

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

V.4.3 SISTEMA DE PAGOS CON AMORTIZACIONES CRECIENTES

Este sistema apoya la liquidez del proyecto a corto plazo ya que uniforma los pagos en el tiempo al emplear el pago de una obligación compuesta por capital e intereses, dicha obligación equivale a NS 37,223,422.84 PC, aproximadamente, para todo el ciclo de vida del proyecto. El sistema tiene la desventaja de incrementar el pago de intereses dado que los saldos insolutos decrecen en menor proporción con relación al sistema tradicional. Al final del ciclo de vida del proyecto se habrán pagado intereses por NS 297,626,892.54 PC. El Cuadro 60 presenta la amortización por el esquema de pagos creciente para los primeros 5 años.

Cuadro 60

AMORTIZACIÓN PARA LOS PRIMEROS 5 AÑOS DE VIDA. CRECIENTES

No.	Saldo Inicial	Interés	Capital	Saldo Final	Interés Acumulado
1	260,724,450.00	29,931,166.86	7,292,255.98	253,432,194.02	29,931,166.86
2	253,432,194.02	29,094,015.87	8,129,406.96	245,302,787.06	59,025,182.73
3	245,302,787.06	28,160,759.95	9,062,662.88	236,240,124.18	87,185,942.68
4	236,240,124.18	27,120,366.20	10,103,056.58	226,137,067.60	114,306,308.94
5	226,137,067.60	25,960,535.36	11,262,887.48	214,874,180.12	140,266,844.30

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

V.4.4 RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE AMORTIZACION

Estos análisis permiten observar que el primer sistema disminuye el costo financiero pero afecta la liquidez del proyecto en los primeros años, mientras que el segundo, permite solucionar esta situación en forma significativa pero su costo financiero es sumamente elevado e innecesario. por último, el sistema de amortizaciones crecientes soluciona el problema de liquidez sin incurrir en costos excesivos tal como se muestra en el Cuadro 61.

Cuadro 61

RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE AMORTIZACION

Concepto	Sistema Tradicional	Valor Presente	Amortización Creciente
Primer pago	47,305,935	19,376,583	37,223,422
Último pago	19,376,584	88,693,363	37,223,422
Tipo de amortización	Igual	Creciente	Creciente
Financiamiento adicional	No	Si	Si
Intereses totales	239,394,446	431,912,052	297,626,892

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S. C., noviembre 1995

V.5 RESULTADOS DEL ANALISIS FINANCIERO BASE

La evaluación de riesgo de un proyecto para efectos de calificación de su financiamiento debe hacerse en base a los flujos de efectivo esperado, por esta razón la proyección de tales flujos y de los estados financieros de la empresa titular de la concesión es imprescindible ya que fundamenta la planeación financiera del proyecto.

Una vez que se inicia la construcción y durante su período de operación, el análisis a los cambios del entorno y controlar los resultados reales a partir de las metas estimadas.

El análisis financieros base debe considerar el programa de inversión y relacionar éste con las condiciones y estructura del financiamiento para integrar la proyección de flujos de efectivo y estados financiero.

V.5.1 PROGRAMA DE INVERSION

Inversión en si establece la adquisición de algún bien concreto, con un costo actual con la esperanza de disponer a futuro de ingresos. Es el cambio de una situación de certidumbre, por un conjunto de expectativas de beneficio distribuidas en el transcurso de un periodo de tiempo.

Una vez analizada cada una de las alternativas en cuanto al tipo de sistema elegido para la realización de inversiones como se menciona anteriormente y al ver la importancia que se debe dar al flujo de los recursos así como la rápida y eficaz utilidad de estos, debido al costo financiero que representan es básica la inicialización oportuna del programa de inversión con base a las estimaciones de los costos de construcción, puesta en marcha y equipamiento. Para esta etapa se estructuró un programa que comprende 18 meses, durante los cuales se asignará un monto aproximado de NS 678,481,348 PC. A continuación se muestra el programa de inversión para el Libramiento Norte de la Ciudad de México, así como un resumen de las inversiones en los primeros 12 meses y los segundos 6 meses por cada uno de los costos mencionados anteriormente (ver Cuadro 62).

Cuadro 62

**PROGRAMA DE INVERSION LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO
PESOS CONSTANTES AL 31 DE OCTUBRE DE 1995**

Meses	1	2	3	4	5	6
Terracería	15,210,414	15,210,414	15,210,414	15,210,414	15,210,414	5,210,414
Obras de drenaje	5,481,627	5,481,627	5,481,627	5,481,627	5,481,627	5,481,627
Pavimentos	0	12,035,457	12,035,457	12,035,457	12,035,457	12,035,457
Puentes	10,379,099	10,379,099	10,379,099	0	8,649,250	8,649,250
Señalamiento	0	0	0	0	0	0
Casetas de cobro	0	0	0	0	0	0
Principales	0	0	0	0	0	0
Auxiliares	0	0	0	0	0	0
Supervisión	17,971,919	0	0	0	0	0
Derecho de vía	8,985,960	0	0	0	0	0
Proyecto ejecutivo	3,993,760	3,993,760	3,993,760	3,993,760	3,993,760	3,993,760
Equipamiento	0	0	0	0	0	0
Puesta en marcha	0	0	0	0	0	0
Total	62,022,779	47,100,357	47,100,357	36,721,258	45,370,508	45,370,508

Meses	7	8	9	10	11	12
Terracería	15,210,414	15,210,414	15,210,414	15,210,414	15,210,414	5,210,414
Obras de drenaje	5,481,627	5,481,627	5,481,627	5,481,627	5,481,627	5,481,627
Pavimentos	12,035,457	12,035,457	12,035,457	12,035,457	12,035,457	12,035,457
Puentes	8,649,250	0	8,649,250	8,649,250	8,649,250	6,919,400
Señalamiento	0	0	0	0	0	0
Casetas de cobro	0	0	0	0	0	0
Principales	0	0	0	0	0	1,231,866
Auxiliares	0	0	0	0	0	1,385,849
Supervisión	0	0	0	0	0	0
Derecho de vía	7,488,300	0	0	0	0	7,488,300
Proyecto ejecutivo	0	0	3,993,760	0	0	0
Equipamiento	0	0	0	0	0	0
Puesta en marcha	0	0	0	0	0	0
Total	48,865,048	32,727,498	41,376,748	41,376,748	41,376,748	49,752,913

Continua....

...Cuadro 62

Meses	13	14	15	16	17	18
Terracería	15,210,414	15,210,414	15,210,414	0	0	0
Obras de drenaje	0	0	0	0	0	0
Pavimentos	12,035,457	12,035,457	12,035,457	12,035,457	0	12,035,457
Puentes	6,919,400	6,919,400	0	0	0	0
Señalamiento	0	0	1,274,777	1,274,777	1,274,777	0
Casetas de cobro	0	0	0	0	0	0
Principales	1,231,866	1,231,866	1,231,866	1,231,866	1,231,866	0
Auxiliares	1,385,849	1,385,849	1,385,849	1,385,849	1,385,849	0
Supervisión	0	0	0	0	0	0
Derecho de vía	0	0	0	0	0	5,990,640
Proyecto ejecutivo	0	0	0	0	0	0
Equipamiento	0	0	0	0	0	7,260,000
Puesta en marcha	0	0	0	0	0	269,685
Total	36,782,986	36,782,986	31,138,363	15,927,949	3,892,492	678,481,348

Meses	TOTAL
Terracería	228,156,210
Obras de drenaje	65,779,524
Pavimentos	180,531,855
Puentes	103,790,997
Señalamiento	5,099,108
Casetas de cobro	0
Principales	7,391,196
Auxiliares	8,315,094
Supervisión	17,971,919
Derecho de vía	29,953,200
Proyecto ejecutivo	23,962,560
Equipamiento	7,260,000
Puesta en marcha	269,685
Total	678,481,348

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

Cuadro 63

**RESUMEN DE INVERSIONES LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO
PESOS CONSTANTES DEL 31 DE OCTUBRE DE 1995**

	Primeros 12 meses	Segundo 6 meses	Total
Monto de la inversión por periodo (Neto)	555,741,236	173,228,797	728,971,033
Terracería	182,524,968	45,631,242	228,156,210
Obras de drenaje	65,779,524	0	65,779,524
Pavimentos	132,390,027	48,141,828	180,531,855
Puentes	89,952,197	13,838,800	103,790,997
Señalamiento	0	5,099,108	5,099,108
Caseta de cobro	0	0	0
Principales	1,231,866	6,159,330	7,391,196
Auxiliares	1,385,849	6,929,245	8,315,094
Proyecto ejecutivo	17,971,919	0	17,971,919
Supervisión	23,962,560	5,990,640	29,953,200
Derecho de vía	23,962,530	0	23,962,560
Equipamiento	0	7,260,000	7,260,000
Puesta en marcha	0	269,685	269,685
Refinamiento de intereses	14,259,998	29,943,572	44,203,571
Gastos y comisiones bancarias	1,242,445	2,608,923	3,851,368
Fianzas y seguros	10,783,23	135,6423	243,4746

Fuente: Cal y Mayor Asociados, S.C., noviembre 1995

V.5.2 FLUJOS DE EFECTIVO

Los flujos de efectivo, entenderemos a éstos como el conjunto de variables que ocurren en un tiempo determinado, (que en algunos de los que más directamente intervienen en el proyecto) entre los que podemos enlistar:

Los precios de venta, proporción del mercado, razón de crecimiento del mercado, inversión requerida, tasas de inflación, tasa de impuestos, gastos de operación, gastos fijos y valores de rescate de los activos. Además es posible que los valores de estas variables sean independientes o estén correlacionados.

Con base en las proyecciones de ingresos y costos, se estructuró su flujo de efectivo para los próximos 30 años en donde se prevén aportaciones de capital privado por NS 162,746,880 PC que representa el 22,33% del total; aportaciones gubernamentales por NS 281,026,136 PC, (38,55%) y créditos del orden de NS 285,198,017 PC, (39,12%) dichas aportaciones se deberán realizar durante los dos primeros ejercicios y durante el primero se prevé la capitalización de NS 14,259,998 PC, correspondientes a los intereses generados durante el periodo. Durante el mismo se pagarán NS 83,631,335 PC, por concepto de Impuesto al Valor Agregado que será necesario solicitar su devolución.

Durante el segundo ejercicio se concluirá la construcción de la carretera que incluye casetas, señalamiento, equipamiento y puesta en marcha. A partir del tercer trimestre estará en posibilidad de iniciar operaciones, por lo cual, el flujo refleja los ingresos proyectados durante el periodo y el primer pago por concepto de contraprestación

Es conveniente anotar que durante este periodo el flujo refleja los intereses devengados sobre el saldo insoluto el cual incluye dos ministraciones del principal y el refinanciamiento total de intereses. Por último, durante este año se deberá constituir el fondo fijo de caja estimado en NS 1,000,000.00 PC

Durante el mismo segundo año, se iniciará la amortización de los créditos y el correspondiente pago de intereses; es conveniente recordar que el plan de pagos se realizó conforme al sistema de pagos con amortizaciones crecientes de acuerdo al plan establecido en el flujo de efectivo. Se espera que el nivel de la tasa de interés efectiva disminuya a 9,98% y continúen con tendencia decreciente; por otra parte, en este mismo periodo se estará en posibilidad de realizar el primer pago a capital. Posterior a este año, el proyecto está en posibilidad de generar los flujos de efectivo necesarios para cubrir sus obligaciones y realizar pagos a capital en una tendencia creciente hasta el año 6 de su ciclo de vida, en que deberá substituir parte de su equipamiento y realizar mantenimiento preventivo a la carretera, a pesar de lo cual los pagos a capital se podrán realizar aunque en menor proporción. Para el año

séptimo incrementar su monto hasta el año 10, en que se realizará mantenimiento mayor a la carretera lo cual disminuye su disponibilidad de efectivo.

A partir del tercer año de vida, se propone constituir un fondo contingente equivalente al 2.39% de sus ingresos durante ese año, en previsión de los gastos de mantenimiento preventivo que se realizarán cada 4 años y medio y mayor cada 9 años. Cabe aclarar que dicho Fondo se debe constituir con base en el flujo de efectivo, en forma tal que permita adecuados niveles de liquidez para realizar pagos a capital a partir de ese mismo año. En este sentido, del cuarto al noveno año deberá ser equivalente al 11.00% de sus ingresos, en previsión a la realización del mantenimiento mayor en el año 10, una vez cubierta esta etapa y a partir del año 11, las aportaciones podrán disminuir a solo el 3% de los ingresos, permitiendo con ello la disponibilidad de recursos para el pago a capital hasta el año 27, en que podrá ser reducido a 0.5% de sus ingresos.

A partir del año 12, podrá continuar con sus operaciones normales hasta el año 16 en que concluirá la amortización de la deuda, sin embargo, no estará en mejor disponibilidad de efectivo debido a la realización de mantenimiento mayor durante el año 18 y posteriormente al final del año 19, su disponibilidad de efectivo permitirá incrementar los pagos a capital en forma significativa.

V.5.3 ESTADO DE RESULTADOS

El estado de resultados es un resumen de la operación de una unidad económica durante un tiempo determinado su objetivo principalmente es medir el resultado de dicha operación determinando la utilidad o pérdida que haya obtenido, permitiendo analizar los logros alcanzados durante un período de tiempo como resultado de sus operaciones.

Los estados de resultados proforma permiten observar que los primeros dos ejercicios obtendrán pérdidas operativas, lo que se considera lógico al tomar en cuenta que durante estos dos años se realizará el total de las inversiones, así mismo, se espera que esté en posibilidad de generar utilidades de operación durante el tercer año de vida. Por otra parte, sus resultados netos serán negativos durante los siguientes cinco años debido a la amortización de pérdidas de

ejercicios anteriores y los cargos por depreciación, cuya suma ocasiona que su base gravable sea inferior a cero. Durante los ejercicios 8 y 9, se espera obtenga utilidades netas y para los años 10 y 11, nuevamente incurrirá en resultados negativos motivados por los gastos de mantenimiento mayor a realizarse en el año 10 y su consecuente amortización en el siguiente ejercicio; este ciclo se repetirá nuevamente en el año 18, pero el nivel de pérdidas será inferior en razón al incremento esperado en sus ingresos a raíz de la expansión acumulada de su mercado. Por último se espera que complete su ciclo de vida sin incurrir nuevamente en este hecho.

V5.4 BALANCES FINANCIEROS

El balance es un estado de situación financiera y comprende información clasificada y agrupada en tres categorías o grupos principales: activos, pasivos y patrimonio o capital. Tiene el propósito de demostrar la naturaleza de los recursos económicos de la empresa así como los derechos de los acreedores y de la participación de los dueños.

Los balances financieros proforma se estructuraron considerando las cuentas de circulante de caja y bancos, que representa su capital de trabajo, cuentas por cobrar, en previsión del probable otorgamiento de crédito mercantil y otros circulantes, esta última denominada fondo contingente que como ya se explicó se aplicará a los gastos de mantenimiento. En las cuentas de activo fijo se desagregó en obras en proceso para los dos primeros ejercicios que representa la construcción de la carretera ya que durante ese periodo no sufre depreciación; casetas, depreciadas en línea recta a partir del tercer año; carretera una vez concluida su construcción y depreciada en línea recta; equipo de transporte, depreciado en cinco años a las tasas autorizadas por la SHCP, equipo de cómputo, depreciado a cuatro años en los parámetros autorizados; mobiliario y equipo de oficina así como y equipo de control de peaje, depreciado a diez años. El rubro de activos diferidos se representa por seguros y fianzas y se establece un 90% de amortización anual.

En el aspecto de pasivos circulantes, se incluyen las cuentas de proveedores en razón a que se espera le concedan crédito mercantil; créditos bancarios referida a la porción circulante

de la deuda y se establecen sus provisiones para el pago de ISR y PTU, durante el siguiente ejercicio. La única cuenta de pasivo a largo plazo lo constituye la porción de deuda en ese sentido.

Su capital contable se conforma por las unidades retenidas y el capital social aportado por los inversionistas privados y el gobierno federal.

V.5.5 RAZONES FINANCIERAS

Un estado financiero principal, está comprendido por un estado de ingresos así como uno de balance general. Para estos es necesario la implementación así como la justificación de diversas razones financieras.

Las razones financieras pueden dividirse en cuatro grupos básicos: razones de liquidez y actividad, razones de endeudamiento, razones de rentabilidad y razones de cobertura o reserva. Las razones tanto de liquidez y actividad, así como las de endeudamiento dependerán en gran medida del balance general, las de rentabilidad y reserva son dependientes del estado de ingresos.

Como regla para un buen análisis financiero se debe de incluir los estados de ingresos y balance general son básicas para el establecimiento de cualquier proyecto de inversión.

A continuación se presentan las que influyen en este proyecto.

Para el LNCM el cuadro de razones financieras consta de

◆ Liquidez

- **Liquidez.-** Permite observar que se estima cuenta con 0.51 PC para el pago de 1 PC a corto plazo, durante el primer ejercicio, con una tendencia creciente y superior a 1, fundamentalmente por la constitución del fondo contingente hasta el año 10, en que esta relación disminuye a menos de uno por los gastos de mantenimiento.

◆ **Días de cartera**

- **Días de cartera.-** Se estima que otorgará crédito mercantil a 30 días promedio para todo su ciclo.

◆ **Días de proveedores**

- **Días de proveedores.-** Se estima que sus proveedores le proporcionarán crédito mercantil a 30 días.

◆ **Fuerza financiera**

- **% de deuda a LP/Capital Contable.-** Como se puede observar, su deuda a largo plazo representa parte importante de su capital contable, pero su tendencia es decreciente, lo cual permite prever la disminución de los riesgos asociados a la probable insolvencia financiera.
- **Cobertura de intereses. Utilidad de Operación/Cap. Contable.-** El proyecto esta en posibilidad de generar el efectivo necesario para cubrir los gastos financieros del mismo, salvo en los años que es necesario realizar mantenimiento mayor, pero al conformarse un Fondo Contingente para gastos de mantenimiento se soluciona este factor.
- **Cobertura de Amortizaciones. Utilidad de Operación/Amortizaciones.-** Se mantiene un comportamiento similar al anterior sólo que la proporción es mayor, de cualquier manera, su comportamiento es adecuado a su generación de efectivo.

◆ **Rentabilidad**

La rentabilidad es una característica relativa al beneficio económico de un inversión que usualmente es indicada en términos de una tasa de rendimiento expresada en porcentaje.

Esta tasa está relacionada con el riesgo percibido en la inversión, por lo que se establece una relación directa en cuanto a riesgo y rendimiento, y viceversa.

A continuación se muestran algunos de los criterios involucrados con la rentabilidad del proyecto.

- **% de Margen de Utilidad/Ingresos.**- Esta razón permite identificar que durante los primeros años de vida su margen de rentabilidad es negativo fundamentalmente por la amortización de las pérdidas de ejercicios anteriores.
- **% Rentabilidad/Cap. Contable.**- Se manifiesta una tendencia similar aunque en menor proporción, fundamentalmente por el alto grado de apalancamiento del proyecto en sus primeros años.
- **% de Rentabilidad/Activo Total.**- Manifiesta una tendencia similar a los porcentajes de margen de utilidad/ingresos, como al de porcentajes de rentabilidad/capital contable.
- **Valor Presente Neto del Capital Privado.**- Se observa que los flujos de efectivo descontados son positivos a partir del año 24. Es conveniente recordar que dichos flujos se actualizan con base en la Tasa de Recuperación Mínima Atractiva de 9% por lo cual, representan la recuperación de la inversión inicial más dicho margen.
- **Retorno del Capital Invertido.**- Se estima que recupere el total de la inversión privada en 13 años.
- **Tasa Interna de Retorno.**- Se observa que se obtiene TIR positiva en el año 13 y TIR equivale a 9% en año 24

♦ **Apalancamiento financiero**

Apalancamiento financiero es la cantidad de pasivos empleado en la empresa e indica hasta que punto conviene financiarse a través de terceras personas.

Como sabemos, el estar financiado a través del pasivo significa un pago de intereses que pueden ser deducibles de las utilidades. El decir que el costo del capital (lo que cuesta la utilización del dinero prestado), se reduce por el porcentaje de impuestos que se paga en relación a la utilidad.

En el caso del Libramiento Norte de la Ciudad de México se tiene de apalancamiento.

- **% De Pasivo a Corto Plazo/Pasivo Total.-** Se observa que durante los primeros años esta proporción es cercana al 3% por lo cual no se espera tenga problemas de exigibilidad.
- **% De Deuda Total/Capital Contable.-** Durante los primeros años, esta razón es superior al 50% pero disminuye en función de la capitalización de utilidades.

◆ **Eficiencia**

- **Pasivo Total/Ventas.-** Se observa que el proyecto esta en posibilidad de generar 4.79 PC, por cada peso de deuda, y disminuye considerando la amortización del crédito.

◆ **Crecimientos**

- **% de Incremento Ventas.-** Se manifiesta acorde con los crecimientos esperados en captación de flujo de vehículos.
- **% de Incremento en Utilidad de Operación.-** Su crecimiento es constante, salvo en los años que se realiza mantenimiento preventivo o mayor.

V.6 RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE SENSIBILIDAD

La evaluación y la dictaminación de proyectos debe permitir conocer las implicaciones que tendrán que llevarse a cabo en las inversiones, y de esta manera, determinar las estrategias para minimizar los riesgos.

Desde el punto de vista financiero se entiende por riesgo la probabilidad de que ocurran eventos que modifiquen los flujos de efectivo estimado. Mientras mayor sea la probabilidad de que haya una variación desfavorable, mayor será el riesgo de la inversión.

El comportamiento financiero de un proyecto suele ser influenciado en mayor o menor medida por las diversas variables que lo integran. El análisis de sensibilidad permite conocer el comportamiento financiero del proyecto ante cambios en dichas variables y de esta manera establecer la estrategia para minimizar los riesgos.

A continuación se presentan los resultados de los tres escenarios de sensibilidad que se elaboraron para determinar la capacidad de resistencia del proyecto. El escenario 1 se considera como el año base.

Escenario 2

- **Supuestos**

Se elaboró considerando incremento del 20% en sus gastos de mantenimiento y decremento del 20% en sus ingresos, la tasa de interés permanece sin cambio.

