

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

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

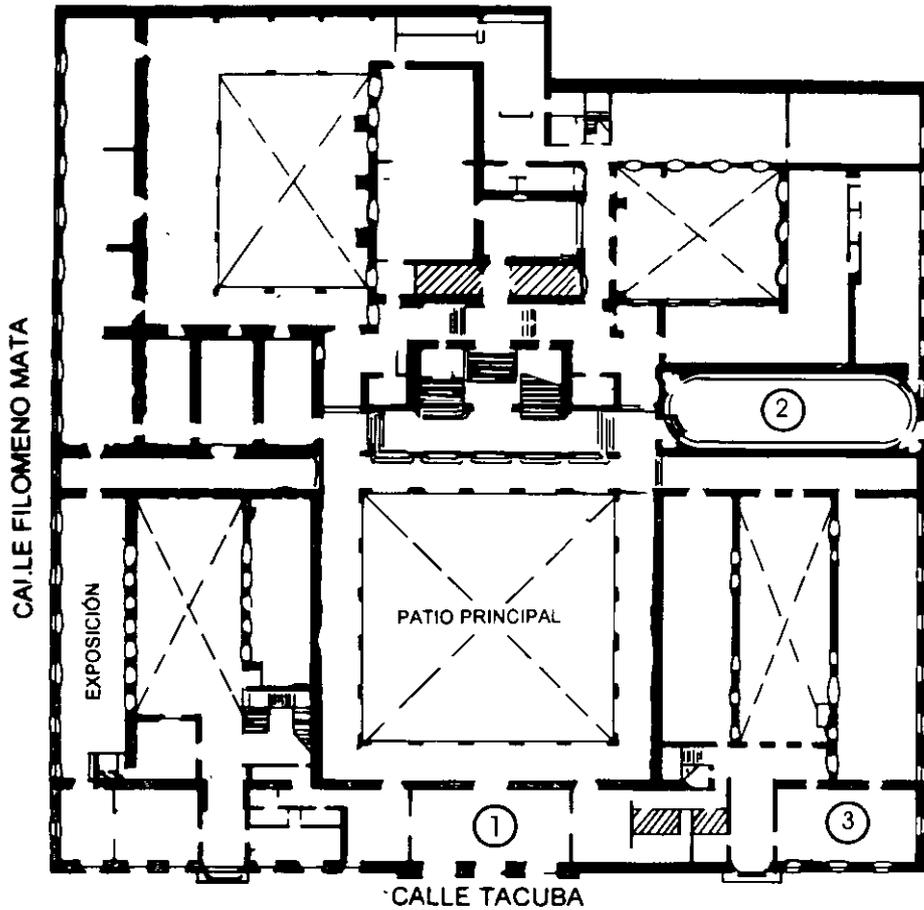
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

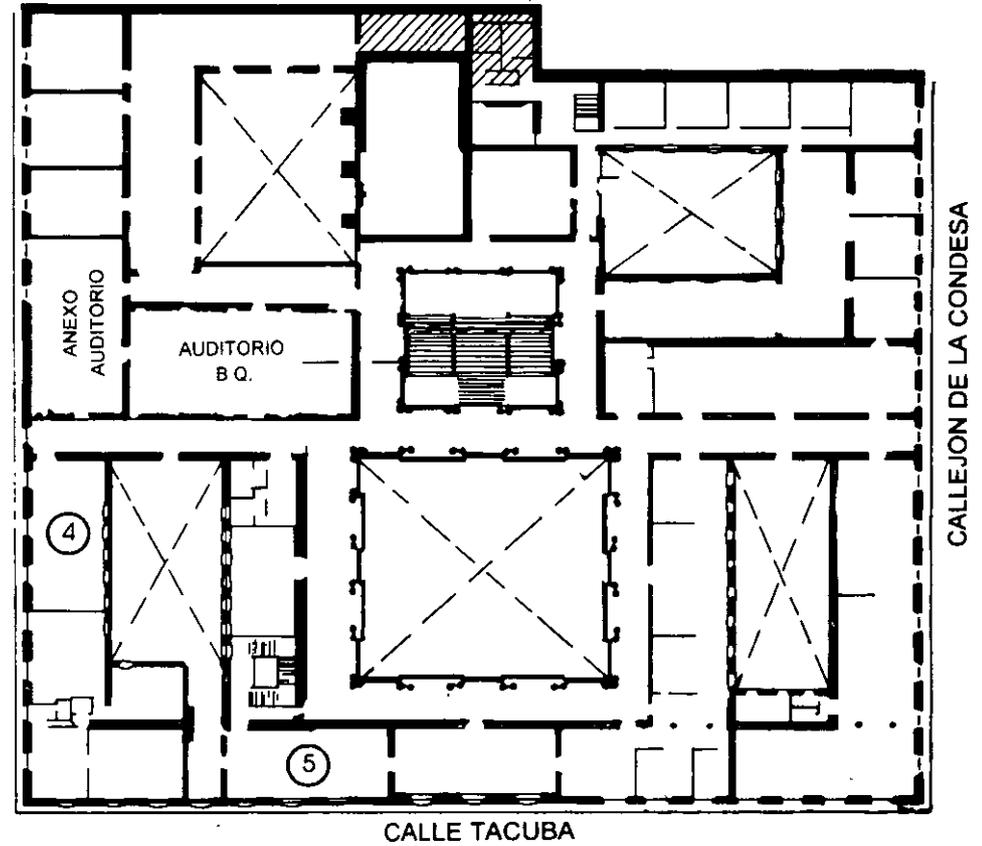
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

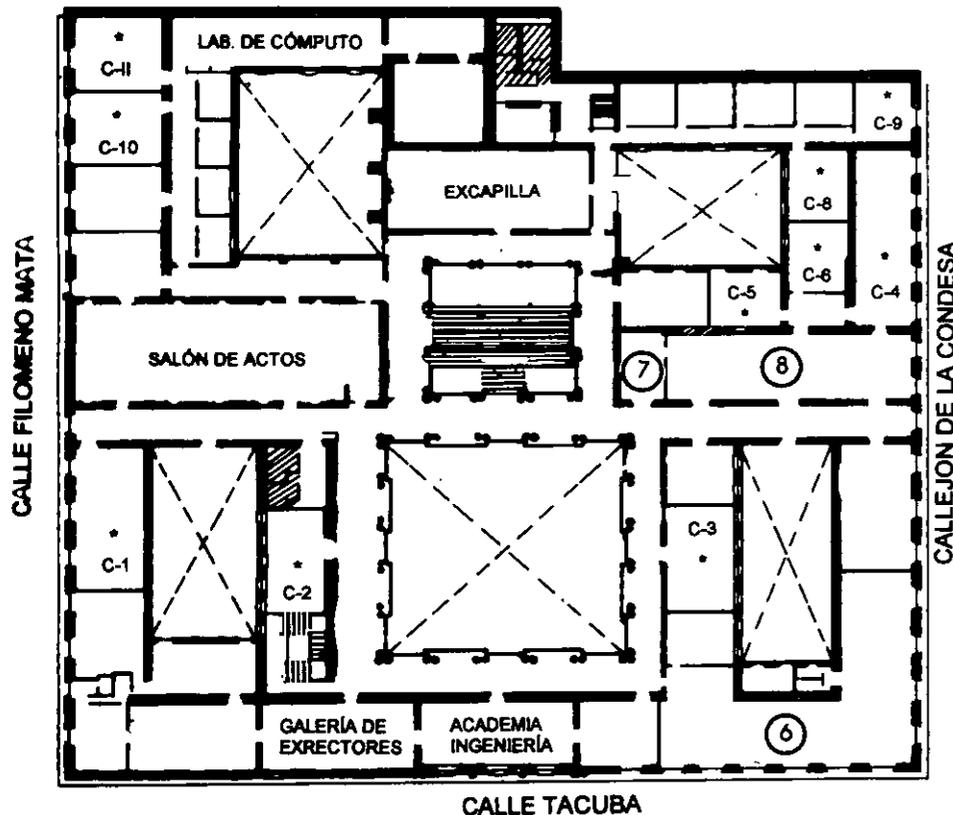


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



GUÍA DE LOCALIZACIÓN

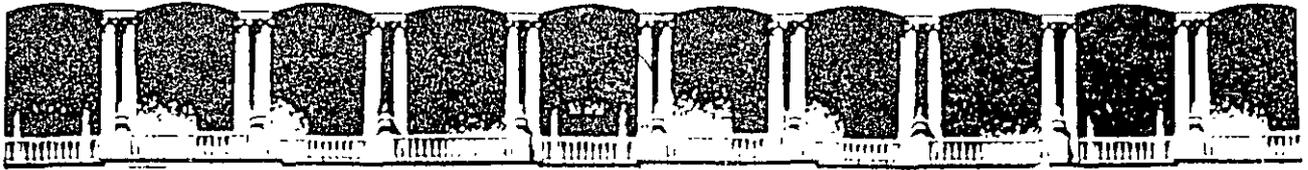
1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS

1er. PISO



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS





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

**CURSOS INSTITUCIONALES
INGENIERIA FINANCIERA Y EVALUACION DE
PROYECTOS CARRETEROS**

del 14 al 17 de octubre de 1997

ELEMENTOS DE EVALUACION DE PROYECTOS CARRETEROS

Ing. Daniel Devesa Varas
Palacio de Minería
1997.

1. ELEMENTOS DE EVALUACION DE PROYECTOS

octubre, 1997.

CONTENIDO

1.1 Conceptualización del proyecto

1.2 Las situaciones “con y sin proyecto”

1.3 Información básica para la evaluación

1.4 Participación de la evaluación de proyectos en la programación

1.5 Indicadores de rentabilidad

1.- ELEMENTOS DE EVALUACION DE PROYECTOS

1.1.- Conceptualización del proyecto:

En el sistema de transporte intervienen organismos de los sectores público y privado, usuarios, grupos con intereses particulares, industriales activos en múltiples áreas del quehacer económico y autoridades actuantes en distintos espacios territoriales. Es por ello que debe concebirse un proceso de planeación amplio, exhaustivo, continuo y participativo, que tenga por objetivo organizar el estudio formal de este sistema, de por sí complejo, para garantizar el éxito en la toma de decisiones.

Sin que sea una regla o un mecanismo rígido, el proceso de planeación del transporte puede estructurarse en siete etapas como se ilustra en la figura 1 y son las siguientes:

- Diagnóstico
- Formulación de objetivos y criterios de evaluación
- Generación y análisis de alternativas
- Evaluación y selección de opciones
- Programación y presupuestación
- Proyecto e implantación
- Operación, conservación y seguimiento

La base del proceso de planeación se apoya en la disponibilidad de la información del sistema de transporte que se este analizando, sobre el sistema de actividades al que atiende y sobre el contexto organizacional e institucional dentro del que opera y que marca las directrices a seguir. En el mismo proceso de planeación se utilizan metodologías y técnicas de análisis muy diversas, cuya aplicación permite el estudio sistemático de la oferta, la demanda, su complejidad y del consumo de recursos realizado por el transporte, así como su evaluación desde múltiples puntos de vista. Es precisamente la variedad de la ciencia, de la técnica y del arte que hace que el proceso sea multidisciplinario y concentrador de las

aportaciones de profesionistas de la economía, la ingeniería, la sociología, la informática, los ecologistas, los antropólogos y en general de las ciencias propedéuticas.

Las fases de que consta el proceso de la toma de decisiones se relaciona directamente con el proceso de planeación y que son:

- Identificación y formulación de la problemática
- Análisis y formulación de políticas
- Implantación
- Evaluación y retroalimentación

A continuación se describe cada etapa del proceso de planeación para posteriormente esquematizar las correspondientes al proceso de toma de decisiones

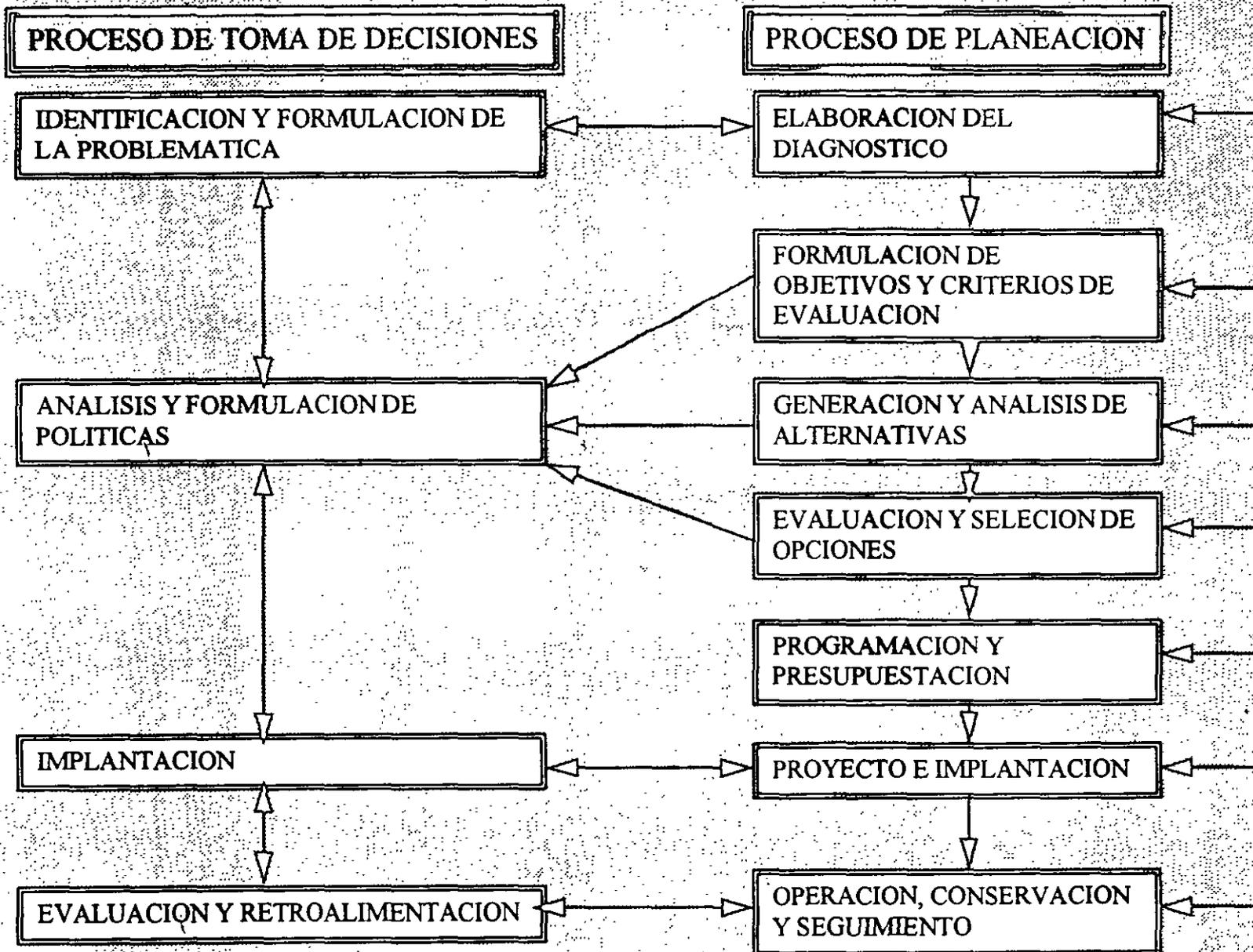
Diagnóstico:

En esta etapa, los trabajos están encaminados a conocer e identificar los principales componentes del sistema de transporte, la forma en que se relacionan, sus magnitudes y alcances dentro del ámbito en el cual se desarrolla, y a partir de ello, estar en posibilidad de identificar y formular sus principales problemas.

