



Secretaría Técnica de  
Planificación del  
Desarrollo Económico  
y Social

Presidencia de la República  
del Paraguay



Ministerio de Hacienda  
Programa de Preinversión 1143 OC-PR

# GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL INTERURBANA EN PARAGUAY

Dirección General de Promoción de Inversiones  
y Financiamiento Externo

Dirección de Inversión Pública

Asunción, Paraguay  
Marzo, 2012

# GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL INTERURBANA EN PARAGUAY

## INDICE

<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>3</b>
1.1 Sistema Vial Jerárquico del Paraguay.....	3
1.2 Tipología de Proyectos .....	4
1.3 Teoría sobre la que se basa la metodología .....	5
<b>CAPÍTULO II: FORMULACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Identificación del Problema .....	8
2.2 Caracterización del Área de Estudio.....	13
2.3 Definición del área de influencia .....	13
2.4 Oferta actual.....	14
2.5 Demanda actual y proyectada .....	16
2.6 Determinación del déficit actual y proyectado .....	18
2.7 Optimización de la situación base .....	18
2.8 Alternativas de solución.....	18
2.9 Análisis Ambiental de las alternativas.....	20
2.10 Selección preliminar de alternativas .....	23
<b>CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Evaluación Económica-Social .....</b>	<b>24</b>
3.2 Análisis de Sensibilidad.....	31
ANEXO 1_Beneficios directos e indirectos de un proyecto de vialidad interurbana.....	33
ANEXO 2_Evaluación privada de un proyecto de transporte vial.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	42

# GUÍA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL INTERURBANA EN PARAGUAY

## CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES

La inversión realizada por los países tiene un importante impacto sobre el desarrollo económico y social de sus pueblos. Sin embargo, lo relevante no es sólo el monto de recursos destinados a inversión, sino también la eficiencia con la cual estos recursos son invertidos. Esto último se traduce en destinar los escasos recursos que se disponen para inversión a aquellos sectores y proyectos en los cuales se obtendrá el mayor retorno social por unidad monetaria invertida.

En el caso específico de los proyectos de infraestructura vial, los asentamientos humanos requieren de facilidades de transporte para el desarrollo de sus actividades sociales y de crecimiento económico. Sin embargo, la provisión de estas facilidades conlleva inversiones por lo general cuantiosas con efectos irreversibles. Debido a ello deben ser cuidadosamente analizadas en función a diferentes alternativas de acción.

La evaluación socioeconómica de los proyectos ayuda a tomar estas decisiones al comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implican para la sociedad, determinando la verdadera contribución de ellos al crecimiento económico y su distribución a lo largo del tiempo.

En este contexto, el objetivo de este documento es entregar una pauta uniforme para la formulación y evaluación de los proyectos de infraestructura vial interurbana, de manera de disponer de criterios técnicos y económicos que permitan seleccionar y priorizar los proyectos de infraestructura vial interurbana que maximicen el bienestar de la sociedad.

### 1.1 Sistema Vial Jerárquico del Paraguay

El Sistema Vial Jerarquizado de la República del Paraguay está conformado por carreteras de las redes Primaria, Secundaria, y Terciaria, que cumplen las siguientes funciones:

SISTEMA VIAL	CARACTERÍSTICA	COMPETENCIA
<b>Red Primaria</b>	Comprende las Rutas Nacionales. Entiéndase con esta denominación: (1) las que partiendo de la Capital de la República se internan o cruzan el interior del país; (2) las que atravesando dos o más departamentos conducen a capitales departamentales o ciudades importantes; (3) las que por razones geopolíticas y/o socioeconómicas están llamadas a convertirse en corredores viales de integración regional del MERCOSUR; (4) las que llegan a los puertos nacionales administrados por el estado o puertos habilitados.	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - MOPC
<b>Red Secundaria</b>	Comprende las Rutas Departamentales. Entiéndase con esta denominación: (1) las que recorren todo un departamento o la mayor parte de él; (2) las que unen a no más de dos capitales departamentales; (3) las que unen una capital departamental con una ruta nacional; (4) los que	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - MOPC

SISTEMA VIAL	CARACTERÍSTICA	COMPETENCIA
	unen dos o más rutas nacionales; y (5) las que unen una capital departamental con un punto de la frontera nacional.	
<b>Red Terciaria</b>	Comprende los Caminos Vecinales. Entiéndase con esta denominación todos los caminos de uso público que no corresponden a la clasificación de rutas nacionales, rutas departamentales o vías municipales.	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones - MOPC
<b>Red Municipal</b>	Comprende las Vías Municipales. Entiéndase con esta denominación las vías de uso público que se encuentran comprendidas dentro del ejido municipal, salvo las fracciones de rutas nacionales y rutas departamentales que atraviesan dicho ejido y que son jurisdicción del MOPC.	Municipios de la República del Paraguay

**Fuente:** Proyecto de Ley “Que actualiza la definición de la red vial nacional”, Artículo 1°.

## 1.2 Tipología de Proyectos

Las tipologías de proyectos que aborda esta metodología son las siguientes:

- a) **Ampliación:** Corresponde a aquellos proyectos que aumentan la capacidad vehicular de un camino mediante la variación de la sección transversal. Por ejemplo la construcción de segundos o terceros carriles, ampliación de puentes o adición de carril fuera de la calzada para Tránsito No Motorizado (TNM).
- b) **Mejoramiento del trazado:** Corresponde a aquellos proyectos que aumentan la calidad del servicio existente mediante cambios en la trayectoria del camino, por ejemplo: Disminución de la curvatura de un camino, disminución de las pendientes de un camino, construcción de un nuevo camino alternativo o variante, construcción de un túnel que evita una cuesta, construcción de un puente nuevo o paso a desnivel.
- c) **Mejoramiento de la superficie de rodadura:** Corresponde a aquellos proyectos que aumentan la calidad del servicio mediante el cambio de la superficie de rodadura, por ejemplo: Pavimentación de un camino de tierra a carpeta de ripio, pavimento tipo empedrado, con adoquín o a pavimento asfáltico o a pavimento con concreto de hormigón.
- d) **Reposición de la carpeta de rodadura:** Consiste en renovar parcial o totalmente la carpeta de rodadura deteriorada, incluyendo las obras básicas necesarias, por ejemplo: Repavimentación de una carpeta de hormigón, Recapado con mezcla asfáltica<sup>1</sup>, Reposición de la carpeta de un camino de ripio.
- e) **Construcción:** Corresponde al desarrollo de nueva infraestructura vial en un sector que no dispone de ella.

<sup>1</sup> Considera el retiro de la carpeta asfáltica existente para dar cabida a la carpeta asfáltica proyectada.

- f) **Habilitación:** Consiste en recuperar el nivel de servicio disminuido o perdido de la vía a través de un conjunto de actividades destinadas a recuperar, reponer y/o reconstruir sus elementos constituyentes.

Adicionalmente, es necesario señalar que la “conservación” vial no es un proyecto de inversión pública, si no que un gasto corriente necesario para el funcionamiento del camino o carretera, ya que corresponde a un conjunto de actividades destinadas a preservar, en forma continua y sostenida, el buen estado de las vías, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario; es decir, no modifica la estructura de la carretera existente y su objetivo es evitar el deterioro prematuro de la vía. La conservación comprende las siguientes actividades:

- i. **Mantenimiento rutinario:** Conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y la restitución de la demarcación, que deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías. Incluye también la limpieza y las reparaciones menores y localizadas de las estructuras de puentes.
- ii. **Mantenimiento periódico:** Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de ripio, tratamientos superficiales o recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, según el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente. El mantenimiento periódico de los puentes incluye la limpieza, pintura y reparación o cambio de elementos estructurales dañados o de protección.