- **Resultados**

Con éstas condiciones el proyecto no es viable, toda vez que el retorno del capital invertido ocurre en el año 19 y no se obtiene TIR de capital privado en el horizonte de planeación a 30 años.

Escenario 3

- **Supuestos**

Las condicionantes son, incremento en la tasa de interés del 20%, los gastos de mantenimiento e ingresos permanecen sin cambio.

- **Resultados**

Se obtiene retorno del capital invertido a los 17 años y TIR de Capital a los 29.

Escenario 4

- **Supuestos**

Se realizó con un decremento en la tasa de interés de 20% los gastos de mantenimiento e ingresos permanecen sin cambio.

- **Resultados**

Se obtiene retorno del capital invertido a los 13 años y TIR a los 22 (ver Cuadro 64).

Cuadro 64

RESUMEN DE ESCENARIO

Año de vida del proyecto	Etapa de construcción			Etapa de operación	
	1	2	3	4	5
Escenario base					
<i>Premisas</i>					
Tasa efectiva mensualmente compuesta	11.48%	11.22%	9.98%	9.98%	9.55%
Costos de mantenimiento sin cambio	0	1,221,300	2,442,600	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas	0	29,384,008	52,965,516	62,537,958	64,525,954
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	0.00%	1.00%	10.00%	10.00%
Resultados					
Valor Presente Neto del capital privado	0	(162,240,102.63)	(158,140,247.40)	(150,941,369.23)	(138,478,320.39)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)	9%				
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	156,609,243.00	162,746,880.00	157,875,842.00	148,553,086.00	136,802,918.00
Periodo de recuperación del capital	13 años	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	(156,609,243.00)	(6,137,637.00)	4,871,038.00	9,322,756.00	11,750,168.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN	24 años				
Escenario 2					
<i>Premisas</i>					
Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	11.48%	11.22%	9.98%	9.98%	9.55%
Costos de mantenimiento más 20%	0	1,221,300	2,442,600	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas menos 20%	0	29,384,008	52,965,516	62,537,958	64,525,954
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	0.00%	1.00%	10.00%	10.00%
Resultados					
Valor Presente Neto del capital privado	0	(162,240,102.63)	(158,140,247.40)	(150,941,369.23)	(138,478,320.39)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)	9%				
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	156,609,243.00	162,746,880.00	157,875,842.00	148,553,086.00	136,802,918.00
Periodo de recuperación del capital	19 años	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	(156,609,243.00)	16,137,637.00	4,871,038.00	9,322,756.00	11,750,168.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN	NA				

continua...

... Cuadro 64

Año de vida del proyecto	Etapa de construcción			Etapa de operación	
	1	2	3	4	5

Escenario 3

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta	13.77%	13.46%	11.98%	11.98%	11.94%
Costos de mantenimiento sin cambio	0	1,221,300	2,442,600	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas sin cambio	0	29,384,008	52,965,516	62,537,958	64,525,954
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	0.00%	0.00%	00.00%	11.00%

Resultados

Incremento en refinanciamiento de intereses	6,456,440	14,406,128			
Valor Presente Neto del capital privado	0	(162,240,102.63)	(162,240,102.63)	(157,641,064.31)	(144,624,829.64)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)	9%				
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	156,609,243.00	162,746,880.00	162,746,880.00	158,790,992.00	153,426,985.00
Periodo de recuperación del capital	17 años				
Flujo de capital	(156,609,243.00)	(6,137,637.00)	0.00	5,955,888.00	3,364,007.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN	29 años				

Escenario 4

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	9.18%	8.98%	9.98%	9.98%	9.55%
Costos de mantenimiento sin cambio	0	1,221,300	2,442,600	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas sin cambio	0	29,384,008	52,965,516	62,537,958	64,525,954
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	0.00%	1.00%	10.00%	10.00%

Resultados

Decremento en refinanciamiento de intereses	3,143,553	6,932,595			
Valor Presente Neto del capital privado	0.00	(162,240,102.63)	(156,965,164.50)	(144,888,888.98)	(132,925,586.22)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)	9%				
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	156,609,243.00	162,746,880.00	156,479,726.00	140,850,599.00	122,948,608.00
Periodo de recuperación del capital	13 años				
Flujo de capital	(156,609,243.00)	(6,137,637.00)	6,267,154.00	15,639,127.00	17,891,991.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN	22 años				

continúa...

Año de vida del proyecto

6 7 8 9 10

Escenario base

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta	9.24%	9.24%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento sin cambio	11,561,655	2,442,600	2,442,600	2,442,607	68,555,655
Ingresos por cuotas	66,547,787	68,352,645	70,203,022	72,100,275	74,043,726
% de ingresos fideicomitidos	10.00%	10.00%	8.00%	11.00%	1.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(130,841,517.42)	(128,761,389.36)	(120,643,430.16)	(112,115,410.69)	(104,767,301.94)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	133,344,335.00	118,474,388.00	101,481,775.00	85,522,467.00	79,815,692.00
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	5,488,583.00	14,839,947.00	16,992,613.00	15,959,308.00	5,706,775.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

Escenario 2

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	9.24%	9.24%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento más 20%	13,874,106	2,931,120	2,931,120	2,931,120	82,256,786
Ingresos por cuotas menos 20%	53,238,230	54,682,116	56,162,417	57,680,220	59,234,981
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	10.00%	12.00%	12.00%	10.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado		(162,240,102.63)	(158,140,247.40)	(150,941,369.23)	(138,478,320.39)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	156,609,243.00	162,746,880.00	157,875,842.00	148,553,086.00	136,802,918.00
Periodo de recuperación del capital		0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	(156,609,243.00)	16,137,637.00	4,871,038.00	9,322,756.00	11,750,168.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto	6	7	8	9	10
--------------------------	---	---	---	---	----

Escenario 3

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta	11.09%	11.09%	10.74%	10.74%	10.74%
Costos de mantenimiento sin cambio	11,561,655	2,442,600	2,442,600	2,442,600	68,555,655
Ingresos por cuotas	66,547,787	68,352,645	70,203,022	72,100,275	74,043,726
% de ingresos fideicomitidos	4.00%	11.00%	11.00%	20.00%	0.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(142,438,455.91)	(142,017,679.60)	(1138,187,282.91)	(133,431,098.68)	(131,516,529.65)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	152,721,301.60	145,719,186.00	136,242,191.00	132,083,517.00	130,771,722.00
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	705,684.00	7,002,115.00	9,476,995.00	4,158,674.00	1,311,795.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

961

Escenario 4

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	7.39%	7.39%	7.16%	7.16%	7.16%
Costos de mantenimiento más 20%	11,561,755	2,442,600	2,442,600	2,442,600	68,555,655
Ingresos por cuotas menos 20%	66,547,787	68,352,645	70,203,022	72,100,275	74,043,726
% de ingresos fideicomitidos	10.00%	10.00%	8.00%	11.00%	1.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(121,297,019.71)	(118,285,708.72)	(108,746,160.14)	(100,986,139.61)	(94,997,115.60)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	117,898,338.00	100,459,670.00	84,997,343.00	71,989,822.00	66,277,323.00
Periodo de recuperación del capital		0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	5,050,270.00	17,438,668.00	15,462,327.00	13,007,521.00	5,712,499.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto

11	12	13	14	15
----	----	----	----	----

Escenario base**Premisas**

Tasa efectiva mensualmente compuesta	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento sin cambio	2,442,600	2,442,600	2,442,600	11,561,655	2,442,600
Ingresos por cuotas	75,985,066	77,768,774	79,580,710	81,460,161	83,402,120
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	3.00%	0.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(102,356,698.51)	(90,962,572.74)	(81,126,027.63)	(72,281,250.98)	(69,429,168.59)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	50,413,989.00	22,747,085.00	(4,367,126.00)	(13,900,346.00)	(37,749,109.00)
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	29,401,703.00	27,666,904.00	27,114,211.00	9,533,220.00	23,848,453.00
TIR del capital	NA	-1.91%	0.32%	0.96%	2.30%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

Escenario 2**Premisas**

Tasa efectiva mensualmente compuesto sin cambio	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento más 20%	2,931,120	2,931,120	2,931,120	13,873,986	2,931,120
Ingresos por cuotas menos 20%	60,788,053	62,215,619	63,664,568	65,168,129	66,721,696
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	0.00%	1.00%	3.00%	20.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(153,661,398.63)	(153,661,398.63)	(153,661,398.63)	(152,329,751.80)	(150,696,031.88)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	167,712,510.00	167,712,510.00	163,629,941.00	158,170,495.00	152,033,982.00
Periodo de recuperación del capital			0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	0.00	0.00	4,082,569.00	5,459,446.00	6,136,513.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	NA
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continúa ..

Año de vida del proyecto	11	12	13	14	15
--------------------------	----	----	----	----	----

Escenario 3*Premisas*

Tasa efectiva mensualmente compuesta	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%
Costos de mantenimiento sin cambio	2,442,600	2,442,600	2,442,600	11,561,655	2,442,600
Ingresos por cuotas	72,985,066	77,768,774	79,580,710	81,460,161	83,402,120
% de ingresos fideicomitados	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(130,962,213.26)	(122,013,279.49)	(114,243,116.78)	(105,120,165.87)	(99,962,989.09)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	107,679,657.00	85,824,794.00	57,855,609.00	40,621,732.00	20,484,870.00
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	23,092,065	21,854,863.00	27,969,185.00	17,253,877.00	20,136,862.00
TIR del capital	NA	NA	-4.47%	-2.82%	-1.26%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

861

Escenario 4*Premisas*

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%
Costos de mantenimiento más 20%	2,442,600	2,442,600	2,442,600	11,561,655	2,442,600
Ingresos por cuotas menos 20%	75,985,066	77,768,774	79,580,710	81,460,161	83,402,120
% de ingresos fideicomitados	3.00%	3.00%	3.00%	0.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(92,584,094.29)	(79,803,852.64)	(68,851,120.49)	(62,022,757.42)	(58,553,334.90)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	33,298,850.00	2,492,486.00	(18,441,941.00)	(30,035,804.00)	(52,588,597.00)
Periodo de recuperación del capital		0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	32,978,473.00	30,806,364.00	20,934,427.00	11,593,863.00	22,552,79.00
TIR del capital	3.73%	0.21%	1.37%	2.11%	3.3%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto

16	17	18	19	20
----	----	----	----	----

Escenario base**Premisas**

	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Tasa efectiva mensualmente compuesta					
Costos de mantenimiento sin cambio	2,442,600	2,442,600	68,555,655	2,442,607	2,442,607
Ingresos por cuotas	85,241,957	86,969,567	88,731,628	72,100,275	92,402,258
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	0.00%	11.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(62,881,751.20)	(57,970,250.28)	(45,946,333.03)	(45,938,252.89)	(30,734,482.64)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(57,249,360.00)	(109,284,466.00)	(169,322,581.00)	(187,495,202.00)	(245,420,984.00)
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	19,500,161.00	52,035,106.00	38,115.00	78,172,621.00	57,925,782.00
TIR del capital	3.19%	4.98%	4.98%	6.70%	7.60%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

661

Escenario 2**Premisas**

	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio					
Costos de mantenimiento más 20%	2,931,120	2,931,120	82,266,786	2,931,120	2,931,120
Ingresos por cuotas menos 20%	68,193,566	69,575,654	70,985,302	72,442,358	73,921,807
% de ingresos fideicomitidos	25.00%	25.00%	3.00%	3.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado		(149,011,325.62)	(148,087,305.89)	(138,004,468.25)	(124,813,360.81)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	156,609,243.00	148,365,341.00	104,730,516.00	101,581,071.00	(25,381,804.00)
Periodo de recuperación del capital		0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	(156,609,243.00)	3,668,641.00	43,634,825.00	3,149,445.00	62,571,564.00
TIR del capital	NA	NA	NA	NA	0.81%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua .

Año de vida del proyecto

	16	17	18	19	20
Escenario 3					
<i>Premisas</i>					
Tasa efectiva mensualmente compuesta	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%
Costos de mantenimiento sin cambio	2,442,600	2,442,600	68,555,655	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas	85,241,957	86,969,567	88,731,628	90,552,947	92,402,258
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	7.00%	0.00%	3.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(94,434,654.44)	(90,396,078.71)	(78,717,132.92)	(78,509,918.15)	(62,651,100.94)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	4,450,489.00	(46,091,707.00)	47,069,164.00	128,609,830.00	186,872,417.00
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	16,034,381.00	50,542,196.00	977,457.00	81,540,666.00	58,262,587.00
TIR del capital	-0.25%	2.09%	2.13%	4.42%	5.53%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

2000

Escenario 4

<i>Premisas</i>					
Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%
Costos de mantenimiento más 20%	2,442,600	2,442,600	68,555,655	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas menos 20%	85,241,957	86,969,567	88,731,628	90,552,947	92,402,258
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	0.00%	3.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(52,361,735.28)	(47,931,519.19)	(35,557,145.73)	(35,207,653.49)	(19,189,525.51)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	70,177,910.00	123,729,662.00	125,378,259.00	207,738,047.00	266,082,546.00
Periodo de recuperación del capital		0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	17,589,313.00	53,551,752.00	1,648,597.00	82,359,788.00	58,344,499.00
TIR del capital	4.03%	5.81%	5.85%	7.54%	8.39%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto	21	22	23	24	25
Escenario base					
<i>Premisas</i>					
Tasa efectiva mensualmente compuesta	8.98%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento sin cambio	2,442,600	11,561,655	2,442,600	2,442,607	2,442,607
Ingresos por cuotas	94,324,396	96,309,837	98,331,048	100,403,741	102,512,203
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Resultados					
Valor Presente Neto del capital privado	(20,398,736.82)	(11,463,308.93)	(5,178,781.96)	(3,225,490.28)	(10,544,421.43)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	300,005,795.00	341,851,949.00	402,849,102.00	460,749,775.00	519,684,613.00
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Flujo de capital	54,584,811.00	41,846,154.00	60,997,153.00	57,900,673.00	58,934,838.00
TIR del capital	8.27%	8.69%	9.18%	9.57%	9.90%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

102

Escenario 2*Premisas*

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento más 20%	2,931,120	13,873,986	2,931,120	2,931,120	2,931,120
Ingresos por cuotas menos 20%	75,459,517	77,047,869	78,664,858	80,322,993	82,009,762
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	6.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(113,648,660.97)	(105,996,792.23)	(101,195,005.38)	(93,815,590.62)	(87,567,972.70)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(72,125,599.00)	(104,098,779.00)	(157,657,645.00)	(207,083,070.00)	(254,499,191.00)
Periodo de recuperación del capital					
Flujo de capital	46,743,795.00	31,973,180.00	53,558,866.00	49,425,425.00	47,416,121.00
TIR del capital	2.02%	2.69%	3.59%	4.26%	4.79%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto

21

22

23

24

25

Escenario 3**Premisas**

Tasa efectiva mensualmente compuesta	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%
Costos de mantenimiento sin cambio	2,442,600	11,561,655	2,442,600	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas	94,324,396	96,309,837	98,331,048	100,403,741	102,512,203
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(52,255,255.70)	(43,016,589.43)	(36,453,862.41)	(27,794,360.61)	(20,241,273.93)
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(243,309,653.00)	(287,008,230.00)	(349,857,807.00)	(409,610,904.00)	(470,398,166.00)
Período de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	56,437,236.00	43,698,577.00	62,849,577.00	59,753,097.00	60,787,262.00
TIR del capital	6.36%	6.88%	7.49%	7.96%	8.36%
Período de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

202

Escenario 4**Premisas**

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%
Costos de mantenimiento más 20%	2,442,600	11,561,655	2,442,600	2,442,600	2,442,600
Ingresos por cuotas menos 20%	94,324,396	96,309,837	98,331,048	100,403,741	102,512,203
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(8,779,064.64)	533,350.23	7,163,736.81	15,885,311.46	23,495,345.72
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(322,970,298.00)	(367,119,393.00)	(430,419,487.00)	(490,623,101.00)	(551,860,880.00)
Período de recuperación del capital		0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	56,887,752.00	44,149,095.00	63,300,094.00	60,203,614.00	61,237,779.00
TIR del capital	9.03%	9.44%	9.92%	10.29%	10.60%
Período de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto

26

27

28

29

30

Escenario base

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento sin cambio	68,555,655	2,442,600	2,442,600	2,442,600	11,561,655
Ingresos por cuotas	104,649,500	106,892,647	109,175,128	111,508,945	113,896,061
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	17,378,967.03	18,340,372.41	27,479,594.11	33,349,318.75	38,835,179.18
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(528,721,014.00)	(622,353,091)	(687,901,125.00)	(754,676,017.00)	(812,613,372.00)
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Flujo de capital	9,036,401.00	93,632,077.00	65,548,034.00	66,774,892.00	57,937,355.00
TIR del capital	9.94%	10.32%	10.54%	10.73%	10.87%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

Escenario 2

Premisas

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%	8.95%
Costos de mantenimiento más 20%	82,266,786	2,931,120	2,931,120	2,931,120	2,931,120
Ingresos por cuotas menos 20%	83,719,600	85,514,118	87,340,102	89,207,156	91,116,849
% de ingresos fideicomitidos	0.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(82,069,227.77)	81,976,634.27	74,273,235.90	68,324,951.12	63,683,057.12
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(255,369,492.00)	(534,921,441.00)	(400,716,767.00)	(457,218,746.00)	(502,797,056.00)
Periodo de recuperación del capital					
Flujo de capital	870,301.00	78,921,949.00	66,425,326.00	56,501,979.00	45,578,310.00
TIR del capital	4.80%	5.47%	5.93%	6.25%	6.48%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

continua...

Año de vida del proyecto

26	27	28	29	30
----	----	----	----	----

Escenario 3*Premisas*

Tasa efectiva mensualmente compuesta	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%	10.74%
Costos de mantenimiento sin cambio	68,555,655	2,442,600	2,442,600	2,442,600	11,561,655
Ingresos por cuotas	104,649,500	106,892,647	109,175,128	111,508,945	113,896,061
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	(13,191,906.72)	(12,780,913.84)	(3,460,831.09)	2,574,725.33	8,212,770.79
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(474,261,153.00)	(596,745,684.00)	(637,146,113.00)	(705,773,429.00)	(765,563,209.00)
Periodo de recuperación del capital	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Flujo de capital	3,862,987	95,484,501.00	67,400,459.00	68,627,316.00	59,789,780.00
TIR del capital	8.38%	8.84%	9.11%	9.34%	9.52%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

FO

Escenario 4*Premisas*

Tasa efectiva mensualmente compuesta sin cambio	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%	7.16%
Costos de mantenimiento más 20%	68,555,655	2,442,600	2,442,600	2,442,600	11,561,655
Ingresos por cuotas menos 20%	104,649,500	106,892,647	109,175,128	111,508,945	113,896,061
% de ingresos fideicomitidos	3.00%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%

Resultados

Valor Presente Neto del capital privado	30,596,958.41	31,079,355.56	40,443,362.29	46,519,311.80	57,194,369.28
Tasa de Recuperación Mínima Atractiva (TREMA)					
Recuperación de capital (Inv. privada menos pagos a capital)	(556,395,007.00)	(652,330,025.00)	(720,181,001.00)	(789,258,834.00)	(849,499,131.00)
Periodo de recuperación del capital					
Flujo de capital	4,534,127.00	95,935,018.00	67,850,976.00	69,077,833.00	60,240,297.00
TIR del capital	10.62%	10.98%	11.19%	11.37%	11.50%
Periodo de recuperación de capital más TREMA conforme a TIR y VPN					

**VI.-) ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL**

VI.- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El deterioro causado al medio ambiente ha provocado que el hombre se preocupe por cuantificarlo con el fin de definir la magnitud del problema. Esta cuantificación, si bien en ocasiones es posible efectuarla en términos económicos (ej. cuanto cuesta el haber perdido la capacidad productiva de un campo agrícola), en muchas otras no lo es (pérdida del paisaje, disminución de la capacidad auditiva, etc.). Por ello, se han desarrollado diferentes técnicas que pretenden proporcionar un método estandarizado y lo menos subjetivo posible para determinar la magnitud de los efectos.

Un proyecto tiene un amplio campo sobre el cual ejerce influencia. Sus impactos son muy variados y afectan de diferente forma a los diversos sectores de la sociedad, por ello se requiere un método que permita evaluarlo globalmente para decidir sobre su conveniencia o las modificaciones que deba realizarse para recibir el máximo de beneficios y la menor cantidad de efectos negativos. En especial se pretenden conciliar los intereses de diferentes sectores bajo una política global de desarrollo.

A través de un método abierto se trata de cuantificar cada uno de los impactos, juzgar sus beneficios y costos así como proponer opciones para minimizar los efectos encontrados.

Las evaluaciones de impacto ambiental (EIA), son un enfoque metodológico para predecir y evaluar interdisciplinariamente las consecuencias de un proyecto en el medio ambiente. El EIA es un documento preparado por un equipo interdisciplinario cuyo contenido expresa las conclusiones de las discusiones generadas durante el proceso de evaluación. Se escribe de acuerdo con un formato generalmente establecido por las autoridades. Tiene que cumplir con lo siguiente:

- a) Predecir los cambios que se efectuarán sobre el medio ambiente.
- b) Evaluar la magnitud de las alteraciones producidas.
- c) Evaluar la importancia de las mismas y desarrollar medidas de mitigaciones.

La implementación de casi cualquier proyecto de transporte trae consigo una serie de impactos o consecuencias que pueden ser negativos a la naturaleza. Por otra parte, los impactos pueden ser positivos. Por ejemplo, una autopista en un nuevo lugar puede reducir el tránsito pesado en una ruta existente a tal grado que los niveles de ruido en la zona residencial disminuyan significativamente. Sin embargo, comúnmente los impactos ambientales de proyectos de transporte tienden a percibirse como negativos, y en la necesidad de análisis de impacto y hasta serias consideraciones para su disminución.

Las funciones de analista ambiental se traducen en analista de impactos, porque es el responsable de la evaluación independiente de los impactos potenciales que pueden resultar de la implementación del proyecto. El análisis de impacto debe ser independiente, cuantitativo, y debe comparar los impactos esperados con estándares de aceptabilidad reconocidos.

