



**GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y
PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN
SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS
CARRETEROS**

Noviembre 2004



NOTA INTRODUCTORIA

El CEPEP presenta aquí una versión revisada del libro “Apuntes Sobre Evaluación Social de Proyectos”, que se publicó en 1999. Para facilitar su lectura y aprovechamiento, los archivos se encuentran en su mayoría en “Word”, desglosando cada capítulo en secciones, de acuerdo al Índice General que se encuentra al principio.

El CEPEP realizará de manera permanente revisiones, correcciones y actualizaciones a este material. En esta ocasión se han realizado algunas correcciones en textos, fórmulas y cuadros, y se presentan algunos ejercicios numéricos. Asimismo, se presentan borradores de “Guías Metodológicas”, que deben considerarse como **no oficiales**, para la evaluación y presentación de proyectos carreteros y de construcción de hospitales.

Paulatinamente el CEPEP incorporará “Guías” especiales para la evaluación y presentación de otro tipo de proyectos de inversión.

SEGUNDA EDICIÓN 2004

D.R.© Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.
*Centro de Estudios para la Preparación y
Evaluación Socioeconómica de Proyectos.*

Registro en Trámite
ISBN: 968-7457-30-9

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra
sin autorización por escrito de su editor.

MÉXICO



GUÍA PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS CARRETEROS

CONTENIDO DE LA GUÍA

El contenido general de un estudio de evaluación a nivel de perfil de proyectos carreteros es el siguiente:

1. Origen del Proyecto y Objetivo del Estudio
2. Diagnóstico de la Situación Actual
3. Situación sin Proyecto
4. Situación con Proyecto
5. Evaluación Socioeconómica del Proyecto
6. Conclusiones, Recomendaciones y Limitaciones del Estudio
7. Anexos informativos

1. ORIGEN DEL PROYECTO Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

El propósito de este apartado, es presentar de una manera breve (una o dos páginas), la problemática que dio origen al proyecto, las alternativas de solución planteadas y el objetivo del estudio.

1.1 Ubicación geográfica y origen del proyecto

Independientemente del tipo de proyecto carretero que se desee evaluar (construcción de un libramiento, ampliación de un cierto tramo, construcción de un trazo nuevo, etc.), deberá de presentarse un mapa del estado o entidad federativa donde se pretende realizar el proyecto. Este mapa deberá ser lo más actualizado posible y deberán de indicarse las características de las carreteras y caminos existentes (autopistas de cuota, caminos estatales, rurales, etc.), así como las distancias entre las principales ciudades y localidades.

Se recomienda que el mapa anterior sea redibujado en power point o en algún otro programa, para señalar lo exclusivamente relevante para el proyecto (tipo de camino, distancias y tiempos aproximados de recorrido y aforos vehiculares o TDPA¹ en las principales carreteras). Deberá conservarse alguna escala en la figura.

Asimismo, se deberá describir la situación que dio origen al proyecto. Un proyecto carretero podría tener como origen las siguientes situaciones:

- Que las carreteras actuales para trasladarse entre un cierto origen y un destino, se encuentran construidas sobre terrenos accidentados, lo que se traduce en velocidades relativamente “bajas” de circulación y por consiguiente en “elevados” Costos Generalizados de Viaje (CGV²).
- Que el aforo vehicular o TDPA de las carreteras existentes, sea “elevado” y por consiguiente, existan periodos de congestión a lo largo del día, reduciéndose la velocidad y aumentándose los CGV’s por circular en esas vialidades.

1. En el apartado No. 2 se explica con la demanda o Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).

2. El CGV es el costo en que incurre el usuario de un camino, por trasladarse entre un cierto origen y un destino. Incluye tanto los costos de operación vehicular (combustible, lubricantes, neumáticos, refacciones, etc.), como el valor del tiempo del chofer y de los pasajeros.

1.2 Descripción del proyecto

En este punto deberán señalarse cuáles son las alternativas de solución propuestas, cuáles se han desechado y porqué, y cuál de todas es la que se ha elegido para evaluar.

Se deberá mencionar quien es el promotor del proyecto, y si es el caso, señalar si la carretera propuesta será libre o de cuota. Deberá también describirse muy brevemente las principales características del proyecto (longitud, número de carriles, entronques, etc.). Es importante señalar en un mapa al proyecto y también realizar una figura o un esquema del mismo.

Por último, se deberá mencionar el costo total de inversión del proyecto, señalando si incluye derecho de vía, impuestos, la fecha de estimación de esta cifra y el tiempo estimado de construcción.

1.3 Objetivo del estudio

En este punto deberán mencionarse los alcances del estudio; es decir, si la evaluación se realizará a nivel de perfil, prefactibilidad o factibilidad. Asimismo, deberá indicarse si es posible separar el proyecto por “tramos” o bien si se aplicará el principio de separabilidad de proyectos y cuál criterio de evaluación se calculará.

Si el proyecto que se pretende evaluar es de una carretera de cuota, se deberá mencionar si se va a realizar la evaluación privada (para el concesionario o dueño del proyecto), además de realizar la evaluación socioeconómica o social.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este apartado se deberán describir las condiciones de oferta y demanda³ que se encuentran actualmente en la red vial relevante, así como saber lo que sucede al interactuar la oferta con la demanda.

2.1 Red vial relevante

La red vial relevante está constituida por aquellas vialidades que como consecuencia de la ejecución del proyecto, ven modificados sus flujos vehiculares y/o Costos Generalizados de Viaje (CGV). Asimismo, se deberá incluir como relevante al mismo proyecto.

3. En proyectos carreteros se entiende como OFERTA a la disponibilidad y características físicas y geométricas que presentan las vialidades, caminos o carreteras. Por su parte, la DEMANDA la constituyen los vehículos que utilizan estas vialidades para trasladarse entre un origen y un destino.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de red vial relevante. Para unir las ciudades “A” y “B” se cuenta con un camino sinuoso, lo que hace que las velocidades de circulación de los vehículos que la utilizan sean relativamente “bajas” y sus CGV’s sean “elevados”. El proyecto consiste en unir a ambas ciudades a través de una autopista de “altas” especificaciones (ruta con proyecto). Por lo tanto, en este ejemplo la red vial relevante sería la ruta actual y la ruta propuesta con el proyecto.