Formulación de objetivos y criterios de evaluación:

Tomando como premisa los grandes objetivos nacionales o bien en casos más específicos los objetivos propios del sistema analizado, en la formulación de estos objetivos se deberán precisar los alcances que garanticen la congruencia con las acciones propuestas para llevar a cabo los planes y programas globales y sectoriales, además se deberán proponer **criterios de evaluación apropiados para poder enjuiciar con exactitud el grado de cumplimiento de cada uno de los objetivos del sistema.**

PROCESO DE PLANEACION, DE TOMA DE DECISIONES Y SUS INTERRELACIONES



La fase de generación y análisis de alternativas comprende tres tipos de estudios.

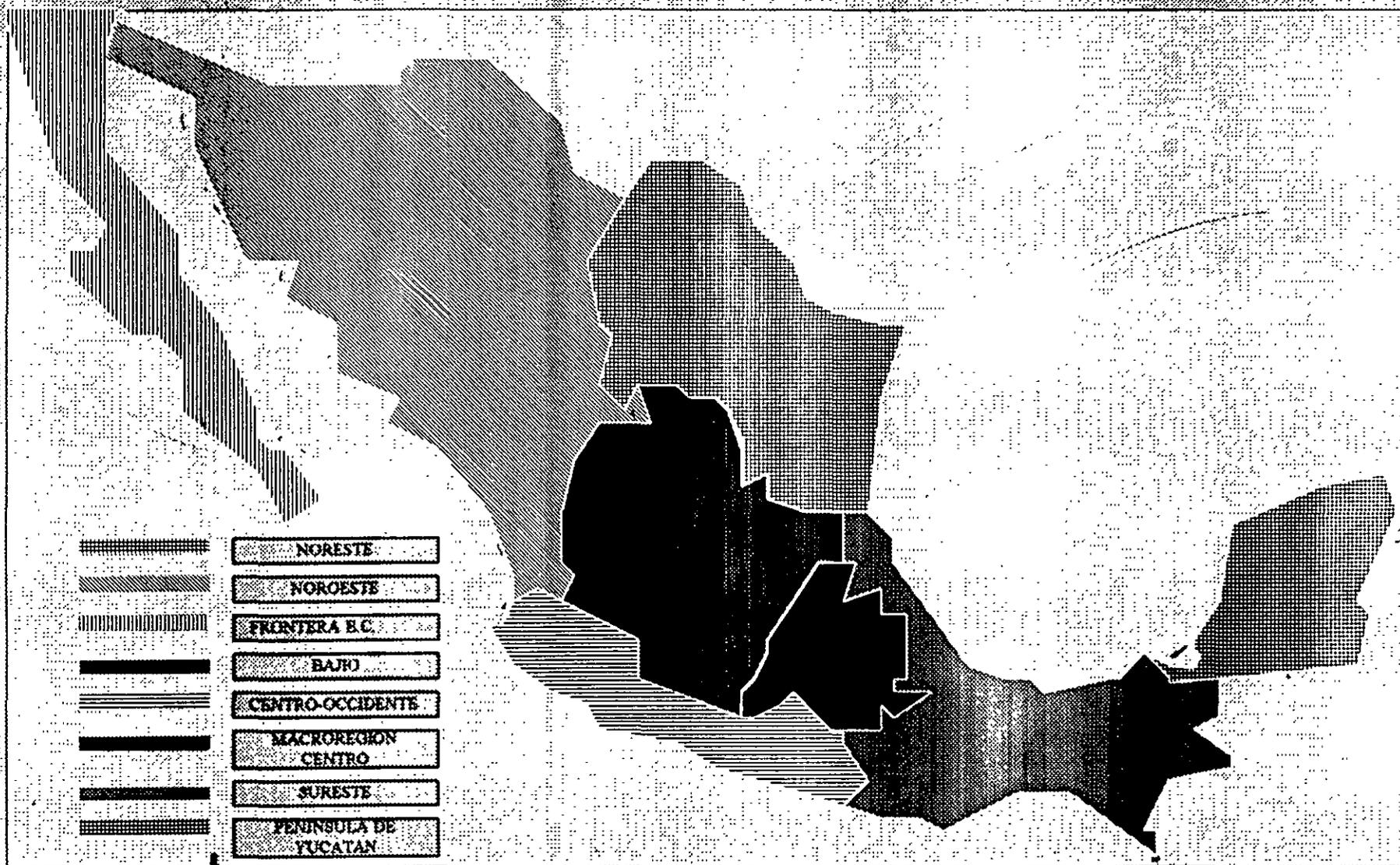
Los **estudios básicos** que, a un nivel muy general, se llevan a cabo con el fin de profundizar en el conocimiento de variables importantes para la evolución del sistema de transporte y así definir un marco que oriente la preparación de análisis más detallados, como por ejemplo el planteamiento de escenarios en donde se considere el crecimiento poblacional, las perspectivas de recuperación de la economía nacional, la apertura a la inversión privada en el sector transportes y los niveles de servicio a ofrecer a los usuarios del sistema de transporte.

Bajo el marco definido en los estudios anteriores, los **estudios de gran visión** tienen por objetivo confrontar la oferta con la demanda para que, en forma general, se identifiquen necesidades, obras y su ubicación en el espacio. La cobertura territorial de estos estudios depende del alcance de los objetivos del análisis ya que puede ser a nivel nacional, estatal, regional o bien municipal.

A la luz de las características de la oferta y la demanda en un lugar determinado, se precisa sobre si se requiere o no un proyecto de inversión para que el sistema en estudio pueda atender la demanda futura prevista en ese lugar. Si se concluye que el proyecto propuesto es necesario, una segunda función del **estudio de gran visión** consiste en definir el tipo de proyecto requerido. Los resultados de este tipo de estudios son los "catálogos de proyecto", que identifican las acciones por adoptar en sitios específicos durante un horizonte temporal definido, y que dan una idea aproximada de su costo. Estos catálogos no son propiamente programas, ya que estos últimos incorporan el tratamiento de restricciones de inversión que influyen en que los proyectos del catálogo puedan ser ejecutados o no.

Finalmente, durante esta fase de generación y análisis de alternativas, los **estudios de factibilidad** que son análisis detallados requeridos para justificar o no un proyecto específico, así como para proponer alternativas de proyecto que mejore los resultados que en los términos de los objetivos se hayan definido.

Principales regiones a interconectar con la red de carreteras



Confrontación oferta-demanda

1.- Demanda



Que es lo que los usuarios
requieren de la red carretera

- Mejor nivel de servicio
- Menor costo generalizado de transporte
- Mayor seguridad
- Mayor cobertura y accesibilidad

7

Resumen de resultados de los estudios de origen y destino

ESTACION : Yastepac Km 23+500 carretera Cuernavaca-Cauztizco llevada a cabo del 4 al 7 de noviembre de 1995

Volumen de tránsito observado		Participación	Composición vehicular			
			A	B	C	OTROS
Total de vehículos	32,914	100%	84.9%	5.9%	7.9%	1.3%
Hacia Izúcar de Matamoros	17,381	52.8%				
Hacia Cuernavaca	15,533	47.2%				

	TRANSITO DIARIO		TOTAL	PORCENTAJES		TOTAL
	HACIA IZUCAR DE MATAMOROS	HACIA CUERNAVACA		Hacia Izúcar de Matamoros	Hacia Cuernavaca	
	LUNES	4,181		3,842	8,033	
MARTES	4,232	3,805	8,037	62.00%	47.34%	100%
MIERCOLES						
JUEVES						
VIERNES						
SABADO	5,083	3,613	8,696	58.45%	41.55%	100%
DOMINGO	3,875	4,273	8,148	47.56%	52.44%	100%
TOTAL	17,381	15,533	32,914	52.81%	47.19%	100%

Sábado 4 de noviembre de 1995

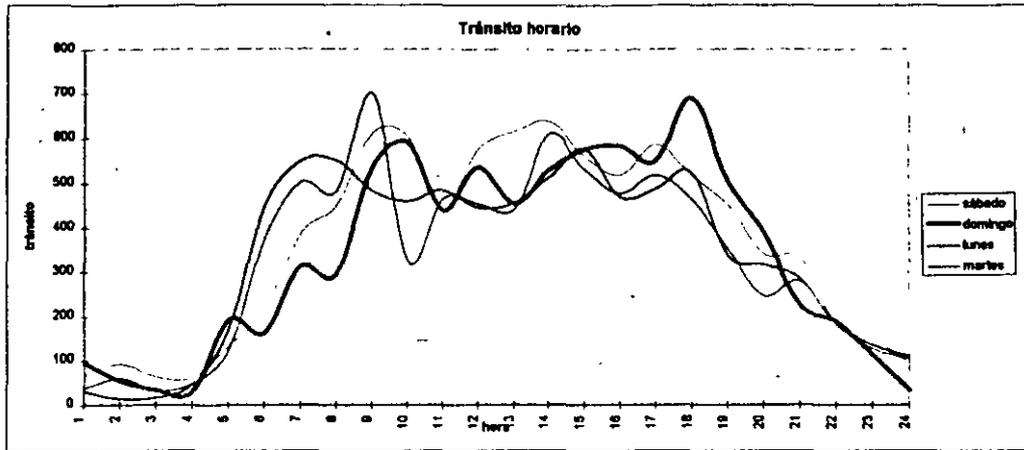
Domingo 5 de noviembre de 1995

TRANSITO HORARIO				TRANSITO HORARIO			
HORA	TRANSITO	HORA	TRANSITO	HORA	TRANSITO	HORA	TRANSITO
1	66	13	615	1	98	13	456
2	92	14	637	2	55	14	528
3	64	15	561	3	37	15	577
4	63	16	518	4	30	16	584
5	133	17	585	5	195	17	549
6	218	18	517	6	166	18	689
7	388	19	451	7	315	19	506
8	452	20	341	8	296	20	392
9	613	21	334	9	534	21	230
10	601	22	183	10	593	22	191
11	443	23	149	11	441	23	114
12	577	24	95	12	537	24	35
Tránsito horario máximo = 637 vehículos				Tránsito horario máximo = 689 vehículos			

Lunes 6 de noviembre de 1995

Martes 7 de noviembre de 1995

TRANSITO HORARIO				TRANSITO HORARIO			
HORA	TRANSITO	HORA	TRANSITO	HORA	TRANSITO	HORA	TRANSITO
1	32	13	456	1	38	13	443
2	14	14	511	2	60	14	610
3	18	15	576	3	32	15	531
4	47	16	469	4	49	16	478
5	174	17	487	5	127	17	517
6	451	18	523	6	379	18	463
7	549	19	337	7	503	19	353
8	551	20	318	8	484	20	248
9	484	21	287	9	700	21	281
10	460	22	188	10	324	22	185
11	486	23	136	11	468	23	128
12	446	24	111	12	454	24	104
Tránsito horario máximo = 576 vehículos				Tránsito horario máximo = 700 vehículos			



PROMEDIO DE OCUPACION DE LOS VEHICULOS		MOTIVO DEL VIAJE	
VEHICULOS TIPO A	2.6 pasajeros	TRABAJO	64.0%
VEHICULOS TIPO B	19.1 pasajeros	PASEO	36.0%

TIPOS DE VEHICULOS

A	P	Vehículo tipo A	B2	B3	Vehículo tipo B
22,920	5,030	27,950	1,914	19	1,933

C2	C3-T3	C4-T4	C5-T5	C6-T6	T7	T8	T9	Vehículo tipo C
1,391	473	34	291	369	4	7	24	2,593

FRECUENCIA DE LOS VIAJES	
DIARIO	41%
SEMANAL	29%
MENSUAL	18%
ESPORADICO	12%

USO DE COMBUSTIBLES	
DIESEL	10%
GASOLINA	89%
OTROS	1%

DISPONIBILIDAD AL PAGO DE LA CUOTA			
¿Pagaría cuota ?		¿CUANTO?	
SI PAGARIA	30%	NS	NS/KM
NO PAGARIA	70%	11.57	0.120
		0	0

EDAD PROMEDIO DEL PARQUE VEHICULAR	
MODELO	1988

Nivel de Ingresos	M O D E L O S D E L O S V E H I C U L O S					
	1995-1994	1993-1992	1991-1990	1989-1988	1987-1986	1985 y anteriores
Entre 1 y 5 salarios mínimos	17%	18%	11%	9%	6%	40%
Más de 5 salarios mínimos	19%	22%	14%	7%	6%	32%

Nivel de Ingresos	Participación	Motivo del viaje	
		TRABAJO	PASEO
Hasta un salario mínimo	17%	18.10%	15.40%
Entre 1 y 5 salarios mínimos	51%	51.80%	49.60%
Más de 5 salarios mínimos	32%	30.10%	35.00%
TOTAL	100%	100%	100%

Nivel de Ingresos	DISPOSICIÓN AL PAGO DE LA CUOTA		
	NS/Km	NS/Km	NS/Km
	0.8	0.34	0.1
Hasta un salario mínimo	14%	40%	35%
Entre 1 y 5 salarios mínimos	45%	48%	50%
Más de 5 salarios mínimos	41%	12%	15%
	100%	100%	100%

Longitud de proyecto: 97 Km.