VI.1. LEYES Y REGLAMENTOS AMBIENTALES

El ímpetu detrás de cualquier programa que incrementará los costos de proyectos de vialidad y de transporte debe estar fundamentado en bases legales. Tal es el caso del análisis ambiental, el cual frecuentemente es acusado de una lenta caída en los calendarios de construcción y de que algunas veces resultan gastos significativos para implementar los modos de mitigación.

La base de la normatividad en materia ambiental en el país es el Artículo 27 Constitucional, el cual entre sus previsiones señala el derecho que tiene la Nación para imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público para el aprovechamiento racional de los recursos naturales, el desarrollo equilibrado y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, así como el equilibrio ecológico.

A partir de lo anterior, el Congreso de la Unión promulgó en 1988 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que entre sus señalamientos más importantes

establece la concurrencia de los tres niveles de gobierno en materia de preservación ambiental y les fija responsabilidades y ámbito de competencia.

Esta Ley se caracteriza por la inclusión de consideraciones de carácter preventivo y de planeación, como lo son el ordenamiento ecológico del territorio, el impacto y el riesgo ambiental, así como por la promoción de instrumentos normativos dinámicos y específicos como los son los reglamentos de las diferentes materias y las Normas Oficiales Mexicanas.

Asimismo, faculta a las autoridades correspondientes para la emisión de instructivos, manuales y guías, así como para la instrumentación de procedimientos que faciliten la observancia y vigilancia de las provisiones de los diferentes instrumentos normativos.

En lo que se refiere a las evaluaciones de impacto ambiental, el marco normativo actual se conforma de los siguientes instrumentos:

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y vigente desde el 1o. de marzo del mismo año, establece la competencia de los tres niveles de gobierno para dictar la política en la materia, así como los lineamientos básicos para la emisión de otros instrumentos normativos específicos.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental, vigente a partir del 6 de junio de 1988, define y establece los procedimientos a los que se debe sujetar las personas físicas o morales que tengan la intención de realizar una obra o actividad pública o privada, que pueda causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y normas oficiales mexicanas.

Leyes Estatales de Ecología, incorporan criterios ecológicos y ambientales en los planes de desarrollo, de manera que las evaluaciones de impacto ambiental se realicen durante los estudios básicos de todo el proyecto, con el fin de intervenir en la toma de decisiones sobre la selección de la alternativa más adecuada y en el establecimiento de obras congruentes con los lineamientos y regulaciones que se determinen.

Entre los procedimientos que se deben seguir, a nivel local, para obtener la autorización en materia de impacto ambiental de la realización de actividades públicas o privadas, entre las que se encuentran los proyectos de vialidad y transporte, el interesado deberá presentar ante la Secretaría o el Municipio correspondiente, para su evaluación, una manifestación de impacto ambiental. Esta deberá formularse conforme a los instructivos que hacen mención los Artículos 7 y 8 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental. En dichos instructivos se prevé considerar una metodología adecuada, de acuerdo con el tipo de proyecto que se pretenda realizar, la cual identifique y evalúe de la mejor manera las consecuencias de la obra o actividad sobre el medio ambiente.

VI.2 CARACTERIZACION DEL AREA

El proyecto del LNCM se localiza en el límite norte de la cuenca del Valle de México. Cruza por los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla en 16 de sus municipios, repartidos de la siguiente forma: 7 en el estado de México (Huehuetoca, Tequixquiac, Zumpango, Temascalapa, Axapusco, Nopaltepec y Temascaltepec), 2 en Hidalgo (Tizayuca y Emiliano Zapata), 6 en Tlaxcala (Calpulalpan, Sanctorum, Nanacamilpa, Españita, Iztacuilta y Tepetitla de Lardizabal) y 1 en Puebla (San Martín Texmelucan).

El trazo cruza, de oeste a este por las subcuencas del Río Cuautitlán, Arroyo el Salto y de la Laguna de Tochac-Tecocomuleo, en la cuenca del Río Moctezuma, y por la subcuenca de Puebla-San Martín Texmelucan en la cuenca del Río Atoyac.

La mayoría de los arroyos por donde cruza son intermitentes o han sido convertidos en colectores de aguas residuales.

En la región existen numerosos pozos de extracción de agua subterránea, sin embargo, debido a su sobreexplotación y a su importancia para la región, existe un decreto de veda que data desde 1954. A continuación se presentan los tramos de estudio en el Cuadro 65.

Cuadro 65

TRAMOS DE ESTUDIO

Ubicación	Tramo	Kilometraje (km 0 a 25.0)
Carretera No. 57 (Qro) a Sn Marcos Jilotzingo (km 0 a 25.0)	1	0.0-1.5
		1.5-5.0
		5.0-6.0
		6.0-7.5
		7.5-12.5
		12.5-13.0
		13.0-14.5
		14.5-14.8
		14.8-17.0
		17.0-18.5
		18.5-21.5
		21.5-23.7
		23.7-24.5
		24.5-25.0
San Marcos Jilotzingo a Temascalapa (km 25.0 a 44)	2	25.0-36.0 36.0-36.5 36.5-44.0
Temascalapa a Nopaltepec (km 44.0 a 63.0)	3	44.0-49.7
		49.7-50.3
		50.3-56.2
		56.2-56.7
		56.7-59.2
		59.2-59.5
		59.5-63.0
Nopaltepec a carretera No. 116 (Apan-Calpulalpan) (km 63.0 a 88.8)	4	63.0-77.3
		77.3-78.1
		78.1-78.5
		78.5-80.2
		80.2-80.9
		80.9-81.3
		81.3-84.8
		84.8-85.2
85.2-88.8		
Carretera No. 116 (Apan-Calpulalpan) a Domingo Arenas (km 88.8 a 103.0)	5	88.8-92.6
		92.6-93.4
		93.4-94.5
		94.5-94.8
		94.8-103.0

continua...

Domingo Arenas a carretera No. 150 (San Martín Texmelucan) (km 103.0 a 135+703)	6	103.0-104.0
		104.0-104.3
		104.3-105.8
		105.8-106.8
		106.8-108.0
		108.0-110.5
		110.5-113.8
		113.8-115.0
		115.0-115.4
		115.4-117.0
		117.0-120.0
		120.0-121.2
		121.2-125.6
		125.6-129.0
129.0-135+703		

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

A lo largo del trazo en sentido oeste-este, se presenta un cambio gradual en el clima que va de un templado subhúmedo con verano fresco largo Cb(w1) en el tramo 1, con precipitación anual de 656.51 mm, reduciendo su humedad a Cb(w0) con 598.8 mm en el tramo 2, hasta un clima seco BS1 con precipitación anual de 519.0 mm en el tramo 3, después aumenta la precipitación gradualmente desde el tramo 4 (entre 540.731 mm anuales), donde convergen los climas seco subhúmedo BS1 y templado subhúmedo Cb(w0), pasando a un templado Cb(w1) con precipitación de 731 mm en el tramo 5, y finalmente se presenta un clima Cb(w2) que es el más húmedo de los templados subhúmedos, en el último tramo, con una precipitación anual de 804.6. La temperatura media es de alrededor de 15°C, en los primeros 4 tramos, aumentando a 16.6 en el quinto tramo y a 17.7°C en el último tramo.

El trazo se localiza en los límites de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, la cual se compone de lavas, materiales piroclásticos de aluvión y origen lacustre del Terciario y Cuaternario. Litológicamente predominan las rocas de tipo arenisca-toba, el suelo aluvial y toba, en algunos casos asociadas con basalto, brecha volcánica y andesitas. Se encuentra localizado en la zona peninsular de la República Mexicana por lo que los sismos son poco frecuentes.

En cuanto a vulcanismo, el proyecto se encuentra comprendido en el área volcánica meridional de la cuenca, cercana a Tizayuca; sin embargo, las formaciones volcánicas se

consideran inactivas, siendo el Popocatepetel el volcán activo más cercano, localizado a más de 25 km del trazo.

En su geomorfología el trazo presenta planicies elevadas en la mayor parte del tramo, con altitudes de 2,400 a 2,500 m, algunos lomeríos y barrancas, los cuales se reparten de la siguiente forma: lomeríos y laderas de montaña en Huehuetoca, Tequixquiac y Hueyoptla; llanuras de Tizayuca y Zumpango; llanuras y planicies en Temascalapa, Axapusco, Nopaltepec y Emiliano Zapata y montañas, laderas y mesetas en Calpulalpan, Nanacamilpa, Sanctorem, Españita y San Martín Texmelucan.

Los suelos que se presentan en la mayor parte del trazo son de tipo feozem háplico, de textura media, principalmente en los tramos 2 a 5 (entre Zumpango y Calpulalpan). En el primer tramo se presenta el vertisón pélico con textura fina, en forma dominante, asociado con cambisol eútrico, destacando por la presencia de fuerte erosión hídrica y alto riesgo de erosión. Por otra parte en el tramo 6 que va a Sanctorem hasta el entronque en San Martín Texmelucan, predomina el suelo cambisol eútrico con textura de media a gruesa, asociado con regosol en los lomeríos que lo caracterizan, teniendo un riesgo de erosión muy alto. Finalmente en los últimos 4 km del tramo se presenta fluvisol eútrico.

El uso del suelo que predomina es la agricultura, siendo de temporal en el 70.7% del trazo (95.9 km) y de riego en un 5.5% (7.5 km) le sigue en extensión el pastizal inducido, solo, asociado con zona erosionada o con vegetación secundaria (de matorral xerófilo, bosque de encino-juniperus-pino o bosque de encino) el 17.17% (23.3 km del trazo) y únicamente el 6.6% del trazo (9 km) presenta vegetación natural relativamente conservada, de matorral xerófilo, bosque de encino-juniperus pino y bosque de encino. La mayor parte de la vegetación natural se encuentra perturbada presentando su mejor estado de conservación en las cimas de los cerros o en el fondo de las barrancas.

En la zona no se encontraron especies consideradas en la norma NOM-059-ECOL-1994, a pesar de que se han registrado las especies *Erythrina coralloides* y *Gentiana spathacea*, éstas no fueron observadas la primera por ser una especie de bosque espinoso o selva baja caducifolia es difícil que se presente en el trazo, mientras que la segunda a pesar de registrarse en zonas de pastizal matorral como especie abundante no fue observada en el mismo.

El área protegida más cercana al trazo corresponde al Parque Estatal de Cerro Gordo, situado a 5 km del trazo aproximadamente en el km 52.5 del mismo.

En cuanto a fauna el trazo se localiza en la provincia biótica volcánica transversal, y presenta una diversidad de especies relativamente alta, asociada con los diferentes tipos de vegetación. No obstante, se considera que los registros específicos en la región se han reducido como resultado de la modificación del hábitat para su uso como zonas de cultivo, lo cual se apreció en los estudios de campo, donde fue evidente la abundancia de especies asociadas a los asentamientos y actividades humanas, predominando los grupos de aves y roedores (cricétidos). Entre estos destacan las especies: (*Pipilo fuscus*); *Golondrina (Irundo rustica)*; Tortolita (*Columbina inca*), en el primer grupo y *Peromyscus maniculatus*, *P. melanotis*, *Teiurodontomys megalotis* y *Microtus mexicanus*, en el segundo. También se presentan algunas especies consideradas plaga, como son: la tusa *Pappogeomys merriami*, el ratón alfalfero *Microtus mexicanus* y la rata parda *Rattus norvegicus*, de gran impacto en la agricultura, como el ardillón *Spermophilus variegatus* (daño intenso), el ratón *Orizomys couesi* (daño poco intenso), la rata negra (*Rattus rattus*), las tusas pequeñas *Thomomys umbrinus* y el ratón de bolsas mexicano (*Liomys irroratus*).

Los anfibios y reptiles fueron comunes mientras que los mamíferos de mayor tamaño son raros.

Se registraron 10 especies de aves consideradas migratorias, las cuales acostumbran emplear la ruta migratoria central. Asimismo, se registraron 4 especies en estatus de protección incluidas en la norma NOM-059-ECOL-1994, las cuales son: las culebras *Tamniophis scalaris* (amenazada y endémica) y *Pituophis deppii* (amenazada), el ajolote *Ambystoma velasci* (sujeta a protección especial y endémica) y la ranita arborícola *Hyla plicata* (amenazada y endémica)

En cuanto a especies cinegéticas se registran 6 especies para el Estado de México, 10 para Hidalgo, 9 para Tlaxcala y 13 para Puebla. Las especies de interés comercial ascienden a 19 en el estado de México, 23 en Hidalgo y 26 en Puebla mientras que en Tlaxcala existe veda para su explotación.

VI.3 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación del impacto ambiental es un estudio encaminado a identificar, interpretar y evaluar los efectos derivados de acciones de desarrollo sobre los medios natural y social, con el fin de prevenir sus consecuencias, mediante correcciones y formas de mitigación que garanticen la perpetuación de la calidad ambiental, ecológica, de la salud y de bienestar de la sociedad.

La evaluación debe ofrecer información clara y precisa, presentada de forma sencilla y con alternativas valoradas, de manera que con dicha información se pueda mantener un sistema de evaluación permanente y de fácil comprensión para cualquier usuario.

VI.3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACION

La evaluación es la etapa complementaria de la identificación de impactos en los estudios de impacto ambiental; se refiere a una valoración de la importancia, magnitud y extensión de los principales impactos identificados y descritos para el proyecto. Estas actividades en conjunto son los componentes básicos del pronóstico ambiental.

El método aplicado en este estudio, para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto carretero LNCM, se basa en una modificación de la técnica desarrollada por Moore. A partir de dicha modificación, se diseñó una matriz en la que se incluyen los impactos significativos del proyecto, asociados con las etapas en que ocurren y las actividades que los generan, asignándoles una caracterización en términos de los siguientes parámetros.

a) Tipo de efecto.

- *Directos*. Se consideran impactos directos aquellos cuyos efectos se asocian en forma evidente con una actividad en particular, conociéndose inequívocamente su causa.
- *Indirectos*. Se refiere a los impactos cuyos efectos no se asocian de manera evidente con una actividad en particular, sino que éstos pueden ser resultado de la combinación de varias causas o la consecuencia del impacto ocasionado a otro componente. Un impacto de efecto indirecto generalmente se encuentra asociado a impactos directos que pueden o no tener la misma intensidad de éste.

b) Acumulabilidad.

- *Acumulativos*. Son acumulativos aquellos impactos que no desaparecen totalmente del medio después de manifestarse, sino que se mantienen y cada vez que se presentan, sus efectos se agregan a los de las ocasiones anteriores, adquiriendo mayor magnitud global.
- *No acumulativos*. En este grupo se encuentran aquellos impactos que desaparecen del medio después de manifestarse, por lo que sus efectos no se suman cada vez que se presentan. Es decir, es un tipo de impacto que parte de la condición cero en cada ocasión.

c) Reversibilidad.

- *Reversibles*. Impactos que no son permanentes y pueden recobrar su estado inicial, sin dejar señales.
- *Irreversibles*. Impactos que, una vez ocurridos, no existe la posibilidad de que el medio recobre su condición original.

d) Tiempo de manifestación.

- *Corto plazo*. Son los impactos que se presentan durante la ejecución de la actividad que lo produce o inmediatamente después. El patrón de medición del tiempo para estos impactos se define en semanas.
- *Mediano plazo*. Se refiere a impactos que no se manifiestan inmediatamente, sino posteriormente (tiempo expresado en meses) a la actividad o actividades que los producen.
- *Largo plazo*. Son impactos que se presentan después de un tiempo considerable (en años) con respecto a la ejecución de la obra de la cual se derivan, algunas veces aún después de finalizada la vida útil del proyecto.

e) Duración.

- *Momentáneos*. Impactos de corta duración, ya sea porque su efecto es instantáneo o bien porque las actividades que los generan no se presentan con frecuencia durante el desarrollo del proyecto.
- *Temporales*. Se refiere a aquellos impactos cuyos efectos son apreciables durante un tiempo y que después desaparecen.
- *Permanentes*. Son los impactos que una vez manifestados se mantienen indefinidamente en el medio.

f) Extensión ecológica.

- *Puntual*. Un impacto se considera puntual cuando sus efectos sólo tienen incidencia en el sitio específico que se ocasiona.
- *Local*. Corresponde a los impactos que son apreciables a nivel de la localidad (población o municipio) en la que se desarrolla el proyecto.
- *Regional*. Este nivel se alcanza cuando el impacto se extiende más allá de los límites de la localidad y sus efectos alcanzan, directa o indirectamente otras localidades de la región.
- *Nacional*. Los impactos de alcance nacional tienen repercusión, ya sea directa o indirectamente, sobre distintos componentes del medio que involucran a todo el país.

g) Controlabilidad.

- *Controlables*. Los impactos controlables permiten atenuar o prevenir sus efectos mediante medidas de mitigación incorporables al proyecto.
- *Parcialmente controlables*. Estos impactos tienen componentes que en alguna medida son susceptibles de controlarse, de esta forma, aunque no se eliminan en su totalidad, sus efectos pueden ser mitigados. La magnitud de esta mitigación depende de la naturaleza del impacto.
- *No controlables*. Agrupa impactos que no se pueden aminorar o prevenir.

h) Intensidad.

- *Baja*. Se refiere a los impactos cuyos efectos sobre el medio son ligeros y apenas apreciables. Estos impactos no son significativos y no causan transformaciones importantes en el entorno.
- *Moderada*. Los impactos de intensidad moderada tienen efectos poco drásticos, pero que sí promueven transformaciones apreciables (aunque no sustanciales) sobre el medio.
- *Alta*. Este tipo de impactos tiene efectos drásticos y generalmente irreversibles sobre el medio. Estos impactos causan transformaciones importantes sobre las condiciones ambientales en las que inciden.

VI.3.2 ANALISIS DE LA MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS

Para la construcción de la matriz, se obtuvieron de la identificación y cribado inicial, los impactos de carácter significativo y moderado, integrándose con éstos la matriz de evaluación.

La matriz consta de columnas y renglones los cuales están organizados de la siguiente manera:

En las columnas se colocan lo siguiente puntos:

- a) Factores ambientales.
- b) Etapa y tipo de impacto.
- c) Actividad causante de impacto.
- d) Evaluación del impacto.

- Efecto
- Acumulabilidad
- Reversibilidad
- Manifestación
- Duración
- Extensión ecológica
- Controlabilidad
- Intensidad

En los renglones se incluyen los elementos ambientales impactados de manera moderada y significativa agrupándolos en sus respectivos componentes.

La descripción de los efectos se desarrollan de acuerdo a las categorías incluidas en la columna global de evaluación del impacto.

La lista de chequeo de tipo simple que se empleó, considera todos aquellos aspectos incluidos en las actividades del proyecto así como todos los factores ambientales relacionados con el mismo. La lista de chequeo se elaboró de manera global para todos los segmentos.

Para facilitar la conceptualización de cada una de las categorías antes señaladas, se agruparon las acciones del proyecto en etapas y los elementos del ambiente en categorías denominadas componentes ambientales.

Las etapas del proyecto son las siguientes:

- Selección del sitio
- Preparación del sitio y construcción
- Operación y mantenimiento
- Abandono

Cada una de las etapas del proyecto agrupa a una serie de acciones que son definidas a partir de la descripción del proyecto.

Los elementos ambientales son agrupados en 10 componentes:

- Climatología
- Geología
- Suelo
- Hidrología
- Vegetación terrestre
- Fauna terrestre
- Ecosistemas
- Medio socioeconómico
- Paisaje
- Legislación ambiental

Igual que en las etapas del proyecto, se incluyen en la lista de chequeo aquellos elementos del ambiente relacionados con el proyecto, los cuales fueron definidos de acuerdo a la descripción del medio natural y socioeconómico, así como de los resultados obtenidos de la revisión de las normas y regulaciones sobre el uso del suelo.

A continuación se mencionan aquellas etapas y acciones del proyecto consideradas para la evaluación de impactos ambientales para todos los segmentos del proyecto carretero (ver Cuadro 66).

Cuadro 66

LISTA DE CHEQUEO PARA LAS ETAPAS Y ACCIONES DEL PROYECTO LNCM	
Etapas	Acciones
1. Selección del sitio	- Ubicación de la ruta óptima - Estudios de campo
2. Preparación del sitio y construcción	- Desmonte y despalme - Cortes, nivelaciones y compactaciones - Transporte y almacenamiento de materiales y equipo - Transporte y almacenamiento de combustible - Aprovechamiento de recursos - Extracción y empleo de agua - Construcción y rehabilitación de caminos de acceso - Preparación de materiales para construcción - Construcción de drenajes para desalajo de agua pluvial - Puentes de unión de caminos vecinales - Puentes de unión de predios - Desmonte y despalme - Cortes, nivelaciones y compactaciones - Transporte y almacenamiento de materiales y equipo - Transporte y almacenamiento de combustible - Aprovechamiento de recursos - Extracción y empleo de agua - Construcción y rehabilitación de caminos de acceso - Preparación de materiales para construcción - Construcción de drenajes para desalajo de agua pluvial - Puentes de unión de caminos vecinales - Puentes de unión de predios - Puentes de unión de zonas abruptas o accidentadas - Puentes de unión en ríos y arroyos - Puentes de entronque (entrada y salida a la autopista) - Puentes vehiculares y peatonales - Asfalto - Entronques - Construcción de casetas de cobro - Pintado de señales en la cinta asfáltica - Colocación de señales - Colocación de malla ciclónica - Colocación de malla protectora de deslaves - Cancelación de vías de acceso - Manejo y disposición de residuos sólidos - Manejo y disposición de aguas residuales - Operación de maquinaria y equipo - Contratación de mano de obra - Posibles accidentes

continua...

3. Operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Circulación vehicular - Mantenimiento de señales - Mantenimiento de cinta asfáltica - Mantenimiento de puentes y entronques - Mantenimiento de malla ciclónica - Mantenimiento de malla protectora de deslaves - Limpieza del derecho de vía - Manejo y disposición de residuos sólidos - Contratación de mano de obra - Operación de maquinaria y equipo - Posibles accidentes
4. Abandono	<ul style="list-style-type: none"> - Uso del área al concluir la vida útil

Fuente: Consultoría Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

Los componentes y elementos ambientales considerados en la evaluación, se presentan en el Cuadro 67.