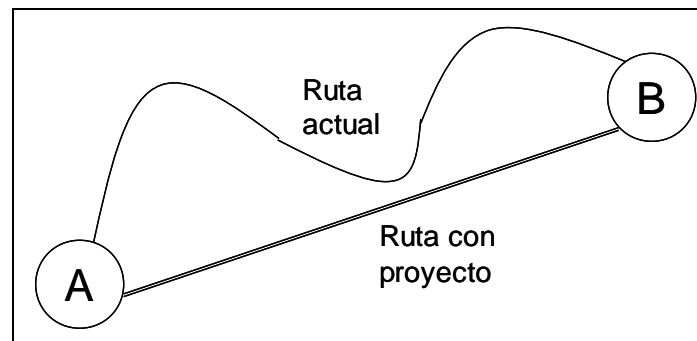


Figura 1. Red vial relevante

2.2 Análisis de la oferta

a) Características físicas y geométricas

Para cada una de las vialidades interurbanas que formen parte de la(s) ruta(s) actual(es) relevante(s), se tiene que obtener lo siguiente:

- Número de carriles de circulación por sentido.
- Ancho de corona en metros y señalar si la carretera cuenta con acotamientos.
- Tipo de superficie de rodamiento (concreto hidráulico, pavimento asfáltico o terracería).
- Condiciones actuales de la superficie de rodamiento de la carretera. Es decir, señalar el Índice de Rugosidad Internacional en unidades IRI (m/km), que varía entre 2 (condiciones excelentes en un camino pavimentado) y 25 (condiciones muy pobres en un camino no pavimentado).
- Pendiente media ascendente. Suma de todos los ascensos dividida entre la longitud de la carretera, en porcentaje. Varía entre 0 y 12%.
- Pendiente media descendente. Suma de todos los descensos, en valor absoluto, dividida entre la longitud de la carretera, en porcentaje. Varía de 0 a 12%.

- Proporción de viaje ascendente. Longitud de los tramos en viaje ascendente, dividida entre la longitud total del camino, en porcentaje. Varía entre 0 y 100%.
- Curvatura horizontal promedio. Promedio ponderado de las curvaturas de los segmentos curvilíneos del camino. Para la ponderación, se utilizan las longitudes de esos segmentos. La curvatura de un segmento curvilíneo es el ángulo (en grados), subtendido en el centro de curvatura, por unidad de longitud de arco de la curva (en km). Varía de 0 a 1,000 grados por km.
- Altitud del terreno. Altitud promedio del terreno sobre el nivel del mar, en metros.
- Asimismo, deberán señalarse las condiciones actuales de la línea divisoria y laterales, así como indicar si existe y está en buenas condiciones el señalamiento horizontal y vertical.

b) Tramificación por oferta

Es importante que la información anterior sea separada para cada tipo de camino (tramificación por oferta). Es decir, puede ser que para trasladarse de la ciudad “A” a la ciudad “B” haya sólo una carretera de dos carriles, pero parte de ella se encuentra construida en terreno montañoso, otra parte en lomerío y otra estar ubicada en terreno plano. Lo anterior quiere decir que aunque para trasladarse entre A y B se utilice sólo un camino, de digamos 2 carriles de circulación en todo el tramo, la topografía del lugar ocasione que los CGV’s sean diferentes al circular sobre un terreno plano, de lomerío o montañoso⁴ (Ver Figura 2).

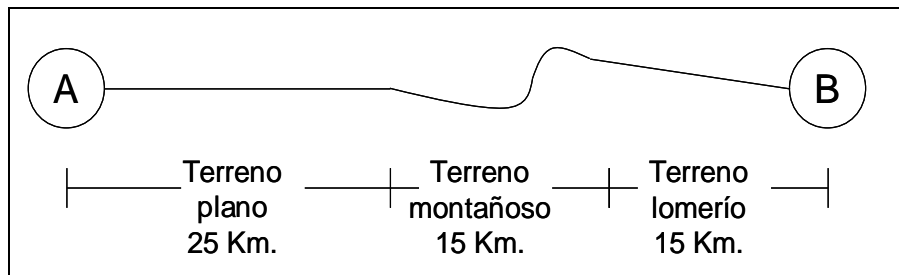


Figura 2. Tramificación por oferta de la carretera actual

4. Según el Manual de Capacidad de Carreteras se clasifica a los terrenos en:
 Plano o llano: pendientes entre 1 y 2%
 Lomerío u ondulado: pendientes entre 2 y 4%
 Montañoso: pendientes mayores a 4%

2.3 Análisis de la demanda

a) Tránsito Diario Promedio Anual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por las carreteras actuales. Al número total de vehículos que circulan en promedio al día por un cierto punto de una carretera, se le denomina Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA⁵). Para la preparación del estudio resulta importante contar con el TDPA actual, ya que es el aforo vehicular base que se utiliza para proyectar la situación sin proyecto.

En el caso de carreteras federales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes publica los Datos Viales de muchas de las carreteras del país y calcula el TDPA. Esta información generalmente está desagregada por tipo de vehículo y sentido de circulación. Sucede lo mismo con las carreteras estatales, donde la Junta de Caminos de cada una de las entidades federativas, realiza generalmente conteos vehiculares en ciertos puntos de los caminos a su cargo.

No obstante de contar con esta información, en muchas ocasiones el TDPA no se encuentra actualizado, o bien, el conteo vehicular fue realizado en otros puntos diferentes al que se requiere para llevar a cabo la evaluación del proyecto. Por ello, resulta conveniente que el equipo evaluador del proyecto, realice nuevos conteos vehiculares y trate de completar un aforo de 24 horas. En el Anexo 1 se muestra un formato para realizar los conteos.

b) Composición vehicular y direccionalidad

El TDPA deberá desagregarse para cada tipo de vehículo y sentido de circulación. La composición vehicular que se recomienda utilizar en el estudio es la siguiente: Automóviles ligeros, camionetas o pick up's, autobuses de pasajeros, camiones de carga unitarios o tipo torton y camiones de carga articulados o trailers (Ver Cuadro 1).