ASIGNACION Y PRONOSTICO DE TRANSITO DEL PROYECTO ATLIXCO-ALPUYECA
MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO
(AMBOS SENTIDO DE CIRCULACION)

Estación O-D. Yautepec Km 23-500 carretera Cuernavaca-Cuautlaxco

Noviembre de 1995

P O B L A C I O N							Tránsito	%	%
ORIGEN	DESTINO	A	B	C	OTROS	TOTAL	Promedio diario	PARTICIPA- CION	ACUMU-LADO
CUERNAVACA	CUAUTLA	5,833	415	307	6	6,561	1,640	26.43%	26.43%
CUERNAVACA	YAUTEPEC	4,297	97	140	6	4,540	1,135	18.29%	44.72%
CUERNAVACA	PUEBLA	737	116	288	2	1,143	286	4.60%	49.33%
CUERNAVACA	SAN CARLOS	595	5	20	-	620	155	2.50%	51.82%
CUERNAVACA	OAXTEPEC	598	7	10	-	615	154	2.48%	54.30%
CUERNAVACA	D.F.	444	13	84	-	541	135	2.18%	56.48%
YAUTEPEC	JOYA	416	8	30	2	456	114	1.84%	58.32%
CUERNAVACA	COCOYOC	399	11	4	3	417	104	1.68%	60.00%
D.F.	YAUTEPEC	322	6	9	1	338	85	1.36%	61.36%
TICUMAN	D.F.	322	4	2	1	329	82	1.33%	62.68%
CUAUTLA	D.F.	276	10	10	-	296	74	1.19%	63.88%
CUERNAVACA	TLALTIZAPAN	252	7	12	-	271	68	1.09%	64.97%
ACAPULCO	PUEBLA	172	11	86	-	269	67	1.08%	66.05%
CUERNAVACA	TICUMAN	220	5	7	-	232	58	0.93%	66.99%
JUTEPEC	YAUTEPEC	201	1	13	-	215	54	0.87%	67.85%
OACALCO	CUERNAVACA	178	2	4	-	184	46	0.74%	68.59%
JUTEPEC	CUAUTLA	173	2	6	-	181	45	0.73%	69.32%
YAUTEPEC	TEJALPA	140	6	8	1	155	39	0.62%	69.95%
YAUTEPEC	CIVAC	145	1	7	-	153	38	0.62%	70.56%
CUERNAVACA	YECAPITLA	140	2	2	-	144	36	0.58%	71.14%
JOYA	CUAUTLA	103	3	35	-	141	35	0.57%	71.71%
VERACRUZ	CUERNAVACA	82	4	44	-	130	33	0.52%	72.24%
TLAYACAPAN	CUERNAVACA	121	-	-	-	121	30	0.49%	72.72%
CUERNAVACA	AXOCHIAPAN	103	1	15	-	119	30	0.48%	73.20%
TEMIXCO	YAUTEPEC	82	-	19	-	101	25	0.41%	73.61%
CUERNAVACA	JOJUTLA	87	2	9	-	98	25	0.39%	74.00%
CUAUTLA	CIVAC	85	1	9	-	95	24	0.38%	74.39%
ACAPULCO	CUAUTLA	80	1	12	-	93	23	0.37%	74.76%
JONACATEPEC	CUERNAVACA	90	2	1	-	93	23	0.37%	75.14%
TEPOZTLAN	CUERNAVACA	75	2	11	1	89	22	0.36%	75.49%
TEJALPA	CUAUTLA	80	1	3	-	84	21	0.34%	75.83%
TEMIXCO	CUAUTLA	77	-	7	-	84	21	0.34%	76.17%

ASPECTOS ESTADISTICOS RELEVANTES DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA QUE CIRCULA POR LA RED CARRETERA NACIONAL

Tipos de vehículos más comunes

Actualmente, en la red carretera nacional está permitida la circulación de 17 combinaciones vehiculares para el transporte de carga, que van desde el camión de 2 ejes (C2) hasta la combinación de tractor, remolque y semirremolque para automóviles, con un total de 9 ejes y longitud máxima especial. Sin embargo, en promedio se observa que las siguientes cinco combinaciones son las más comunes:

AÑO	C2	C3	P O R C E N T A J E S				TOTAL
			T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	OTROS 1/	
1991	35.0	22.0	24.0	15.0	2.0	2.0	100
1992	38.8	20.0	16.3	21.1	1.7	2.1	100
1993	49.4	18.1	15.3	14.3	1.5	1.4	100

1/ Combinaciones T2-S1, T2-S2, T2-S3, T2-S1-R2, T3-S1-R2, T3-S2-R2, T3-S2-R3, C3-R2, C3-R3, C3-R3-A, T3-S2-R3-A

Edad de los vehículos

A continuación se presentan las edades promedio de los principales tipos de vehículos en la red, así como su evolución entre 1991, 1992 y 1993:

AÑO	PROMEDIO DE EDAD EN AÑOS					PROMEDIO
	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	
1991	8.0	10.0	9.0	7.0	5.0	8.5
1992	8.4	10.1	8.0	6.2	3.5	8.1
1993	8.5	12.2	9.3	8.0	4.1	9.2

Se observa que las edades reportadas son bastante consistentes en el tiempo. También destaca lo siguiente:

- Los vehículos que en promedio de edad resultan más antiguos son los TE-S3 y los C3, que corresponden a los segmentos de la oferta con menor tecnificación y mayor presencia de hombres-camión.
- Los vehículos más modernos son las combinaciones T3-S2-R4, que a la vez requieren mejores condiciones mecánicas y que son operados por empresas más tecnificadas o por flotas privadas.

Pesos promedio de vehículos

El cuadro siguiente presenta los pesos promedio de los vehículos, cargados, vacíos y del total, incluyendo cargados y vacíos, para las cinco principales combinaciones vehiculares. Como se observa en el cuadro:

CARACTERISTICA	C2	PESOS PROMEDIO (ton)				PROMEDIO
		C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	
VEHICULOS CARGADOS	10.2	21.3	37.8	53.1	68.2	25.5
VEHICULOS VACIOS	4.5	9.0	17.1	19.1	26.9	10.4
TOTAL (VACIOS + CARGADOS)	7.6	16.8	31.1	42.0	54.6	20.1

Costos totales de vehículos de autotransporte de carga

El costo total de los vehículos de autotransporte tiene dos componentes, que son los costos de operación vehiculares y los costos de deterioro de la infraestructura que cada vehículo le impone al circular por ella. El cuadro siguiente muestra el desglose de esos costos para las cinco principales combinaciones vehiculares.

CARACTERISTICA	C2	COSTOS N\$ DE 1994				PROMEDIO
		C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4	
COSTOS DE OPERACION POR TON-KM	0.696	0.417	0.377	0.248	0.273	0.344
COSTOS DE DETERIORO POR TON-KM	0.019	0.020	0.032	0.051	0.027	0.036
COSTOS TOTAL POR TON-KM	0.715	0.437	0.409	0.299	0.300	0.380

Del análisis del cuadro destaca lo siguiente:

- Para todos los tipos de vehículos, el costo de operación es superior al costo de deterioro, en un factor que va de 5 (T3-S3) a 36 (C2).
- Debido a lo anterior, el costo de operación representa la mayor proporción del costo total, en un porcentaje que va del 83% (T3-S3) al 97% (C2).

- El vehículo con el mayor costo total por tonelada-kilómetro producida es el C2. Este costo es 2.4 veces mayor al costo de los vehículos T3-S3 y T3-S2-R4, los de menor costo por ton-km.
- Los vehículos T3-S3 y T3-S2-R4 tienen los menores costos totales por tonelada-kilómetro. Sin embargo, el T3-S3 impone a la infraestructura un costo de deterioro 89% mayor al-del T3-S2-R4.
- En total, el costo nacional de los servicios de autotransporte de carga se estima en 53,200 millones de nuevos pesos de 1994, cantidad que equivale al 3.5% del PIB nacional de ese año.

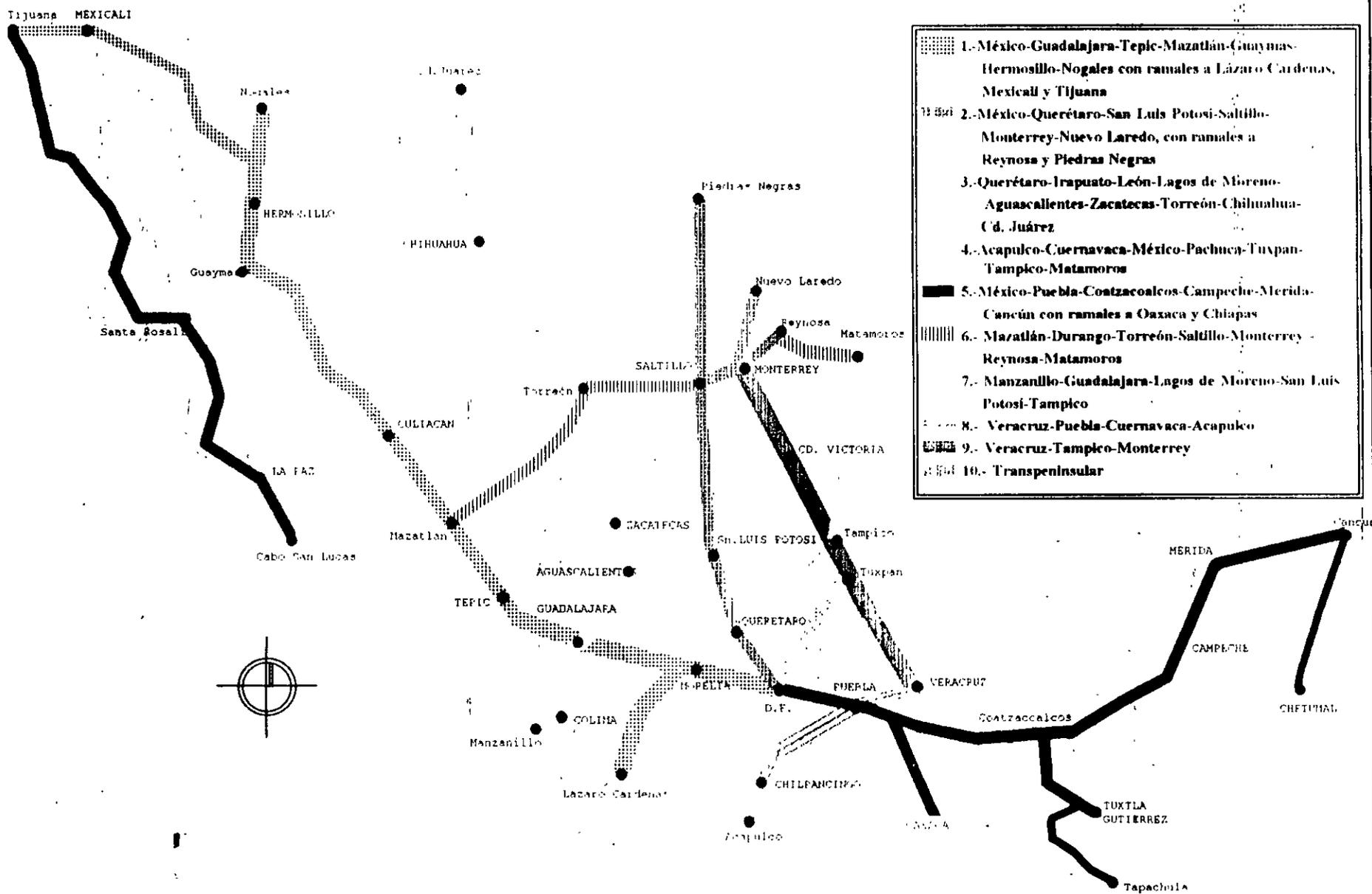
2.- Oferta

- 10 ejes principales (14,450 km) por donde circulan más del 85% de los viajes en la red
- Sólo el 55% de la longitud de los 10 ejes está modernizada
- Un total de 42,277 km de carreteras libres (sólo 11% con menos de 15 años) y 5,683 km de autopistas de cuota



Que oferta
representa la
red carretera

Mapa 1. Principales ejes nacionales de comunicación troncal



Faltan del orden de 6,500 km por modernizar en los principales ejes



<i>Eje</i>	<i>Longitud total (km)</i>	<i>Modernizada en operación</i>	<i>Faltante</i>
<i>México-Nogales</i>	3,059	1,989	1,070
<i>México-Nuevo Laredo</i>	1,730	1,134	596
<i>Querétaro-Cd. Juárez</i>	1,564	1,293	271
<i>Acapulco-Cuernavaca</i>	1,104	222	882
<i>México-Cancún</i>	2,505	1,783	722
<i>Mazatlán-Matamoros</i>	753	437	316
<i>Manzanillo-Tampico</i>	913	381	532
<i>Acapulco-Veracruz</i>	428	306	122
<i>Veracruz-Monterrey</i>	716	192	524
<i>Transpeninsular B.C.</i>	1,678	140	1,538

MODELO DE ASIGNACION DE TRANSITO

- **PRINCIPIOS GENERALES Y BASES DE DATOS POR PROCESAR**

- Se puede considerar como criterio para la selección de un itinerario entre una zona i y una zona j el valor del tiempo, el costo de operación de los vehículos, el nivel tarifario y el costo total.

- Se toma en cuenta la variación de las velocidades en los tramos en función de los niveles de tránsito que resultan de la asignación y la posibilidad para un mismo origen-destino de cambio de itinerario a lo largo del proceso.

- Se consideran como datos de entrada los elementos siguientes:

La matriz de demanda interurbana

La red carretera de análisis identificando los nodos generadores de tránsito y a nivel de tramo las características de partida (longitud, clasificación estadística, operativa, capacidad y cuota).

Los parámetros claves para la asignación y los cálculos de costos: valor unitario del tiempo, velocidades de referencia, parámetros de las funciones “velocidad-flujo” y “costos de operación de vehículos”.

Los estudios de factibilidad abarcan el examen de los aspectos técnicos, económicos, financieros, sociales, ecológicos y políticos relacionados con el proyecto. Cuando los resultados demuestran que el proyecto es factible desde todos los puntos de vista analizados, entonces se procede a su implantación. En el caso contrario, basta que una de las condiciones no se cumpla para que el proyecto no sea factible y el analista de proyectos recomiende al decisor no invertir en él.