Cuadro 67

LISTA DE CHEQUEO PARA LOS COMPONENTES Y ELEMENTOS AMBIENTALES DE LNCM

Componentes	Elementos
1. Climatología	A. Microclima <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad B. Calidad del aire <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de partículas suspendidas totales - Visibilidad - Nivel de ruido (intensidad, duración, repetición) - Nivel de gases
2. Geología	<ul style="list-style-type: none"> - Características litológicas - Estabilidad y resistencia de las capas geológicas - Bancos de material - Grado de erosión - Sismicidad
3. Suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Características físicas y químicas del suelo - Grado de erosión - Uso actual del suelo - Uso potencial del suelo

continua...

4. Hidrología	
4.1 Hidrología superficial	<ul style="list-style-type: none"> A. Ríos y arroyos - Calidad del agua - Usos - Variaciones de flujo de la corriente - Drenaje B. Cuerpos de agua y embalses - Calidad del agua - Usos - Volumen - Alteraciones del fondo o borde
4.2 Hidrología subterránea	<ul style="list-style-type: none"> A. Aguas subterráneas - Calidad del agua - Usos - Nivel freático - Dirección de las corrientes subterráneas - Recarga del acuífero
5. Vegetación terrestre	<ul style="list-style-type: none"> - Características de la vegetación - Especies de valor comercial - Especies endémicas y/o en peligro de extinción
6. Vegetación acuática	<ul style="list-style-type: none"> - Características de la vegetación - Especies de valor comercial - Especies endémicas y/o en peligro de extinción
7. Fauna Terrestre	<ul style="list-style-type: none"> - Características de la fauna - Especies de valor comercial - Especies endémicas y/o en peligro de extinción - Especies interés cinegético
8. Fauna acuática	<ul style="list-style-type: none"> - Características de la fauna - Especies de valor comercial - Especies endémicas y/o en peligro de extinción - Especies interés cinegético
9. Ecosistema	<ul style="list-style-type: none"> A. Frágil - Hábitat - Cadenas alimenticias B Comunidad terrestre - Poblaciones animales - Hábitat - Cadenas alimenticias - Diversidad de especies C. Comunidad acuática - Hábitat - Cadenas alimenticias - Diversidad de especies

continua...

10. Medio socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> - Población (demografía) - Empleo y mano de obra - Calidad y estilo de vida - Servicios públicos - Valor de la tierra - Salud pública y ocupacional - Vivienda - Patrones culturales - Valores estéticos y patrimoniales - Lugares u objetos arqueológicos e históricos - Asentamientos humanos - Tenencia de la tierra - Medios de comunicación - Medios de transporte - Agricultura - Ganadería - Pesca - Industria - Economía local - Economía regional - Economía nacional
11. Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> - Vistas panorámicas - Material geológico superficial - Relieve y caracteres topográficos - Presencia de agua - Área de superficie de agua - Márgenes arboladas (vegetación de galería) - Diversidad de tipos de vegetación - Diversidad dentro de los tipos de vegetación - Diseño de las estructuras (arquitectura del paisaje)
12. Legislación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas naturales protegidas - Planes y programas de desarrollo - Ordenamientos ecológicos del territorio

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S. A. de C. V., noviembre 1995

VI.4 MATRIZ DE LEOPOLD

La matriz de Leopold que se empleó en la evaluación de los impactos ambientales para el tramo del proyecto carretero, se implementará de acuerdo a las técnicas *ad hoc*, con base en las características del proyecto y del medio natural y socioeconómico.

a) **Construcción de la matriz de Leopold.** Para el desarrollo de la matriz de Leopold, se colocan en las columnas todas las acciones del proyecto agrupadas en las diferentes etapas; en los renglones se adicionan los elementos ambientales divididos en sus correspondientes componentes. A la vez los componentes se agrupan en los diferentes medios a los que pertenecen (medio físico, biológico y socioeconómico) dejando por fuera el paisaje y la legislación ambiental ya que se considera que deben tener un trato especial.

Al final de cada columna o renglón, se coloca la sumatoria de las frecuencias de cada uno de los tipos de impactos considerados, de tal forma que se obtiene de manera rápida la cantidad y dirección de los impactos para cada acción del proyecto y componente del ambiente.

La clasificación de los impactos ambientales se define a partir de dos variables:

- En relación al sentido del impacto (negativo o positivo; adverso o benéfico).
- Con respecto a la magnitud del impacto (significativo, moderadamente significativo y no significativo).

Para categorizar a cada tipo de impacto se empleo la clasificación propuesta en el Manual Básico de Evaluación del Impacto al Ambiente y la Salud en Proyectos de Desarrollo, del Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (1990, México); a ésta clasificación, se le hicieron agregados en algunas conceptualizaciones y se adicionaron otros términos que se consideraron importantes. En el Cuadro 68, se presenta la clasificación de los impactos ambientales que se emplearán.

Cuadro 68

CLASIFICACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MATRIZ DE LEOPOLD

Tipo de impacto	Descripción
Impacto nulo	No existe impacto
Adverso	El impacto provocado a los elementos del ambiente es negativo, afectando alguna o algunas de sus características.
Adverso no significativo	El impacto es apenas perceptible en el ambiente siendo puntual, momentáneo y observándose a corto plazo, con una intensidad reducida.
Adverso moderadamente significativo	El impacto al ambiente se presenta a nivel local, siendo a corto o mediano plazo sus efectos y sólo se manifiesta de manera temporal y con una intensidad moderada.

continua...

Adverso significativo	El impacto al ambiente trasciende a nivel local, observándose sus efectos en el terreno regional, manteniéndose el impacto por un tiempo más largo que el anterior impacto (a mediano o largo plazo). Además, el impacto se presenta de una manera compleja, afectando no sólo a un componente del ambiente, sino a varios y con una intensidad importante.
Benéfico	El impacto provocado por las acciones del proyecto es positivo hacia los elementos del ambiente.
Benéfico no significativo	El impacto positivo al ambiente, sólo se presenta a nivel puntual, siendo sus efectos a momentáneos, observándose en un período de tiempo definido (impacto temporal). La intensidad es reducida.
Benéfico moderadamente significativo	El impacto se presenta a nivel local, siendo a corto o mediano plazo sus efectos y sólo se manifiesta de manera temporal, con una intensidad moderada.
Benéfico significativo	La magnitud del impacto es mayor que la anterior condición, al ser los beneficios no sólo locales sino regionales y se observa el impacto en varios elementos del ambiente, con una intensidad importante.
Impacto desconocido	Se observa una relación entre una acción y un elemento del ambiente, pero se desconoce el sentido del impacto (adverso o benéfico) y su magnitud (significativo o no significativo).

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S. A. de C. V., noviembre 1995

b) **Llenado de la matriz de Leopold.** Después de haber construido la matriz, se procede al llenado con las categorías de impacto ambiental antes mencionadas. Primeramente se tomarán en cuenta las acciones, y se determinarán los lugares en donde exista un posible impacto, se checarán los elementos del ambiente y se observará su comportamiento a través de las distintas acciones del proyecto.

Ubicados los puntos de interacción, se procedió a asignar valores de acuerdo a las categorías de impactos. Al hacer la valoración se constata si el impacto debe ser considerado o no, o si existe algún otro impacto no considerado en la primera identificación.

Como principio de exclusión, se considera que los impactos evaluados deben ser de tipo directo, es decir que la propia acción sea la causante del impacto y no considerar aquellos impactos generados de forma indirecta a no ser que el impacto sea evidente, lo anterior no significa que no se valore a un impacto por sus efectos acumulativos, sino que para el llenado de las cuadrículas, sólo se consideran aquellos impactos en los que se pueda establecer su

relación directa y aquellos que, como producto de una acción del proyecto de tipo significativo, acarrear un impacto similar hacia otro elemento del ambiente. El análisis de los impactos acumulativos se efectuará en el balance de los impactos ambientales.

Después de haber llenado las cuadrículas en donde se presentan interacciones, se culmina el llenado haciendo la sumatoria de las frecuencias de cada tipo de impacto tanto en las columnas como en los renglones.

c) Descripción de los impactos ambientales. Esta fase consiste en procesar la información proporcionada por la matriz de Leopold, de acuerdo a los siguiente puntos:

- Se describen en primera instancia los impactos adversos y posteriormente los benéficos.
- Se separan los impactos significativos y moderadamente significativos, de los no significativos utilizando la tabla reducida (cribada).
- Se describen los impactos significativos y moderadamente significativos, considerando a un componente del ambiente y se describen los impactos significativos generados hacia él por parte de cada una de las acciones del proyecto.
- Cuando existen impactos significativos y moderadamente significativos que guarden cierta relación ya sea por la acción que les da origen o por el componente que es afectado, se procede a agrupar a los impactos en la descripción.

d) Análisis de datos. Se construyeron tablas y gráficas que muestran la frecuencia de los diferentes tipos de impactos y sus tendencias con relación a la viabilidad del proyecto.

e) Balance de los impacto ambientales. La siguiente fase consiste en hacer un análisis global de los impactos, que se desarrolla del nivel más general, al particular.

Las etapas son las siguientes:

- En primera instancia se consideran el conjunto de impactos totales de cada una de las condiciones, con el fin de conformar un cuadro global de los impactos adversos o benéficos, sin diferenciarlos por su magnitud.

- Posteriormente, se efectúa el análisis para cada una de las acciones del proyecto y de los componentes del ambiente, con el fin de detectar las acciones más impactantes y los componentes más impactados.

VI.5 IMPACTOS ADVERSOS SIGNIFICATIVOS Y MODERADAMENTE SIGNIFICATIVOS ESPECIFICOS PARA CADA TRAMO

Considerando que a través del trayecto que recorrerá la carretera del LNCM se presentan diferentes características de clima, geología, geomorfología, suelo y vegetación, el grado de impacto será diferente en cada tramo, por lo tanto los impactos van desde significativos hasta no significativos (para el caso presente, sólo se describirán los moderados significativos), por lo que dependiendo del tipo de vegetación sus elementos serán alterados de manera diferente.

VI.5.1 GEOLOGIA

La geología es la ciencia que concierne a la tierra y las rocas de las que está constituida, los procesos que la formaron durante el tiempo geológico y el modelado de la superficie en el pasado y en el presente (Blyth, F. y De Freitas, M., 1989). Este componente del ambiente se ha dividido en seis elementos, de los cuales dos resultan impactados, estos son: bancos de material y grado de erosión. Los impactos que se identificaron en la etapa de preparación del sitio y construcción se describen a continuación:

Grado de erosión

El grado de erosión se refiere a la degradación física o química del material geológico, por la acción de factores ambientales o humanos. Este elemento de la geología se verá impactado de forma adversa moderada durante la preparación del sitio y construcción, por las

acciones de corte, nivelación y compactación, ya que al realizar principalmente los cortes del terreno, el material geológico puede quedar totalmente expuesto a la acción de los factores erosivos como son el sol, el agua y el viento entre otros. Este impacto se considera que se presentará durante el desarrollo de los trabajos en los tramos 1,4 y 6 lo anterior como consecuencia de las características topográficas de estas zonas. Asimismo, se considera moderado debido a que estas acciones solo se realizarán en los cerros que interfieran con el trazo de la carretera. Este impacto cuenta con medida de mitigación.

VI.5.2 SUELO

Los impactos hacia el suelo se presentan en uno de sus componentes, el grado de erosión. Estos impactos, poseen medidas de mitigación, ya que en la actualidad existen tecnologías apropiadas para controlar los procesos erosivos de los suelos.

A continuación se describen los impactos ocasionados a los elementos de este componente:

Grado de erosión

El grado de erosión se refiere a la pérdida de partículas componentes del suelo por la acción de factores ambientales o humanos. Este elemento recibirá tres impactos de tipo adverso moderado, durante la etapa de preparación del sitio, por las acciones de desmonte y despalme, cortes, nivelación y compactación y por la construcción de drenajes para el desalajo de agua pluvial.

En la primera acción, el impacto se ocasiona por la pérdida de vegetación y raíces del suelo, actividades que permiten de esta forma que el suelo quede expuesto a la acción de los agentes erosivos.

Los tramos son afectados en forma diferencial, dadas sus características de tipo de suelo, pendientes, tipo de vegetación y precipitación pluvial lo cual produce un riesgo de erosión distinto para cada tramo. En particular los tramos 1, 4 y 6 presentan mayor riesgo de erosión en algunos segmentos. De ellos destaca el tramo 1 porque en el existe una fuerte

erosión hídrica que ha producido cárcavas en aproximadamente 4 km del trazo. Es por ello que en este tramo el riesgo de erosión se magnifica. Estos impactos cuentan con medida de mitigación.

VI.5.3 HIDROLOGIA

Este componente ambiental, recibe dos impactos durante la etapa de preparación del sitio y construcción, a la calidad del agua y al drenaje y escurrimiento superficial. Los impactos se presentan por la construcción de puentes de unión de ríos y arroyos . Estos impactos únicamente se presentan en el tramo 6 y se consideran como adversos moderados.

El impacto a la calidad del agua se debe a que durante la construcción de los puentes se dejará materiales de construcción, como lo es el cemento, arena y otros materiales alterándose las características naturales de estas corrientes.

Por otra parte, el drenaje y escurrimiento natural de estos ríos y arroyos, se verá alterado por la misma construcción de estos puentes, ya que estas acciones modificarán los patrones naturales de escurrimiento de los ríos. Ambos impactos cuentan con medida de mitigación.

VI.5.4. VEGETACION TERRESTRE

La vegetación es el conjunto de plantas que habitan una región, la cual es analizada desde el punto de vista de las comunidades bióticas que la forman (Rzedowski, 1978).

La vegetación se ve impactada de forma adversa moderada en dos de sus tres elementos considerados: las características de la vegetación y especies de valor comercial.

Características de la vegetación

Las características de la vegetación natural corresponden a aquellos elementos del ambiente que conforman el cuadro global de la vegetación y se refieren al tipo de vegetación, la diversidad, estratificación, distribución, abundancia y formas de vida de las especies vegetales, así como de sus especies dominantes.

El impacto ocurre durante la fase de preparación del sitio y construcción, con la actividad de desmonte y despalme. Las características de la vegetación serán alteradas de forma adversa moderada al cortar la cubierta vegetal existente a lo largo del trazo, de igual forma la creación de la carretera propiciará la proliferación de vegetación ruderal, la cual es menos diversa y más invasora. Se considera un impacto moderado en los tramos 1, 2, 3, 4 y 5 ya que la mayor parte de estos tramos corresponde a zonas agrícolas (95.9 km de temporal y 7.5 km de riego), donde la vegetación natural ya ha sido afectada con anterioridad. De esta forma la mayor afectación a la vegetación natural solo se presentará en el tramo 6, por lo que para este tramo se consideró que el impacto será de tipo significativo.

Por otro lado, para el caso de los tramos 1 al 5, el impacto se consideró como moderadamente significativo, ya que tan solo se requerirá una franja de 60 m a lo largo de estas zonas de vegetación.

Finalmente, este componente ambiental volverá a ser afectado de forma moderadamente significativo en el tramo 6 con las acciones de corte y nivelación, necesarias para el paso de la carretera. El impacto se consideró solamente en esta zona, debido a que este tramo presenta la vegetación mejor conservada, a que es el tramo con mayores pendientes y por tanto su topografía más abrupta. Para todos los impactos se consideran medidas de mitigación.

Especies de valor comercial

Este elemento de la vegetación, contempla a aquellas especies factibles de ser aprovechadas racionalmente.

Este componente ambiental se ve afectado por las acciones de corte y despalme de la etapa de preparación del sitio, y se presentará solamente en el tramo 4 del proyecto. El impacto

se consideró solamente para este tramo, ya que fue el único donde se encontró especies de interés comercial como es el caso del Heno, especie que es extraída anualmente por comerciantes dedicados a esta actividad. Se considera como moderado el impacto ya que solamente se afectará el área que ocupará la carretera permaneciendo los individuos aledaños a la misma. El impacto cuenta con medida de mitigación.

VI.5.5 FAUNA TERRESTRE

La fauna es el conjunto de organismos animales que caracterizan a la biota de un ecosistema. Para la evaluación de impactos se consideran fundamentalmente a los mamíferos, reptiles, aves y anfibios.

Especies endémicas y/o en peligro de extinción

Este componente ambiental se ve afectado por la acción de desmonte y despalme en forma adversa significativa para los tramos 1, 2, 3 y 6 y de forma moderada significativa en los tramos 4 y 5.

El impacto se consideró en forma adversa significativa en los tramos 1, 2, 3 y 6, ya que en estos tramos fue posible detectar especies consideradas en la NOM-059-ECOL/94. En tanto que para los tramos restantes, se consideró esta magnitud de forma moderada significativa ya que no fue posible detectar organismo en algún estatus de protección.

Sin embargo a pesar de no haber sido registradas especies dentro de esta Norma, la magnitud del impacto se realizó tomando algunas consideraciones como fue, el tiempo de muestreo corto, las observaciones de organismos depende de muchos factores, por lo cual el hecho de no registrarse especies consideradas en la NOM, no implica que estas especies no estén presentes en la zona, es más el hecho de que se hayan encontrado en los tramos anteriores y en el tramo final, hace suponer que estas especies pueden distribuirse de manera natural en los tramos donde no fue posible detectar a dichos organismos. Para este impacto se considera medida de mitigación.

VI.5.6 COMUNIDADES TERRESTRES

Hábitat

El hábitat se concibe como el sitio en el que se ha establecido una población de organismos (vegetales o animales), en interacción con los factores bióticos y abióticos.

El hábitat de los diferentes organismos que existen actualmente a lo largo del trazo será modificado como resultado del desmonte y despalme de la cubierta vegetal, la construcción de drenajes para el desalojo del agua pluvial y las actividades de corte, nivelación y compactación.

El desmonte y despalme a lo largo del trazo quitará la cubierta vegetal en una franja de 135.7 km por 60 m de ancho, además de otras posibles áreas empleadas como caminos provisionales y obras de apoyo. Estas acciones pueden ser particularmente nocivas para el hábitat de especies ecológicamente importantes que aún persisten en la región a pesar de encontrarse en ecosistemas perturbados. Por lo anterior se considera que el impacto es adverso moderado, presentándose solo en los tramos 1, 3, 4 y 6 contando con medida de mitigación.

Por otra parte, la construcción de drenaje para el desalojo del agua pluvial, provocará un impacto moderado significativo, ya que al desviar los escurrimientos superficiales de los arroyos o aumentar el caudal de algunos de éstos como consecuencia del drenaje de la carretera, se modificarán los volúmenes de los cuerpos de agua existentes, lo cual modificará los hábitats presente en la región. Este impacto solo se considera para el tramo 1, el cual cuenta con una gran cantidad de depósitos de agua como son los bordos y jagüeyes importantes para la supervivencia de especies consideradas en la NOM-059.

Diversidad de especies

Este atributo básico de las comunidades se refiere a la variedad de especies que coexisten espacial y temporalmente en una área determinada. Será afectado de manera adversa en la etapa de preparación del sitio, debido a las actividades de desmonte y despalme.

Estas acciones, tendientes a la eliminación de la cubierta vegetal y la capa superficial del suelo, promueven cambios drásticos en el hábitat de las especies animales, estas poblaciones son altamente sensibles a la afectación de los recursos que el medio les proporciona. De este modo, al eliminarse de manera intempestiva parte de sus fuentes de alimento y refugio, o simplemente de sus áreas de actividad, las poblaciones, necesariamente tienden a alejarse de estos sitios.

Las afectaciones por las actividades mencionadas promueven el desplazamiento de las poblaciones, sobre todo de anfibios, reptiles y mamíferos, hacia otras áreas menos perturbadas, llegándose generalmente a la desaparición total de algunas especies que alguna vez habitaron el sitio.

Esta serie de eventos conduce a la reducción de la diversidad de especies en el sitio del proyecto y en su área de influencia.

Por otro lado, pueden ocurrir alteraciones en la diversidad original, debido a que las actividades humanas promueven la invasión de especies más adaptadas a los hábitat perturbados. Este es el caso de los gorriones domésticos (*Passer domesticus*) y la tortolita (*Columbina inca*) y de ciertos roedores catalogados como fauna nociva (*Rattus norvegicus*, *Rattus* y *Mus musculus*).

Este impacto es moderadamente significativo en los tramos 1, 3, 4 y 6, y es no significativo en los tramos 2 y 5.

VI.5.7 PAISAJE

Desde el punto de vista biológico, el paisaje natural se refiere al aspecto fisonómico de un ecosistema antes de ser alterado por la actividad humana. Los elementos de este componente que se ven impactados son; el material geológico superficial y los caracteres topográficos.

Vistas panorámicas

Las vistas panorámicas se verán impactadas de forma moderada durante la etapa de preparación del sitio y construcción, por las acciones de desmonte y despalme, cortes, nivelación y compactación, puentes de unión de zonas abruptas y construcción de la carpeta asfáltica. La primera acción afecta solo a los tramos 4 y 6, mientras que las demás acciones tienen efecto solo sobre el tramo 6.

En el caso de la primera acción el impacto se presentará debido a que en la zona existen algunos parajes con valor paisajístico. Se considera moderado debido a que el área de afectación será la mínima necesaria para el desarrollo del proyecto.

Para el caso de las siguientes acciones, se considera que el impacto se producirá al limpiar la vegetación y cambiar radicalmente las vistas de la región, aunado a que en este tramo se tienen vistas espectaculares de los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl. No cuenta con medida de mitigación.

Diseño de la estructura (Relación con el Paisaje)

La construcción de puentes en zonas abruptas y de la carpeta asfáltica, generarán hacia este componente un impacto adverso de magnitud moderada. El impacto se generará al introducir elementos artificiales (construcción de la carretera y puentes) a una zona donde las características de la vegetación se consideran mejor conservadas. De esta forma al introducir estos elementos extraños al contexto de una región se generan cambios en el paisaje natural, ya que este tipo de proyecto representa un impacto visual alto. Se considera de esta magnitud el impacto considerado debido a que la zona presenta características topográficas que ocasionaran que la construcción de la carretera se vea a grandes distancias. No cuenta con medida de mitigación.