5. El TDPA considera el flujo vehicular en ambos sentidos de circulación

Cuadro 1. TDPA, Composición vehicular y direccionalidad, por tramo

Sentido de circulación	Composición vehicular (%)					TDPA
	Auto-móvil	Pick up	Auto-buses	Camión Unitario (Torton)	Camión articulado (trailer)	
Ote – Pte	35%	20%	15%	12%	18%	1,550
Pte – Ote	33%	22%	15%	10%	20%	1,450
TOTAL						3,000

c) Periodización

En el caso de haber congestión vehicular en algunos de los tramos que conformen la red vial actual, resulta indispensable periodizar la demanda. Es decir, obtener los aforos horarios a lo largo del día, para así conocer los periodos de “alta” congestión, “media” congestión y sin congestión. Lo anterior resulta importante para no sobre-estimar o subestimar los beneficios directos y/o indirectos del proyecto (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Aforo vehicular horario (TDPA en las 24 horas del día), sentido oriente-poniente, por tramo

Horas de demanda	Horas al día*/	Composición vehicular (%)					TDPA
		Auto-móvil	Pick up	Auto-buses	Camión Unitario (Torton)	Camión articulado (trailer)	
Alta	9	326	186	140	112	167	930
Media	7	136	78	58	47	70	388
Baja	8	81	47	35	28	42	233
Total	24	543	310	233	186	279	1,550

* / Alta: 06:00-9:00 Hrs, 13:00-15:00 Hrs y 18:00-22:00 Hrs

Media: 9:00-13:00 Hrs, 15:00-18:00 Hrs

Baja: 22:00-06:00 Hrs

La periodización de la demanda debe realizarse para cada sentido de circulación, ya que no necesariamente coinciden las horas de congestión para ambos sentidos.

d) Tasas de ocupación

Se deberán obtener las tasas de ocupación vehicular para cada uno de los diferentes tipos de vehículos en los cuales se desagregó la demanda. Es

decir, se debe señalar cuántos pasajeros viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer. Lo anterior resulta importante para poder cuantificar el costo del tiempo de los pasajeros e incluirlo en el CGV (Ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Tasas de ocupación vehicular

Tipo de vehículo	Tasa (pasajeros por vehículo)
Automóvil	3.45
Pick up	2.2
Autobuses	22
Camión Unitario (Torton)	1.5
Camión articulado (trailer)	2.1

Para calcular la tasa de ocupación, se recomienda que al mismo tiempo que se realiza el aforo vehicular, se cuantifiquen cuantos pasajeros viajan en cada tipo de vehículo. Posteriormente, en trabajo de gabinete se realiza un promedio de las tasas. En lo que se refiere a los autobuses, se recomienda entrevistar al personal de las empresas de autobuses, para que proporcionen la tasa de ocupación promedio.

e) Tramificación por demanda

Al igual que en la oferta, supongamos que para trasladarse de la ciudad “A” a la ciudad “B” existe sólo una carretera que cuenta con dos carriles de circulación en todo el tramo. No obstante, entre estas dos ciudades se encuentra una localidad “C” que hace que se incorporen y desincorporen vehículos a la carretera y por consiguiente el aforo vehicular de “A” a “C” sea diferente al número de vehículos que circulan de “C” a “B” (Ver Figura 3).

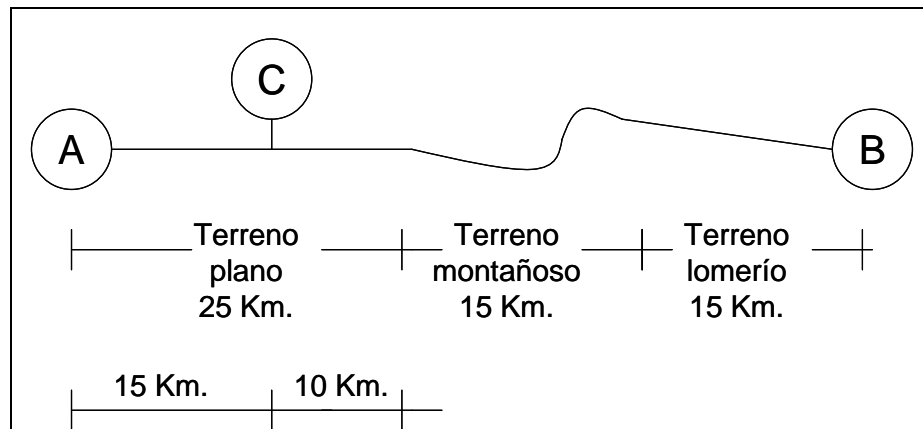


Figura 3. Tramificación por demanda y oferta

f) Proyección del aforo vehicular

Debido a que los proyectos carreteros presentan beneficios crecientes en el tiempo, se deberá realizar una proyección a lo largo del tiempo del aforo vehicular o TDPA. La SCT generalmente dispone de tasas de crecimiento vehicular o bien, se puede hacer una estimación haciendo crecer el TDPA base, tomando como base las estimaciones del Producto Interno Bruto (PIB) nacional o estatales.

2.4 Interacción oferta y demanda

a) Velocidades de circulación

Se deberán estimar las velocidades promedio de circulación para cada tramo de la red vial actual, por tipo de vehículo, por sentido de circulación y por hora de demanda (si existe congestión). Se recomienda utilizar el método del seguimiento de las placas, que consiste en que un grupo de al menos cuatro personas, se ubiquen dos al inicio del tramo donde se quiere conocer la velocidad y dos personas más se coloquen al final del mismo tramo. Ambos grupos de personas deberán contar con relojes sincronizados que marquen minutos y segundos, para que anoten la hora, minutos, segundos y placas en que pasan los vehículos al inicio y al final del tramo. Posteriormente, en trabajo de gabinete, se cruza la información y se obtiene el tiempo promedio de recorrido del tramo de los diferentes tipos de vehículos y como se conoce la distancia, se aplica la fórmula de: $Velocidad = distancia / tiempo$.

En el Cuadro 4 se muestra un ejemplo de las velocidades de circulación promedio por vehículo y sentido de circulación. Si la ruta actual fue tramificada por oferta y demanda, se deben estimar las velocidades para cada uno de los tramos.

Cuadro 4. Velocidades promedio de circulación en la ruta actual (km./hr), tramo interurbano 1.

Sentido de circulación	Velocidad promedio (km./hr)				
	Auto-móvil	Pick up	Auto-buses	Camión Unitario (Torton)	Camión articulado (trailer)
Ote – Pte	60.5	59.9	54.2	44.5	38.2
Pte – Ote	62.3	61.5	56.3	46.1	39.5

Asimismo, si alguna de las rutas actuales presenta congestión, se deben estimar las velocidades de circulación para cada uno de los periodos de demanda al día (“alta” congestión, “media” congestión y sin congestión).

b) Costos Generalizados de Viaje (CGV)

Para calcular los CGV’s de los vehículos que circulan por la red vial actual, se recomienda utilizar el modelo computacional VOC-MEX 3.0, el cual es un submodelo del Highway Design Model (HDM 4.0) realizado por el Banco Mundial.