Los resultados de la fase de generación y análisis de alternativas son útiles para la toma de decisiones, por lo que en esta fase del proceso resulta indispensable la constante interacción con los decisores.

En el proceso de la interacción Analista de Proyectos-Decisor, se hace la evaluación y selección de la mejor opción, comprendiendo la síntesis de los análisis efectuados y su presentación definitiva de cada alternativa, para que elijan aquel proyecto cuya ejecución sea la más conveniente.

Una vez tomadas las decisiones respecto a qué proyectos ejecutar, cuándo hacerlo y con qué recursos, se inicia la **fase de programación y presupuestación**, que comprende la obtención de los recursos financieros que servirán para concretarlo y hacerlo realidad. En paralelo a estas actividades se llevan a cabo los estudios y proyectos ingenieriles para la ejecución del proyecto.

En la práctica la programación de los proyectos públicos del sector transporte se inicia con la determinación del "techo financiero", fijado por las autoridades globalizadoras responsables del gasto público. Este techo representa la cantidad total que el sector puede erogar en gasto corriente e inversión, y se reparte por subsector, a nivel de programas y subprogramas, hasta llegar a nivel de los proyectos que recibirán financiamiento. Por consiguiente, durante la programación se seleccionan proyectos para incluirlos en los programas anuales, buscando lograr que los recursos disponibles se ejerzan racionalmente, y que se aprovechen lo mejor posible

En el proceso de la programación no intervienen sólo aspectos técnicos, pues aunque llega a implicar el uso de herramientas de optimización para maximizar o minimizar ciertos resultados del programa y para analizar sus efectos en términos de diversos indicadores, también requiere de considerable habilidad, intuición y manejo de variables cualitativas para cumplir con innumerables objetivos económicos, sociales, institucionales, ecológicos y políticos que influyen de manera simultánea en el proyecto

Las propuestas de los sectores social, privado y de grupos regionales enriquecen los resultados de los estudios de factibilidad para determinar si son susceptibles o no de ser incorporados al programa.

La fase de presupuestación comprende la transformación del programa de corto plazo en un instrumento operativo que facilite el manejo ordenado de los recursos financieros disponibles. A partir del programa, y mediante un sistema definido de concepto de gasto, cuentas y partidas, el presupuesto permite que los responsables de los proyectos incluidos en el programa hagan uso de los recursos financieros destinados a estos proyectos para su implantación

En lo concerniente a las fases de proyecto e implantación, en esta etapa se llevan a cabo los estudios definitivos del proyecto con un alto nivel de detalle para transformarlo en un sistema real, así como todas las actividades para lograr este último propósito. En los proyectos de infraestructura, la etapa de proyecto se asocia con la realización de estudios técnicos (topohidráulicos, geotécnicos, de estructuras complementarias, entre otros) para obtener datos indispensables para fundamentar el diseño de la obra de ingeniería que proceda, así como en desarrollar la ingeniería de detalle requerida para definir las características del proyecto de acuerdo con la práctica y las normas ingenieriles vigentes.

Una vez concluido el proyecto de ingeniería, conocido como proyecto ejecutivo, se procede a su implantación que incluye una serie de actividades como licitaciones, evaluaciones de

propuestas técnicas y económicas, adjudicaciones de concursos según los términos de la Ley de Obras Públicas; la ejecución y supervisión de obras conforme al proyecto ingenieril, así como la entrega del proyecto terminado, a satisfacción del propietario, para su operación y conservación.

Por último, **la etapa de operación, conservación y seguimiento** involucra actividades que ocurren una vez que el proyecto ha sido terminado, y que comprenden las de operarlo en los términos previstos para materializar los beneficios que motivaron su ejecución y las de conservarlo adecuadamente, a efecto de mantenerlo en condiciones de que siga cumpliendo con su función y de no perder el capital social que constituye. El seguimiento que se dé a la forma en que funcione el proyecto es importante para retroalimentar a las fases anteriores del proceso, ya que a partir de la información cualitativa y cuantitativa recopilada durante la fase operativa se puede extraer innumerables enseñanzas útiles para plantear y analizar nuevos proyectos, para aprovechar mejor los existentes y corregir prácticas inoperantes

Para que el proceso de planeación sea efectivo, debe vincularse estrechamente con las distintas etapas implícitas en la toma de decisiones.

La identificación y definición de la problemática que afecta a un sistema es decisiva para orientar acciones que contribuyan a su eficaz solución. En principio, la formulación de políticas y la toma de decisiones obedecen a la necesidad de superar las diferencias percibidas entre una situación real y una deseable.

La etapa de análisis y formulación de políticas es aquella durante la cual propiamente se toman las decisiones. Toda decisión es una elección entre alternativas, por lo general realizada en un entorno conflictivo propiciado por la escasez de recursos y por la multiplicidad de las necesidades. El proceso de toma de decisiones suele estar fuertemente influenciado por la negociación, la consideración de reducidos números de opciones, el ajuste incremental a las situaciones existentes y por la búsqueda de consensos

La **implantación de acciones** es el complemento indispensable de la toma de decisiones, puesto que a través de ella se materializan los cambios.

La implantación de proyectos específicos depende del nivel de los recursos presupuestales disponibles, por lo que el proceso de programación-presupuestación antes descrito es decisivo para implantar proyectos y así llegar a alcanzar los objetivos de una decisión.

Por último, el hecho de que en la realidad no siempre se obtenga lo previsto exige una **evaluación y retroalimentación** continua del funcionamiento del proyecto implantado, así como del sistema al que pertenece. La información obtenida durante el desarrollo de estas actividades sirve para identificar si se requiere o no acciones correctivas, así como para orientar su naturaleza específica.

En conclusión, todo proceso de **planeación de transporte** que apoye eficazmente a los decisores, debe suministrárseles la información que requiera en cada una de las etapas del proceso de toma de decisiones; sin embargo, el objetivo del proceso de planeación no se limita a proveer al decisor la información de mayor interés inmediato, tal como costos, beneficios y efectos de corto plazo, sino que también debe aportarle elementos que le permitan adquirir un conocimiento más completo de las implicaciones de sus decisión (costos de oportunidad, efectos de largo plazo y equidad, entre otros). En el caso del transporte, la visualización de los efectos de largo plazo de las decisiones que se adoptan hoy es de gran relevancia por la extensa vida útil de sus proyectos, por las modificaciones que provocan en las condiciones de acceso a regiones y zonas y, en síntesis, por la profunda influencia que pueden llegar a tener sobre vastos grupos humanos

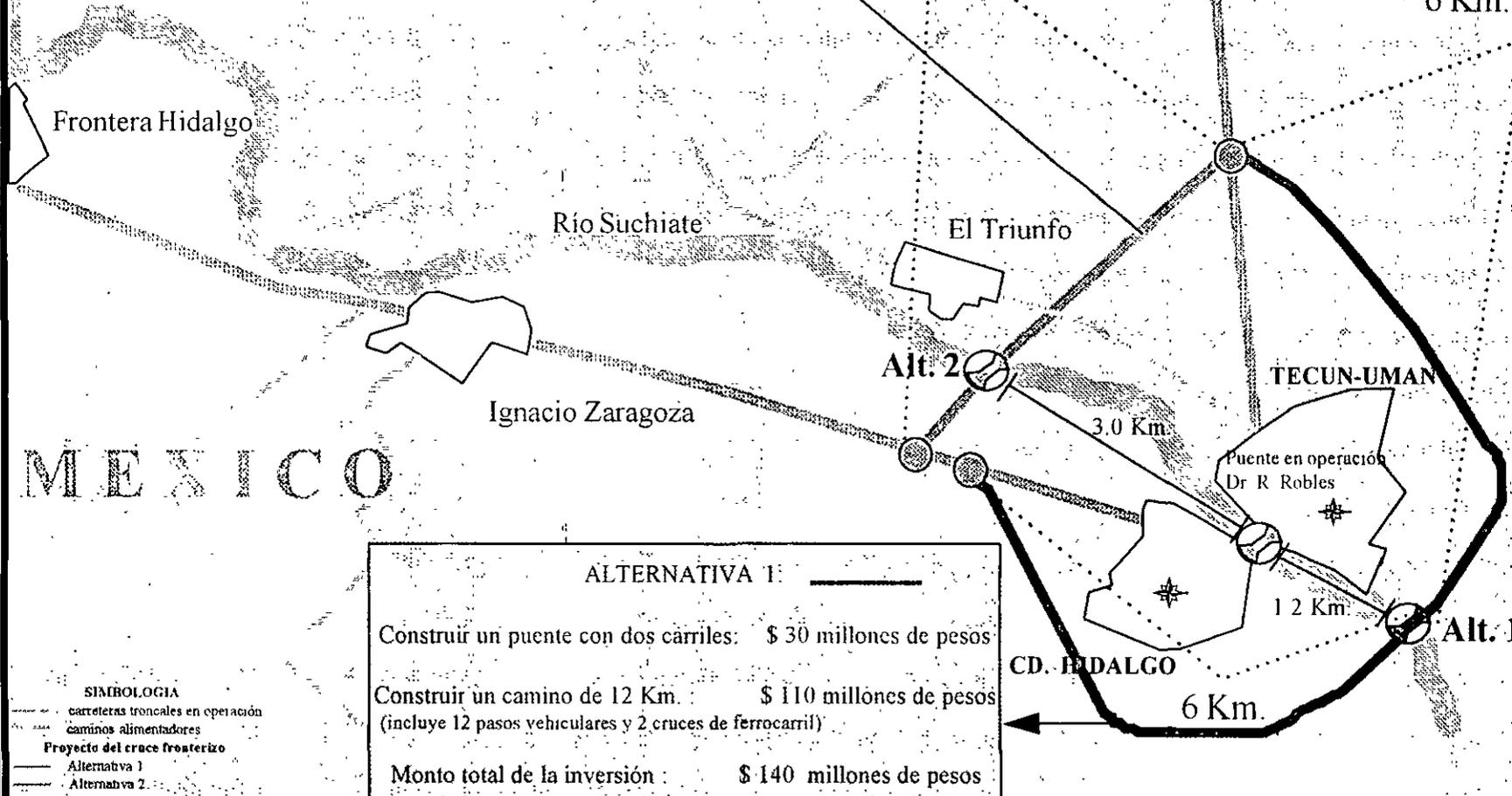
Croquis 1: Construcción del puerto fronterizo Cd. Hidalgo/Tecún-Umán

ALTERNATIVA 2

Construir un puente con dos carriles: \$ 30 millones de pesos
 Construir un camino de 4 Km. \$ 50 millones de pesos
 (incluye 5 pasos vehiculares)
 Monto total de la inversión : \$ 80 millones de pesos

4 Km.

6 Km.



Río Suchiate

El Triunfo

TECUN-UMAN

Ignacio Zaragoza

Alt. 2

Puente en operación
Dr R Robles

3.0 Km

1.2 Km.

Alt. 1

CD. HIDALGO

6 Km.

ALTERNATIVA 1

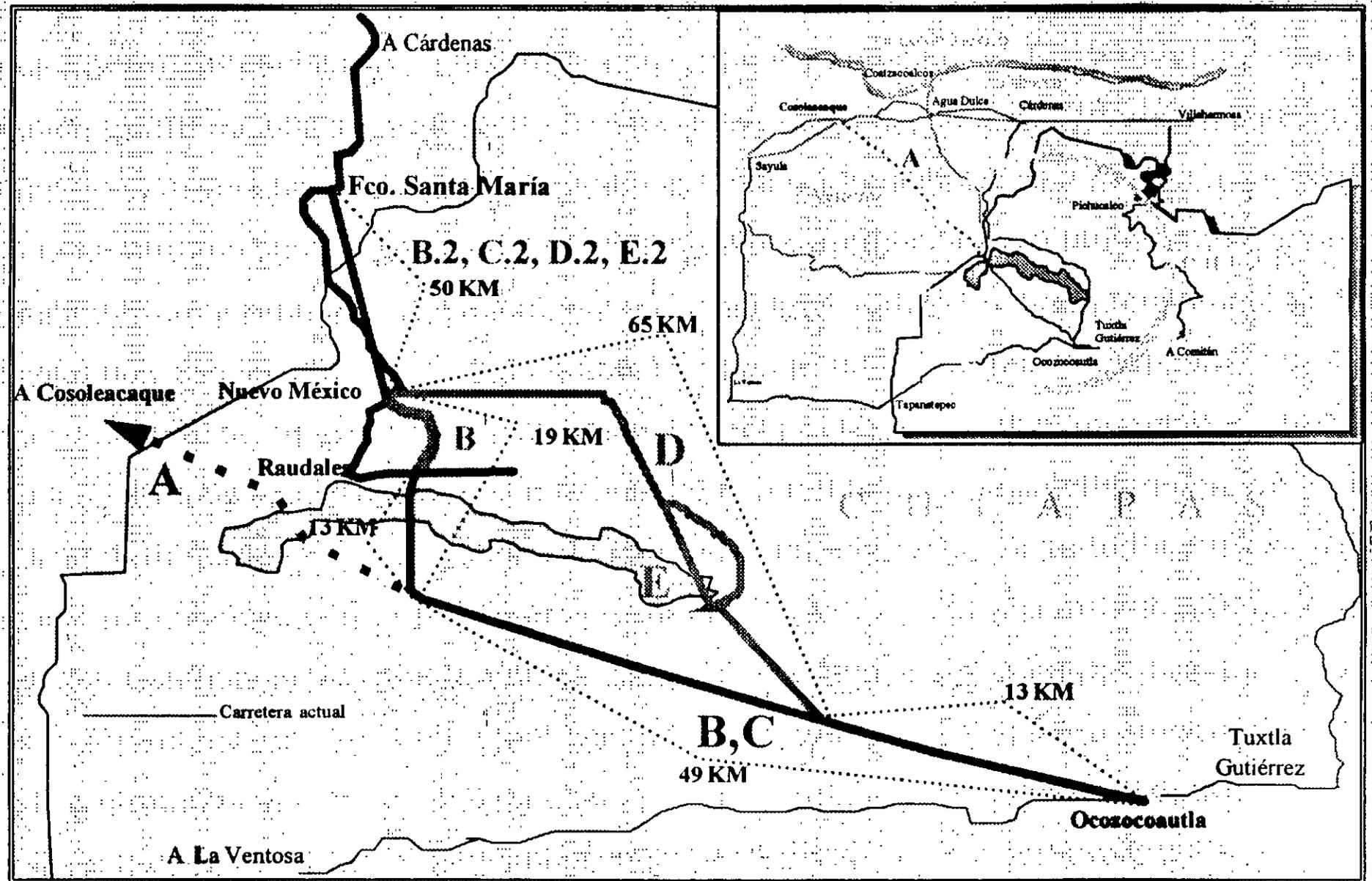
Construir un puente con dos carriles: \$ 30 millones de pesos
 Construir un camino de 12 Km. \$ 110 millones de pesos
 (incluye 12 pasos vehiculares y 2 cruces de ferrocarril)
 Monto total de la inversión : \$ 140 millones de pesos

SIEMBOLOGIA

- - - - - carreteras troncales en operación
- caminos alimentadores
- Proyecto del cruce fronterizo
- Alternativa 1
- Alternativa 2

23

ALTERNATIVAS DE TRAZO: Cosoleacaque-Ocozocoautla



Elementos para la selección y programación de proyectos ⁽¹⁾

■ Evaluación técnica

- Determina la viabilidad de hacer la obra por el o los trazos propuestos

■ Evaluación del impacto ambiental

- En esta fase, a nivel de planeación se identifican las afectaciones al medio por los posibles trazos y se cuantifica el costo de mitigación

Elementos para la selección y programación de proyectos ⁽²⁾

■ Evaluación económica

- Análisis beneficio-costos considerando los ahorros en costos de operación y tiempos de recorrido que recibirán los usuarios

■ Evaluación de rentabilidad social

- Análisis de los beneficios y costos sociales derivados de la realización del proyecto. Cuantifica el impacto a través de las variaciones en los indicadores de bienestar social de la zona de influencia del proyecto.