VI.6 IMPACTOS BENEFICOS SIGNIFICATIVOS Y MODERADAMENTE SIGNIFICATIVOS COMUNES A TODOS LOS TRAMOS DEL TRAYECTO

Medio Socioeconómico

Empleo y mano de obra

El empleo y la mano de obra se verán afectados de forma moderada durante la etapa de preparación del sitio y construcción por la contratación de fuerza de trabajo, este impacto se considera moderado ya que el número de trabajadores será de 1120 personas de forma temporal, por lo cual el tiempo de empleo es corto, aunado a que la oferta de mano de obra es muy alta en la región.

Servicios públicos

Este componente ambiental se verá afectado de manera benéfica durante la etapa de construcción de la carretera. Los beneficios más directos están asociados a la actividad de colocación de señales en la carretera.

Estos servicios redundarán en un manejo más seguro de los usuarios por la carretera. El impacto se identificó con magnitud moderadamente significativa.

Valor de tierra

El valor de la tierra sufrirá un impacto moderado por la ubicación del trazo de la carretera durante la etapa de selección del sitio. Se considera esta magnitud del impacto debido a que obras de este tipo incrementan la plusvalía de los terrenos que se ven relacionados y beneficiados con este tipo de obras.

Medios de comunicación

Este componente ambiental se verá afectado durante la etapa de operación de la carretera, por la circulación vehicular de forma benéfica moderada, ya que al entrar el proyecto en operación, las vialidades que llegan a la ciudad de México, se verán aligeradas del gran aforo que presentan en estos momentos, llegando inclusive a beneficiar a las vialidades mismas de la ciudad.

Industria

Este componente ambiental se verá beneficiado por la operación vehicular de la etapa de operación, ya que al contar con una vía que no cruce la ciudad de México, podrá mover más rápido su mercancía, con importantes ahorros en fletes y tiempo.

Economía local

La economía local se verá beneficiada de forma moderada durante la etapa de operación, debido a que los productores de estas regiones podrán sacar al mercado sus productos para comercializarlos.

Economía regional

Al igual que el punto anterior, la economía regional se verá beneficiada de forma benéfica significativa por la circulación vehicular de la etapa operativa, ya que esta carretera

Estos servicios redundarán en un manejo más seguro de los usuarios por la carretera. El impacto se identificó con magnitud moderadamente significativa.

Valor de tierra

El valor de la tierra sufrirá un impacto moderado por la ubicación del trazo de la carretera durante la etapa de selección del sitio. Se considera esta magnitud del impacto debido a que obras de este tipo incrementan la plusvalía de los terrenos que se ven relacionados y beneficiados con este tipo de obras.

Medios de comunicación

Este componente ambiental se verá afectado durante la etapa de operación de la carretera, por la circulación vehicular de forma benéfica moderada, ya que al entrar el proyecto en operación, las vialidades que llegan a la ciudad de México, se verán aligeradas del gran aforo que presentan en estos momentos, llegando inclusive a beneficiar a las vialidades mismas de la ciudad.

Industria

Este componente ambiental se verá beneficiado por la operación vehicular de la etapa de operación, ya que al contar con una vía que no cruce la ciudad de México, podrá mover más rápido su mercancía, con importantes ahorros en fletes y tiempo.

Economía local

La economía local se verá beneficiada de forma moderada durante la etapa de operación, debido a que los productores de estas regiones podrán sacar al mercado sus productos para comercializarlos.

Economía regional

Al igual que el punto anterior, la economía regional se verá beneficiada de forma benéfica significativa por la circulación vehicular de la etapa operativa, ya que esta carretera

tendrá influencia sobre importantes centros industriales como son: Querétaro, San Martín Texmelucan, Tizayuca, Cd. Sahagún, Tlaxcala y Puebla, favoreciendo el intercambio de bienes y servicios entre estas zonas industriales, además de las poblaciones que podrán verse beneficiadas.

Economía nacional

La creación de una obra de esta naturaleza, no solo tiene importancia local o regional, sino inclusive llega a tener importancia nacional o internacional, ya que los movimientos de productos que necesariamente tendrían que pasar por la Ciudad de México, con la irremediable pérdida de tiempo y dinero, ahora podrán realizarse considerables ahorros al utilizar esta vialidad, al llevar sus cargas de la parte norte y centro del país al sureste y este del país. El impacto se considera como moderado ya que en la actualidad los costos por utilización de autopistas son elevados, propiciando que los transportistas continúen utilizando las rutas tradicionales.

Legislación ambiental

Este componente ambiental se ve beneficiado durante la etapa de selección del sitio, debido a que el proyecto se encuentra de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo, donde se señala un impulso al desarrollo de la infraestructura carretera en el país. Además el proyecto no se contrapone con ninguno de los planes y programas considerados para los municipios afectados.

De acuerdo a los resultados de la tabla-resumen (ver Cuadro 69) y considerando en su conjunto la matriz de Leopold, los impactos de efecto desconocido se observan en la etapa de abandono y en los componentes ambientales vegetación, fauna y medio socioeconómico.

Haciendo un análisis global de los impactos adversos y benéficos totales, se observa que los tramos presentan el mismo número de impactos tanto en las etapas del proyecto, como en los componentes ambientales.

De acuerdo a lo anterior, las etapas del proyecto que más impactos adversos provocan son: la preparación del sitio y construcción (83%) y la operación y mantenimiento (13%).

Las etapas del proyecto que presentan el mayor número de impactos benéficos son la operación y mantenimiento (54%), y la preparación del sitio y construcción (con 40% del total de los impactos benéficos).

En el Cuadro 69 se muestra el comportamiento de los impactos adversos y benéficos en cada una de las etapas del proyecto.

Los componentes del ambiente más afectados por las actividades del proyecto son: la climatología del lugar (40%), el suelo y el medio socioeconómicos (11% cada uno).

Respecto a los impactos benéficos hacia los componentes del ambiente, el medio socioeconómico es el que presenta un mayor porcentaje (72%) del total de los impactos benéficos. Esto se debe a que casi todos los elementos ambientales del medio natural se ven afectados adversamente por la implementación de un proyecto, al modificar las características originales del ecosistema; situación diferente sucede en el medio socioeconómico, en el cual muchas de las acciones del proyecto tienden a mejorar las condiciones del bienestar humano, existiendo, por lo tanto, menos elementos impactados.

Los demás componentes que presentan impactos benéficos aunque en menor proporción son: la Geología (8%), Climatología, Suelo, Vegetación, Fauna y Legislación Ambiental con el 4% cada uno.

De igual forma en el Cuadro 69 se observan las frecuencias de los impactos ambientales para cada uno de los componentes del ambiente.

El análisis anterior parte de considerar a todos los impactos adversos y benéficos sin distinguir su magnitud. En los siguientes apartados se efectuará al balance de los impactos moderados y significativos.

VI.7 BALANCE DE LOS IMPACTOS MODERADOS Y SIGNIFICATIVOS

En la Figura 14 se puede observar que los impactos adversos significativos se presentan por orden de importancia en todos los segmentos en las etapas de preparación del sitio y construcción (62%), operación y mantenimiento (25%) y selección del sitio (13%). El tramo 6 es el que presenta mayor número de impactos adversos (6), en tanto que los tramos 1, 2 y 3 presentan 5 impactos significativos y los tramos 4 y 5 cuentan con 4 impactos cada uno.

Cuadro 69

**RESUMEN DE LOS IMPACTOS DETECTADOS EN LOS TRAMOS DEL
LIBRAMIENTO NORTE DE LA CIUDAD DE MEXICO**

Etapa del proyecto		Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		Tramo 6	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Adversos totales	Selección de sitio	4	4	4	4.1	4	4.1	4	4	4	4.1	4	3.8
	Preparación de sitio	74	75	73	74	73	74	75	73	74	80	76	
	Construcción	8	8.1	8	8.2	8	8.2	8	8	8	8.2	8	7.6
	Operación y mantenimiento	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12
	Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		99	100	98	100	98	100	100	100	98	100	105	100
Bénéficos totales	Selección de sitio	2	8	2	8.3	2	8.3	2	8.3	2	8.3	2	8.3
	Preparación de sitio	6	24	5	21	5	21	5	21	5	21	5	21
	Construcción	4	16	4	17	4	17	4	17	4	17	4	17
	Operación y mantenimiento	13	52	13	54	13	54	13	54	13	54	13	54
	Abandono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		25	100	24	100	24	100	24	100	24	100	24	100
Desconoci dos	Selección de sitio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Preparación de sitio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Construcción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Operación y mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abandono	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100
Total		3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100
Componente ambiental		Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4		Tramo 5		Tramo 6	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Adversos totales	Climatología	40	40	40	41	40	41	40	40	40	41	40	38
	Geología	4	4	4	4.1	4	4.1	4	4	4	4.1	4	3.8
	Suelo	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10
	Hidrología	7	7.1	7	7.1	7	7.1	7	7	7	7.1	7	6.7
	Vegetación	4	4	4	4.1	4	4.1	4	4	4	4.1	4	3.8
	Fauna	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9.5
	Ecosistema	10	10	9	9.2	9	9.2	9	9	9	9.2	9	8.6
	Medio Socioeconómico	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10
	Paisaje	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	8.9
	Legislación ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		99	100	98	100	98	100	100	100	98	100	105	100
Bénéficos totales	Climatología	1	4	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2
	Geología	2	8	2	8.3	2	8.3	2	8.3	2	8.3	2	8.3
	Suelo	1	4	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2
	Hidrología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vegetación	1	4	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2
	Fauna	1	4	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2
	Ecosistema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Medio Socioeconómico	18	72	17	71	17	71	17	71	17	71	17	71
		Paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Legislación ambiental	1	4	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2	1	4.2

continua...

Total		25	100	24	100	24	100	24	100	24	100	24	100
Desconocidos	Climatología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Geología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hidrología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vegetación	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33
	Fauna	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33
	Ecosistema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Medio Socioeconómico	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33	1	33
	Paisaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Legislación ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		3	100	3	100	3	100	3	100	3	100	3	100

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S. A. de C.V., noviembre 1995

Para este tipo de impactos, los componentes más afectados son la hidrología (38%), ecosistema y medio socioeconómico (26% cada uno), la fauna (8%) y la vegetación (2%) (Figura 16). La climatología, la geología, el suelo, el paisaje y la legislación ambiental, no presentan impactos adversos significativos.

En relación a los impactos adversos moderados (Figura 15) se presentan en los 6 tramos en todas las etapas con excepción de el abandono. El porcentaje más alto se presenta en la etapa de preparación del sitio construcción.

Con respecto a los componentes ambientales, la fauna y el suelo son los más afectados observándose en todos los tramos del LNCM (Figura 17), le siguen en orden de importancia el paisaje, el ecosistema, la geología, el medio socioeconómico, la climatología, la hidrología y la vegetación.

Los impactos benéficos significativos únicamente se presentan en la etapa de operación y mantenimiento en los 6 tramos del LNCM (Figura 18) mientras que para los componentes del ambiente sólo se manifiesta en el medio socioeconómico (Figura 20). El comportamiento de los impactos benéficos moderadamente significativos, es similar al indicado para los benéficos significativos (Figura 19 y 21).

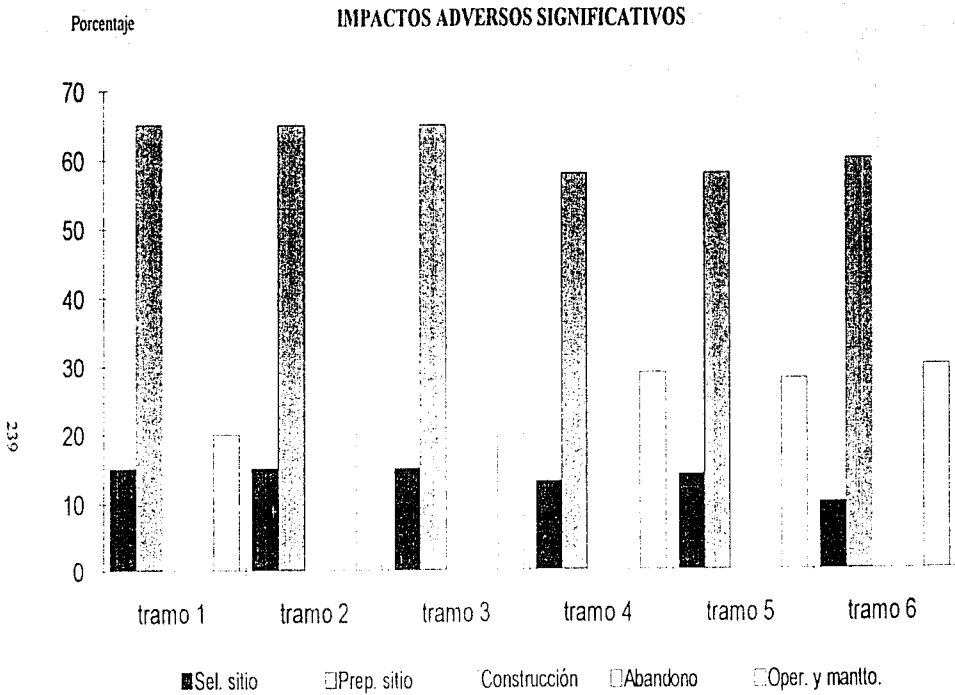


Figura 14. Porcentajes de impactos adversos por etapa del proyecto

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

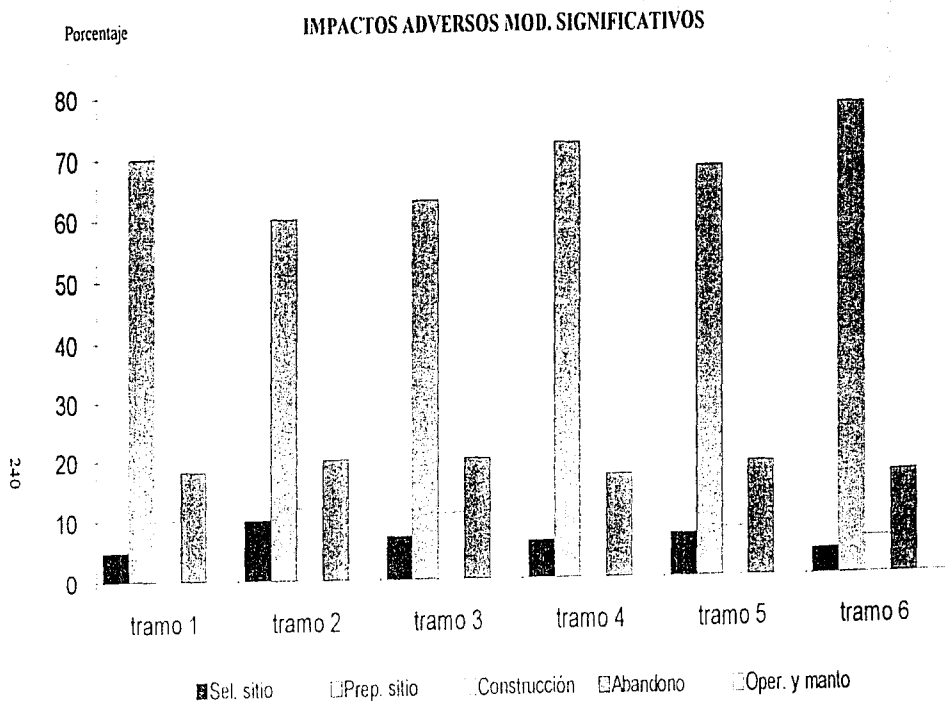


Figura 15. Porcentajes de impactos adversos moderadamente significativos por etapa del proyecto

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A de C.V., noviembre 1995

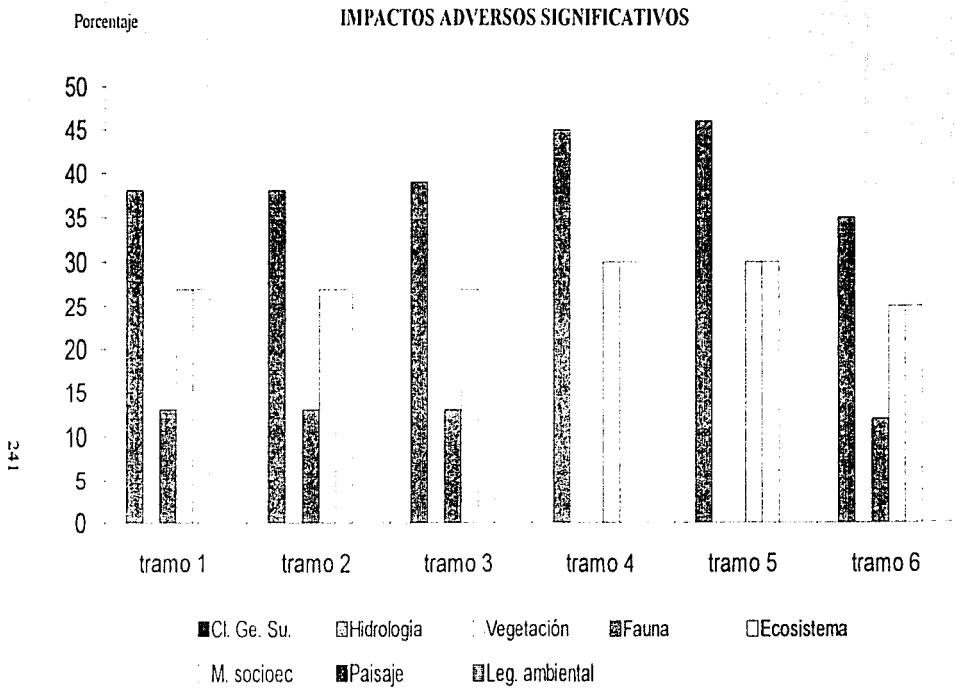


Figura 16. Porcentajes de impactos adversos significativos por componente ambiental

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

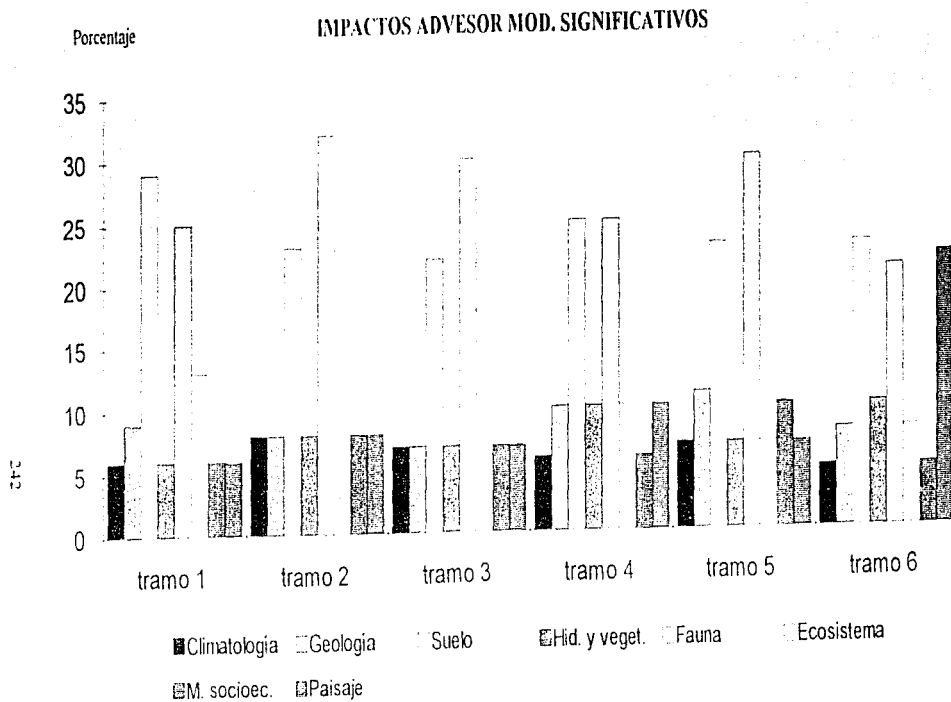


Figura 17. Porcentajes de impactos adversos moderadamente significativos por componente ambiental

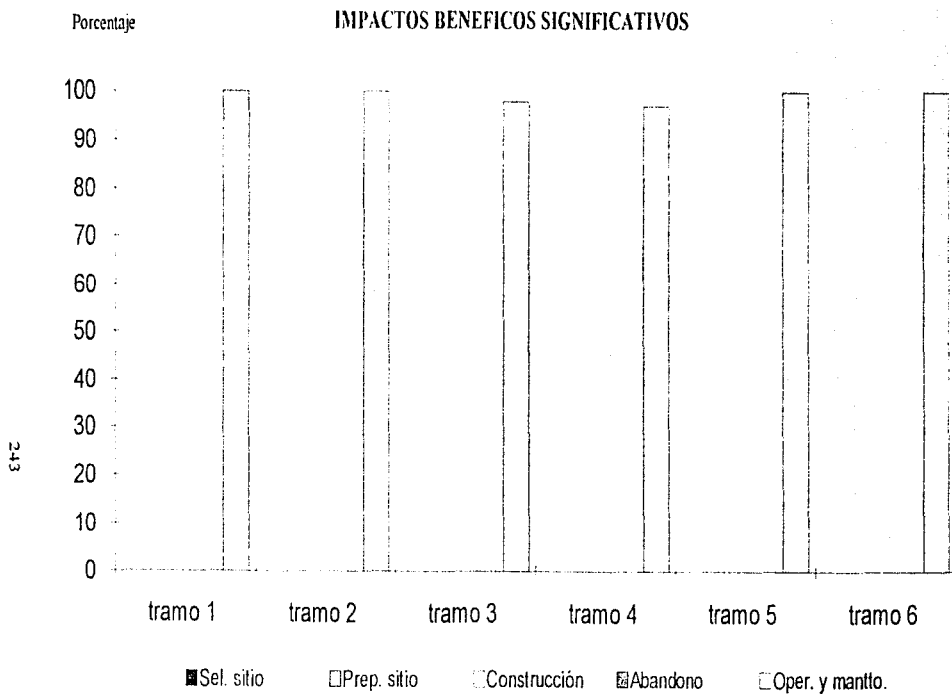


Figura 18. Porcentajes de impactos benéficos significativos por etapa del proyecto