Este modelo permite calcular los CGV e incluye la operación vehicular como consumo de combustible y lubricantes, desgaste de los neumáticos, refacciones por mantenimiento, depreciación del vehículo, etc; así como el costo del tiempo del chofer y de los ocupantes. Los resultados del modelo son en pesos por kilómetro para 1,000 vehículos. En el Cuadro 5 se muestra el nombre de las ocho páginas de captura del modelo y una breve explicación de ellas.

Para la valoración del tiempo de las personas puede considerarse como una buena aproximación el PIB cápita por hora laborable, lo cual se obtiene de dividir el PIB cápita entre las horas laborables al año.

Es importante calibrar el modelo VOC, conforme a la velocidad calculada mediante el método del seguimiento de las placas. Es decir, el VOC-MEX, en la página 1 de la opción VOC, muestra la velocidad del vehículo para la cual está calculando el CGV. Esta velocidad debe coincidir con la observada en campo, para que de manera precisa calcule el CGV a la velocidad actual de los vehículos.

Cuadro 5. Datos de entrada del modelo computacional VOC-MEX 3.0

Página	Nombre de la página	Breve explicación
1	Características de la carretera	Se capturan las características físicas y geométricas de cada uno de los tramos (si es el caso) en que se separó a la carretera actual. Por ejemplo, solicita IRI, pendientes ascendentes y descendentes, grados de curvatura, altitud, etc.
2	Selección del vehículo	El modelo permite seleccionar entre 10 tipos de vehículos, como son: automóviles pequeños, medianos y grandes, vehículos utilitarios, autobús de pasajeros, camiones ligeros a diesel y gasolina, camiones medianos, camiones pesados y camiones articulados o trailers.
3	Características del vehículo	A partir de esta página muchos de los datos del modelo los proporciona por default (aparece una "D" junto a la cifra). Se solicita por ejemplo, peso del vehículo vacío, carga transportada, potencia máxima en operación, velocidad deseada, etc.
4	Características de los neumáticos	Pide el número de llantas por vehículo, el volumen de hule utilizable por llanta, coeficiente de desgaste, etc.
5	Datos sobre la utilización del vehículo	Se debe capturar el número de horas y kilómetros conducidos al año, la edad del vehículo en kilómetros, el número de pasajeros por vehículo, etc.
6	Costos unitarios	Se deben capturar precios actuales de: vehículo nuevo, costo del combustible y lubricantes, precio de un neumático nuevo, valor del tiempo de los operarios y pasajeros, etc.
7	Coeficientes adicionales	Datos que el modelo proporciona por default
8	Coeficientes adicionales	Datos que el modelo proporciona por default, como coeficientes de velocidad, combustible, etc.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de una carretera, donde se tramificó por oferta y se señalan los CGV's de la situación actual para autos ligeros (\$/kilómetro) y las longitudes de cada tramo de camino en kilómetros. Nótese que los CGV's se obtuvieron con el modelo VOC-MEX.

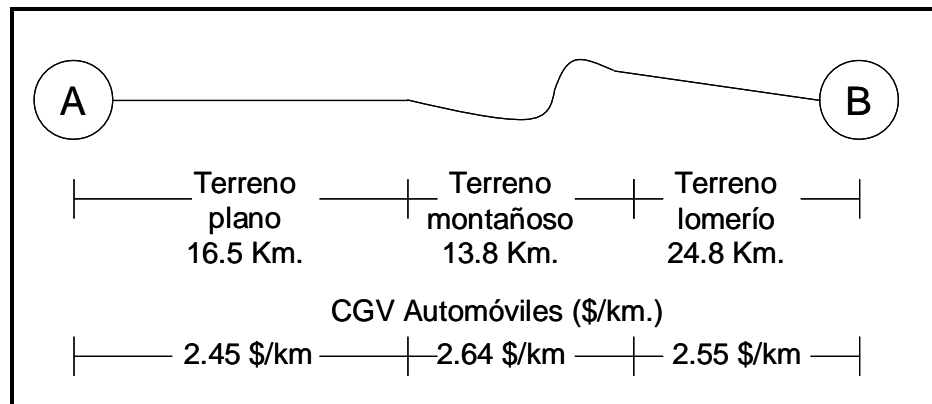


Figura 4. CGV por tipo de terreno.

Si se desea saber cuál es el CGV de un automóvil por circular entre A y B, se debe realizar la sumatoria de multiplicar las longitudes (km) de cada tipo de terreno, por su respectivo CGV's (\$/km.), tal como se muestra en el Cuadro 6. Para efectos de la presentación el cuadro se reduce a sólo tres tipos de vehículos.

En el Cuadro 6 se muestra el CGV para tres tipos de vehículo y tres tipos de terreno.

Cuadro 6. CGV para la ruta actual (\$/tramo-vehículo).

Tipo de vehículo	Tipo de terreno (km)*			CGV (\$/km.-vehículo)**			CGV (\$/tramo vehículo)
	Plano	Lomerío	Montañoso	Plano	Lomerío	Montañoso	
Auto-móvil	16.5	24.8	13.8	2.45	2.55	2.64	139.8
Auto-buses	16.5	24.8	13.8	11.83	12.62	14.28	703.9
Camión de carga	16.5	24.8	13.8	5.19	5.74	7.08	325.1

*/ Dato obtenido en trabajo de campo

**/ Dato obtenido mediante el modelo VOC-MEX.

c) Costos de conservación y mantenimiento

Deberá estimarse a cuánto ascienden los costos de conservación y mantenimiento anuales de las diferentes vialidades que conformen la red vial actual.

d) Accidentes vehiculares

Es importante obtener estadísticas sobre el número de accidentes vehiculares ocurridos en las carreteras que conforman la red vial actual. Si es posible, estimar también el costo material de los mismos y conocer las principales causas por las que han sucedido los accidentes.

3. SITUACIÓN SIN PROYECTO

Con la finalidad de no atribuirle al proyecto costos y beneficios de manera ilegítima, se deberán proponer “medidas de optimización” de la situación actual, de “bajo” costo de inversión, para así mejorar o restituir el nivel de servicio para el cual fueron diseñadas las carreteras. Con ello, se obtiene la situación base optimizada o situación sin proyecto, que es la que se debe comparar con la situación con proyecto. También se deberán incluir proyectos que se encuentren en ejecución o con presupuesto asignado, que también modifiquen la situación sin proyecto.