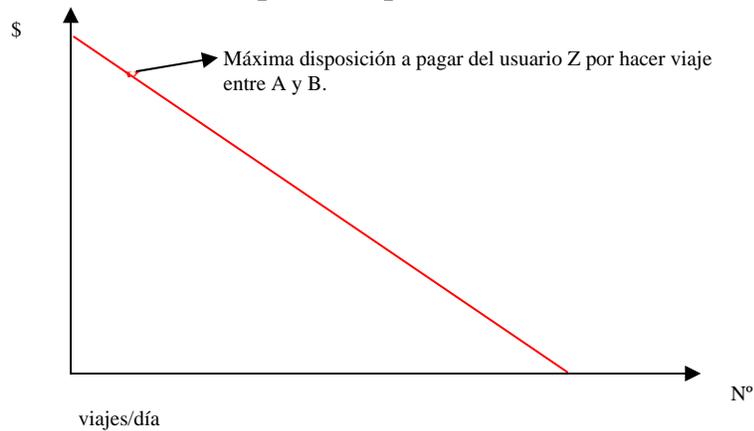
### **1.3 Teoría sobre la que se basa la metodología**

Para facilitar la comprensión de los conceptos demanda y oferta en el mercado del transporte, tomaremos como ejemplo dos localidades: A y B, las cuales se encuentran conectadas por un camino:

La demanda por transporte (viajes) entre las localidades A y B puede ser graficada de la forma en que se presenta en la Figura N° 1.

Esa demanda representa la máxima disposición a pagar por hacer un viaje entre A y B, para cada uno de los usuarios del camino. Esta máxima disposición a pagar dependerá del beneficio esperado que tenga el usuario del camino por hacer un viaje en particular.

**Figura N° 1: Demanda por transporte entre las localidades A y B (viajes/día)**



El costo en que incurren los usuarios del camino, se denomina “Costo Generalizado de Viaje (CGV)”, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$\text{CGV} = \text{COV} + \text{CTV} + \text{Peaje}$$

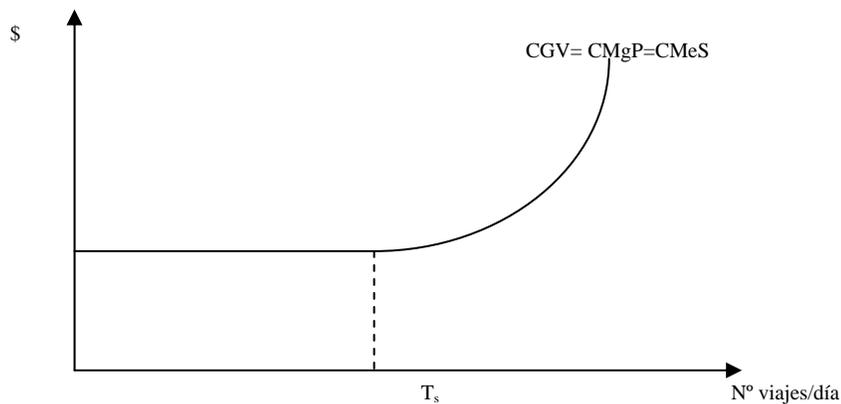
Donde COV representa los costos de operación vehicular (combustible, lubricantes, neumáticos, entre otros), CTV es la valoración del tiempo de viaje de los pasajeros, al que se debe sumar los costos monetarios asociados al pago de los peajes que existan en la ruta.

Tal como se aprecia en la Figura N° 2, la curva de costos generalizados de viajes presenta dos tramos bien definidos. El primer tramo corresponde a una situación de flujo libre y se caracteriza porque la incorporación de un vehículo a la ruta no altera el costo de los demás usuarios ( $C_0$ ) del camino, mientras que el segundo tramo comienza a partir de  $T_s$  (tráfico de saturación de la ruta) y corresponde a una situación de congestión, caracterizada principalmente porque la incorporación de un vehículo adicional incrementa los costos de los otros usuarios, ya que disminuye la velocidad promedio de los otros vehículos que utilizan la ruta, lo cual hace aumentar los costos de operación vehicular (combustible) y el tiempo de viaje.

El CGV es equivalente al Costo Marginal Privado (CMgP) que percibe el usuario por realizar un viaje. Además, dado que el CGV es el costo que percibe cada uno de los usuarios de la vía, también será igual al Costo Medio Social (CMeS).

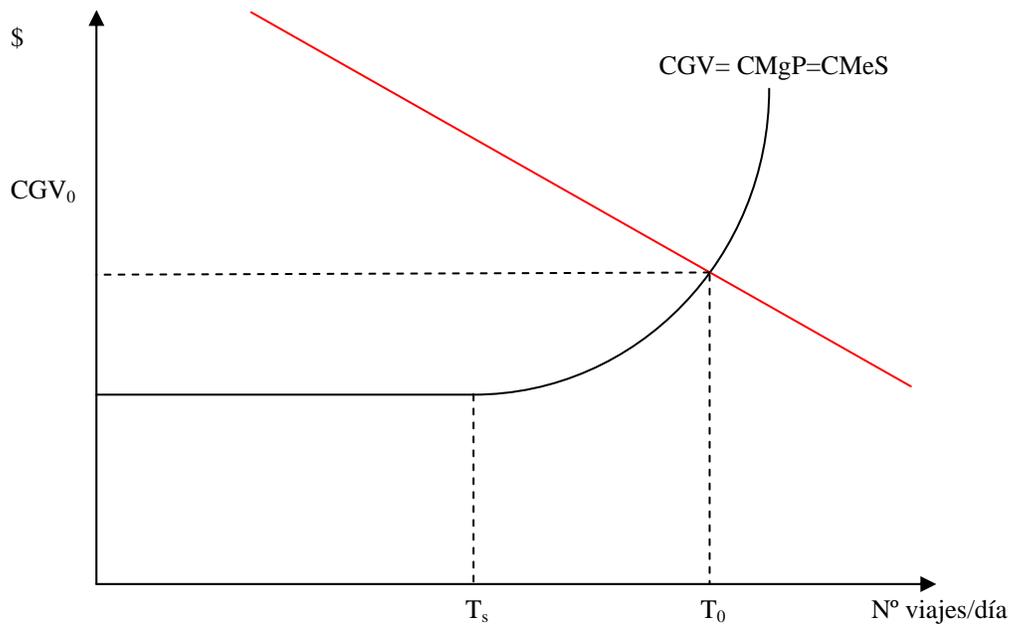
Es conveniente señalar que el “costo privado” representa el Costo Generalizado de Viaje para un individuo particular, en cambio el “costo social” representa el costo que tiene para la sociedad en su conjunto.

**Figura N° 2: Curva de Costos Generalizados de Viaje entre A y B**



El CGV de los vehículos que circulan por un camino depende fundamentalmente de: i) La geometría del camino, ii) el tipo y estado de la carpeta de rodadura, iii) El tipo de vehículos que circulan, iv) el volumen, composición y distribución vehicular y v) el precio de los insumos (combustible y otros insumos de operación vehicular).

**Figura N° 3: Equilibrio en el mercado del transporte**



La Figura N° 3 representa el equilibrio en el mercado del transporte. Como se puede apreciar, el equilibrio se alcanza donde la demanda se intercepta con la curva de Costo Generalizado de Viaje y en este equilibrio se realizan  $T_0$  viajes con un Costo Generalizado de Viaje equivalente a  $CGV_0$ .

En conclusión, podemos señalar que un proyecto de infraestructura vial lo que hace es reducir los costos generalizados de viaje entre los puntos o localidades A y B, ya sea mediante el mejoramiento y/o ampliación de la infraestructura vial.