Elementos para la selección y programación de proyectos ⁽³⁾

■ Evaluación financiera

- Sólo en el caso de que el proyecto carretero se pretenda desarrollar como obra de cuota se hace la previsión de flujos de ingresos y egresos a fin de determinar su solvencia.
- Los esquemas de financiamiento para este tipo de obras se han modificado en función de las condiciones de mercado por la escases de recursos y el alto costo de financiamiento.

1.2.- Las situaciones con y sin proyecto:

Como se mencionó en el proceso de toma de decisiones, la formulación de políticas y la toma de decisiones obedecen a la necesidad de superar las diferencias percibidas entre una situación real y una deseable.

Para los proyectos de infraestructura carretera en el análisis de los aspectos económicos de los proyectos, se considera el enfoque comparativo hacia el futuro de las condiciones "con y sin proyecto", es decir, qué sucede si se implementa el proyecto o bien que ocurre si no se realiza, contemplando las situaciones económicas en presencia del proyecto y sin proyecto. A partir de estos escenarios se identifican los beneficios incrementales entre los costos de operación y tiempos de recorrido ofrecidos bajo las circunstancias actuales de capacidad y niveles de servicio en las rutas alternas con las definidas para el proyecto

Existen modelos para la evaluación de carreteras diseñado por el banco mundial y empresas consultoras, calibrados a las condiciones del país y que han sido ampliamente usados por diversas instituciones públicas.

El modelo de evaluación económica se alimenta con los resultados de los estudios de asignación y pronóstico de tránsito, lo que posibilita el análisis de tramos y subtramos a un nivel de detalle aceptable para un horizonte de proyección de las variables económicas de acuerdo al período de análisis requeridos con un lapso para estudios y construcción, según sea el caso, adicionalmente en los modelos se utilizan la tasa del crecimiento del tránsito obtenido en los escenarios de pronóstico de la demanda.

Como resultado del análisis económico, se presenta en forma detallada el análisis de rentabilidad económica de cada una de las acciones evaluadas y se detallan los beneficios y costos por proyecto. El análisis se hace considerando una metodología beneficio-costos que compare las situaciones con y sin proyecto, donde los beneficios se obtienen a partir de

ahorros en costos de operación y tiempos de recorrido. Se calcula la tasa interna de retorno y el valor presente neto de cada una de las acciones que se estudian y se lleva a cabo un análisis de sensibilidad al tránsito, inversión y costos de mantenimiento.

1.3 Información básica para la evaluación

Mediante la utilización de la información base del estudio de asignación y pronóstico de tránsito, en la parte de la evaluación económica de proyectos carreteros para un horizonte de análisis de 30 años, se hacen las estimaciones del tránsito, costos de operación, velocidades, tiempos de recorrido y gastos de mantenimiento para cada tramo del trazo de la ruta actual y la del proyecto en particular. Con ello se construyen los escenarios con y sin proyecto agregando al análisis en un entorno regional la presencia del mismo por motivo de la operación del proyecto en estudio.

El objetivo de este análisis es el de identificar en detalle los ahorros por costos de operación de vehículos en carretera, tiempos de recorrido y políticas de conservación para cada alternativa en estudio y con ello estar en posibilidades de realizar los flujos de efectivo del proyecto en su conjunto. Los cálculos se efectúan a precios constantes, obteniendo como resultado final los costos y los beneficios y su valorización con los que se generan los indicadores de rentabilidad económica.

En el caso de las autopistas de cuota, la evaluación financiera tiene como principal objetivo conocer la conducta financiera del proyecto desde el punto de vista microeconómico o del empresario, con la finalidad de verificar si existen ventajas o riesgos sobre su inversión, el tiempo de recuperación de la misma y sobre todo el rendimiento del capital, medidos con otras posibilidades en el mercado de capitales nacionales o extranjeros.

El punto de partida de la metodología consiste en identificar los gastos que afronta el concesionario para operar física y administrativamente la ruta de la carretera proyectada. Se

cuantifican y valoran los gastos de operación de las casetas de peaje, integrados por las remuneraciones al personal, adquisición de mobiliario y equipo de oficina, vehículos, papelería y artículos de consumo, contratación de seguros y servicios, etc.

También se requiere conocer los gastos de conservación y mantenimiento de la infraestructura para evitar su deterioro y perder con ello el nivel de servicio y capacidad planeados. Al mismo tiempo se estudian los flujos de tránsito pronosticados que captaría la nueva ruta de la red actual de acuerdo a la estructura tarifaria tránsito-cuota y a la composición vehicular prevista, a efecto de identificar los niveles de ingreso que se tendrán con el proyecto. Asimismo, se incorporan los presupuestos de inversión que se estiman en los estudios de gran visión.

Como parte de la información básica para la evaluación financiera, se hace una investigación para conocer las reglas de operación bancarias, con la finalidad de suministrar al modelo de evaluación los plazos, tasas de interés de los empréstitos de largo, mediano y corto plazos, planes de amortización y años de gracia, posibilidades de diferir pagos a capital e intereses, etc

Bajo estos conceptos se proyecta para un horizonte económico de 30 años (tiempo máximo de concesión en autopistas) los aspectos financieros de usos y fuentes, buscando la estructura financiera más viable al capital privado con una rentabilidad atractiva. Paralelamente se establece la capacidad de pago del proyecto para un tiempo de endeudamiento de 15 años, calibrando la estructura financiera hasta encontrar la óptima para los participantes con rendimientos al capital máximos

En términos generales en el análisis financiero se construyen escenarios a precios de mercado constantes para el flujo de ingresos y egresos y tasas reales de interés, para otorgarle más certeza a los resultados financieros.

CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

	DESCRIPCIÓN	MONTOS DE INVERSIÓN
1. INFRAESTRUCTURA Y COSTOS		
Puente con sección de 16.8 m de ancho con traves Aashto tipo IV	Traves, apoyos, cimentación, losa, sección transversal y longitudinal, carpeta asfáltica.	100 millones de pesos por kilómetro.
Carretera con dos carriles de circulación y sección de 12 m con acotamientos	Desmonte y despalle del terreno, construcción de terracerías, obras de drenaje, pavimento de concreto asfáltico, entronques y obras complementarias de las vialidades.	7.5 millones de pesos por kilómetro.
Longitud de una sola vía del ferrocarril con 2 laderos	Desmonte, despalle, tendido del riel, colocación de durmientes de concreto, cruces, señalización, puentes, obras complementarias.	9 millones de pesos por kilómetro.

CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

2. OPERACION		
Velocidades de proyecto	Condiciones ideales de operación (seguridad, eficiencia, rapidez, etc.)	
Velocidades de operación	Tipo de camino, tipo de vehículo, nivel de servicio que ofrezca la vía, condiciones de la superficie de rodamiento y tipo de terreno.	
Tiempos de recorrido	$\text{tiempo} = \text{distancia} / \text{velocidad}$	
Costos de operación de vehículos en carretera	Modelo HDM; VOCMEX que considera las características de la carretera (superficie de rodamiento, rugosidad promedio, pendiente, número de carriles, etc.); el tipo de vehículo (ligero, autobús o camión) y sus características (peso, potencia, toneladas transportadas, velocidad óptima de operación, etc.) y neumáticos (número, costo por renovación, desgaste, etc.), datos de uso del vehículo (Km/año, utilización horaria, vida	

32

CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ELEMENTOS DE EVALUACIÓN
2. OPERACION (cont.)		
	costos (precio del vehículo nuevo, valor del tiempo de los usuarios, valor de la gasolina, lubricantes y llantas; mano de obra, etc.).	
Programa de conservación y de mantenimiento de carreteras	Conservación normal (anual); riego de sello cada 3 años, reconstrucción (año 9 y 16).	

CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

3. DESARROLLO URBANO		
Reordenamiento urbano-regional de las localidades y municipios	Crecimiento de la mancha urbana, reserva ecológica, áreas de desarrollo y ordenamiento de la ciudad.	Planes en el corto, mediano y largo plazos que motiven el dinamismo de la región.
Ambito sobre el cual se desarrollará el nuevo proyecto	Ambito suburbano; la mancha urbana comienza a expandirse aguas abajo del puente actual.	Incremento o decremento en la velocidad de operación de los vehículos y en la seguridad vial tanto del conductor como de los transeúntes.
Planeación de Desarrollo Urbano	Red para el abastecimiento de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, centros de salud, escuelas, parques recreativos, seguridad, etc. su conocimiento evitará conflictos entre el proyecto y la comunidad.	Al ser el transporte subordinado de las funciones económicas de una región, el papel que juega el transporte se limita al servicio que éste pudiera ofrecer en las mejores condiciones.

34

CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

3. DESARROLLO URBANO (cont.)		
Seguridad vial	Señalamiento, pasos peatonales, semáforos, paraderos, terminales, entre otros.	Aunque se tengan puentes peatonales y pasos vehiculares la gente tiende a cruzar la carretera sin utilizarlos y con la presencia de vehículos y camiones pesados se generarán accidentes.
Adquisición de los terrenos	Liberación del derecho de vías mediante expropiación o bien por compra directa al dueño del terreno.	Al liberar los terrenos para el derecho de vía se trata de no generar conflictos con los dueños de los terrenos, mediante la vía de la concertación.
Problemas en la localización del proyecto	Presencia de obstáculos naturales o por la existencia de infraestructura laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales, terrenos invadidos por viviendas irregulares, terrenos en litigio, etc.).	Acta de cabildo del municipio, existencia del Plan de Desarrollo Urbano del Estado, reserva ecológica, zonas arqueológicas, condiciones del terreno, etc.
Costo de localización	Cuando no se cuenta con los estudios de factibilidad, el reubicar un proyecto puede resultar incosteable y dejar de ser rentable.	

se

MODELO DE ASIGNACION DE TRANSITO

- **RESULTADOS DEL PROCESO DE ASIGNACION**

- **PARA CADA TRAMO:**

TRANSITO ASIGNADO

COSTO DE OPERACION DE VEHÍCULOS EN CARRETERA

VALOR DEL TIEMPO

TASA DE SATURACION

COSTO TOTAL DE TRANSPORTE

- **PARA LA RED**

SE PROPORCIONAN LOS MISMOS RESULTADOS GLOBALES Y
DESGLOSADOS SEGUN LAS CATEGORIAS ESTADISTICAS DE LOS
TRAMOS.

ASIGNACION

- Costo total $CT=Co+Ct+Cuota$
- Red regional (arcos, nodos)
- Inventario físico de la red
- Matriz Origen-Destino
- Curvas de costos de operación

Aplicación:

- Competencia entre rutas
- Arcos nuevos
- Determinación de la demanda a diferentes niveles tarifarios

23

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS CAMINOS

CARACTERISTICAS FISICAS Y GEOMETRICAS

- Número y anchura de los carriles
- Ancho de corona
- Ancho de acotamientos, en caso de que existan
- Tipo de terreno (plano, lomerío y montaña)
- Pendientes específicas de los tramos carreteros
- Indices de servicio de cada uno de los tramos carreteros

CARACTERISTICAS OPERACIONALES

- Si cada uno de los tramos es de uno o dos sentidos
- Si los sentidos de circulación son en un mismo cuerpo o en cuerpos separados
- Distancia de visibilidad restringida
- Puntos específicos de peligrosidad por diferentes características

EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS CARRETEROS

PRINCIPALES CARACTERISTICAS

- TIPO DE PROYECTO
 - Vía nueva
 - Modernización
 - Reconstrucción
- TIPO DE CARRETERA
 - Camino rural
 - Camino alimentador
 - Camino troncal
- DEFINICION DE COSTOS QUE INTERVIENEN SEGUN EL TIPO DE CARRETERA Y DEL PROYECTO CONSIDERANDO MONTOS Y PERIODICIDAD
- DETERMINACION DE BENEFICIOS
 - Reducción en costos de operación y tiempos de recorrido
 - Aumento en productividad regional
 - Reducción de accidentes

EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS CARRETEROS

PRINCIPALES CARACTERISTICAS (continúa)

- **METODOLOGIA DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS BASADAS EN LA RELACION BENEFICIO-COSTO**
- **INDICADORES ECONOMICOS**
 - Valor presente neto (VPN)
 - Tasa Interna de Retorno (TIR)
 - Indice de Rentabilidad (IR)
 - Indice de Rentabilidad Inmediata (IRI)
- **MODELO DE ANALISIS DE PAQUETE DE PROYECTOS MUTAMENTE EXCLUYENTES**
 - Evaluación de alternativas de los paquetes de obras

Lo anterior permite prescindir de estimaciones de tasas de inflación y manejo de precios corrientes y valores nominales para el interés de los créditos, que generalmente no son necesarios cuando se toman precios y costos constantes en un período determinado de análisis; es por ello que se presenta el análisis financiero en términos reales como metodología válida para medir la rentabilidad de un proyecto de inversión, la estructura financiera futura de una empresa y otras magnitudes e indicadores.