Dependiendo de las condiciones actuales de las carreteras, las “medidas de optimización” sugeridas podrían ser las siguientes:

- Si la superficie de rodamiento de las carreteras actuales se encuentra en “malas” condiciones o está muy deteriorada la carpeta de rodado, es decir, el índice de rugosidad (IRI) es mayor a 5 m/km., se recomienda como medida de optimización mejorar las condiciones de la superficie, mediante la aplicación de un riego de sello o un bacheo. Generalmente estas medidas permiten mejorar el IRI hasta 3.5.
- Si no existieran, o bien, los señalamientos verticales y horizontales se encontraran en “mal” estado de conservación, también se recomendaría como acción de optimización mejorar y/o colocar este tipo de señalamientos.
- Si las líneas laterales y divisorias se encuentran “mal” pintadas, la medida de optimización sería mantener “bien” pintadas estas líneas.

Las medidas de optimización anteriores deberán mantenerse a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, es decir, no son estáticas. En general, el poner en marcha estas medidas permiten que se incremente la velocidad de circulación de los vehículos en la situación actual y por consiguiente que los CGV’s sean menores. Cabe mencionar que la construcción de acotamientos no puede considerarse como una medida de optimización, debido a su monto de inversión, por lo que esta alternativa deberá de tratarse como un proyecto a evaluar.

Al final de este apartado deberán estimarse nuevamente los CGV’s, pero ahora

con las nuevas velocidades (seguramente ligeramente mayores a las de la situación actual) y el nuevo índice de rugosidad (IRI).

4. SITUACIÓN CON PROYECTO

En este apartado deberá describirse en qué consiste el proyecto propuesto, haciendo una descripción física y operativa del mismo. Además, deberá de hacerse un comparativo de los CGV de las situaciones sin y con proyecto.

4.1 Descripción física y ubicación geográfica del proyecto

Al igual que para las rutas actuales relevantes, también deberá ubicarse al proyecto geográficamente en un mapa y de ser posible se recomienda también hacer una figura señalando únicamente la información relevante (distancias y entronques, caminos, carreteras, principales ciudades, etc.). De manera específica deberá de presentarse la siguiente información:

- Número de carriles de circulación
- Ancho de corona de la carretera (ancho de carril y de acotamientos)
- Tipo de terreno sobre el cual estaría construida la carretera, señalando por sentido de circulación, lo siguiente: pendiente media ascendente, pendiente media descendente, proporción de viaje ascendente, curvatura horizontal promedio y altitud del terreno⁶.
- Tipo de pavimento (concreto hidráulico o pavimento asfáltico).
- Señalar si el proyecto será una carretera de circulación “libre” o de “cuota”.

4.2 Tramificación del proyecto

En proyectos carreteros resulta muy importante señalar si es posible aplicar el principio de separabilidad de proyectos⁷ o bien tramificar el proyecto. Por ejemplo, supongamos la carretera utilizada en la Figura 3, pero ahora el proyecto consistiría en ampliar la carretera a cuatro carriles de circulación, desde la ciudad “A” a la ciudad “B” (Ver Figura 5).

6. Estas características se describen con detalle en lo referente a oferta del apartado tres de la guía (Diagnóstico de la situación actual).

7. Se aplica el principio “cuando los costos y beneficios de las acciones presentan costos y beneficios independientes entre sí”. Ver Capítulo I, apartado 2.13 Separabilidad de proyectos, de este libro de apuntes.

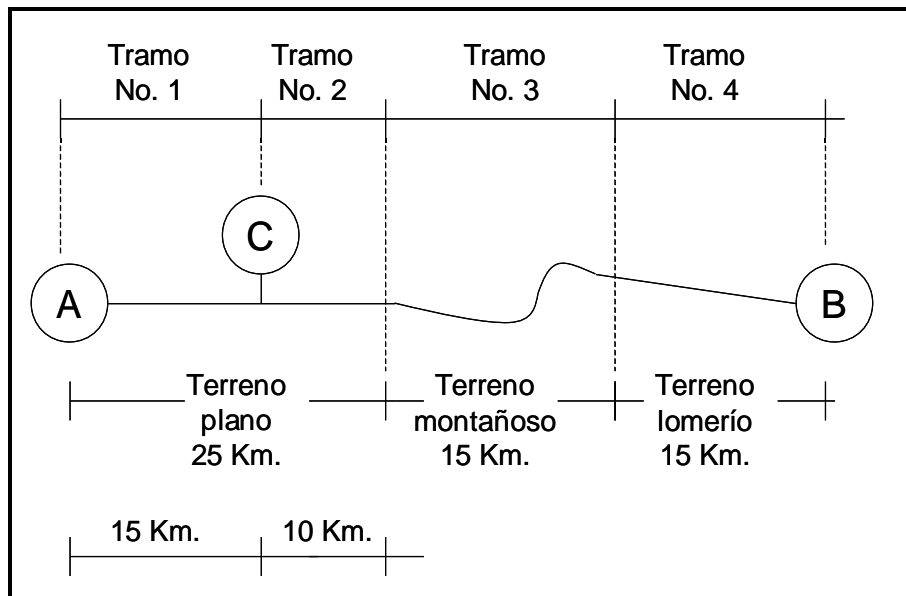


Figura 5. Tramificación del proyecto propuesto

Como se observa en la Figura 5, se ha aplicado el principio de separabilidad de proyectos, obteniéndose 4 proyectos o tramos a evaluar. Los primeros dos fueron tramificados por demanda, ya que la ciudad “C” ocasiona que entren y salgan vehículos de la carretera en ese punto, y por lo tanto, el aforo vehicular sea diferente en ambos tramos. Los tramos 3 y 4 fueron tramificados por las condiciones de oferta (aunque el TDPA sea el mismo en ambos tramos).

En lo que se refiere a los costos de inversión de la ampliación, es obvio que resultaría más caro construir sobre la parte montañosa de la carretera que sobre la parte plana del camino. Es decir, los costos son independientes entre un tramo y otro.

4.3 Descripción operativa del proyecto

En esta parte deberá describirse que es lo que sucedería una vez construido el proyecto carretero. Es decir, cuáles serían las velocidades de circulación, cuanto sería el ahorro en tiempo y en cuanto disminuirían los costos de viaje o CGV’s.

a) Velocidades de circulación

Se deberán estimar las velocidades promedio de circulación para cada tramo o tramos en que fue separado el proyecto propuesto. Estas velocidades deberán ser por tipo de vehículo y sentido de circulación.