## CAPÍTULO II: FORMULACIÓN DEL PROYECTO

### 2.1 Identificación del Problema

En esta sección de la metodología se entregan al formulador de proyectos algunas herramientas básicas para que pueda identificar adecuadamente el problema central que enfrenta la población afectada, así como las causas que lo generan y sus efectos.

El punto de partida para solucionar un problema es identificarlo de forma adecuada, para esto existe una serie de enfoques e instrumentos en que apoyarse, y en particular, más adelante, se describirá el método del árbol de problemas, método que ayuda a identificar las causas y los efectos de un problema.

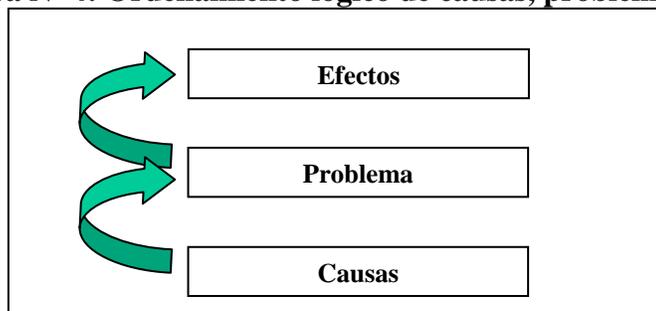
Este primer paso en el proceso de preparación de un proyecto puede ser considerado estratégico, ya que la correcta definición del problema, permitirá identificar las causas, y las formas de revertirlas, que son las alternativas del proyecto. Si se descarta la mejor alternativa de solución al problema en el inicio, es muy probable que no sea posible incorporarla en las etapas posteriores. En este sentido, la primera cuestión a resolver en el análisis es la de identificar el problema central, esto significa buscar la forma como se debe expresar comprensivamente la cuestión que se desea resolver.

Esto no es una tarea simple, debido que la mayoría de las veces la información inicial que se tiene respecto de un problema es informal y variada o son ideas no muy elaboradas presentadas por autoridades o ciudadanos.

No es extraño que un “problema” sea presentado como “falta de tal o cual proyecto” o “falta pavimentar el camino entre las localidades A y B”, expresiones que no describen un problema como tal. Lo que corresponde frente a estas situaciones es preguntarse “por qué” hace falta un camino pavimentado, o el proyecto que sea.

Esquemáticamente, la lógica causal entre causas, problema y efectos se puede representar de la siguiente manera.

**Figura N° 4: Ordenamiento lógico de causas, problema y efectos**



**Fuente:** DPPI/ILPES

En este orden se presentan dos cosas: en primer lugar, detectar el problema y en segundo lugar, analizar el problema.

Tal como se ha dicho, en el “origen de las ideas de proyectos” están las principales fuentes que permiten detectar un problema. El análisis es otra cosa, esto implica un trabajo especulativo e indagatorio de quienes están encargados de la preparación de proyectos, lo que es necesario complementar con la visión de quienes estarían siendo los afectados por el proyecto.

Por otro lado, es necesario ante un sin número de problemas, que se presentan alrededor de una situación, definir la prioridad de cada uno de los problemas. Esto significa, indicar cuál es la importancia de un problema respecto de otro. También, es necesario descubrir y señalar las relaciones entre problemas, algunos tendrán una relación causal, o sea, un problema provoca otro y habrá otros que no estarán relacionados. De esta manera, se tendrá un problema central (el de mayor importancia ó prioridad) a abordar con las debidas relaciones causales y también podremos discriminar sobre algunos problemas que no están relacionados (criterio de selectividad) y que pueden formar parte de otro análisis.

Del mismo modo hay que conocer si los problemas que se presentan son reales (están ocurriendo en el momento) o son problemas potenciales (que pueden ocurrir en el futuro) que pueden derivarse de una situación existente y cuya manifestación tiene un horizonte mayor en el tiempo. Este conocimiento respecto de las características de los problemas permite tener también una idea sobre la prioridad, respecto de cuál es el problema a abordar. Los inminentes (reales) los tendremos que resolver antes y programar adecuadamente la búsqueda de solución de los potenciales.

Para estos efectos, se describe a continuación el “Método del Árbol de Problemas”, que ayuda en el análisis de los problemas y elementos sobre cómo abordar la participación.

Para la elaboración del “árbol del problema” o de “causas y efectos” se sugiere seguir los siguientes pasos:

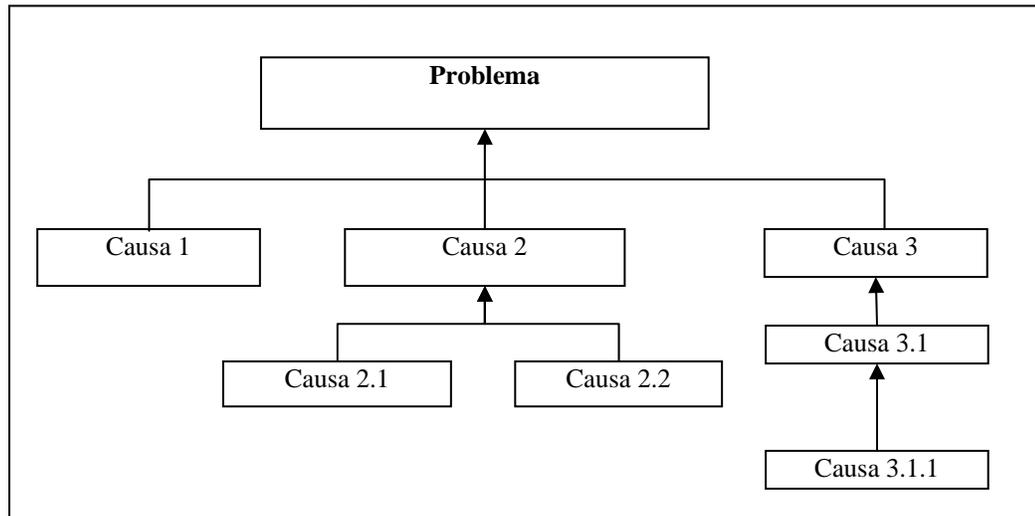
- a) Definir el problema central  
En términos de análisis se recomienda que a partir de una primera “lluvia de ideas” establecer cuál es, a juicio del grupo de analistas, el problema central que afecta a la comunidad analizada.  
Formular el problema central en estado negativo y no debe confundirse con la ausencia de una solución. No es lo mismo decir falta pavimentar el camino (falta de solución), que decir que existen “Deficiente conectividad vial” en un área específica (problema).  
Se debe centrar el análisis de causas y efectos en torno a un solo problema central. Lo que permite acotar el análisis y ser más efectivo en recomendar soluciones.
- b) Gráfica del árbol de causas  
A partir del problema central, hacia abajo, se identifican todas las causas que pueden originar el problema.

Es muy importante tratar de determinar el encadenamiento que tienen estas causas. En particular, es muy importante tratar de llegar a las causales primarias e independientes entre

sí que se piensa que están originando el problema. Mientras más raíces se puedan detectar en el árbol de causas, más cerca se estará de las posibles soluciones que se deben identificar para superar la condición restrictiva que se ha detectado.