1.4 Participación de la evaluación de proyectos en la programación

La evaluación de proyectos abarca una serie de estudios que se requieren para estar en posibilidad de programar su posible ejecución, estos requerimientos comprenden a saber.

La evaluación técnica tiene como finalidad determinar la viabilidad de llevar a cabo una obra para lo cual se prepara el proyecto conceptual de la misma, considerando diferentes alternativas de trazo

Una vez aceptado el proyecto conceptual, se hace una **evaluación de impacto ambiental** que a nivel de planeación se identifican las afectaciones al medio ambiente por los posibles trazos y se cuantifica el costo de mitigación.

La evaluación económica que consiste en el análisis beneficio-costos, considerando tanto los costos de operación como los tiempos de recorrido que recibirán los usuarios.

La evaluación social que permite realizar análisis de beneficios y costos sociales derivados de la realización del proyecto. Cuantifica el impacto a través de las variaciones en los indicadores de bienestar social de la zona de influencia del proyecto

La evaluación financiera que se aplica sólo en el caso de que el proyecto carretero se pretenda desarrollar como obra de cuota. En el proceso de evaluación se hace la previsión de flujos de ingresos y egresos a fin de determinar su solvencia

Elementos para la selección y programación de proyectos ⁽¹⁾

■ Evaluación técnica

- Determina la viabilidad de hacer la obra por el o los trazos propuestos

■ Evaluación del impacto ambiental

- En esta fase, a nivel de planeación se identifican las afectaciones al medio por los posibles trazos y se cuantifica el costo de mitigación

Elementos para la selección y programación de proyectos ⁽²⁾



■ Evaluación económica

- Análisis beneficio-costo considerando los ahorros en costos de operación y tiempos de recorrido que recibirán los usuarios

■ Evaluación de rentabilidad social

- Análisis de los beneficios y costos sociales derivados de la realización del proyecto. Cuantifica el impacto a través de las variaciones en los indicadores de bienestar social de la zona de influencia del proyecto.

Elementos para la selección y programación de proyectos ⁽³⁾

■ Evaluación financiera

- Sólo en el caso de que el proyecto carretero se pretenda desarrollar como obra de cuota se hace la previsión de flujos de ingresos y egresos a fin de determinar su solvencia.
- Los esquemas de financiamiento para este tipo de obras se han modificado en función de las condiciones de mercado por la escases de recursos y el alto costo de financiamiento.

La crisis económica ha modificado la capacidad crediticia del país, reduciendo la inversión en proyectos de infraestructura, por lo que los esquemas de financiamiento para este tipo de obras se han modificado en función de las condiciones de mercado.

1.5 Indicadores de rentabilidad

Obtención de los flujos de beneficios y costos:

El objetivo es proporcionar al que toma las decisiones una serie de índices que permitan evaluar con un criterio económico las ventajas contra las desventajas (beneficios y costos) de invertir en un proyecto de carreteras.

Por ello, desde un punto de vista económico, este modelo es un instrumento apropiado para garantizar la aplicación óptima de los recursos económicos escasos. En los sectores productivos de la economía como el sector transportes, es de especial interés obtener la relación más favorable entre los objetivos que se persiguen y los medios para lograrlo.

Entre los criterios para la selección de inversiones, el criterio de rentabilidad nos permite establecer prioridades entre varios proyectos que se excluyen mutuamente y cumplir con los requerimientos anteriores. De hecho, ha sido el más importante criterio utilizado en los estudios de factibilidad de proyectos hasta hace poco tiempo, en que cuestiones como la protección del medio ambiente contra la contaminación industrial y vial, el ahorro de energía, etc. Comenzaron a tomar importancia.

El criterio de rentabilidad que incluye la obtención de los siguientes cuatro índices, los cuales son los más comúnmente utilizados para evaluar proyectos de carreteras:

- valor presente neto
- relación beneficio/costo
- tasa interna de retorno
- tasa de rentabilidad inmediata

El costo de oportunidad es aquel en el que se incurre cuando se desvía un recurso de capital hacia un fin distinto al que se tenía asignado, dejando de producir en una actividad alternativa. Por ejemplo, en una región con trabajadores desempleados, la mano de obra disponible para la realización del proyecto será remunerar con el salario mínimo. Sin embargo, el costo de oportunidad de la misma será cero, ya que no se están distraendo de ninguna otra actividad productiva. También, el precio internacional de gasolina con respecto al de México a mantenido un diferencial en los últimos años, aunque tiende a desaparecer. Dicho diferencial representa el costo de oportunidad para este insumo.

En el caso de los proyectos públicos y en particular los del sector transporte la tasa de actualización se fija en dos formas:

- a) en el caso de proyectos financieros por el capital externo en forma convencional entre el banco y la Secretaría de Hacienda (generalmente es del 12%),
- b) en función de las limitaciones del presupuesto, del monto de las necesidades de inversión en magnitud de los beneficios económicos derivados.

Indices de evaluación

Los índices de evaluación son expresiones que nos permiten comparar las ventajas contra las desventajas de tomar una decisión. En el caso de la evaluación de proyectos de carreteras, dichos índices nos permiten comparar la proporción entre los beneficios económicos derivados del proyecto y el gasto de recursos para llevarlo a cabo, de tal manera que podamos tomar la decisión más conveniente.

Generalmente, en este tipo de proyectos, se obtiene los beneficios económicos comparando dos situaciones alternativas.

Situación 1 . sin el proyecto

Situación 2 . con el proyecto

La información requerida consiste básicamente en datos de las diferencias en costos de operación de los vehículos, del valor del tiempo de los usuarios para las condiciones "con" y "sin" proyecto, así como de los costos de inversión inicial, desglosados según su programa tentativo de ejecución del proyecto, y los costos de conservación anuales y de reconstrucción en el año 18 de la vida útil del proyecto. Se consideran deducibles a los gastos de conservación del proyecto los de la carretera actual cuando se ubica en el mismo sobre el trazo actual, es decir, en ampliaciones de la sección.

Proyección del flujo de beneficios netos:

Es el flujo monetario anual obtenido en el punto anterior para el horizonte económico de estudio, generalmente se expresa a precios del año de referencia o de estudio (precios constantes) y se actualiza a dicho año con una tasa de interés real de ganancia de dinero es decir, sin incluir la tasa de inflación.

La sumatoria de los flujos anuales de beneficios (diferencias positivas de los costos totales de recorridos para la situación con o sin proyecto) y de los montos de dinero invertidos en la construcción y mantenimiento del proyecto actualizado como anteriormente se indicó deben compararse, debiendo ser mayor la suma de los primeros que de los segundos para que el proyecto sea rentable, al cociente de la sumatoria de estos flujos se les llama relación beneficio / costo. A su diferencia se le llama valor presente neto y a la tasa de actualización que hace iguales a ambas sumatorias se le llama tasa interna de retorno. Al cociente de los beneficios del primer año de operación entre la inversión actualizada al último año de construcción se le llama rentabilidad inmediata.

Productos

Valor presente neto

Relación beneficio/costo

Tasa interna de retorno

Tasa de rentabilidad inmediata

En cada situación se incurre en un costo que podemos desagregar en:

- Costo del usuario (costo de operación de los vehículos y del valor del tiempo de los pasajeros)
- Costo al estado (inversión inicial, gasto de conservación y reconstrucción, gastos de operación)
- El ahorro en dichos costos constituye el beneficio derivado del proyecto.

Los índices de evaluación considerados en son los siguientes :

- 1 -Valor presente neto
- 2 -Relación Beneficio / Costo
- 3.-Tasa interna de retorno
- 4.- Tasa de rentabilidad inmediata

1.- Valor Presente Neto.

El valor presente neto, derivado del proyecto, lo obtenemos de las siguientes expresiones:

$$VPN(x, n) = VPBT(x, n) - VPCT(x, n)$$

donde

x: alternativa con el proyecto

VPN (x, n.) : valor presente neto para la alternativa "x" en el período n

VPBT. (x, n.) : valor presente de los beneficios totales para la alternativa "x" en el horizonte económico "n"

VPCT: (x, n.) : valor presente del costo o gáñio total para la alternativa "x" en el período de n.

Este índice tiene la ventaja de obtener como respuesta, un pago único total por el proyecto, el cual se puede comparar en forma sencilla y directa con los resultados de otros proyectos con diferentes vidas útiles

2.- Relación Beneficio / Costo.

Este índice tiene tal vez la más amplia aceptación y uso en el análisis de proyectos de carreteras, expresa la relación entre los beneficios derivados del proyecto y sus costos. Los beneficios se establecen de igual manera que en el índice anterior mediante la diferencia en

los costos totales entre la situación con o sin proyecto más los ahorros en el tiempo de los usuarios

La utilización de este índice facilita la comparación con un conjunto de otras alternativas propuestas en base a la comparación con la alternativa base o standard (sin proyecto u otra).

Entonces, aquellas que tengan una relación mayor que 1.0 se ordenan de acuerdo a sus valores crecientes, comparando así los incrementos en los gastos y procediendo sobre la base de comparar por parejas, se busca la alternativa más económica.

3.- Tasa interna de retorno

Este índice de amplio uso en el análisis de factibilidad de proyectos industriales, se ha aplicado también al sector transportes con éxito. En general, su obtención implica determinar la tasa de actualización para la cual la suma de los beneficios derivados del proyecto y homogenizados a valor presente con dicha tasa y de igual manera la de los costos se iguala esto es

$$VPBT (x, n) = VPCT (x, n)$$

En este caso la obtención de r se hace por un proceso de aproximaciones sucesivas. Este índice tiene su mayor ventaja en que es extendido fácilmente como un retorno o ganancia que proporciona una inversión, como en el caso de los negocios privados.

4.- Tasa de rentabilidad inmediata

Este índice se utiliza para probar si la fecha programada para la puesta en servicio de un proyecto es adelantada o atrasada en relación a la mejor fecha, en la que el balance beneficio y gastos derivados del proyecto para una tasa de actualización dada es el mejor posible, se calcula de la expresión

$$TRI (x) = \frac{BDU(x, 1)}{CIT}$$

Donde

$TRI(x)$	tasa de rentabilidad inmediata
$BDU(x, 1)$	beneficio del primer año de operación
CIT	costo total de la inversión inicial o gastos de construcción actualizados al año previo a la puesta en servicio de la obra

COSTO DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS

CONCEPTO	DESCRIPCION	ALTERNATIVA (Miles de pesos)
1. Análisis de Alternativas	Generación y análisis	propuestas
2. Marco Socioeconómico y Diagnóstico	Análisis de indicadores socioeconómicos	50
3. Estudios de Factibilidad	Económicos y Financieros	300
4. Estudios de Impacto Ambiental	Modalidad general	60
5. Estudio de Desarrollo Urbano	Integración del proyecto con el crecimiento urbano	310
6. Estudios Básicos en Campo	Topohidráulicos, geotecnia	600
7. Proyecto Constructivo	Estructurales	1,800
8. Proyecto Constructivo Accesos y Vialidades	Trazo, geometría de	1000
		4,120

**Construcción de carreteras (precios de septiembre de 1997)
(costos por Km.)**

incluye:

Proyecto y estudios

Derecho de vía y supervisión = 12 % del costo de la obra y estructuras

Obra y estructuras

Terracerías = 55%

Pavimentos = 28%

Obras de drenaje = 17%

TIPO DE TERRENO	LARGAS		MEDIANAS		CORTAS	
	2C	4C	2C	4C	2C	4C
Montaña	14.56	24.18	16.25	27.04	17.42	28.99
Lomerío fuerte	11.05	18.33	12.35	20.54	13.26	21.71
Lomerío suave	7.54	12.61	8.45	14.04	8.71	15.08
Plano	4.42	7.28	4.88	8.19	5.20	8.71

En millones de pesos

COSTOS DE CONTRUCCION Y MODERNIZACION A PRECIOS DE 1997

TERRENO PLANO

		C2	A2	C4	VR4	C6	A4	VR6	A6	A8
OBRAS NUEVAS		2.8	4.8	6.6	7.3	9.9	8.2	12.1	13.1	16.8
M O D E R N I Z A C I O N E S	C2		1.1	4.3	4.8	7.4	6.6	7.9	10.6	14.6
	A2			3.1	3.7	6.2	5.5	6.8	9.5	13.5
	C4				2.8	3.5	4.6	6.2	9.1	10.6
	VR4					0.7	1.8	3.5	6.2	10.2
	C6							2.8	5.5	9.5
	A4								4.9	8.9
	VR6								2.7	6.7
A6										4.9

TERRENO LOMERIO

		C2	A2	C4	VR4	C6	A4	VR6	A6	A8
OBRAS NUEVAS		4.7	8.2	11.3	12.6	17.0	14.1	20.8	22.5	28.8
M O D E R N I Z A C I O N E S	C2		2.0	7.3	8.2	12.7	11.3	13.6	18.2	25.1
	A2			5.4	6.3	10.7	9.4	11.6	16.3	23.2
	C4				4.7	6.0	7.8	10.7	15.6	18.1
	VR4					1.2	3.1	6.0	10.6	17.5
	C6							4.7	9.4	16.3
	A4								8.4	15.3
	VR6								4.6	11.5
	A6									8.4

53

Conservación de carreteras (precios de septiembre de 1997)

Conservación en autopistas con cuatro carriles

1.- Conservación rutinaria \$ 68,192 /Km/año

2.- Conservación preventiva

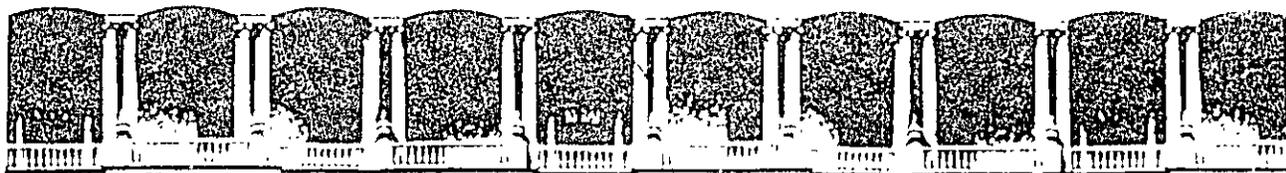
- Riego de sello \$ 227,305 /Km.