Para estimar las velocidades, no es conveniente utilizar las velocidades de diseño del camino, ya que esto probablemente podría estar sobreestimando los beneficios. Por ello se sugiere, si es posible, utilizar el

método de asimilación, que consiste en calcular las velocidades “promedio” con el método de seguimiento de las placas⁸ de una carretera de las mismas características a la propuesta en el proyecto.

b) Costos Generalizados de Viaje (CGV)

Para calcular los CGV’s de los vehículos que circularían por el proyecto, o por cada uno de los tramos del proyecto, al igual que en la situación sin proyecto, también se recomienda utilizar el modelo computacional VOC-MEX 3.0⁹.

c) Ahorros en CGV

Deberá de construirse un cuadro en el que se comparen los CGV de las situaciones sin y con proyecto, de tal manera que se puedan observar claramente los ahorros (tiempo y operación vehicular) que generaría el proyecto (Ver Cuadro 7).

Cuadro 7. Ahorro en CGV tramo 1, sentido oriente - poniente (\$/tramo-vehículo).

Tipo de vehículo	CGV (\$/veh.-tramo)		Ahorro CGV (\$/veh.-tramo)
	Situación S/P	Situación C/P	
Automóvil	125.50	64.01	61.50
Autobús	783.25	399.46	383.79
Camión carga	389.68	198.74	190.94

5. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL PROYECTO

El propósito de este apartado es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios sociales del proyecto carretero, para posteriormente obtener la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI). Se aplica este criterio debido a que los beneficios sociales son crecientes en el tiempo (ahorros en CGV’s) y se considera que el monto de la inversión se mantiene en el tiempo “más o menos” constante en términos reales, es decir, en este tipo de proyectos el criterio de aceptación no es el valor actual neto (VAN), sino la TRI, garantizando con esto la obtención del

8. En el apartado No. 2 se hace una breve descripción del método del seguimiento de las placas.
 9. En el apartado No. 2 también se hace una breve descripción del modelo.

máximo VAN¹⁰.

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos

a) Costos de inversión

Los costos de inversión representan los costos de construcción de la carretera, tales como terracerías y terraplenes, obras de drenaje, pavimentación, derecho de vía, uso de maquinaria y equipo, mano de obra, etc. Se recomienda hacer un cuadro desglosando estos costos por concepto como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Costos de inversión del proyecto desglosados por concepto

Concepto	%	Millones de pesos
Materiales	32.9	23.5
Mano de obra	4.0	2.8
Maquinaria y equipo	37.4	26.7
Derecho de vía	19.4	13.8
Otros conceptos	6.3	4.5
Total	100.0	71.3

b) Costos de mantenimiento y operación

Deberán presentarse los costos de mantenimiento del proyecto para el primer año de operación del mismo. Es decir, independientemente de cuando se realice el proyecto, el primer año de operación y todos los siguientes años, se tendrá que incurrir en costos de conservación rutinarios anuales, que según la SCT estima ascienden a aproximadamente 35,000 \$/km-carril (cifras a agosto de 2004)¹¹.

En el caso de autopistas de cuota, también deberán de considerarse los costos de operación de las casetas de cobro, como son el pago de energía eléctrica, agua, teléfono y el pago a los empleados de la estación de cobro. Estos costos también deberán ser para el primer año de operación del proyecto.

10 Para ver detalles de la aplicación de la TRI ver Capítulo III Evaluación Financiera, apartado 5.3 Momento óptimo para invertir, de este libro de apuntes.

11. Para carreteras de un solo cuerpo de 12 metros de ancho de corona (3.5 metros de ancho para cada carril y 2.5 metros de acotamiento de cada lado).

Por otro lado, existen otros costos de conservación mayores como son el riego de sello, la sobrecarpeta y la reconstrucción. Estos costos no se incurren anualmente y su periodicidad es de al menos cada 8 años. Por lo tanto, no son relevantes para el cálculo de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), pero sí lo son si es que se desea calcular el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto y conocer en cuánto aumenta o disminuye la riqueza del país.

De acuerdo con la SCT, el monto y la frecuencia de los costos de conservación mayores son los que se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Costos de mantenimiento y conservación (cifras agosto 2004)

Concepto	Costo (\$/km.-carril)	Frecuencia
Riego de sello	55,000	Cada 8 años
Sobrecarpeta	285,000	La 1ª vez en el año 8 y posteriormente cada 16 años
Reconstrucción	725,000	Cada 16 años

Nota: Cifras para carreteras de un solo cuerpo de 12 metros de ancho de corona (3.5 metros de ancho para cada carril y 2.5 metros de acotamiento de cada lado).

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios

Independientemente del tipo de proyecto carretero que se desee llevar a cabo (construcción de un libramiento, ampliación de un cierto tramo, construcción de un trazo nuevo, etc), estos proyectos tienen como objetivo disminuir los Costos Generalizados de Viaje (CGV). Para una descripción de los beneficios directos e indirectos de los diferentes tipos de proyectos carreteros puede consultarse el Capítulo V Metodologías para la Evaluación de Proyectos, apartado 4.3 Identificación de beneficios sociales, de este libro de apuntes.

Es decir, ya sea mejorando la superficie de rodamiento, mejorando el trazo actual de una carretera sinuosa, ampliando una carretera de 2 a 4 carriles, construyendo un libramiento o construyendo una autopista de “altas” especificaciones, se logrará que los usuarios disminuyan sus CGV por circular en esas vías. Por consiguiente el beneficio social directo de un proyecto carretero es el ahorro en CGV, es decir, la sociedad percibirá un ahorro por menores costos de operación vehicular y por los ahorros en tiempo de las personas que viajan.

En este punto deberá mostrarse un comparativo de los CGV de las situaciones sin y con proyecto, para el horizonte de evaluación del proyecto¹². En el Cuadro 10 se muestra un ejemplo.

Cuadro 10. Beneficios sociales por ahorro en CGV de los vehículos desviados al libramiento, años 2004-2010 (millones de pesos de agosto de 2004).

Año	CGV S/P		CGV C/P		Ahorro en CGV		Total
	Nte-Sur	Sur-Nte	Nte-Sur	Sur-Nte	Nte-Sur	Sur-Nte	
2004	2.2	4.2	0.7	1.0	1.5	3.2	4.7
2005	2.3	4.3	0.7	1.0	1.6	3.3	4.9
2006	2.4	4.4	0.8	1.1	1.6	3.3	4.9
2010	2.7	5.1	0.9	1.2	1.8	3.9	5.7
2015	3.2	6.1	1.1	1.5	2.1	4.6	6.7
2020	3.8	7.3	1.3	1.8	2.5	5.5	8.0
2025	4.5	8.6	1.5	2.1	3.0	6.5	9.5
2030	5.4	10.2	1.8	2.5	3.6	7.7	11.3
2033	6.0	11.3	2.0	2.8	4.0	8.6	12.5

En el caso que se considere que habrá tránsito generado éste se deberá de estimar de acuerdo con la elasticidad de la demanda. Una descripción de cómo se conceptualiza este tránsito adicional o generado se expone en el Capítulo V, apartados 4.3.1 Beneficios directos en proyectos de ampliación, y 4.3.2 Beneficios directos en proyectos de mejoramiento, de este libro de apuntes. Asimismo, se deberá distinguir entre tránsito generado o tránsito desviado, de una ruta alterna, puesto que el valor de los beneficios son diferentes en cada caso.