En el siguiente cuadro se muestra esquemáticamente el árbol de causas:

**Figura N° 5. Árbol de Causas.**



**Fuente:** ILPES-DPPI

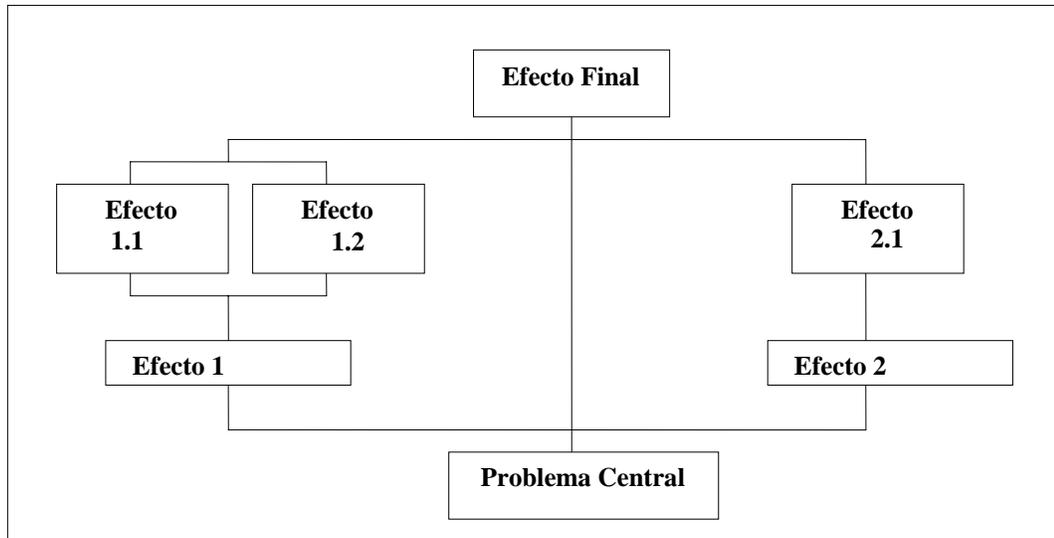
c) Análisis de efectos del problema

En este punto se trata de explicar qué es lo que sucedería ante la persistencia del problema, es decir, ante la no implementación de un proyecto que lo solucione.

Teniendo presentes estas indicaciones, se construye un diagrama que representa el problema central con sus efectos, de forma tal que además permita visualizar la importancia que tiene el problema, esto como se indica en la Figura N° 6.

Como se puede observar en la Figura N° 6, una vez identificado el problema central se grafican los efectos hacia arriba, algunos de los cuales podrán estar encadenados y/o dar origen a varios otros efectos, para ello hay que seguir un orden causal ascendente. Esto quiere decir que el efecto 1, de primer nivel, provoca el efecto 1.1 y el efecto 1.2 de segundo nivel, esto es el “encadenamiento de los efectos”. Si se determina que los efectos son importantes y se llega, por tanto, a la conclusión que el problema amerita una solución se procede al análisis de las causas que lo están ocasionando.

**Figura N° 6: Árbol de efectos**



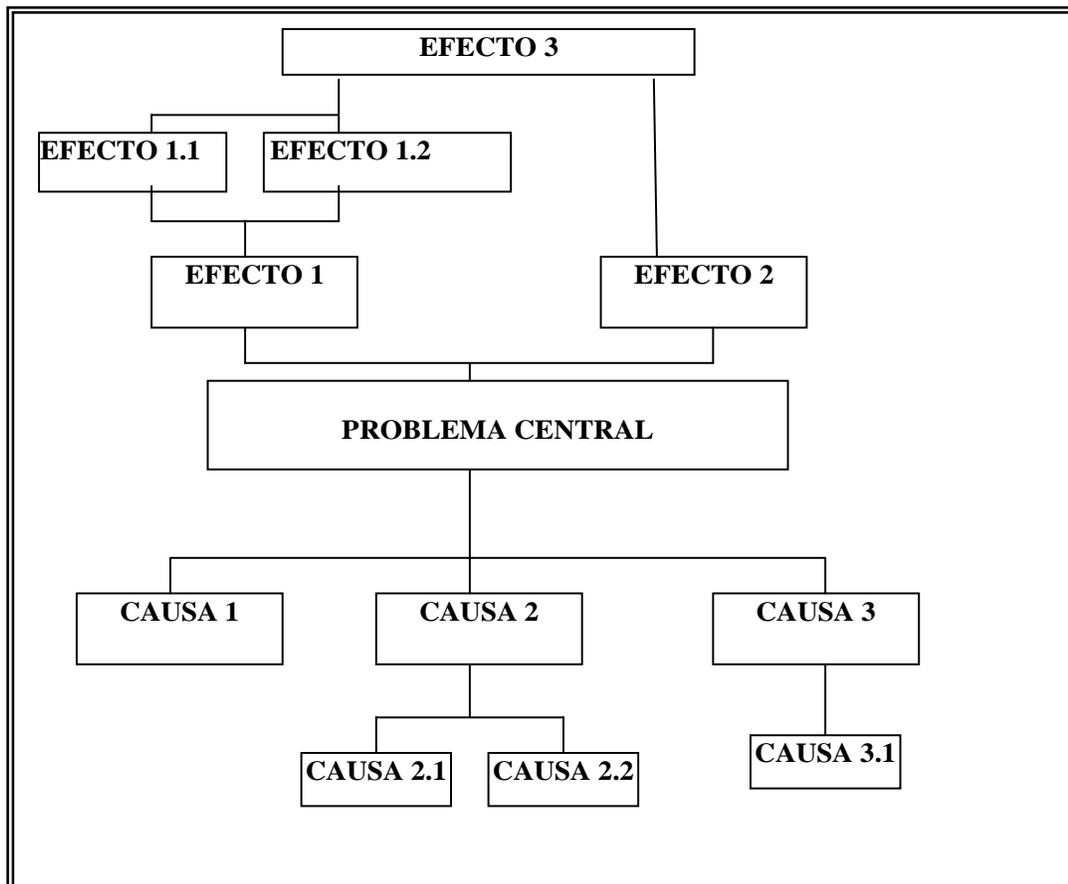
**Fuente:** *ILPES/ DPPI*

- d) Construcción del árbol del problema (de causas y efectos)  
Una vez que se han identificado las causas y efectos del problema central, el paso siguiente es integrarlas en un sólo gráfico (ver Figura N° 7).

En conclusión, podemos señalar que el cuadro de la Figura N° 7 representa el resumen de la situación del “problema” analizado.

Al respecto, es importante señalar que, en esta primera etapa de la preparación de un proyecto, todos los planteamientos, además de contribuir a ordenar el camino a seguir en el desarrollo de las alternativas de solución que se pueda proponer, se hacen en términos de hipótesis de trabajo que se deben corroborar o rechazar en función de la profundización de los estudios que necesariamente hay que hacer, incluido en esto la consulta a los afectados a través de métodos participativos.

**Figura N° 7: Árbol del problema (integración entre árbol de causas y efectos)**



Fuente: ILPES/DPPI

e) Construcción del árbol de objetivos

Una vez que se ha construido el árbol del problema es posible elaborar el árbol de objetivos, para ello se deben cambiar todas las condiciones negativas del árbol de problemas a condiciones positivas que se estime que son deseadas y viables de ser alcanzadas. Al hacer esto, todas las que eran causas en el árbol de problemas se transforman en medios y los que eran efectos se transforman en fines y lo que era el problema central se convierte en el “objetivo central” o “propósito del proyecto” a formular.

## 2.2 Caracterización del Área de Estudio

El área de estudio es el área geográfica en la que se ha detectado el problema identificado previamente y en esta sección se identificarán los antecedentes sociales, económicos y productivos que debe recopilar el formulador de proyectos para caracterizarla adecuadamente.

## 2.3 Definición del área de influencia

El área de influencia es el área geográfica en la que el proyecto se constituye como una alternativa de solución al problema detectado y en este caso, corresponde a la red vial que se verá impactada por el proyecto.