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

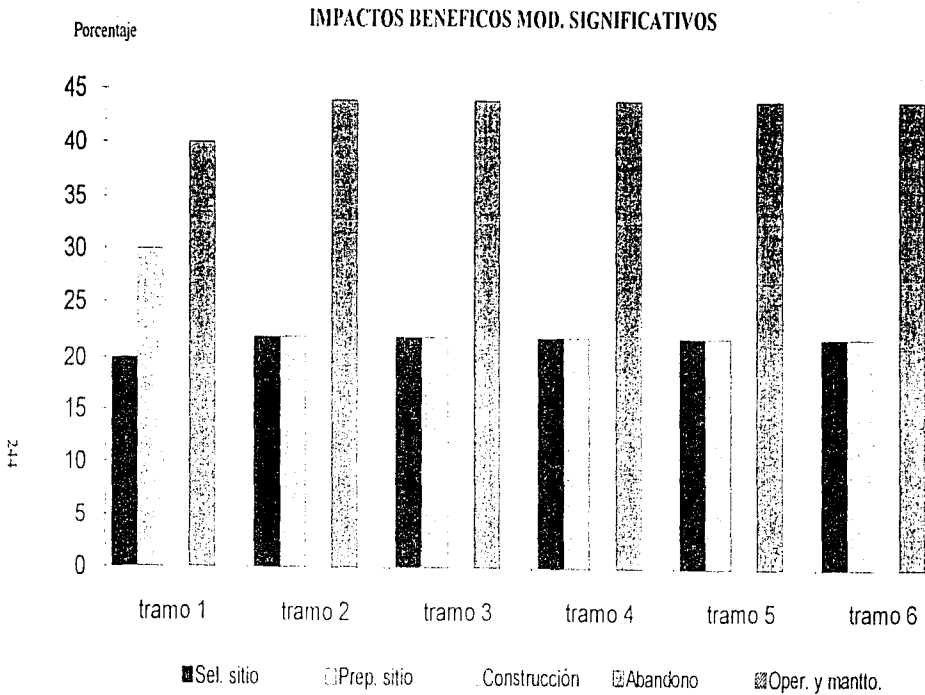


Figura 19. Porcentajes de impactos benéficos moderadamente significativos por etapa del proyecto

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

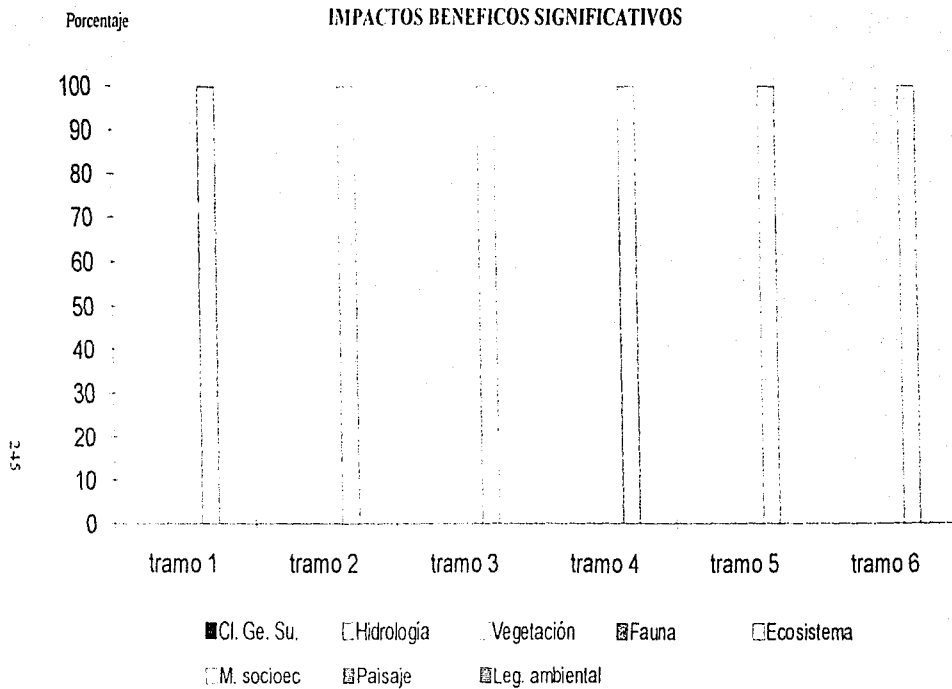


Figura 20. Porcentajes de impactos benéficos significativos por componente ambiental

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

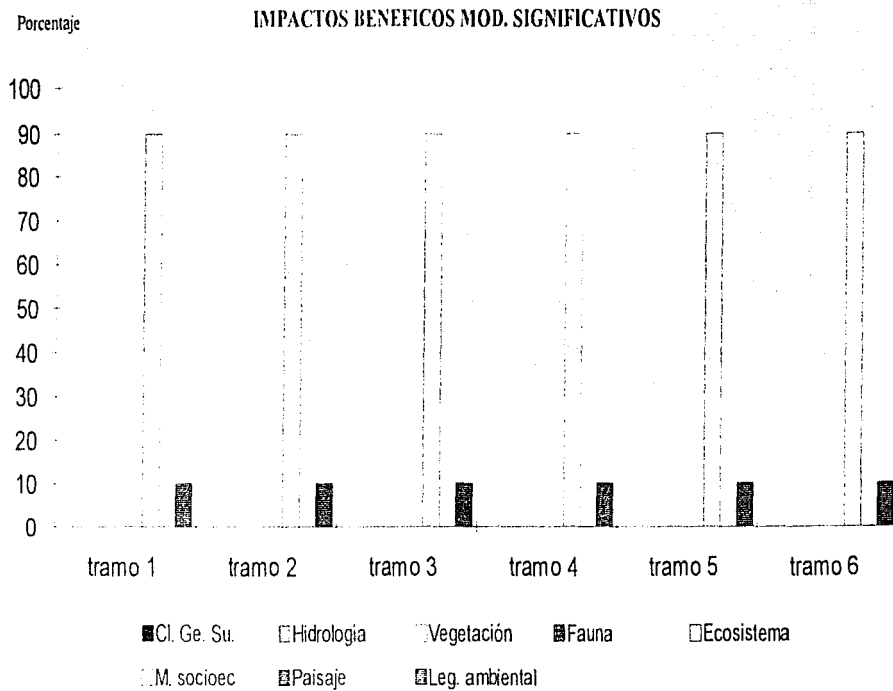


Figura 21. Porcentajes de impactos benéficos moderadamente significativos por componente ambiental

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S.A. de C.V., noviembre 1995

VI.8 RESULTADOS DEL ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL GENERAL

Considerando que los impactos significativos son los que definen la viabilidad de un proyecto y que los moderadamente significativos sirven para considerar impactos que en su conjunto pueden potenciarse, se pueden ordenar las etapas del proyecto de acuerdo a su posible impacto para cada tramo de la siguiente forma (ver Cuadro 70)

Cuadro 70

RESULTADOS DEL ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL GENERAL

Etapas del proyecto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Carretera completa
Selección del sitio	3	3	3	3	3	3	16
Preparación sitio y construcción	1	1	1	1	1	1	6
Operación y mantenimiento	2	2	2	2	2	2	12
Abandono	4	4	4	4	4	4	24

Los valores en relación a las etapas más impactantes, van del 1 (etapa más impactante), al 4 (etapa menos importante). Los valores totales son la resultante de la sumatoria de todos los valores para cada tramo, en donde el valor más bajo representa la etapa del proyecto que más impactos provoca al ambiente, mientras que el valor más alto corresponde a la etapa que menos incide de manera negativa al entorno ambiental

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S. A. de C.V., noviembre 1995

De acuerdo a los resultados obtenidos para el LNCM, las etapas más impactantes en orden descendente son los siguientes:

- Preparación del sitio y construcción
- Operación y mantenimiento
- Selección del sitio
- Abandono

Los componentes del ambiente que se presentan en el siguiente Cuadro 71, se ordenan en forma descendente, siendo los componentes como valores menores los que más impactos adversos presentarán, y los últimos, los más altos, los que menos serán afectados por la implementación del proyecto.

Cuadro 71
COMPONENTES AMBIENTALES POR TRAMO

Etapa del Proyecto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Carretera completa
Climatología	6	6	6	6	6	6	36
Geología	8	8	8	8	8	8	48
Suelo	5	5	5	5	5	5	30
Hidrología	1	1	1	1	1	1	6
Vegetación	7	7	7	7	7	7	42
Fauna	4	4	4	4	4	4	24
Ecosistema	2	2	2	2	2	2	12
Medio socioeconómico	3	3	3	3	3	3	18
Paisaje	9	9	9	9	9	9	54

Fuente: Consultora Ambiental Industrial, S. A. de C. V., noviembre 1995

Los componentes ambientales más afectados se enlistan a continuación de mayor a menor impacto.

- Hidrología
- Ecosistema
- Medio Socioeconómico
- Fauna
- Suelo
- Climatología
- Vegetación
- Geología
- Paisaje
- Legislación ambiental

Los componentes que se verán más afectados por el proyecto son la hidrología, el ecosistema y el medio socioeconómico. le siguen en orden de afectación la fauna, el suelo, la climatología y la vegetación, la geología, el paisaje y la legislación ambiental como los que menos se verán afectados por el desarrollo del proyecto.

VI.9 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

Las medidas de mitigación propuestas para el proyecto del LNCM de la Ciudad de México, se desarrollarán solamente para aquellas etapas y acciones del proyecto que puedan tener una repercusión sobre los componentes ambientales.

La importancia de considerar las medidas de mitigación, es trascendental en la prevención y/o remediación de los efectos generados por las actividades del proyecto, ya que la implementación de medidas puntuales en cada una de las etapas del proyecto, así como la integración de éstas en programas globales que consideren las repercusiones causadas desde la selección del sitio, hasta el abandono del proyecto, y lo que considera como etapa de post-clausura, permitirán la disminución de los impactos ambientales.

Por otra parte, las medidas de mitigación no solo sirven para mitigar o minimizar los impactos generados por un proyecto, sino que son una herramienta que nos ayuda a prevenir, controlar, corregir o compensar los impactos ambientales generados por los proyectos de obra. Las medidas de mitigación pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a) **Medidas de prevención.** Son aquellas encaminadas a impedir que un impacto ambiental se presente. Entre ellas se encuentran las actividades de mantenimiento, planes y programas de emergencia y algunas otras medidas encaminadas hacia el mismo fin.

- b) **Medidas de control.** Se aplican cuando un impacto ambiental no es posible prevenirlo o el costo de su prevención es elevado como para aplicar la medida adecuada, el impacto se controla manejando las variables que hacen posible el que aumenten o disminuyan los efectos en el ambiente. Entre las medidas más comúnmente utilizadas se encuentra el control de emisiones a la atmósfera, la disminución de los contaminantes en la descarga de aguas residuales y el tratamiento de los residuos sólidos.

c) Medidas de atenuación o mitigación. Cuando el efecto adverso se presenta en el ambiente sin posibilidad de eliminarlo, se implementan medidas que tienden a disminuir sus efectos en el ambiente, tales medidas se diferencian de las de control en que éstas siempre tienden a disminuir el efecto en el ambiente cuando se aplican, mientras que las de control sólo lo regulan para que no aumente el impacto en el ambiente. Entre las medidas de mitigación más comunes se encuentran la toma de decisión sobre un proyecto o de una actividad del proyecto, a partir de la posibilidad de emplear diversas alternativas, con la cual se puede resolver por la opción menos impactante al ambiente. Otras medidas de mitigación tienen relación con el rescate del medio que puede ser afectado, como por ejemplo el trasplante de organismos.

d) Medidas correctivas. En algunas ocasiones los proyectos no consideraron los posibles impactos al ambiente de una alternativa, o en su defecto las variaciones en el entorno propician la valoración de la toma de medidas conducentes para corregir los impactos que el proyecto provoca al ambiente. El monitoreo ambiental, está íntimamente vinculado con las medidas correctivas, ya que el aumento de algún contaminante al ecosistema puede ser corregido sólo si se conoce la dinámica del contaminante a través de dichos monitoreos. Las medidas correctivas pueden ir desde el cambio de maquinaria y equipo, hasta el cambio de lugar de disposición de aguas residuales o desechos, así como de las técnicas empleadas para su depuración y tratamiento.

e) Medidas de compensación. Un impacto ambiental puede provocar daños al ecosistema que hacen necesario aplicar medidas que compensen sus efectos. Por lo general estos impactos ambientales que requieren compensación son en su gran mayoría irreversibles. Algunas de las actividades que se incluyen en este tipo de medidas son la repoblación vegetal o la inversión en obras de beneficio al ambiente.

VI.9.1 ETAPA DE SELECCION DEL SITIO

Los impactos adversos detectados en esta etapa están relacionados con la ubicación de la ruta óptima para el trazo, incidiendo sobre el uso del suelo, los asentamientos humanos y la tenencia de la tierra. Las medidas de mitigación aplicables se señalan a continuación.

a) **Uso múltiple del derecho de vía.** Se debe considerar el uso compartido del derecho de vía para diferentes clases de servicios, sin provocar conflicto entre ellos. La idea de esta medida es permitir la utilización del derecho de vía a los pobladores de la región para su uso peatonal y para tránsito de ganado o carretas, también se promoverá la plantación para sombra y zonas de descanso y recreo.

b) **Compensación a propietarios.** Los propietarios de los terrenos afectados deberán ser compensados ya sea por el pago del predio al precio comercial o a través del cambio de tierras aunado a una compensación en efectivo.

c) **Rescate ecológico y trasplante de especies animales.** Previo al inicio de la preparación del terreno, se deberán efectuar campañas de rescate ecológico de organismos animales, en las que se trasladarán principalmente todos los organismos de los géneros *Ambistoma* (ajolotes), *Hyla* (ranas) y *Potamophis* (culebra de agua), desde los sitios que serán directamente afectados, hacia otros lugares previamente localizados, con características ecológicas similares.

Antes de llevar a cabo las acciones de rescate se deberá realizar un estudio para el establecimiento de las áreas que serán adoptadas como reservas para los organismos que serán trasladados. Estas áreas deberán establecerse con base en su similitud microclimática y de elementos de hábitat con respecto a las áreas de donde serán extraídos los organismos.

VI.9.2 ETAPA DE PREPARACION DEL SITIO Y CONSTRUCCION

Durante estas etapas y de acuerdo a los impactos derivados de las actividades del proyecto, se deberán aplicar las siguientes medidas de mitigación.

Desmontes y despalme

Las medidas a seguir durante esta acción son:

Desmante y despalme selectivo.

- Al desmontar el derecho de vía deben respetarse los árboles, arbustos y plantas que no interfieran con el camino. Es conveniente conservar los árboles pequeños y los arbustos que se encuentran a menos de cinco metros del coronamiento de los cortes y cortar solamente los árboles grandes, pero sin desarraigarlos, a fin de prevenir derrumbes o erosión.
- En cuanto a los terraplenes, solamente deben cortarse y despalmarse las áreas de desplante.
- El tiempo y método de desmante deberá tomarse en consideración la estabilidad del suelo, la protección de la vegetación natural, así como la conservación de recursos adyacentes y del hábitat natural de las poblaciones silvestres.

Utilización de procedimientos mecánicos de desmante.

- El derribo de la vegetación deberá ser por medios mecánicos y en forma paulatina, excluyéndose por lo tanto el uso de productos químicos y el fuego para tal fin. Asimismo, debe evitarse quemar cualquier material de desecho derivado del proceso de preparación del sitio o construcción, así como su disposición en zonas aledañas no autorizadas para tal fin.
- El desmante y las actividades de construcción cercanas a lechos (aún cuando no contengan agua) de arroyos, deberán llevarse a cabo minimizando la afectación a las condiciones naturales del área. La maquinaria de desmante no deberá usarse a menos de 30 metros de cualquier arroyo.

VI.9.3 CORTES, NIVELACION Y COMPACTACION

Dado que la erosión de los taludes, en los cortes profundos que se hacen en el terreno para alojar los caminos, es el elemento más importante en la producción de azolves, deben adoptarse medidas extremas para reducir este efecto, que contribuye directamente al deterioro del medio y al incremento de los costos de conservación. Por otro lado, es importante considerar medidas para evitar la dispersión de polvos cuando se ejecutan estas acciones. Las medidas recomendables son:

a) Prevención de azolves.

- El diseño de los cortes y el tratamiento de los taludes deberá hacerse de acuerdo con las normas de la mecánica de suelos, ya que el no considerar este criterio, puede conducir a la erosión de los taludes, producción de azolves y sedimentación.
- Cuando no sea posible tender los taludes en la forma recomendable, deben construirse bermas o banquetas intermedias para establecer una cubierta vegetal que sirva de protección al terreno y mejore el aspecto general del corte.
- En el caso de cortes en roca alterada es conveniente construir cajetes a lo largo del talud para plantar vegetación protectora.

b) Utilización del material de desplome.

- Si las condiciones del perfil geológico lo permiten, deben aprovecharse los suelos provenientes del despalme para distribuirlos en los taludes previamente preparados y propiciar el desarrollo de vegetación. El procedimiento consiste en almacenar dichos suelos en ambos lados del corte, debidamente protegidos de la contaminación de otros materiales, mientras se realizan las excavaciones, dejando pequeñas bermas o escalones en los taludes para depositar los suelos antes almacenados, que se arrojan desde la parte superior del corte. Al cubrir los materiales de los taludes, estos suelos favorecen el rápido desarrollo de las especies propias de cada región.
- En general, es recomendable redondear y suavizar la forma del remate y el pie de los terraplenes y los cortes, plantando vegetación local.

c) Control de emisión de polvos.

- Al efectuar los cortes, nivelación y compactación se generarán polvos al medio incrementando los niveles de partículas suspendidas totales, por lo que durante el desarrollo de estas actividades deberá aplicarse constantemente agua a las superficies de trabajo, para evitar con esto que los movimientos de tierra alteren la calidad del aire y a la vez la visibilidad.

d) Estabilización de taludes.

- En las zonas donde se tengan que realizar cortes sobre las laderas de los cerros, se recomienda la utilización de Geomembranas, las cuales promueven la formación de suelo como consecuencia del crecimiento de vegetación.

La ventaja de utilizar estas Geomembranas es un considerable ahorro a gastos de mantenimiento, ya que al crecer la vegetación que contienen evitan la erosión y el intemperismo hacia las rocas expuestas.

VI.9.4 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

La maquinaria y equipo empleados para las labores de preparación del sitio y construcción deberán trasladarse al sitio de trabajo y almacenarse cuando se requiera, adoptándose las siguientes medidas:

- El transporte se efectuará únicamente por las vías de acceso existentes, para no afectar innecesariamente otros espacios.
- En los campamentos se destinarán sitios debidamente acondicionados para su almacenamiento. Estos sitios pueden ser cobertizos o patios de dimensiones adecuadas. Se procurarán que las zonas en donde se ubiquen los almacenes serán áreas sin vegetación.

VI.9.5 APROVECHAMIENTO DE RECURSOS

Para este proyecto, el aspecto básico de la utilización de recursos es la explotación de materiales, ya sea de préstamos laterales o de bancos que se hacen en el derecho de vía o en las zonas adyacentes. Esta actividad promueve el deterioro del suelo, al dejar a lo largo de las rutas, extensas áreas expuestas a la erosión, que van degradando el medio circundante. Sobre este impacto se recomienda:

a) Protección y restauración de sitios de extracción de materiales.

- Como norma general, se deben evitar los préstamos laterales y, en caso extremo, serán extensos y someros, para evitar el drenaje y desecación de las fajas de tierra adyacentes, las cuales al perder su humedad son incapaces de sustentar una cubierta vegetal natural o artificial.
- Los bancos de materiales deberán ubicarse ocultos a la vista del camino, evitando la exposición del terreno devastado. Procediendo a la restauración del sitio, una vez concluida la explotación.
- El suelo removido de los bancos de materiales deberán depositarse fuera de las áreas de trabajo y protegerse de la contaminación por otros materiales, a fin de volver a colocarlo sobre el terreno explotado una vez que termina la extracción, para propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal protectora.
- Deben hacerse trabajos de acabados de las excavaciones, en combinación con la extracción para dar el terreno una conformación natural, de ser posible similar a la que tenía antes de la extracción.
- Durante el desarrollo de esta actividad, deberá evitarse el derribo de vegetación adicional para realizar los trabajos de restauración.

Debido a las grandes afectaciones provocadas a los bancos de material en la construcción de proyectos carreteros, la SEMARNAP ha considerado importante la protección y restauración de estos sitios. Esta actividad consiste en definir las medidas encaminadas a

remediar los efectos provocados por la extracción de materiales, ya sea a través de proteger las zonas para que la vegetación del sitio se pueda regenerar (cuando el tipo de vegetación es tolerante a condiciones de alteración extrema, v.gr. matorrales) o en su defecto, elaborar un programa de reforestación que permita en alrededor de 5 años (dependiendo del tipo de vegetación) alcanzar condiciones similares a las existentes antes de la explotación del banco de material.

b) Reforestación.

- Deberá procederse a la reforestación del área ocupada por el banco.
- Las especies que se utilicen deberán estar en función de la vegetación original que ocupó el lugar y de las características principales del relieve en cada sitio. De esta forma, debe evitarse el uso de especies exóticas tales como *Eucalyptus* sp. y *Casuarina* sp. en las actividades de reforestación.
- En estas actividades, se podrá emplear el material vegetal rescatado durante las etapas del preparación del sitio y construcción, mismo que incluye individuos de la flora que pueden ser utilizados en las actividades de reforestación y aquellos que pertenecen a especies sujetas a protección de acuerdo con la legislación vigente.
- Deberá elegirse con todo cuidado la fuente de obtención del material a utilizar en los trabajos de reforestación, de manera que esta actividad no dañe al ambiente. Este material (germoplasma) podría obtenerse directamente del área, aunque también deberá contemplarse el empleo de viveros para realizar estos trabajos. Para ello, será necesario realizar un estudio previo sobre la fenología de las especies en la zona, a fin de conocer el momento oportuno para obtener el material para la reforestación.
- Las técnicas de reforestación a emplear deberán tomar en cuenta las características en cuanto a clima, relieve y actividades económicas que imperan en el área.
- El programa de reforestación debe tener una duración mínima de tres a cinco años, con el fin de garantizar su éxito.
- Dentro del programa de reforestación, se debe contemplar el riego del material trasplantado, al menos durante la primera temporada seca del año. Además debe contemplar la reposición de las plantas que no logren su establecimiento.