5.3 Criterio de evaluación

Los proyectos carreteros se caracterizan porque sus beneficios son crecientes en el tiempo; ya que el número de viajes aumenta con el tiempo independientemente del momento del inicio del proyecto, siendo su Valor Actual Neto (VAN) generalmente positivo. Por consiguiente, lo más relevante en estos casos no es determinar si el proyecto se realiza o no, sino establecer cuál es el momento óptimo de inversión.

El criterio de decisión para determinar el momento socialmente óptimo para invertir es la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)¹³. Este indicador muestra que dicho

12. En proyectos carreteros se considera como horizonte de evaluación 30 años.

momento es cuando el beneficio neto del primer año de operación del proyecto es mayor o igual al costo de oportunidad social de la inversión, el cual se calcula multiplicando la tasa social de descuento por la inversión del proyecto¹⁴. La tasa social de descuento que se debe utilizar es del 12% anual, la cual es la establecida por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

a) Comparación del beneficio neto con la anualidad de la inversión

Se entiende como beneficio neto (BN) del proyecto, al ahorro en CGV (CGV sin proyecto - CGV con proyecto), menos los costos de conservación y mantenimiento de la carretera del primer año de operación. Esto es:

- $\text{Beneficio neto (BN)} = \text{Ahorro en CGV} - \text{Costos de conservación y mantenimiento}$

Este beneficio neto deberá compararse con la anualidad de la inversión y cuando el BN sea mayor o igual que la anualidad, es el momento óptimo para operar. La anualidad se obtiene multiplicando la inversión por la tasa de descuento. Esto es:

- $\text{Anualidad de la inversión} = \text{Inversión} \times \text{tasa social de descuento (Ir)}$

A manera de ejemplo, en el Cuadro 11 se muestra el cálculo del beneficio neto anual de un proyecto carretero. Donde se supone que la inversión es de 71.3 millones de pesos y la tasa social de descuento es del 12% anual.

Cuadro 11. Cálculo del momento óptimo de inversión (millones de pesos de agosto de 2004)

Año	CGV Sin Proyecto	CGV con Proyecto	Ahorro en CGV	Costos de Mtto	Beneficio Neto (BN)	Anualidad de la inversión (Ir)
2004	15.95	6.97	8.98	0.36	8.62	8.56
2005	16.51	7.22	9.29	0.36	8.93	8.56
2006	17.09	7.47	9.62	0.36	9.26	8.56

Se observa que desde el primer año, el BN es mayor que Ir, lo que indica que el momento óptimo de operar es el año 2004. Por lo tanto, si la construcción de la carretera tardara un año, convendría iniciar las obras en el 2003.

13 Para ver detalles de la aplicación de la TRI ver Capítulo III Evaluación Financiera, apartado 5.3 Momento óptimo para invertir, de este libro de apuntes.

14. Esto supone que la vida útil de la carretera es infinita.

b) Cálculo de la TRI

Para calcular la TRI, se divide el BN entre los costos totales de inversión. En el mismo ejemplo, la TRI para los años 2004, 2005 y 2006, sería de 12.1, 12.5 y 13.0%, respectivamente.

Para obtener el costo total de la inversión para obras que tengan un periodo de inversión mayor a un año, se deberá considerar que toda la inversión se lleva a cabo en el último año de construcción, para lo cual se deberá calcular el equivalente de esta inversión como si la inversión de años anteriores se hiciera ese año, llevando estos montos como un valor futuro. En la Figura 6 se expresa la forma de calcular la inversión equivalente, para casos con “n” periodos de construcción, y estar en condiciones de usar ésta para obtener la TRI.

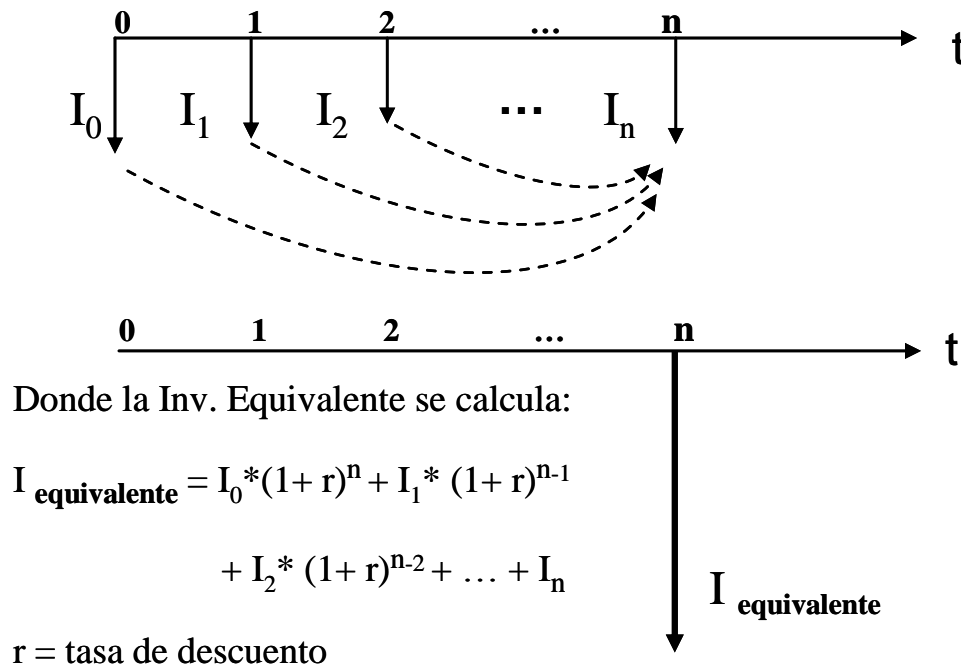


Figura 6. Inversión equivalente con “n” periodos de construcción

De acuerdo a los datos anteriores, la TRI se estaría calculando para el momento n+1. Asimismo, se deberá realizar una comparación de los montos de inversión por km de construcción para cada tipo de terreno con otros de condiciones similares, los cuáles pueden ser obtenidos directamente con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Lo anterior, debido a la importancia que esta variable tiene en el cálculo del momento óptimo.

c) Análisis de sensibilidad

Se deberá hacer un análisis de sensibilidad, analizando cambios en una sola variable a la vez (modelo unidimensional), realizando variaciones a variables como la inversión, el TDPA y el periodo de construcción. Estas variaciones se deberán establecer tomando en consideración el juicio de expertos, así como la experiencia que los funcionarios de la Unidad de Inversiones han observado en la ejecución de proyectos similares. Los resultados obtenidos de este análisis deberán de comentarse en el documento.