El área de influencia del proyecto está conformada por dos componentes que se describen a continuación:

- a) Área de proyecto o Área de Influencia Directa: Corresponde al espacio físico en el cual se emplaza el camino y que será afectado directamente por las obras que su ejecución involucra.
- b) Área de análisis de impactos o Área de Influencia Indirecta: Corresponde al área geográfica que será servida, influida o modificada por la ejecución de un proyecto vial. Es decir, corresponde a aquella en la cual se espera que se produzcan los impactos asociados al proyecto, tales como: cambios en la estructura del uso de la tierra, en los precios de los bienes al pie del predio, en los costos de producción y en la modalidad de transporte utilizada.

Para identificar el área de análisis de impactos, se recomienda describir los siguientes sistemas involucrados:

- i. Sistema de actividades: Considerando los aspectos relativos al sistema de actividades, el proceso de definición del área de análisis de los impactos se puede facilitar mediante la generación de una serie de mapas que contengan la distribución espacial de las áreas a las cuales se les está mejorando sus condiciones de acceso, identificando el tipo de recursos que es posible explotar o el tipo de actividad que es posible desarrollar, estableciendo sus límites a partir de condiciones topográficas de la zona y el grado de restricción que ella impone para la explotación o desarrollo de las potenciales actividades que se han identificado. Tales mapas, se superponen para delimitar la zona de influencia según la envolvente de los límites establecidos en cada uno de ellos.
- ii. Sistema de transporte: Considerando los aspectos relativos al sistema de transporte, el proceso de definición del área de análisis de los impactos se limita a establecer cuál será la infraestructura o modos de transporte que será afectada por posibles reasignaciones de flujos, o bien por incrementos importantes en los volúmenes actuales derivados de flujos vehiculares generados por cambios en el sistema de actividades inducidos por el proyecto, para luego proceder a identificar espacialmente dicha infraestructura.

Se debe considerar en este análisis, de ser pertinente, que los modos de transporte aéreo y ferroviario son sustitutos del transporte vial, pero en ocasiones también pueden ser complementarios, ya que para acceder al aeropuerto o a la estación de ferrocarriles los pasajeros deben por lo general utilizar un medio de transporte vial. De igual forma, es posible que algunos caminos o carreteras dentro del área de influencia del proyecto sean sustitutos o complementos del camino que está siendo estudiado.

- iii. Sistema ecológico: Se define los límites geográficos de las áreas, ubicadas al interior de la cuenca, que se encuentran asociadas a áreas protegidas, reservas forestales, parques nacionales o áreas muy inestables en su medio ambiente y que serán afectadas por el proyecto.

Mediante la superposición de las áreas delimitadas por el sistema de actividades, el sistema de transporte y sistema ecológico, se procederá a definir la envolvente de todas ellas, la cual representará los límites del área de análisis de los impactos del proyecto.

## **2.4 Oferta actual**

En esta sección se debe detallar la oferta de transporte, tanto la de la infraestructura vial como de otros medios de transporte que sean pertinentes (aéreo y/o ferroviario).

Respecto a la oferta de los servicios de transporte aéreo y ferroviario, se debe identificar:

- i. Volúmenes actualmente transportados por cada modo, diferenciados por origen-destino. En ambos casos las empresas manejan registros confiables del número de pasajeros transportados entre cada par origen-destino servido.
- ii. Los atributos de los servicios ofrecidos. Para su determinación se debe realizar un catastro de los servicios relevantes en la zona modelada, el cual debe ser realizado en las estaciones de ferrocarriles o terminales aeroportuarios, identificando cada uno de los servicios, distinguiéndolos de acuerdo con la calidad ofrecida y su tarifa.
- iii. Itinerarios y frecuencias. Las empresas de ferrocarriles y aviones se rigen de acuerdo con itinerarios de viaje, es decir, con planes preestablecidos de salida y/o llegada a las distintas ciudades o localidades servidas.
- iv. Tiempo de viaje. Si no existe una disparidad significativa entre los itinerarios prefijados y los reales, el tiempo de viaje puede ser obtenido directamente de los itinerarios prefijados por las empresas de transporte de pasajeros; sin embargo, si la situación real presenta una disparidad importante, entonces el tiempo de viaje debe ser obtenido directamente de las estadísticas de tiempo de viaje que mantienen las empresas.

Respecto a la infraestructura vial existente, su descripción comprenderá la composición geométrica de la plataforma vial, con sus concomitancias en la operación de los distintos elementos constitutivos de la misma; del drenaje de ella, describiendo el tipo y estado de las obras de arte y del estado de la carpeta de rodadura.

Los parámetros geométricos del camino son requeridos fundamentalmente por el modelo de consumo de recursos para estimar los CGV y el modelo de deterioro de la carpeta de rodadura.

Por lo tanto, para cada sector definido se deberá incluir al menos la siguiente información:

- i. Longitud del camino (kilómetros): Corresponde a la medida del tramo al cual se le desean calcular los consumos de recursos, expresada generalmente en kilómetros o metros. Dicha longitud no es necesariamente horizontal y debe representar el recorrido real de los vehículos.
- ii. Curvatura Horizontal: Corresponde a una medida expresada en grados sexagesimales por kilómetro (°/Km), que indica el grado de curvatura en planta de un tramo de camino; es decir, permite saber si dicho tramo es recto, sinuoso o con muchas curvas en planta.
- iii. Características verticales: Corresponde a las características geométricas ligadas a las variaciones de altura del trazado del camino que definen su perfil longitudinal. Esta característica puede ser registrada de distintas maneras según sea el modelo disponible para el cálculo de los consumos. En general estos modelos necesitan conocer, ya sea en forma agregada o desagregada, las subidas y las bajadas expresadas en metros (se debe recordar que las subidas en un sentido, son bajadas en el sentido contrario). Las subidas o bajadas se calculan como la distancia vertical entre dos puntos o como la diferencia de cotas entre el punto más alto y el punto más bajo de un trazo.
- iv. Características de la sección transversal del camino: Se refiere a las características de la sección transversal de un tramo: número de pistas, ancho de la calzada, existencia y ancho de bermas, existencia y ancho de mediana.
- v. Características de la superestructura del camino: El tipo, el estado de conservación o deterioro, la capacidad estructural y la vida útil remanente representan las características más relevantes de la superestructura del camino para efectos del diagnóstico de la oferta vial y la modelación del consumo de recursos.

Uno de los parámetros relevantes que se debe determinar es la rugosidad superficial, la cual se define como la desviación del perfil efectivo de la superficie de rodado, tanto en sentido longitudinal como transversal, con respecto al perfil de diseño. Su incremento puede corresponder a defectos de construcción de la carpeta o terminación defectuosa del pavimento y/o reflejar la evolución del deterioro funcional y/o estructural de la carpeta.

La irregularidad superficial es una característica del camino que afecta básicamente la seguridad y comodidad de los pasajeros y conductores, así como el costo operacional de los vehículos.

Existen diferentes métodos y equipos para caracterizar la irregularidad superficial, los que entregan distintos índices y valores para una misma superficie. Con el fin de unificar los parámetros obtenidos y correlacionar los distintos métodos y equipos, se ha definido un sistema patrón o parámetro IRI (International Roughness Index) como la razón de acumulación en metros del desplazamiento de un vehículo tipo, que circula a una velocidad de 80 km/hr, y la distancia recorrida expresada en kilómetros.

## **2.5 Demanda actual y proyectada**

En esta sección se identificará la información de flujo vehicular que debe recopilar el formulador de proyecto y la metodología que éste deberá seguir para realizar una estimación del flujo vehicular en el periodo de evaluación del proyecto.