- Pintura señalamiento horizontal
\$ 34 /m²

- Sobrecarpeta de concreto asfáltico
\$ 1,591,135 /Km.

Programación de inversiones

- 
- Rentabilidad de los proyectos
 - Esquemas de financiamiento aplicables
 - PEF
 - FINFRA
 - Participación privada
 - Impacto diferido en el Gasto Público
 - Recursos presupuestales



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

CURSOS INSTITUCIONALES

INGENIERIA FINANCIERA

Y. EVALUACION DE PROYECTOS CARRETEROS

del 14 al 17 de octubre de 1997

EVALUACION ECONOMICA

Ing. Agustín Melo Jiménez

Palacio de Minería

1997

EVALUACION ECONOMICA VS FINANCIERA

Evaluación Económica

- ◆ Desde el punto de vista de la sociedad
- ◆ Costos unitarios económicos (sociales)

Evaluación Financiera

- ◆ Desde el punto de vista de la agencia
- ◆ Costos unitarios financieros (de mercado)

COSTOS TOTALES PARA LA SOCIEDAD

Costos del gobierno

- ◆ **Construcción**
- ◆ **Mantenimiento**
- ◆ **Operación del sistema**

Costos del Usuario de la vía

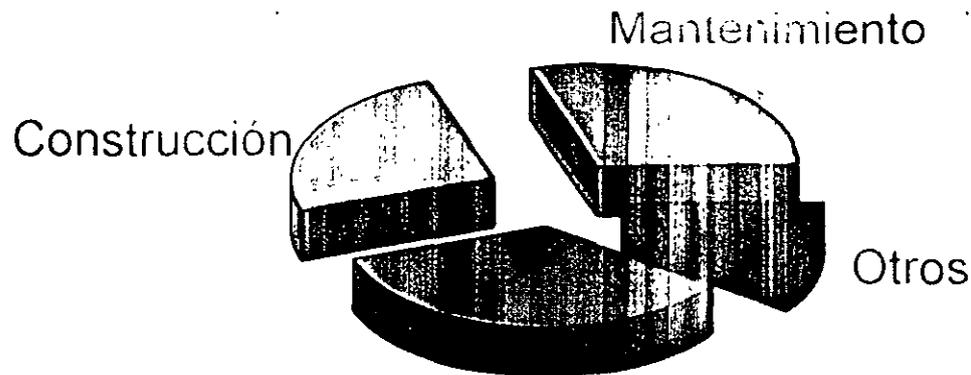
- ◆ **Costos de operación de vehículos**
- ◆ **Tiempo de pasajeros y carga**
- ◆ **Accidentes**

COSTOS TOTALES PARA LA SOCIEDAD

(cont)

- Terreno
- Suelo
- Lluvias
- Diseño geométrico
- Diseño del pavimento

- Deterioro del camino
(diseño del pavimento,
tránsito, clima, etc.)
- Normas de mantenimiento



- Volumen de tránsito
- Diseño geométrico
- Estado de la superficie
- Velocidades de los vehiculos

- Accidentes
- Demoras
- Contaminación ambiental

DEFINICION DE ALTERNATIVAS

Uno de los temas más delicados y de mayor importancia que el proceso de evaluación debe tocar, es el de la formulación de alternativas sobre el tipo de obra que se debe realizar para proporcionar una comunicación eficiente entre dos o más puntos.

Para seleccionar una estrategia apropiada para dar solución al problema de comunicación, se pueden considerar las siguientes estrategias:

DEFINICION DE ALTERNATIVAS (cont.)

1. Proyectos para mantener las características iniciales

Mantenimiento preventivo y/o correctivo

2. Proyectos para retomar objetivos iniciales

Rehabilitación, reconstrucción, terminación de obras y modificaciones

3. Proyectos para atender incrementos en la demanda

Ampliación

4. Proyectos para aumentar el nivel de servicio

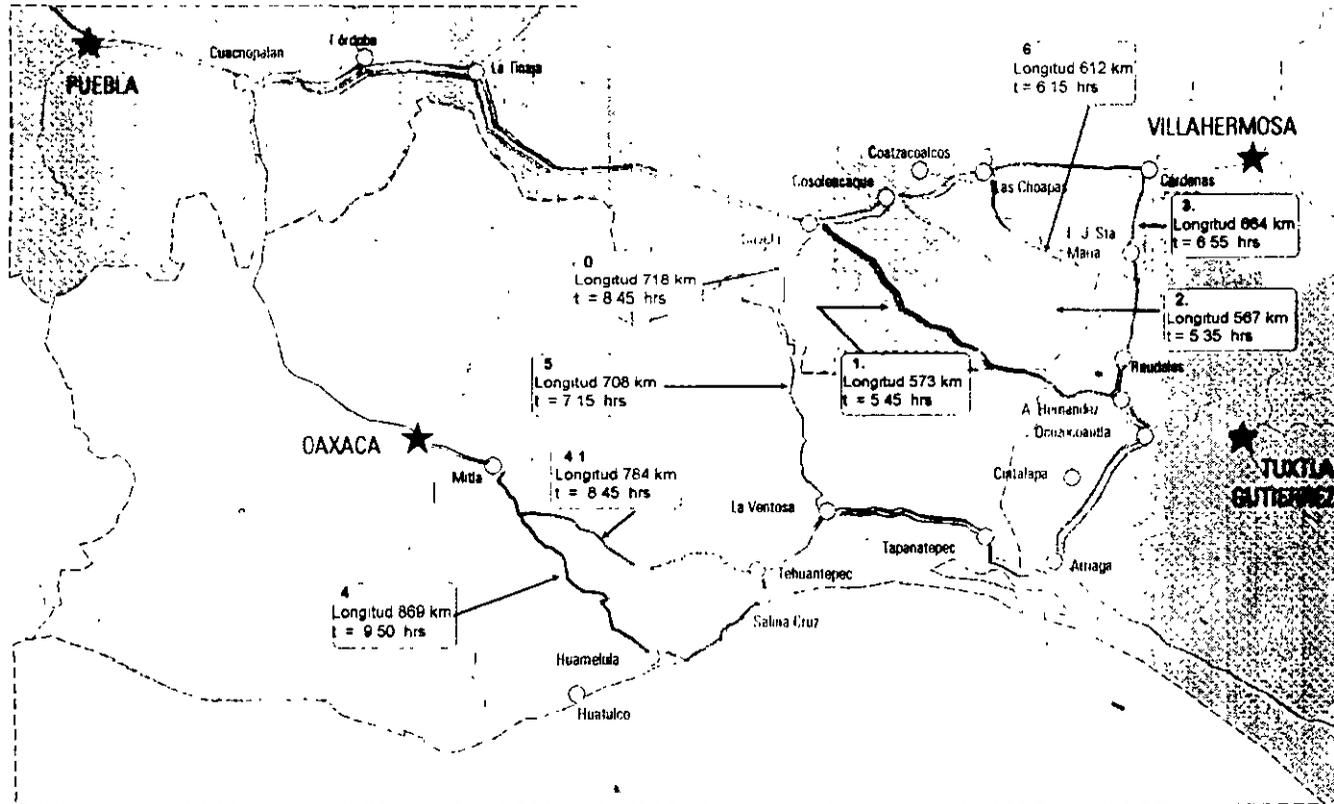
Mejoramiento y modernización

5. Proyectos para satisfacer nuevas necesidades

Desarrollo

DEFINICION DE ALTERNATIVAS (cont.)

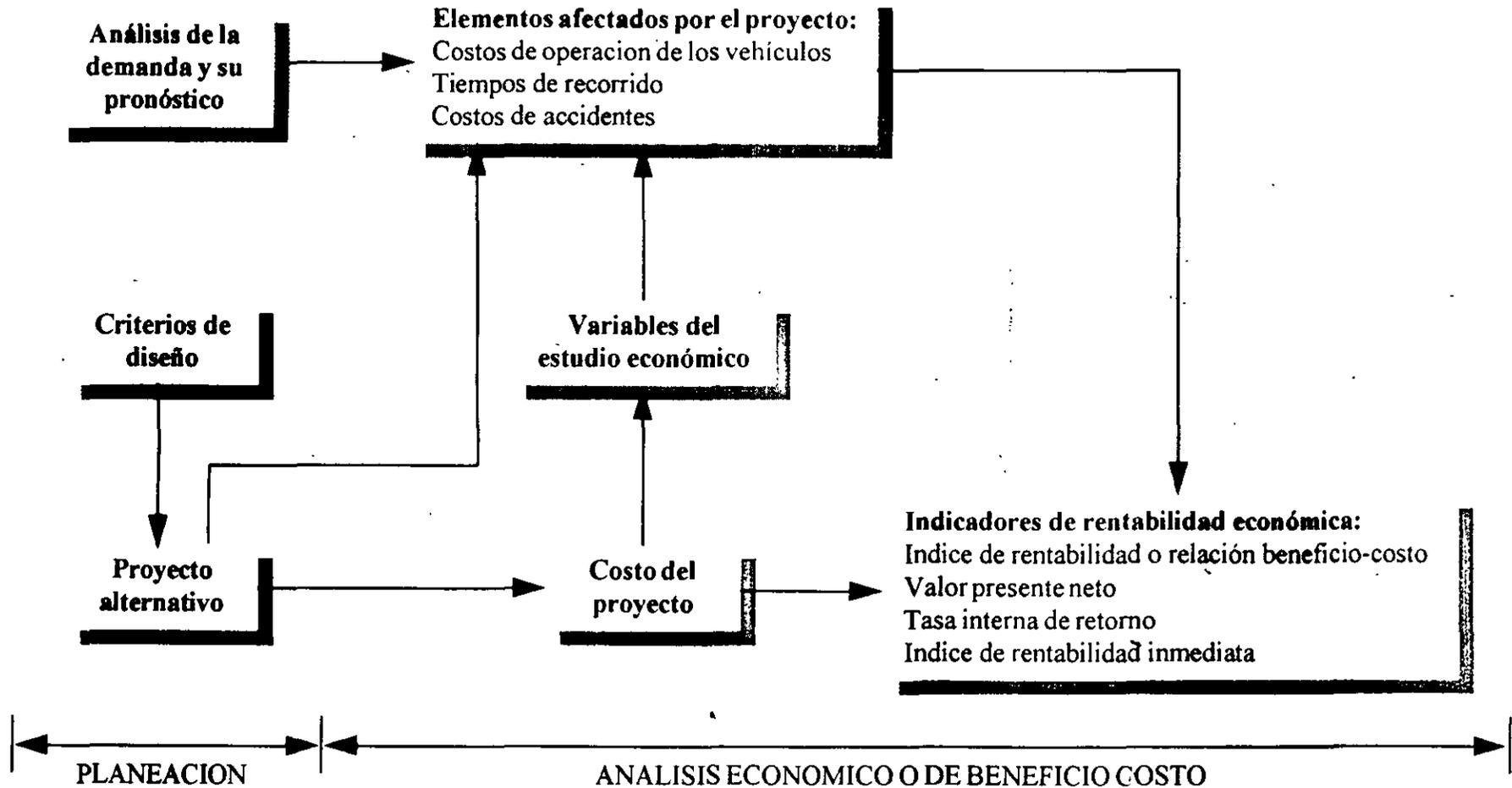
CUACNOPALAN - OCOZOCOAUTLA RUTAS ALTERNATIVAS DE ACCESO A CHIAPAS



EVALUACION DE ALTERNATIVAS

1. Evaluación Económica
2. Evaluación Técnica
3. Evaluación Institucional
4. Evaluación Financiera
5. Evaluación Comercial
6. Evaluación Social
7. Evaluación Ambiental

PROCESO DE PLANIFICACION Y EVALUACION ECONOMICA



METODOLOGIA PARA LA EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica tiene como objetivo determinar la utilidad colectiva que un proyecto puede generar (Excedente colectivo).

La metodología es la siguiente:

- ◆ Identificación de elementos afectados.
- ◆ Estimación de cada uno de los elementos identificados.
- ◆ Cálculo del excedente colectivo anual durante la vida útil del proyecto.
- ◆ Cálculo del excedente colectivo global.

ETAPAS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

- ◆ Diagnóstico de la situación actual y problemática.
- ◆ Pronóstico de la demanda
- ◆ Objetivos del proyecto
- ◆ Generación de alternativas
- ◆ Estimación de los costos del proyecto
- ◆ Estimación de beneficios
- ◆ Comparación de beneficios y costos
- ◆ Resultados finales

PRINCIPALES DATOS REQUERIDOS EN LA EVALUACION

- ◆ Características geométricas
- ◆ TPDA, Composición y tasa de crecimiento
- ◆ Costos de operación
- ◆ Velocidad de operación
- ◆ Tiempos de recorrido
- ◆ Número de pasajeros promedio en automóviles y autobuses
- ◆ Valor del tiempo de los pasajeros
- ◆ Costo del proyecto y años de construcción
- ◆ Tasa de actualización
- ◆ Horizonte económico

COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS

La comparación se realiza mediante los siguientes indicadores:

Indice de rentabilidad o relación beneficio-costos.

Es el cociente de los beneficios totales actualizados y los costos totales actualizados. Proporciona información relativa a la rentabilidad del proyecto, y refleja los beneficios obtenidos por cada peso invertido en el proyecto. Su valor depende de la tasa de actualización utilizada.

La expresión que permite calcular este indicador, es la siguiente:

$$IR = \text{SUMA } (i=1 \dots n): B_i(1+r)^{-i} / \text{SUMA } (i=1 \dots n): C_i(1+r)^{-i}$$

COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

Valor presente neto.

En virtud de que el indicador anterior no proporciona información sobre la magnitud de los beneficios netos totales que puede arrojar el proyecto, se recomienda el uso de este indicador, que representa el conjunto de beneficios netos actualizados derivados de la inversión.

El cálculo de este indicador se expresa como sigue:

$$VPN = \text{SUMA } (i=1\dots n): (B_i - C_i) (1+r)^{-i}$$

COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

Tasa interna de retorno.

Es la tasa de actualización con la cual se anula la diferencia entre los beneficios y costos, es decir, la que hace que el valor presente neto sea cero.

Esto se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{SUMA } (i=1\dots n): C_i (1+t)^{-i} = \text{SUMA } (i=1\dots n): B_i (1+t)^{-i}$$

COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

Indice de rentabilidad inmediata.

Con este indicador, es posible determinar el momento apropiado para la puesta en operación del proyecto; si el índice es menor a la tasa de actualización, la puesta en operación del proyecto resulta prematura.