6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

Este apartado deberá exponer las principales conclusiones del estudio de evaluación. Es decir, indicar si conviene llevar a cabo la construcción del proyecto carretero en el corto plazo o conviene postergar su inversión. También se puede concluir que conviene destinar más recursos para realizar un estudio a nivel de prefactibilidad y calcular con mayor detalle la TRI.

Asimismo, se deberán señalar las recomendaciones del estudio, como podría ser obtener con mayor detalle los costos de inversión del proyecto, ya que un cambio de estas cifras pudiera modificar de manera importante la conclusión de cuándo iniciar las obras. Finalmente se deberán mencionar las principales limitaciones del estudio de evaluación.

7. ANEXOS

- Formato encuesta origen – destino
- Formato de aforos vehiculares

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO (CARRETERAS)

I. DATOS DE CONTROL

1. Nombre del encuestador: _____ Fecha: _____

2. Nombre de la estación de encuesta origen - destino (O/D): _____

3. Ubicación de la estación en la carretera : _____
(especificar nombre y número de carretera, así como el kilómetro de ubicación) _____

II. ENCUESTA

Sentido de circulación (tache una opción):	Norte	Sur	Oriente	Poniente
Referencia conocida hacia la que se dirige el vehículo : (por ejemplo: hacia Valle de Bravo, hacia Toluca)	_____			

U
N
O

Tipo de vehículo (seleccione una opción)		Hora de aplicación de la encuesta: _____ (anotar en formato de 24 horas)	
<input type="checkbox"/> AUTOMÓVIL	<input type="checkbox"/> CAMIONETA (Pick up, combi, suburban)	No. de ocupantes: (pasajeros por vehículo) _____	
<input type="checkbox"/> AUTOBÚS DE PASAJEROS	<input type="checkbox"/> CAMIÓN UNITARIO (Torton)		
<input type="checkbox"/> CAMIÓN ARTICULADO (Trailer)			
ORIGEN del vehículo 1. <i>¿Dónde comenzó su viaje?</i> (especificar lugar, municipio y estado)			
DESTINO del vehículo 2. <i>¿Cuál es su destino final?</i> (especificar lugar, municipio y estado)			
DESTINO INTERMEDIO 3. <i>¿Tiene alguna parada obligada o destino intermedio entre su origen y destino final? (tache una opción)</i>		SI	<i>¿Cuál es?</i> _____
		NO	(especificar lugar, municipio y estado)
4. <i>¿Cuál es su MOTIVO DE VIAJE?</i>		(SÓLO PARA VEHÍCULOS DE CARGA)	
<input type="checkbox"/> TRABAJO <input type="checkbox"/> TURÍSTICO <input type="checkbox"/> OTRO			
5. <i>¿Cuál es la FRECUENCIA de su viaje?</i>		6. <i>¿CARGA transportada? (ton.)</i> _____	
<input type="checkbox"/> DIARIO VECES * SEMANA _____ VECES * MES _____		7. <i>¿Qué transporta?</i> _____	

D
O
S

Tipo de vehículo (seleccione una opción)		Hora de aplicación de la encuesta: _____ (anotar en formato de 24 horas)	
<input type="checkbox"/> AUTOMÓVIL	<input type="checkbox"/> CAMIONETA (Pick up, combi, suburban)	No. de ocupantes: (pasajeros por vehículo) _____	
<input type="checkbox"/> AUTOBÚS DE PASAJEROS	<input type="checkbox"/> CAMIÓN UNITARIO (Torton)		
<input type="checkbox"/> CAMIÓN ARTICULADO (Trailer)			
ORIGEN del vehículo 1. <i>¿Dónde comenzó su viaje?</i> (especificar lugar, municipio y estado)			
DESTINO del vehículo 2. <i>¿Cuál es su destino final?</i> (especificar lugar, municipio y estado)			
DESTINO INTERMEDIO 3. <i>¿Tiene alguna parada obligada o destino intermedio entre su origen y destino final? (tache una opción)</i>		SI	<i>¿Cuál es?</i> _____
		NO	(especificar lugar, municipio y estado)
4. <i>¿Cuál es su MOTIVO DE VIAJE?</i>		(SÓLO PARA VEHÍCULOS DE CARGA)	
<input type="checkbox"/> TRABAJO <input type="checkbox"/> TURÍSTICO <input type="checkbox"/> OTRO			
5. <i>¿Cuál es la FRECUENCIA de su viaje?</i>		6. <i>¿CARGA transportada? (ton.)</i> _____	
<input type="checkbox"/> DIARIO VECES * SEMANA _____ VECES * MES _____		7. <i>¿Qué transporta?</i> _____	



FORMATO DE AFOROS VEHICULARES (CARRETERAS)

I. DATOS DE CONTROL					
1. Nombre del aforador: _____	Fecha: _____ (día y mes)				
Hora: _____ (formato de 24 horas)					
2. Ubicación del punto de aforo en la carretera : _____ (especificar nombre y número de carretera, así como el kilómetro de ubicación)					
3. Sentido de circulación (tache una opción):					
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25px; text-align: center;">Norte</td> <td style="width: 25px; text-align: center;">Sur</td> <td style="width: 25px; text-align: center;">Oriente</td> <td style="width: 25px; text-align: center;">Poniente</td> </tr> </table>	Norte	Sur	Oriente	Poniente	
Norte	Sur	Oriente	Poniente		
4. Referencia conocida hacia la que se dirige el vehículo : _____ (por ejemplo: hacia Valle de Bravo, hacia Toluca, etc.)					

HORA DEL DÍA (anotar cada 15 min.)	AUTOMÓVIL	PICK UP (Camionetas)	MICROBÚS	AUTOBÚS de pasajeros	CAMIÓN Unitario (torton)	CAMIÓN Articulado (Trailer)
0-15 minutos						
15-30 minutos						