La demanda de un camino está determinada por el flujo de vehículos que circulan por él. El flujo vehicular de un camino se representa por el “Tráfico Medio Diario Anual (TMDA)”, es decir, la cantidad de vehículos al día que circulan en promedio durante el año (en ambas direcciones).

Para determinar el TMDA se deben realizar conteos de tránsito para cada tramo del camino. Para que las mediciones realizadas sean representativas del comportamiento del flujo en el período que se quiere caracterizar, se debe seleccionar las fechas y la localización de los medidores de manera de evitar condiciones atípicas (por ejemplo, se debe evitar realizar un conteo vehicular en un día feriado).

Por otra parte, de acuerdo a los antecedentes respecto a las principales actividades que generan el flujo vehicular circulante por el camino bajo análisis, se deberán definir temporadas específicas de acuerdo a las variaciones relativas del nivel de flujo medio esperado, teniendo como referencia un año calendario. Por ejemplo, si las actividades generadoras de flujo están relacionadas con la hortofruticultura, la temporada de alta demanda corresponderá a la época de cosecha y transporte a los centros de venta (o puertos).

Se sugiere realizar al menos un conteo de tránsito de 24 horas por temporada que se identifique en el año, dependiendo de la estacionalidad del flujo vehicular que presente la zona en la que se ubica el proyecto. En el caso de proyectos que además presenten una alta variabilidad entre días de la semana, se sugiere realizar el mismo procedimiento pero además cubriendo el comportamiento durante distintos días de la semana.

Todas las mediciones del TMDA requieren desagregar los flujos, en al menos, las siguientes categorías de vehículos:

- a) Livianos
- b) Carga liviana
- c) Bus
- d) Camión 2, 3, 5 ejes

Para los proyectos viales en que existe congestión vehicular, será necesario disponer de la variación horaria del tránsito. Para ello, se debe determinar el promedio horario de las mediciones efectuadas.

Una vez que se dispone de la información horaria, es conveniente generar una curva de carga del camino, según el siguiente criterio: se define "hora 1" como la hora del año en que circuló el mayor tránsito por el camino (en ambas direcciones), "hora 2" a la segunda de mayor tránsito y así sucesivamente.

Es recomendable elaborar un cuadro con las horas de mayor tránsito en el año, tal como se detalla a continuación (se presenta un ejemplo para la hora 1):

Hora	Fecha	Día	Hora del día	Veh/hora	% Veh. Livianos	% Veh. de carga liviana	% Buses	% camiones 2, 3 y 5 ejes.
1	20/03/12	Martes	14:00	750	60	30	10	
2								
3								
.								
.								

Una vez generado el cuadro anterior, es conveniente hacer un análisis exhaustivo de las primeras horas y describir cualitativamente el estado en que opera el camino en, al menos, las horas 1, 5, 10, 20 y 50. Esto permitirá tener una idea de los problemas de saturación de la vía y del número de días en que ocurre.

En función de la información recopilada sobre la demanda vehicular actual y el sistema de actividades, se debe realizar una estimación de la evolución futura de la demanda vehicular en el horizonte de evaluación considerado.

En esta etapa se debe identificar el tránsito proyectado de acuerdo con la siguiente tipología de tránsito vehicular:

- i. Tránsito normal: Corresponde a los usuarios existentes que no cambian su ruta ni origen-destino por la ejecución del proyecto.
- ii. Tránsito desviado: Corresponde a los vehículos que cambian su ruta por efecto del proyecto, pero mantienen su origen y destino.
- iii. Tránsito transferido: Corresponde a los vehículos que por la realización del proyecto modifican su origen-destino. Por ejemplo, un productor que al disponer de un camino en mejores condiciones decide comprar insumos en otra localidad.
- iv. Tránsito inducido: Corresponde a los vehículos que producto del proyecto deciden realizar viajes que en la situación sin proyecto, no harían. Esto puede ser producto del incremento de la frecuencia de viajes de los usuarios existentes o por nuevos usuarios que se incorporan a la red vial por la realización del proyecto. Por ejemplo, la construcción de un camino de penetración induce tránsito al permitir la explotación de áreas que antes eran inaccesibles o usuarios de un camino que por la disminución de

los costos de viaje y/o la eliminación de intransitabilidad en días de lluvia deciden aumentar la frecuencia de viajes.

Para proyectar la demanda vehicular futura se puede utilizar la tasa de crecimiento histórica del tráfico. Otra posibilidad, es estimar el desarrollo que tendrán las actividades productivas y a partir de eso, derivar el tráfico asociado.

Para estimar el tránsito desviado y transferido que genere un proyecto, será necesario utilizar información de encuestas de origen-destino de viajes.

## **2.6 Determinación del déficit actual y proyectado**

En esta sección se entregarán los elementos de análisis para que el formulador de proyectos estime adecuadamente el déficit de infraestructura vial de transporte interurbano en el horizonte de evaluación si es que el proyecto no se ejecuta.

## **2.7 Optimización de la situación base**

En esta sección se debe describir claramente la situación actual del camino y la situación sin proyecto que se adoptará para la evaluación.

La situación sin proyecto corresponde a la situación actual optimizada, la cual se determina ejecutando obras de inversión menores o medidas de gestión, factibles y rentables, que mejoran las condiciones de operación del camino. Muchas veces no es necesario evaluar económicamente estas inversiones, pues aparecen como evidentemente rentables. Por ejemplo, cuando se desea mejorar la carpeta de rodadura de un camino de tierra en mal estado por una carpeta de ripio, la optimización puede consistir en la utilización de maquinaria que compacte el terreno y mejore la rugosidad del camino de tierra.

Además, se deben incorporar todas aquellas mejoras que se ejecutarán durante el horizonte de evaluación y cuya realización es independiente del proyecto analizado. Por ejemplo, en el caso de un camino que tiene problemas de anegamiento en el invierno, por causa de un sistema de drenaje insuficiente, la situación sin proyecto (optimizada) deberá considerar la solución de ese problema, pues se ejecute o no el proyecto, el camino no puede mantenerse en esas condiciones.

## **2.8 Alternativas de solución**

Se deben estudiar y describir todas las alternativas que den solución al problema vial en análisis y que sean técnicamente factibles de realizar.

Dentro de las alternativas de solución habrá que considerar, cuando se justifique:

- a) Distintas alternativas de localización: En el caso de proyectos de reposición, mejoramiento de carpeta de rodadura o ampliación de caminos existentes, la localización del camino está definida por el trazado existente; sin embargo, en proyectos de construcción de caminos nuevos o de mejoramiento del trazado de un camino existente (por ejemplo, construcción de un puente, de un túnel o de un by-

pass), la localización del camino es un aspecto fundamental en el estudio de alternativas.

El estudio de alternativas de trazado deberá considerar las restricciones de tipo ambiental y de riesgo a desastres que limiten la ubicación de las facilidades en sitios sensibles a este tipo de modificaciones.

- b) Distintos tamaños del proyecto: El tamaño del proyecto se puede definir como la capacidad de producción o de prestación de servicios por un período dado. En este caso la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Al respecto, es importante estudiar:

- i. El número y ancho de pistas.
  - ii. Tramos del camino a intervenir, ya que si un tramo tiene un VAN social negativo, debe excluirse, ya que los beneficios de su mejoramiento no cubren los costos involucrados y en una situación de restricción presupuestaria, podría ser conveniente postergarlas o excluirlas. La tramificación del camino se realiza identificando aquellos sectores con distintas características geométricas o de demanda y asignando a cada uno de ellos la inversión y los costos de mantenimiento asociados.
- c) Distintas carpetas de rodadura: Se debe analizar distintas alternativas de carpetas de rodadura, tales como ripio, doble tratamiento asfáltico, concreto asfáltico y hormigón.
  - d) Distintas tecnologías y procesos: La tecnología del proyecto se refiere al conjunto de procedimientos y medios que el proyecto utilizará para la producción del bien o servicio. El análisis de la tecnología tendrá que considerar y seleccionar las diversas alternativas de medios y procedimientos, así como valorar los beneficios y consecuencias de usar una u otra opción tecnológica.