- En caso necesario, deberán cerrarse las áreas reforestadas, a fin de evitar el daño del material trasplantado, por parte de ganado que padece en los alrededores.

c) Utilización de sitios de extracción de materiales.

- Cuando se trate de grandes excavaciones que no sea posible encubrir, es preciso prever con anticipación el aprovechamiento que se puede dar a las depresiones que se formen en el terreno, mediante ciertos trabajos complementarios. De acuerdo con las condiciones especiales de cada caso, las depresiones podrán aprovecharse como depósitos de agua de lluvia, para usarlos con fines de abrevadero, riego de auxilio, acuicultura o recreo.

Estas excavaciones pueden aprovecharse también, cuando las condiciones geológicas del terreno lo permitan para recargar los acuíferos subterráneos.

- De acuerdo con las condiciones de cada zona y según el caso de que se trate debe preverse el uso del terreno en las áreas afectadas por las grandes excavaciones resultantes de las explotaciones de materiales.

d) Transporte de materiales extraídos de los bancos.

- Una medida a aplicar para evitar la dispersión de polvos o formación de tolveneras durante el transporte de los materiales desde los sitios de extracción a los de utilización, es la de cubrir el material con lonas o costales húmedos.

La principal obra a que se destinan los materiales extraídos es la construcción de los terraplenes que sostendrán la carpeta asfáltica.

El diseño de los terraplenes y el tratamiento que se dé a la sección transversal, tiene gran importancia en lo que se refiere al impacto en el medio, a los costos de conservación y la integración del camino en el paisaje.

Las medidas de mitigación aplicables a los impactos producidos por esta actividad se especifican a continuación.

e) Técnicas de protección del suelo.

- Cuando se trata de terraplenes formado con materiales procedentes de bancos, el aprovechamiento de los suelos que proviene de los despalme del área de cimentación se hace almacenando el producto del desplante, para que una vez construido el terraplén con los materiales extraídos de los bancos y perfilada la sección, se extiendan dichos suelos sobre los taludes, descubriendo una faja de terreno que queda con una pendiente más tendida que en los primeros taludes.
- En caso que el volumen del material de despalme sea insuficiente para recubrir los taludes en la forma señalada, el faltante puede obtenerse de áreas vecinas comprendidas en el derecho de vía, evitando, desde luego, hacer agujeros que deformen el terreno y afecten la capa de suelo más allá de lo conveniente.
- En los terraplenes formados con préstamos laterales contiguos al desplante, el aprovechamiento de los suelos provenientes del desplame del área de cimentación de las zonas de préstamos, se lleva a cabo almacenando el producto fuera de dichas zonas.
- Cuando los terraplenes se forman con préstamos laterales inmediatos al límite del derecho de vía, los suelos provenientes del área de cimentación y de las zonas de préstamo se aprovechan almacenando el producto entre ambas superficies. Una vez construido el terraplén hacia las líneas que limitan el derecho de vía, se extiende el material resultante del despalme sobre el talud del terraplén y sobre las faja de terreno natural, en una suave pendiente que se prolongue hasta los préstamos, que se cubrirán también con una capa de este material hasta alcanzar el límite del mencionado derecho de vía.

VI.9.6 EXTRACCION Y EMPLEO DE AGUA

Las medidas sugerida para mitigar los impactos derivados de esta actividad son:

a) Protección de recursos locales.

- Evitar hasta donde sea posible la extracción de agua de los embalses (jagüeyes) de la zona, debido a que estos cuerpos artificiales tienen volúmenes relativamente pequeños, con

respecto a las necesidades del proyecto, y debido también a que su utilidad para la población local es marcadamente significativa.

b) Utilización de fuentes alternativas.

- Analizar la potencialidad de fuentes alternativas para el abastecimiento de agua para el proyecto, como es el caso de la laguna de Zumpango en el tramo 1 y la laguna Tochac en el tramo 6.

VI.9.7 CONSTRUCCION Y REHABILITACION DE CAMINOS DE ACCESO

Para los caminos que tengan que construirse o rehabilitarse se proponen las siguientes medidas de mitigación:

a) Utilización de caminos existentes.

- En general, se deberán utilizar al máximo los caminos existentes cercanos al sitio de trabajo, para evitar la construcción de más caminos y reducir así los efectos propios de la construcción de caminos.

b) Utilización de zonas alteradas.

- En lo posible, el trazo de nuevos caminos de acceso deberá realizarse a través de zonas alteradas.

c) Indemnizaciones.

- En todos los casos, deberá procederse a la indemnización inmediata de los propietarios de los predios a través de los cuales atraviesen los caminos de acceso que se construirán.

d) Restricciones al uso de maquinaria.

- El movimiento de maquinaria y en general, los trabajos a realizarse para la construcción de los terraplenes de los caminos de acceso, deberán efectuarse en su totalidad dentro de la línea de cerros del terraplén.

- Previo al desmonte, deberá procederse al rescate de individuos de la flora que puedan ser utilizados en las actividades de reforestación o de aquellos que pertenezcan a especies sujetas a protección según la legislación vigente.
- Al realizar las actividades de desmonte y desplame deberá cuidarse que estas se limiten a la zona que ocupe la base del terraplén (entre cerros). Sobre dicha superficie deberán realizarse todas las actividades de las etapas de construcción, operación y mantenimiento de los caminos de acceso.
- La vegetación arbórea que sea afectada durante estas actividades, deberá proporcionarse a los habitantes del lugar, con el fin de que sea aprovechado este material.

e) Restricciones al personal.

- Deberá prohibirse durante el desarrollo de cualquier acción y en todas las etapas del proyecto el molestar, cazar, matar o dañar de alguna manera, a las especies de fauna presentes en la zona y sus alrededores.

f) Riego de las áreas de trabajo.

- Será necesario efectuar el riego de las zonas de trabajo, con el fin de reducir la emisión de partículas durante los trabajos de construcción. Esta medida deberá aplicarse en forma estricta en los sitios que se ubiquen cerca de centros de población.

g) Protección del suelo.

- En lo posible, el material para construcción de los caminos de acceso deberá obtenerse de bancos de material que cuenten con la autorización correspondiente. Además, debe evitarse a toda costa el obtener material para la construcción de los caminos a través de "préstamos laterales".
- Dentro de los trabajos de construcción de los caminos de acceso, se deberá contemplar la reforestación de sus márgenes y de otras áreas sujetas a procesos de erosión en esta

actividad debe evitarse el uso de especies exóticas tales como *Eucalyptus* sp. y *Casuarian* sp. y deberá optarse por las especies nativas.

h) Protección de instalaciones de otro tipo existentes.

- Previo a la construcción de los caminos, deberá contarse con planos en donde se indique la ubicación exacta de instalaciones tales como oleoductos, gasoductos e infraestructura relacionada, con el fin de asegurar que la construcción de los caminos de acceso no interfieran de manera alguna con estas instalaciones.
- Deberán ser colocadas las señales necesarias a fin de hacer referencia a los trabajos que se realizarán durante la construcción de los caminos de acceso.

VI.9.8 CONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE

Se deberá preservar el patrón de drenaje natural de la zona, para ello, las obras de drenaje que se proyecten deberán respetar en su totalidad las características naturales de los arroyos y escurrimientos superficiales que crucen, a fin de evitar deslaves, azolves, inundaciones o desviaciones de cauce, que pudiesen alterar la dinámica del agua de lluvia. Las medidas aplicables al efecto adverso de las obras de drenaje se refieren a continuación:

a) Conservación del patrón natural de escurrimientos.

- Deben adoptarse las medidas necesarias para manejar las avenidas de los arroyos producidas por tormentas de gran intensidad, que erosionan y acarrean los materiales expuestos.
- Las estructuras de cruce deben construirse en el lugar adecuado y con la capacidad requerida, para evitar los represamientos, inundaciones y niveles freáticos elevados, que ocurren en el lado de aguas arriba, y los caminos de cursos y niveles freáticos abatidos que se presentan aguas abajo.
- En general, no es conveniente desviar los escurrimientos de corrientes pequeñas para concentrarlos en los cauces más importantes a fin de reducir el número de alcantarillas,

porque se modifican radicalmente las condiciones ecológicas de las áreas que pierden su humedad natural.

- Los encauzamientos y rectificaciones de arroyos, que generalmente se abordan al salir del derecho de vía, deben dotarse de obras de protección que restituyan su régimen de escurrimiento a estas corrientes.

b) Diseño de cunetas y contracunetas.

- Por lo que se refiere a las cunetas, es muy conveniente recubrirlas de concreto de baja resistencia y de espesores adecuados para reducir considerablemente los costos de conservación, proporcionar un funcionamiento hidráulico más eficiente, evitar erosiones perjudiciales y favorecer la autolimpieza y el rápido desalojo de los escurrimientos, reduciendo la incidencia de la pérdida de estabilidad de los pavimentos debida a la presencia de agua. Estos revestimientos resisten las cargas que producen los vehículos que en casos de emergencia se estacionan fuera de los carriles de circulación.
- En cuanto a las contracunetas, su localización y características deben adoptar preferentemente secciones triangulares con taludes muy tendidos, de área equivalente a la que tiene las secciones trapezoidales y recubiertas con una capa de concreto de baja resistencia o en su defecto, con zampeados. Esta forma de la sección favorece la incorporación de la contracuneta a la conformación del terreno, además puede representar una importante reducción de los costos de construcción. Por su parte, el revestimiento disminuye la erosión que generalmente alcanza importantes valores por este concepto y llega en ocasiones a borrar la sección y, así mismo, reduce los costos de conservación.

VL9.9 CONSTRUCCION DE PUENTES

Para la construcción de puentes se recomienda utilizar materiales existentes en la región de manera que no se alteren drásticamente los atributos escénicos del sitio.

a) Excavación selectiva.

- Es conveniente evitar toda excavación que no sea indispensable y construir los puentes siempre que sea posible, dentro del derecho de vía, evitando invadir predios adyacentes.

b) Protección de cauces de arroyos.

- Cuando se construya un puente para cruzar el cauce de algún arroyo, aunque este sea intermitente, se deberá trazar en dirección perpendicular a este, para que la afectación sobre el lecho, la forma o dirección de la corriente sea mínima. Una vez construido el puente se deberán remover todos los materiales sobrantes para que no interfieran con los cauces.
- Por otro lado deberá evitarse arrojar desechos, derramar aceites y otro tipo de contaminantes mientras se ejecuten trabajos cerca de los cauces.

VI.9.10 COLOCACION DE LA CARPETA ASFALTICA

Las consecuencias adversas más importantes de la construcción de la carpeta asfáltica serán la alteración de las características físicas y químicas del suelo, del patrón de escurrimientos y drenaje y de la estabilidad de las poblaciones animales. Las medidas aplicables para la mitigación de estos impactos son las siguientes:

a) Conservación del patrón natural de escurrimientos.

- Deberá evitarse la deposición de materiales propios del asfaltado en los cauces de arroyo o de escurrimientos, aún cuando estos se encuentren secos, de manera que no se interrumpa la dinámica natural del agua en el sitio.

b) Construcción de cruces y pasos para animales.

- La carpeta asfáltica complementará el efecto de barrera que producirá toda la obra, por ello será necesario construir los pasos a desnivel necesarios para que los organismos terrestres puedan cruzar el camino sin el riesgo que implica cruzar sobre la carretera.
- Para determinar el número y la ubicación de estos cruces para animales, se deberá efectuar una prospección a lo largo de la ruta para localizar los senderos utilizados actualmente por

los animales, de manera que se alteren lo menos posible sus hábitos de desplazamiento y utilización del espacio.

- También debe construirse un número suficiente de pasos a desnivel tanto para personas como para ganado, con el fin de disminuir el efecto de barrera que representa la carretera y para no cortar la comunicación entre poblados.

VI.9.11 MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

El manejo de los desperdicios de la construcción deben contemplarse como parte integrante del proyecto y quedar bajo el control directo de la residencia de obra, a fin de prohibir que se arrojen a fondo perdido sobre las laderas, arrasando la vegetación y propiciando deslizamientos y derrumbes de tierra. Es preciso, así mismo, evitar que se arrojen estos desperdicios en los cauces de los ríos y los arroyos, por los problemas que originan al reducir su capacidad o al sedimentarse en las zonas planas.

a) Adecuación de sitios de almacenamiento.

- La vegetación que se vaya eliminando deberá colocarse en los sitios ya limpios para evitar depositarla sobre la vegetación existente en las orillas de los derechos de vía. Asimismo deberá disponerse finalmente en sitios autorizados por los municipios o bien triturarla y esparcirla para su posterior incorporación al ciclo de nutrientes.
- Deberán instalarse depósitos a lo largo del trazo carretero, de tal forma que los trabajadores cuenten con sitios en donde disponer su basura, se sugiere la colocación de tambos de 200 litros en sitios estratégicos para evitar que los residuos alimenticios sean arrojados al suelo. Esta basura deberá recolectarse diariamente y enviada a su disposición final en un sitio debidamente autorizado. La recolección y transporte de los desechos será responsabilidad del constructor de la obra y puede ser contratada con alguna empresa especializada o bien, con el servicio de limpia de los municipios en los que se trabaje.

- En cuanto al manejo y disposición de residuos con carácter especial o peligrosos, como son trapos y estopas que contengan grasas, aceites, aditivos, lubricantes, combustibles y todo tipo de sustancias inflamables, producidas por la limpieza y mantenimiento de la maquinaria así como soldaduras y residuos de cables y metales, se deberán disponer en tambos de 200 litros cumpliendo con los requerimientos de las normas aplicables para su posterior disposición en sitios autorizados.

VI.9.12 MANEJO Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES

a) Utilización de sanitarios portátiles.

- Con el fin de evitar la defecación al aire libre, el constructor deberá contar con sanitarios portátiles. Con esta medida se puede evitar la infiltración al suelo de dichas aguas. El mantenimiento de los mismos deberá ser realizado por la misma compañía contratada.

VI.9.13 OPERACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Para esta etapa las medidas de mitigación a seguir son:

a) Verificación vehicular.

- Para reducir la generación de gases debida a la operación de los motores de combustión de vehiculos, maquinaria y equipo es necesaria la verificación periódica de los mismo de tal forma que las emisiones de gases sea menor o por lo menos igual a los niveles estipulados en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-CCAT-004-ECOL/1993, NOM-CCAR-007.ECOL/1993 y NOM-CCAT-008-ECOL / 1993.

b) Mantenimiento de maquinaria.

- Se recomienda proporcionar mantenimiento preventivo (afinaciones, cambios de aceite y filtros) a los motores de las unidades utilizadas en los trabajos del proyecto, con el fin de mantenerlos en condiciones adecuadas de operación y reducir los niveles de gases de combustión.

VI.9.14 ETAPA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

En esta etapa se detectaron impactos adversos sobre la fauna terrestre, probados por la circulación vehicular. Las medidas de mitigación propuestas se describen a continuación:

a) Especificaciones de señalización.

- La carretera deberá contar con una adecuada señalización preventiva, restrictiva e informativa dirigida a los usuarios, en donde se señalen las zonas de cruce de fauna silvestre.
- Se sugiere poner especial énfasis en la señalización informativa acerca de las especies raras, amenazadas, en peligro o sujetas a protección especial, detectadas en este estudio, de tal manera que los usuarios conozcan y se familiaricen con los nombres, imágenes y conductas de estos organismos y se promueva la actitud conservacionista de la fauna.

b) Mantenimiento de infraestructura de drenaje.

- Se debe dar un mantenimiento continuo a los drenes y estructuras para prevenir su azolve. De esta forma, podrán ser utilizados por la fauna silvestre como vías de paso de un lado a otro de los cuerpos carreteros y además se evita la modificación del patrón de drenaje de la zona.
- Todo el material que se utilice para dar mantenimiento a los caminos de acceso, deberá obtenerse a través de bancos en operación que cuenten con la autorización correspondiente.

c) Sistema de recolección de desechos.

- Deberán instalarse depósitos a lo largo del trazo carretero, de tal forma que los usuarios cuenten con sitios en donde disponer su basura.

d) Cuidado de caminos de acceso.

Debe contemplar la supervisión y mantenimiento permanente de los caminos de acceso, puentes, cruces para animales a fin de detectar de manera oportuna daños no previstos, tanto a los animales directamente como a su hábitat y los recursos (alimento, madrigueras, refugios, etc.).

VII.-) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Libramiento Norte representa una excelente alternativa para los viajes de paso por la ZMCM, es decir, aquellos cuyos orígenes y destinos no están localizados en su interior, y que actualmente, debido a la falta de infraestructura alternativa, tienen que utilizar las congestionadas vialidades urbanas de esta zona, haciendo además, recorridos de mayor longitud, lo cual representa una pérdida importante para la economía nacional. Además de la importancia desde el punto de vista de operación integral del tránsito regional, el Libramiento Norte representa una alternativa de desarrollo para las poblaciones aledañas a su trazo, permitiéndoles potencialmente el fácil acceso hacia la ZMCM y con ello incrementando la posibilidad para el intercambio de productos y/o para la instalación de importantes centros generadores de empleo.

De los estudios de asignación de tránsito, económico financiero e impacto ambiental destacan los siguientes aspectos:

- La tasa promedio de crecimiento de tránsito a lo largo del horizonte de planeación (1995-2025), es del 2.63%; este valor se considera conservador y de alguna manera está influenciado por la situación actual del país; por tal razón podrá variar en función de que se superen las perspectivas macroeconómicas a lo largo del Libramiento.
- Para el año base el TPDA que circularía para el Libramiento Norte sería de 2,138 vehículos con la siguiente composición: A = 68.33%, B = 3.60%, CU = 12.77% y CA = 15.29%. La tarifa con la que se realizó esta asignación es de NS 0.40 por km, ya que en análisis previos se comprobó que era el nivel tarifario con el cual se maximizaban los ingresos totales. La captación obtenida representa el 32.02% de la demanda potencial en el corredor.
- De acuerdo con las especificaciones de la SCT, aunque el consultor utilizara su propio método de asignación, era necesario aplicar el método desarrollado por la AASHTO. Luego de utilizar las dos metodologías se presentan los siguientes comentarios, producto del análisis comparativo.

Los resultados en términos de TPDA son muy similares con las dos metodologías: (i) 2,138 vehículos (C&M); (ii) 2,022 vehículos (AASHTO optimista); y (iii) 1,845 vehículos (AASHTO pesimista). En donde se presenta una diferencia significativa es en la composición vehicular.

Con C&M	Con AASTHO
A = 68.34%	A = 48.79%
B = 3.60%	B = 2.08%
CU = 12.77%	CU = 19.79%
CA = 15.29%	CA = 29.33%

Tomando como base los resultados obtenidos con el método de la AASHTO se tendría que el 50% del tránsito asignado estaría representado por camiones, y en mayor proporción, por camiones articulados. Con la metodología de C&M el porcentaje de camiones sería del 28%. La experiencia en México ha demostrado que los camiones de carga son la unidades que menos han utilizado las autopistas concesionadas, razón por la cual suponer que el 50% del tránsito estará constituido por este tipo de vehículos es demasiado optimista y más aún, resulta sumamente peligroso para los análisis financieros, ya que estos se basan en los ingresos totales, en los cuales los camiones, especialmente los articulados tienen una participación muy significativa. Aunque en números absolutos los resultados de los dos métodos son muy similares, los ingresos estimados con el método AASHTO son mucho más altos, considerándose demasiado optimista llevar a cabo análisis financieros con dichos niveles de ingresos. Bajo este esquema, los valores obtenidos con el método de C&M son mucho más confiables y se ajustan de manera más adecuada a la experiencia mexicana sobre autopista concesionada de cuota.

- Los valores obtenidos en el estudio económico demuestran que la Tasa Interna de Retorno (TIR) del escenario base y de los análisis de sensibilidad, son muy superiores a la Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA) contra la que son comparadas.

- De igual forma, la relación Beneficio/Costo es superior a 2 en el escenario base y sólo uno de los análisis de sensibilidad resultó inferior a 1.4, con lo cual se reafirma que el beneficio social que se obtendrá es superior a los costos que este pueda ocasionar.
- El proyecto es financieramente viable y estará en condiciones de cubrir adecuadamente sus obligaciones de crédito y la amortización de capital privado.
- Se estima que obtendrán utilidades operativas a partir del tercer año de vida, (segundo de operación), pero no estará en posibilidad de generar utilidades netas sino hasta el año de vida 8, en razón a la amortización de pérdidas y gastos por depreciación.
- Se estima el periodo de concesión en 25 años. Si bien es cierto que el análisis base muestra 24 años para la obtención de TIR, es conveniente otorgar un año más como margen de maniobra en previsión de condiciones adversas.
- El plazo de crédito, deberá ser a 17 años, incluidos un periodo de gracia total de 2 años al inicio del ciclo de vida y se deberá amortizar en un sistema de amortizaciones crecientes.
- Los escenarios de sensibilidad muestran que un alza abrupta en los costos de construcción y/o mantenimiento involucran un periodo de concesión superior de 30 años.
- Del total de impactos adversos identificados, la mayor parte presenta medidas de mitigación, además de que la mayoría de los impactos se consideran no significativos, por lo que, aunque estos impactos afectan al medio, no modificarán de manera fundamental a los componentes del ambiente natural y socioeconómico. Para la mayoría de los impactos adversos significativos, la SCT contemplará las medidas necesarias tendientes a atenuarlos o mitigarlos como es el rescate de algunos organismos. Con lo que respecta a la zona de estudio, se encontró que esta no se encuentra localizada en zonas de importancia histórica o arqueológica, pero sí atraviesa algunas zonas con hábitats en los cuales se encontraron especies incluidas en el listado de la NOM-059-ECOL.
- En relación de Sistemas Nacional de Areas Protegidas (SINAP), la zona de estudio no se encuentra ubicada cerca de ninguna área natural protegida, ni con valor cultural, estético, histórico o de importancia turística.. El área natural protegida más cercana al proyecto es el Parque Nacional "Cerro Gordo" el cual se ubica a tres kilómetros del trazo.