El cálculo se realiza de la manera siguiente:

$$IRI = (Bs(1+r)^{-s}) / \text{SUMA } (i=1 \dots s-1): Ci(1+r)^{-i})$$

COSTOS DE OPERACION

Los costos de operación, están dados para cada tipo de vehículo y corresponden a las velocidades de operación para las condiciones "con" y "sin" proyecto y para una superficie de rodamiento determinada (IRI).

Los valores que se presentan en la tabla fueron determinados con ayuda del VOC y se determinaron para un IRI de 2, 6 y 9 y para diferentes tipos de terreno.

COSTOS DE OPERACION (Cont.)

Ahorros en los costos de operación de los vehículos:

$$Aoj = Cojs - Cojc$$

Para el cálculo de los costos de operación indicados se utiliza la expresión siguiente:

$$Cij = (TPDAj) (\%i) (365) (Ci) (L)$$

Para calcular los costos de operación correspondientes a todo el tramo se utiliza la siguiente expresión:

$$Cojs = \text{SUMA } (i = 1 \dots): Cij, (i=\text{automóviles, autobuses y camiones})$$

COSTOS DE OPERACION VEHICULAR BASE ANTE DIFERENTES VELOCIDADES Y CALIFICACION DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO (\$/KM)

18

Velocidad Km/hr	Automóvil				Autobús				Camión			
	Plano	Lomerío suave	Lomerío abrupto	Montaña	Plano	Lomerío suave	Lomerío abrupto	Montaña	Plano	Lomerío suave	Lomerío abrupto	Montaña
	IRI = 2											
10	1.474	1.472	1.547	1.558	3.413	3.487	3.723	3.805	2.358	2.514	2.694	2.499
20	1.427	1.395	1.451	1.442	3.193	3.259	3.491	3.519	2.255	2.307	2.492	2.264
30	1.284	1.328	1.373	1.344	2.973	3.031	3.304	3.377	2.093	2.196	2.189	2.028
40	1.236	1.270	1.257	1.218	2.819	2.803	3.025	3.258	1.916	2.052	1.937	1.811
50	1.189	1.203	1.160	1.091	2.708	2.644	2.792	2.378	1.769	1.893	1.684	1.902
60	1.141	1.154	1.083	0.974	2.598	2.484	2.327	2.568	1.651	1.591	1.768	1.956
70	1.094	1.077	0.967	1.071	2.422	2.279	2.513	2.616	1.474	1.671	1.819	2.046
80	1.046	0.962	1.083	1.169	2.202	2.507	2.606	2.854	1.546	1.718	1.953	2.264
90	0.951	1.058	1.300	1.295	2.378	2.689	2.792	3.163	1.592	1.830	2.105	2.445
100	1.141	1.203	1.257	1.315	2.642	2.849	3.025	3.210	1.769	1.989	2.273	2.680
110	1.236	1.299	1.373	1.838	2.863	3.077	3.304	3.377	1.916	2.148	2.391	2.898
	IRI = 6											
10	1.488	1.486	1.563	1.574	3.472	3.527	3.760	3.853	2.440	2.514	2.776	2.568
20	1.440	1.408	1.466	1.456	3.248	3.296	3.256	3.564	2.333	2.307	2.568	2.326
30	1.296	1.340	1.387	1.358	3.024	3.066	3.337	3.419	2.166	2.196	2.256	2.084
40	1.248	1.282	1.270	1.230	2.867	2.835	3.055	3.299	1.983	5.052	1.995	1.861
50	1.200	1.214	1.172	1.102	2.755	2.674	2.820	2.408	1.830	1.893	1.735	1.954
60	1.152	1.165	1.094	0.984	2.643	2.512	2.350	2.601	1.708	1.591	1.822	2.010
70	1.104	1.088	0.977	1.082	2.464	2.305	2.538	2.649	1.525	1.671	1.874	2.103
80	1.056	0.971	1.094	1.181	2.240	5.536	2.632	2.890	4.601	1.718	2.013	2.326
90	0.960	1.068	1.313	1.309	2.419	2.720	2.820	3.203	1.647	1.830	2.169	2.512
100	1.152	1.214	1.270	1.328	2.688	2.881	3.055	3.251	1.830	1.989	2.342	2.754
110	1.248	1.311	1.387	1.397	2.912	3.112	3.337	3.419	1.983	2.148	2.464	2.978
	IRI = 9											
10	1.524	1.521	1.696	1.856	3.536	3.618	3.867	3.960	2.606	2.514	2.938	2.709
20	1.475	1.441	1.590	1.717	3.307	3.382	3.626	3.663	2.492	2.307	2.717	2.454
30	1.327	1.372	1.505	1.601	3.079	3.145	3.432	3.515	2.313	2.196	2.387	2.199
40	1.278	1.312	1.378	1.450	3.920	2.909	3.142	3.391	2.118	2.052	2.111	1.963
50	1.229	1.243	1.272	1.299	2.806	2.743	2.900	2.475	1.955	1.893	1.836	2.061
60	1.180	1.193	1.187	1.160	2.692	2.578	2.417	2.673	1.824	1.591	1.928	2.120
70	1.130	1.113	1.060	1.276	2.509	2.365	2.610	2.723	1.629	1.671	1.983	2.218
80	1.081	0.994	1.187	1.392	2.281	2.602	2.707	2.970	1.710	1.718	2.130	2.454
90	0.983	1.093	1.425	1.543	2.463	2.791	2.900	3.292	1.759	1.830	2.295	2.650
100	1.180	1.243	1.378	1.566	2.737	2.956	3.142	3.341	1.955	1.989	2.479	2.905
110	1.278	1.342	1.505	1.647	2.965	3.193	3.432	3.515	2.118	2.148	2.607	3.141

TIEMPOS DE RECORRIDO

Ahorros en tiempos de recorrido:

$$Atj = Atja + Atjb + Atjc$$

Para el cálculo de tiempos de recorrido se necesita la longitud de los tramos que componen las situaciones "con" y "sin" proyecto, así como la velocidad de operación.

Una vez que se cuenta con los tiempos de recorrido, se asigna un valor al tiempo tanto de los pasajeros como para el conductor y tomando un índice de ocupación promedio para vehículos, autobuses y camiones, es posible determinar los costos por tiempos de recorrido para ambas situaciones y posteriormente será posible determinar el ahorro.

VELOCIDADES DE OPERACION

El cálculo de la velocidad de operación para el vehículo ligero, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Vel.} = ((B-x) / B-(Ax)) V_o$$

Donde:

$A = a + (bp^c)$, Los factores a, b, p y c, se obtienen del cuadro 1.

$B = a + (bp^c)$, Los factores a, b, p y c, se obtienen del cuadro 1

$x =$ Es el nivel de saturación del tramo (v/c)

$V_o =$ Es la velocidad de proyecto y se obtiene del cuadro 2

VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Para el cálculo de velocidades, el punto de partida lo constituye el cálculo de la capacidad (c). Las capacidades para los diferentes tipos de carreteras y en diferentes tipos de terreno según el Manual de Capacidad Vial son las que se muestran en el cuadro 3.

Una vez determinada la capacidad del tramo, se procede a determinar el voúmen de tránsito, expresado en vehículos equivalentes (v) mediante los índices especificados en el cuadro 4, para así poder determinar el nivel de saturación del tramo (v/c).

$$v/c = x = (TPDA(\%A) + TPDA(\%B)(\text{índice}) + TPDA(\%C)(\text{índice})) / c$$

Cuadro 1

Categoría de Carretera	Coeficiente	a	b	c
Carretera de 2 carriles	A	0.35	-0.05	2.16
	B	1.54	0.04	2.26
Carretera de 3 carriles	A	0.35	-0.36	2.52
	B	1.54	0.30	2.52
Carretera de 4 carriles	A	0.35	0.14	0.86
	B	1.54	-0.116	0.86

Cuadro 2. Velocidad de Proyecto (Vo)

Categoría de Carretera	Tipo de Vehículo	Tipo de terreno		
		Plano	Lomerío	Montaña
Carretera de 2 carriles	Ligero	100	83	70
	Pesado	90	67	50
Carretera de 3 carriles	Ligero	105	83	70
	Pesado	-	67	50
Carretera de 4 carriles	Ligero	112	92	70
	Pesado	100	75	55

Cuadro 3. Capacidad operativa en vehículos equivalentes

Categoría de Carretera	Tipo de terreno		
	Plano	Lomerío	Montaña
Carreteras con dos carriles:			
Bajas especificaciones	16,000	11,200	7,200
Altas especificaciones	22,000	15,400	9,900
Carretera con cuatro carriles	50,000	35,000	22,500
Vías rápidas con cuatro carriles	60,000	42,000	27,000
Autopistas con cuatro carriles	72,000	50,400	32,400

Cuadro 4. Automóviles equivalentes

	Tipo de terreno		
	Plano	Lomerío	Montaña
AUTOPISTAS			
Autobús	1.5	3.0	5.0
Camión	1.7	4.0	8.0
CARRERAS			
Autobús	2.0	3.4	6.0
Camión	2.2	5.0	10.0

Cuadro 5. Indices para el calculo de velocidades del autobús y del camión

$$\text{Factor} = C1 V^2 + C2 V + C3$$

		Tipo de terreno		
		Plano	Lomerío	Montaña
Autobús	C1	-0.00001	-0.00006	0.00003
	C2	0.0009	0.0012	-0.0093
	C3	0.9918	0.9971	1.043
Camión	C1	0.000002	0.00006	0.0002
	C2	-0.0032	-0.0122	-0.0254
	C3	1.0042	1.1564	1.2831

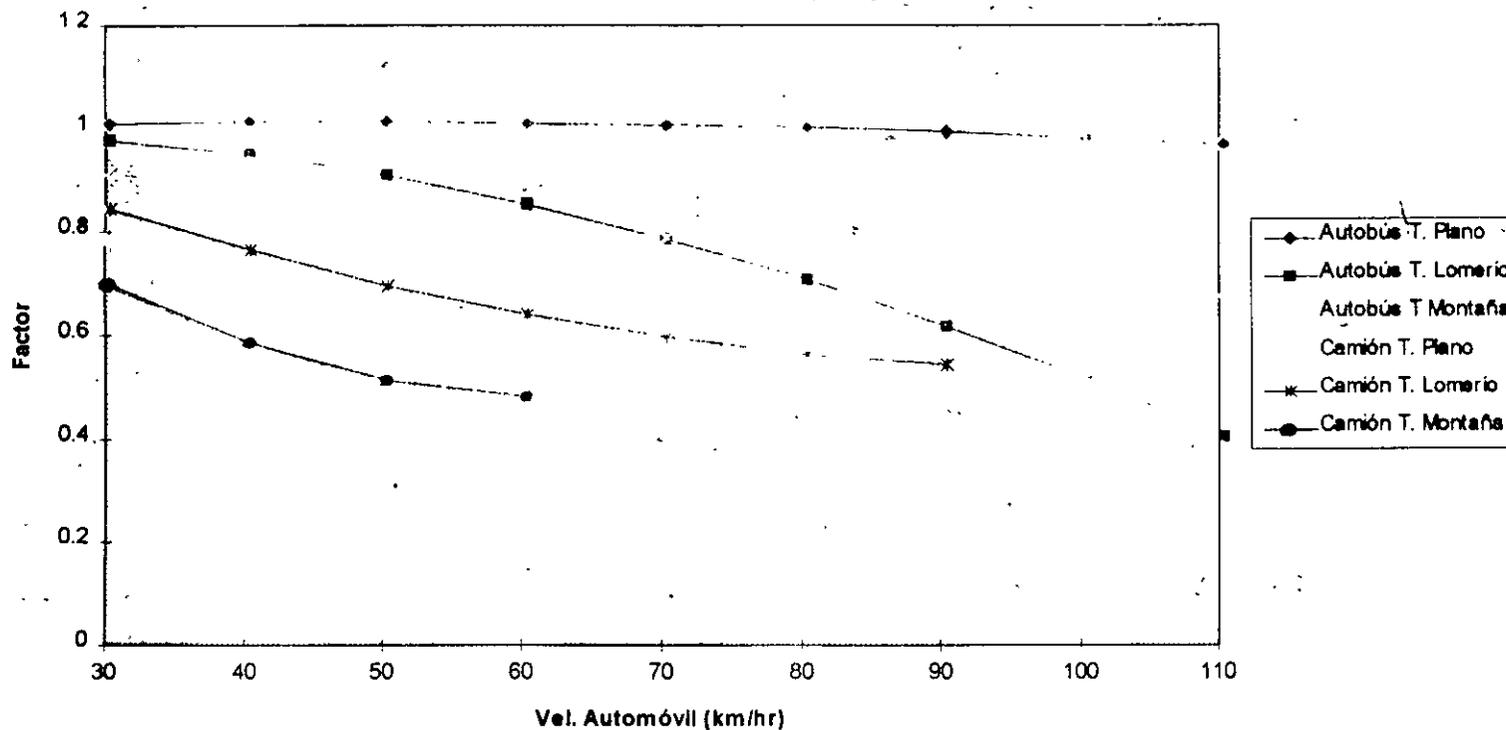
V = Velocidad del automóvil

VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Una vez determinada la velocidad para el vehículo ligero, la velocidad para el autobús y para el camión se obtiene mediante la ecuación que se presenta en el cuadro 5 y que resultó de la aplicación de VOC de la metodología del HDM del Banco Mundial.

VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Factor de afectación de la velocidad para el autobús y el camión con respecto al automóvil.



COSTOS DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

Para determinar los costos en que incurrirá el proyecto por este concepto, será necesario definir una política de mantenimiento, la cual contendrá las siguientes acciones:

- ◆ **Mantenimiento Ritunario:**

Actividades de mantenimiento que normalmente se ejecutan una o más veces por año y que incluye: reparaciones locales de la superficie de rodamiento, limpieza del derecho de vía y del drenaje, mantenimiento del señalamiento, etc.

COSTOS DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO (Cont.)

◆ **Mantenimiento periodico:**

Actividades de mantenimiento de mayor dimensión y de menor frecuencia que las de mantenimiento rutinario. En estas actividades se incluye: la renovación de la superficie de rodamineto o la aplicación de una sobrecarpeta.

◆ **Rehabilitación:**

Trabajos requeridos para llevar una carretera a su condición original de servicio (reconstrucción).