Este estudio debe abarcar los siguientes aspectos:

- i. Tecnología para el proceso de construcción: se deben estudiar distintas alternativas tecnológicas para el proceso de construcción o ejecución del proyecto, por ejemplo, uso de hormigones de secado rápido, equipos y maquinaria a utilizar, entre otros.
- ii. Tecnología para la señalización y seguridad vial: se deben estudiar distintas alternativas tecnológicas relacionadas con la señalización y seguridad del camino, por ejemplo, tipo de pintura refractante, alternativas de iluminación, tipo de barreras, entre otros.
- iii. Tecnología para la administración y operación del control de tránsito: se deben estudiar distintas alternativas tecnológicas relacionadas con la administración y operación del control de tránsito, por ejemplo, control y sincronización de semáforos, sistemas inteligentes de tránsito, entre otros.

- e) Distintos momentos de inicio de obras, de manera de determinar el momento óptimo de inversión, para cada una. Al respecto, el momento óptimo de iniciar un proyecto vial corresponde a aquel en que se maximiza el VAN. Por ejemplo, a pesar de que un proyecto sea rentable puede resultar conveniente postergar su ejecución en algunos años y destinar esos recursos a la ejecución de otros caminos más urgentes.

## **2.9 Análisis Ambiental de las alternativas**

El formulador del proyecto deberá tener presente la normativa legal vigente y el Convenio Interinstitucional denominado “SIGAS” firmado entre la Secretaria del Ambiente (SEAM), órgano de aplicación en temas ambientales, y el MOPC. Para las obras viales, los marcos vigentes son la Ley 294/93 “Evaluación de Impacto Ambiental” y la Ley 3001/06 “Servicios Ambientales”.

En esta sección se identificarán brevemente los aspectos ambientales que debe tener presente el formulador del proyecto, de manera de identificar posibles medidas mitigatorias y/o compensatorias que debe implementar el proyecto.

Las obras civiles en general constituyen una intervención directa sobre el medio ambiente natural, provocando desequilibrios ecológicos muchas veces irreversibles y no previstos en las evaluaciones normales de los proyectos. Por lo tanto, proyectos que se presentan atractivos en términos económicos pueden presentar un alto costo ambiental, no evaluado. Por este motivo se hace necesario incorporar la variable ambiental en la evaluación de proyectos, con el objeto de establecer su viabilidad ambiental calculando los costos ambientales, de modo que cada proyecto los internalice. Desde el punto de vista de la evaluación social de proyectos, la dimensión ambiental siempre debiera ser incorporada, puesto que en este tipo de evaluación se incluyen las externalidades que genera un proyecto a terceros, sean estas ambientales como no ambientales.

Los principales objetivos que se persiguen al incorporar un estudio de impacto ambiental en la evaluación de los proyectos son:

- a) Que las opciones de desarrollo que se planteen sean ambientalmente sustentables;
- b) Que toda consecuencia de un proyecto sea reconocida tempranamente y tomada en cuenta en el diseño de los proyectos;
- c) Incorporar conceptos tales como protección y manejo ambiental en los procesos de desarrollo económico y social.

Durante la evaluación de un proyecto, el estudio de impacto ambiental es un estudio que se realiza paralelo a los otros. A partir de él se dispone de información que permite obtener un detalle de todos los posibles impactos que las actividades de un proyecto pueden generar, positiva o negativamente, en el ambiente. De esta manera se buscan soluciones viables a los problemas generados por él, estableciendo las medidas de mitigación o de mejoramientos más adecuados y oportunos que se deberán incluir en su diseño.

Este estudio debe estar presente durante toda la fase de desarrollo del proyecto, de esta manera en los estudios de preinversión (perfil, prefactibilidad y factibilidad) habrá que centrar el estudio en la identificación de impactos y sus posibles medidas de control o mitigación; las cuales se deberán incorporar en la realización del diseño definitivo del proyecto. Finalmente, en las etapas de

ejecución y operación se deberá velar por una correcta fiscalización de las obras para que todas las medidas indicadas sean efectivamente incorporadas y efectuar el monitoreo ambiental.

En la realización del estudio ambiental, además de identificar los posibles impactos del proyecto sobre el medio ambiente, a través de desagregar todas las actividades que éste involucra, es necesario realizar un estudio de la línea de base. Esto consiste en realizar una evaluación lo más detallada posible del estado actual de los elementos del área en la cual se localice el proyecto. Generalmente, en esta etapa se dispone de escasa información lo que dificulta su realización.

En el proceso de análisis o de evaluación de impacto ambiental las instituciones deben identificar los impactos que el proyecto podría generar en el ambiente, así como las medidas de intervención que dichos impactos requerirían y sus costos, los cuales deben ser llevados a las evaluaciones: Privada y económica-social del proyecto. Esto permite minimizar errores de estimación de costos, escoger las alternativas que más se adecuan al medio ambiente para asegurar la armonización del proyecto con la protección de los recursos naturales.

En la literatura internacional es posible identificar las siguientes actividades susceptibles de generar impactos ambientales susceptibles de generar impactos socio-ambientales<sup>2</sup>:

- a) Durante la etapa previa a la ejecución de las obras, se han identificado las siguientes actividades:
  - 1) Selección de áreas para la ubicación de campamentos, equipo y plantas asfálticas;
  - 2) Adquisición de áreas para ejecución de las obras;
  - 3) Selección de canteras para la explotación de material; y
  - 4) Transporte de combustibles y lubricantes.
  
- b) Durante la etapa de ejecución de las obras se han identificado las siguientes actividades:
  - 1) Transporte de material y combustibles;
  - 2) Manejo de aceites, grasas y combustible en patios para el equipo y plantas de asfalto;
  - 3) Operación de las plantas de asfalto que producen contaminación atmosférica;
  - 4) Actividades mismas de la construcción que puede crear condiciones peligrosas de tránsito al interferir el normal flujo vehicular;
  - 5) Acarreo de materiales de desecho hacia áreas de disposición final;
  - 6) Eliminación de desechos sólidos en los campamentos y sitios de trabajo;
  - 7) El movimiento de tierras en zonas con alto potencial de hallazgos arqueológicos;
  - y
  - 8) Explotación de canteras.
  
- c) Durante la etapa de cierre o finalización de las obras, se han identificado las siguientes actividades:
  - 1) Manejo de sitios de depósito de material de desperdicio y de préstamo;

---

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Vialidad de Costa Rica (CONAVI). Informe de Gestión Ambiental y Social, Programa de Infraestructura Vial.