- El proyecto carretero generará beneficios significativos fundamentalmente al medio socioeconómico puesto que el Libramiento Norte proporcionará una mejor distribución de los productos y materias primas del sureste al centro y norte del país y viceversa; de igual forma este proyecto impulsará el desarrollo económico de la región, haciéndolo más competitivo al reducir los costos de operación en una forma muy importante, lo que repercutirá en un alto beneficio para la comunidad.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Ayres, Frank J. Matemáticas financieras, Mc Graw Hill, México, 1992.
2. Banco de México. Anuario estadístico, México 1995.
3. Blyth, F. G. H. y Freitas, M.H. Geología para ingenieros, C.E.C.S.A. México, 1990.
4. Bojorquez Tapia, L. Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico, Mc Graw Hill, México, 1990.
5. Bojorquez Tapia, L. Las evaluaciones de impacto ambiental, conceptos y metodología, Mc Graw Hill, México, 1990.
6. Cal y Mayor, Rafael. Ingeniería de tránsito, Alfaomega, México, 1995.
7. Cal y Mayor. Estudio de tránsito para el Libramiento Norte de la Ciudad de México, México, 1995.
8. Cal y Mayor. Evaluación económica y financiera, México 1995.
9. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. Informe trimestral del sector formal de la industria de la construcción al primer trimestre de 1996, Boletín de prensa, México, 1996.
10. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. Situación de la industria de la construcción CNIC, Departamento de economía y estadística, México, 1994.
11. Consultoría Ambiental e Industrial. Estudio de impacto ambiental para el Libramiento Norte de la Ciudad de México, México, 1995.
12. Coss Bu, Raúl. Análisis y evaluación de proyectos de inversión, Limusa, México, 1982.
13. Crespo Villalaz, Carlos. Vías de comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos, Limusa, México, 1993.

14. Diario Oficial de la Federación. Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente, México, 1988.
15. Instituto Mexicano del Transporte. Criterios para el establecimiento de la cuota óptima para autopista de cuota, Publicación técnica No. 60.
16. Instituto Mexicano del Transporte. Estimación de demanda de tránsito en carreteras combinando, estudios origen destino con aforos, Publicación Técnica No. 25.
17. Luna Traill, Jaime. Cuarto foro del sector comunicaciones y transportes (memorias), México, 1995.
18. Marínez Jurado, Oscar E. Transporte y vialidad en la Ciudad. Plan integral 1995-2000, UNAM, México, 1995.
19. Moreno Bonett, Alberto. Apuntes del curso evaluación económico - financiera para proyectos de inversión, UNAM DECFI, México 1995.
20. Rico Alfonso y Del Castillo, Hermilo. Ingeniería de suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropuertos, Limusa, México, 1982.
21. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Impacto de los caminos en el medio ambiente, México, 1987.
22. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Infraestructura y el transporte, México, 1993.
23. Secretaría de Gobernación. Plan nacional de desarrollo 1995-2000, México, 1995.
24. Secretaría de Gobernación. Programa de desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, 1995-2000, México, 1995.
25. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Programa Nacional de Autopistas Concesionadas, Dirección General de Planeación, 1994.

26. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Programa Nacional de Carreteras 1995-2000, Dirección General de Planeación, 1994.
27. Wrigth, H. Paul. Ingeniería de carreteras, Limusa, México, 1993.

ANEXO

Anexo A

ZONA	NUMERO	NOMBRE
NIVEL MUNICIPAL (zonificación interna)		
DISTRITO FEDERAL 09		
ZONA 01	002	Azcapotzalco
ZONA 02	003	Coyoacán
ZONA 03	004	Cuajimalpa de Morelos
ZONA 04	005	Gustavo A. Madero
ZONA 05	006	Iztacalco
ZONA 06	007	Iztapalapa
ZONA 07	008	Magdalena Contreras
ZONA 08	009	Milpa Alta
ZONA 09	010	Alvaro Obregón
ZONA 10	011	Tláhuac
ZONA 11	012	Tlalpan
ZONA 12	013	Xochimilco
ZONA 13	014	Benito Juárez
ZONA 14	015	Cuauhtémoc
ZONA 15	016	Miguel Hidalgo
ZONA 16	017	Venustiano Carranza
ESTADO DE MEXICO 15		
ZONA 21	015	Atlatla
	034	Ecatzingo
	068	Ozumba
	094	Tepetlixpa
ZONA 22	009	Amecameca
	017	Ayapango
	050	Juchitepec
	089	Tenango del Aire
ZONA 23	022	Cocotitlán
	083	Temamatla
	103	Tlalmanalco
ZONA 24	025	Chalco
	039	Ixtapaluca
ZONA 25	029	Chicoloapan
	031	Chimalhuacán
	070	La Paz
ZONA 26	058	Nezahualcoyotl
ZONA 27	093	Tepetlaoxtoc
	099	Texcoco

continua...

ZONA 28	011	Atenco
	028	Chiutla
	030	Chiconcuac
	069	Papalotla
	100	Tezoyuca
ZONA 29	002	Acolman
	016	Axapusco
	061	Nopaltepec
	065	Otumba
	075	San Martín de las Pirámides
	084	Temascalapa
	092	Teotihuacán
ZONA 30	010	Apaxco
	036	Hueyoxtla
	044	Jaltenco
	059	Nextlalpan
	081	Tecámac
	096	Zumpango
	120	
ZONA 31	104	Tlanepantla
ZONA 32	033	Ecatepec
ZONA 33	020	Coacalco
ZONA 34	109	Tultitlán
ZONA 35	053	Melchor Ocampo
	108	Tultepec
ZONA 36	024	Cuautitlán
ZONA 37	013	Atizapan de Zaragoza
	038	Isidro Fabela
	046	Jilotzingo
	060	Nicolás Romero
ZONA 38	121	Cuatitlán Izcalli
ZONA 39	023	Coyotepec
	035	Huehuetoca
	091	Teoloyucan
	095	Tepotzotlán
	112	Villa del Carbón
ZONA 40	037	Huixquilucan
	057	Naucalpan
ZONA 41	003	Aculco
	045	Jilotepec
	071	Polotitlán
	079	Soyaniquilpan de Juárez

continua...

ZONA 42	014	Atzacmulco Morelos, El Oro, San Felipe del Progreso, Temascalcingo, Timilpa Acambay, Chapa de Mota, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Jocotitlan
ZONA 43	106	Toluca Almoloya de Alquista, Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Amanalco, Amatepec, Atzacapan, Calimaya, Capulhuac, Cuatepec Harinas, Chapultepec, Donato Guerra, Ixtapan de la Sal, Ixtapan del Oro, Jalatlaco, Joquicingo, Lerma, Malinalco, Melchor Ocampo, Mexicalcingo 12, Ocoyoacan, Otzoloapán, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, San Simón de Guerrero, Santo Tomás, Sultepec, Tejupilco, Temascaltepec, Temoaya, Tenango del Valle, Texcaltitlán, Texcalyacac, Tlatlaya, Tianguistengo, Tonicaco, Valle de Bravo, Villa de Guerrero, Villa Victoria, Xonacatlán, Zacazonapan, Zinacantepec, Zumpahuacan
HIDALGO 13		
ZONA 51	008	Apan Almoloya, Emiliano Zapata, Tepeapulco
ZONA 52	077	Tulancingo Acatlan, Actopan, Agua Blanca de Iturbide, Cuauhtepec de Hinojosa 02, Huehuetla, Metepec, Santiago Tulantepec, Singuilucan, Tenango de Doria, Tlanalapa, Tulancingo de Bravo 13, Zempoala
ZONA 53	048	Pachuca Actopan, Ajacuba, El Arenal, Atotonilco, El Grande, Huasca de Ocampo, Mineral de Chico, Mineral del Monte, Ormitlan de Juárez, Mineral de la Reforma, San Agustín Tlaxiaca, San Salvador, Villa de Tezantepec, Tizayuca, Tolcayuca, Zapotlán de Juárez
ZONA 54	076	Tula de Allende Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Chapantongo, Francisco I. Madero, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón 10, Tepeji del Río Ocampo, Tepetitlán, Tetepango, Tezontepec de Aldama, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Tula de Allende

ZONA 55	029	Huichapan Huichapan, Nopala de Villagran, Tecozautla
ZONA 56	030	Ixmiquilpan Alfajayucan, Cardonal, Chapulhuacan, Ixmiquilpan, Jacala de Ledezma, La Misión, Nicolás Flores, Pacula, Pisa Flores, Santiago de Aanya, Tasquillo, Zimapán
ZONA 57	081	Zacualtipán Atlapexco, Calnali, Eloxochitlan, Huautla, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltopan, Juárez Hidalgo, Lolotla, San Agustín, Metzquitlán, Molango de Escamilla, San Felipe Orizatlán, Tepehuacan de Guerrero, Tianguistengo, Tlahuitepa, Tlanchinol, Xochiatipan, Yahualica, Zacualtipán de Angeles
MORELOS 17		
ZONA 61	006	Zona nororiente Cuautla Atlaltlahucan, Cuautla, Ocutuico, Tetela del Volcán, Tlalnepantla, Tlayacapan, Tototapan, Yautepec, Yecapixtla
ZONA 62	007	Zona norponiente Cuernavaca, Emiliano Zapata, Huitzilac, Jiutepec, Temixco, Tepoztlán
ZONA 63	017	Zona surponiente Puente de Ixtla Amacuzcac, Coatlan del Río, Mazatepec, Miaatlán, Puente de Ixtla, Tetecala, Xochitepec
ZONA 64	012	Zona centro Jojutla Jojutla, Tlaltizapan, Zacatepec
ZONA 65	003	Zona suroriente Axochiapan Axochiapan, Ayala, Tepalcingo, Tlaquitenango
ZONA 66	013	Zona oriente Jonacatepec Jantetelco, Jonacatepec, Zacual pan, Temoac
PUEBLA 21		
ZONA 71		Zona centro del estado de Puebla Acajete, Acatingo, Amozocoe, Atlixco, Atoyatempan, Calpan, Coronango, Cuapiaxtla de Madero, Cuautichan, Cuautlancingo, Chiautzingo, Domingo de Arenas, General Felipe Angeles, Huejotzingo, Huitziltepec, Magdalena, Juan C Bonilla, Tlatlauquitepe, Mixtla, Nealtican, Ocoyucan, Puebla, Los Reyes de Juárez, San Andres Cholula, San Diego la Mesa Tochim, San Felipe Teotlalcingo, San Gregorio Atzonipa,

		San Jerónimo Tecuanipan, San Juan Atzompan, San Martín Texmelucan, San Matías Tlalancaleca, San Miguel Xoxtla, San Nicolás de los Ranchos, San Pedro Cholula, Tepeaca, San Salvador el Verde, San Salvador Huixcolotla, Tepatlaxco de Hidalgo, Tepeyahualco de Cuahutémoc, Tianguismanalco, Tlahuapán, Tlaltenango, Tlanepantla, Tochimilco, Tochtepec, Tzicatlacoyan
ZONA 72		Zona surponiente del estado de Puebla Acatlán, Acteopan, Ahuatlán, Ahuehuetitlán, Albino Zertuche, Atzala, Axutla, Atzitzihuacán, Coatzingo, Cohetzala, Coluecan, Cuayuca de Andrade, Coyotepec, Chiautla, Chietla Chigmecatitlán, Chila, Chila de la Sal, Chinantla, Epatlán, Guadalupe, Huaquechula, Huatatlauca, Molcaxac, Jolalpan, Huehuetlán el Chico, Ixcamilpa de Guerrero, Ixcuixtla, Izúcar de Matamoros, Jolalpan, Petlalcingo, Piaxtla, San Jerónimo Xayacatlán, Tilapa, San Martín, Totoltepec, San Miguel Ixtla, San Pablo Anicano, Tecomatlán, San Pedro Yeloixtlahuaca, Santa Catarina, Tlaltempa, Santa Inés Ahuatempan, Tehuizingo, Tepemaxalco, Tepejuma, Tepexco, Tepexi de Rodríguez, Tlapanala, Totoltepec de Guerrero, Tulcingo, Xayacatlán de Bravo, Nicotlán, Xochitlpeec, Zacapala
ZONA 73		Zona sur oriente del estado de Puebla Ajalpan, Altepexi, Caltepec, Coxcatlán, Coyotmeapan, El Ocochitlán, Zoquitlán, Nicolás Bravo, San Antonio Cañada, San Gabriel Chilac, San José Miahuatlán, San Sebastián Tlacotepec, Santiago Miahuatlán, Tehuacán, Vicente Guerrero, Zapotitlán, Zinacatepec.
ZONA 74		Zona centro sur del estado de Puebla Atexcal, Atzitzintla, Chapulco, Esperanza, Cabaña Morelos, Palmar de Bravo, Quecholac, Tecamachalco, Tepango, de López, Tlacotepec de Benito Juárez, Xochitlán Todos los Santos, Yehualtepec
ZONA 75		Zona oriente de estado de Puebla Aljojuca, Cuyoaco, Chalchicomula de Sesma, Chichiquila, Chichotla, Lafragua, San Nicolás
		Buenos Aires, San Salvador El Seco, Soltepec, Tepeyahualco, Tlachichuca, Oriental, Quimixtlán, Rafael Lara Grajales, San José Chiapa, San Juan Atenco, Guadalupe Victoria, Libres, Mazapotepec de Juárez, Nopalucan, Ocoatepec

ZONA 76		Zona nororiente del Estado de Puebla Acateco, Atempan, Ayotoxco de Guerrero, Cashuacan, Cuetzalan del Progreso, Huehuetla, Hueyapan, Hueytamalco, Huitzilán de Serdán, Ignacio Allende, Chignautla, Ixtepec, Jonotla, Nauzónitla, Tenampulco, Teteles de Avila Castillo, Teziutlán, Tlatlauquitepec, Tuzamapan de Galeana, Xochiapulco, Xochitlán de Vicente Suárez, Yaonahuac, Zacapoaxtla, Zapotitlán de Méndez, Zaragoza, Zautla, Zoquiapan
ZONA 77		Zona norte del estado de Puebla Ahuacatlán, Ahuazotepec, Amixtlan, Aquixtla, Camocuautla, Coatepec, Jopala, Cuautempan, Chila Honey, Francisco Z. Mena, Hermenegildo Galeana, Jalpan, Chignahuapan, Chiconcuautla, Huauchinango, Hueytalpan, Ixtacamaxitlán, Juan Galindo, Naupan, Olinfía, Pahuatlán, Pantepec, San Felipe Tepantla, Tepango de Rodríguez, Tepetzintla, Tetela de Ocampo, Tlacuifotepec, Tlaola, Tlapacoya, Tlaxco, Venustiano Carranza, Zacatlán, Nicatepec, Zongozotla, Zihuateutla
SAN LUIS POTOSÍ 24		
ZONA 81		Zona Poniente del estado de San Luis Potosí Ahuatlulco, Alaquines, Armadillo de los Infante, Cárdenas, Cedral, Catorce, Cerritos, Cerro de San Pedro, Ciudad del Maíz, Ciudad Fernández, Charcas, Guadalcazar, Lagunillas, Matehuala, Mexquitic de Carmona, Moctezuma, Rayón, Río Verde, Salinas, San Ciro de Acosta, San Luis Potosí, San Nicolás Tolentino, Santa Catarina, Santa Mariadel Río, Santo Domingo, Soledad de Graciano Sanc, Tamasopo, Tierranueva, Vanegas, Venado, Villa de Arriaga, Villa de Guadalupe, Villa de la Paz, Villa de Ramos, Villa de Reyes, Villa Hidalgo, Villa Juárez, Villa de Arista, Zaragoza
ZONA 82		Zona oriente del estado de San Luis Potosí Aquismon, Tancanhuitz de Santos, Ciudad Valles, Coaxcatlán, Ebano, Hushuetlán, San Antonio, San Martín Chalchicuautla, San Vicente Tancuayalab, Tamazunchale, Tampacan, Tampamolón Corona, Tamuín Tanlajas, Tanquian de Escobedo, Axtila de Terrezas, Xilitla
TLAXACALA 29		
ZONA 91	006	Calpulalpan, Españaña, Hueyotitlán, Sanctorum de Lazaro Card, Nanacamilpa de Mariano A
ZONA 92	033	Tlaxcala, Amaxac de Guerrero, Apetatitlán de Antonio C., Atlangatepec, Apizaco, Cuaxomulco, Chiautempan, Muñoz de Domingo Arenas, Contla de Juan Cuamatzi, Panotla, Santa Cruz Tlaxcala, Terrenate, Tetla, Tlaxco, Tocatlán, Toluca, Tzompantepec, Naloztoc, Naltecan, Yahquemehcan
ZONA 93	015	Ixtacuixtla, Ixtacuixtla de Mariano M, Mazatecochco de José Mar, Tepetitla de Lardizabal, Acuananada de Miguel Hidalgo, Natuvitas, San Pablo del Monte, Tenancingo,

		Teolocholco, Tepeyanco, Tetlatlahuaca, Papalotia de Xicotencal, Xicotzingo, Zacatelco
ZONA 94	013	Huamantla El Carmen Tequexquitla, Cuapiaxtla, Huamantla, Ixtenco, Zitlaltepec de Trinidad
VERACRUZ 30		
ZONA 101		Zona sur del estado de Veracruz (Cd. de Veracruz) Acayucan, Acula, Acultzingo, Camarón de Tejeda, Alpatlahuac, Alvarado, Amatitlán, Amantla de los Reyes, Angel R. Cabada, La Antigua, Aquila, Astacinga, Atlahuilco, Atoyac, Atzacan, Tlaltetela, Boca del Río, Calchahuaco, Camerino Z. Mendoza, Carrillo Puerto, Catemaco, Coatzacoalcos, Coetzala, Comapa, Córdoba, Cosamaloapan, Coscomatepec, Cosolecaque, Cotaxtla, Cuichapa, Chuitlahuac, Chacaltianguis, Chinameca, Las Choapas, Chocaman, Fortín, Hidaigotitlán, Huatusco, Hueyepan de Ocampo, Huiloapan de Cuauhtémoc, Ignacio de la Llave, Isla, Ixhuatlán del Café Ixhuatlancillo, Ixhuatlán del Sureste, Ixmatalahuacan, Ixtaezoquitlan, Jaltipan, Jamapa, Jesús Carranza, Juan Rodríguez Clara, Lerdo de Tejada, Magdalena, Maltrata, Manlio Fabio Altamirano, Mariano Escobedo, Mecayapan, Medellín, Minatitlán, Mixtla de Altamirano, Moloacan, Naranja, Nogales, Oluta, Omealca, Orizaba, Otatitlán, Oteapan, Pajapan, Paso del macho, Paso de Oveja, La perla, Playa Vicente, Puente Nacional, Rafael delgado, Lor Reyes, Río Blanco, Saltabarranca, San Andrés Tuxtla, San Juan Evangelista, Santiago Tuxtla, Sayula de Aleman, Soconusco, Sochiapa, Soledad Atzompa, Tres Valles, Soledad de Doblado, Soteapan, Tehuipango, Tenampa, Tepatlaxco, Tequila, José Azueta
		Texhuacan, Texistepec, Tezonapan, Tierra Blanca, Tlacotalpan, Tlacotepec de Mejía, Tlalixcoyan, Tlaquilpan, Tlilapan, Tomatlan, Totula, Tuxtilla, Ursulo Galván, Veracruz, Xoxocotlán, Yanga, Zaragoza, Zentla, Zongolica, Agua Dulce Nanchital de Lázaro Cardel
ZONA 102		Zona centro del estado de Veracruz Acajete, Acatlán, Actopan, Alto Lucero, Altotonga, Apazapan, Atzacán, Ayahualco, Banderilla, Coacoatzintla, Coatepec, Colipa, Cosautlán de Carvajal, Chiconquiaco, Emiliano Zapata, Ixhuacán de los Reyes, Jalacingo, Jalcomulco, Xico, Jilotepec, Juchique de Ferrer, Tlaacolulan, Landero y Coss, Martínez de la torre, Miahutlán, Las Minas, Misantla, Naolinco, Nautle, Perote, Las Vigas de Ramírez, Rafael Lucio, Tatatila, Tenochtitlán, Teocelo, Tepetlan, Tlanchuayocan, Tlapacoyan, Tonayan, Vega de la Alatorre, Villa Aldama, Yecuatlan

continua...

ZONA 103		Zona del golfo (Poza Rica) Amatlán, Tuxpan, Benito Juárez, Cazones de Herrera, Cerro Azul, Citlaltépeti, Coahuiltlan, Coatzintla, Coxquihui, Coyutla, Chicontepec, Chinampa de Gorostiza, Chontla, Chumatlán, Espinal, Filomeno Mata, Gutiérrez Zamora, Huayacocotla, Llamatlán, Ixhuatlán de Madero, Mecatlán, Ozuluama, Papantla, Poza Rica de Hidalgo, Tamalín, Tamiahua, Tancoco, Tantima, Castillo de Teaya, Tecolutla, Temapache, Tepetziutla, Texcatepec, Tihuatlán, Tlachichilco, Tuxpan, Zacualpan, Zontecomantla, Zozocolco de Hidalgo
ZONA 104		Zona norte del estado de Veracruz (Tempoal de Sánchez) Chalma, Chiconamel, Ixcatepec, Pánuco, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Tantoyuca, Tempoal, El Higo

NIVEL ESTATAL (zonificación externa)		
ZONA 120	1	Aguascalientes
ZONA 130	2	Baja California
ZONA 140	3	Baja California Sur
ZONA 150	4	Campeche
ZONA 160	5	Coahuila de Zaragoza
ZONA 170	6	Colima
ZONA 180	7	Chiapas
ZONA 190	8	Chihuahua
ZONA 200	10	Durango
ZONA 210	11	Guanajuato
ZONA 220	12	Guerrero
ZONA 230	14	Jalisco
ZONA 240	16	Michoacán de Ocampo
ZONA 250	18	Nayarit
ZONA 260	19	Nuevo León
ZONA 270	20	Oaxaca
ZONA 280	22	Querétaro de Arteaga
ZONA 290	23	Quintana Roo
ZONA 300	25	Sinaloa
ZONA 310	26	Sonora
ZONA 320	27	Tabasco
ZONA 330	28	Tamaulipas
ZONA 340	31	Yucatán
ZONA 350	32	Zacatecas