- 2) Abandono de áreas utilizadas para campamento.
- d) Finalmente, durante la etapa de operación, se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:
  - 1) Uso de pesticidas para el mantenimiento de la vía; y
  - 2) Problemas de seguridad vial principalmente en los cruces de áreas pobladas

Entre algunos de los potenciales impactos socio-ambientales negativos que se podrán presentar por la ejecución de las actividades antes mencionadas, se pueden mencionar los siguientes:

- 1) Contaminación atmosférica: Algunas actividades durante la construcción de las obras traerá consigo la emisión de partículas a la atmósfera que pueden afectar el entorno natural y a los trabajadores. Estas actividades son: a) operación de maquinaria y equipo por la emanación de gases producto de la combustión; b) explotación de bancos de material; c) acarreo de material; otros.
- 2) Transitabilidad: La ejecución de las obras podrá afectar la transitabilidad normal de los vehículos, causando el respectivo malestar a los usuarios de la vía. Asimismo, dichas intervenciones durante la etapa constructiva, afectará la seguridad vehicular. En este sentido, se requerirá preparar un Plan de Tráfico, para tomar en cuenta una adecuada señalización.
- 3) Desechos sólidos: Dentro de los contaminantes que se producirán en la fase de ejecución de las obras se tienen los residuos de material y productos residuales de la maquinaria como filtros, repuestos usados, neumáticos, depósitos de aceite, basura, entre otros.
- 4) Potenciales reasentamientos: el mejoramiento y rehabilitación de una carretera puede implicar la afectación de viviendas o predios aislados ubicados en el derecho de vía, debido a la ampliación de la calzada y por razones de seguridad vial.
- 5) Accidentes vehiculares y peatonales: Con el incremento de la velocidad vehicular en la vía haciendo un inadecuado uso de las carreteras en buen estado, se puede potencialmente incrementar el número de accidentes en la carretera, razón por la cual se debe tener un especial monitoreo al respecto para evitar este tipo de impactos negativos tanto para los usuarios de la vía como para los pobladores.
- 6) Ruidos y/o vibraciones: El uso de maquinaria y equipo durante la fase de ejecución o construcción de las obras, explotación de bancos de material y mejoramiento de la carretera puede ocasionar niveles de ruido que afecten en este caso a los trabajadores y a la población especialmente en las vías urbanas.
- 7) Contaminación visual: La falta de criterios ambientales durante la ejecución de las obras, como por ejemplo en la disposición final del material de desperdicio en el derecho de vía, puede alterar el paisaje o bellezas escénicas existentes.
- 8) Contaminación del agua por uso de pesticidas: se puede presentar debido al inadecuado manejo de sustancias tóxicas para mantener el derecho de vía sin maleza. Se debe tener especial cuidado con el uso de estas sustancias que pueden afectar el lecho de los ríos.
- 9) Estabilización de taludes y zonas erosionadas: Con recursos del proyecto se podrá afectar zonas inestables que pueden producir o aumentar los procesos de erosión de estas áreas lo cual puede afectar el entorno natural y la transitabilidad del camino.

- 10) Salud ocupacional y seguridad industrial: La ejecución de las obras puede traer consigo altos riesgos para los trabajadores en las obras, razón por la cual se deberá incluir dentro de las respectivas disposiciones durante la ejecución de las obras, acciones y medidas para prevenir y minimizar este tipo de impactos a los trabajadores.
- 11) Afectación del medio natural en el derecho de vía: El inadecuado uso o aplicación de pesticidas en el derecho de vía para el mantenimiento de estas zonas, puede ocasionar graves daños a la fauna y flora circundante. Muchos de los derechos de vía son verdaderos corredores de fauna que con el uso de este tipo de químicos se puede afectar.

Todas estas acciones de control, de mitigación y de manejo, debieran ordenarse en un plan de manejo ambiental del proyecto. El costo de este plan de mitigación, control y monitoreo son costos que deben ser incorporados en la evaluación financiera y en la económico-social. En otras oportunidades, cuando no exista la posibilidad de mitigar el impacto es posible que se otorgue una compensación a aquellas personas afectadas, en este caso el costo de esta medida de compensación también deberá ser incluida en la evaluación financiera y en la económico-social.

## **2.10 Selección preliminar de alternativas**

Además de las razones económicas, pueden existir razones técnicas, financieras, institucionales, legales, ambientales o de otra índole por las cuales se pueda descartar a priori algunas alternativas de solución (incluyendo la denominada “optimización de la situación base”). En esta etapa se puede descartar inmediatamente aquellas alternativas que claramente tienen limitantes que las hacen inoperantes y, por lo tanto, permite centrar el estudio en aquellas alternativas con mayores posibilidades de ejecución.

Se debe analizar para cada alternativa el nivel de incidencia en la solución del problema, así como la aceptación de la comunidad y evaluar las ventajas y desventajas de cada alternativa.

Las alternativas viables y factibles pasarán a la fase de evaluación, para determinar cuál de ellas es la más rentable y eficiente desde el punto de vista técnico, financiero, ambiental, socioeconómico y de seguridad humana; justificando por qué se escoge la opción de solución a las necesidades y no las otras alternativas valoradas.

Sobre la alternativa escogida se formula la propuesta de proyecto.

## CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

### 3.1 Evaluación Económica-Social

La evaluación económica de proyectos llamada también, social, tiene por objeto determinar los beneficios y costos que involucra para la sociedad la ejecución de un proyecto; es decir, consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad.

#### 3.1.1 Estimación de beneficios sociales directos

La valoración de los costos y beneficios sociales de un proyecto se realiza a precios sombra; es decir, a precios que representen el verdadero costo de oportunidad del bien.

En el Anexo 1 se presenta una descripción detallada de los beneficios directos e indirectos de los proyectos de transporte; sin embargo, en términos generales, en la ejecución de un proyecto vial es posible identificar los beneficios sociales que se detallan a continuación:

##### a) Beneficios por Ahorro de Recursos

Los beneficios por ahorro o liberación de recursos, corresponden principalmente al ahorro de recursos en la operación vehicular y tiempo de viaje de los usuarios. Para calcularlos se debe comparar los costos generalizados de viaje asociados a la situación sin y con proyecto.

Los principales ítem que se deben considerar para la estimación de los costos de operación vehicular son los siguientes:

- i. Consumo de combustible (CC)
- ii. Consumo de Lubricantes (CL)
- iii. Consumo de neumáticos (CN)
- iv. Consumo de repuestos (CR)
- v. Consumo de horas de manutención (CMOM)
- vi. Depreciación del vehículo (DEP)

Estos costos se deben calcular para cada tipo de vehículo que se espera que usen la ruta, siguiendo la clasificación señalada en la sección 2.5.

Luego, los costos sociales de operación vehicular se valoran de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CSOV_i = CC_i \times PC_i + CL_i \times PL_i + CN_i \times PN_i + CR_i \times PR_i + CMOM_i \times PMOM_i + DEP_i \times PVN_i$$

Donde,

CSOV<sub>i</sub> = Costo social de operación vehicular del tipo de vehículo i

CC<sub>i</sub> = Consumo de combustible del vehículo tipo i

PC<sub>i</sub> = Precio social del combustible del vehículo tipo i

CL<sub>i</sub> = Consumo de lubricante del vehículo tipo i

PL<sub>i</sub> = Precio social del lubricante del tipo de vehículo i

CNi= Consumo de Neumáticos del vehículo tipo i  
 PNi= Precio social del neumático del vehículo tipo i  
 CRi= Consumo de repuestos del vehículo tipo i  
 PR= Precio social de los repuestos del vehículo tipo i  
 CMOMi = Consumo de mano de obra en manutención del vehículo tipo i  
 PMOMi = Precio social de la mano de obra en manutención del vehículo tipo i  
 DEPi= Depreciación del vehículo tipo i  
 Pv= Precio social del vehículo nuevo tipo i

Con respecto al costo de tiempo de viaje de las personas que transitan por el camino, depende fundamentalmente de:

- a) Velocidad de operación del tipo de vehículo i
- b) Valor social del tiempo de los usuarios del tipo de vehículo i

Luego, los costos sociales de tiempo de viaje de las personas se valoran de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CSTV_i = \frac{d(Km)}{V_i(Km/hr)} \times TO_i(Pax/Veh) \times VST_i(\$/hora\ por\ pax)$$

Donde d es la distancia del proyecto,  $V_i$  es la velocidad promedio del vehículo tipo i,  $TO_i$  es la tasa de ocupación promedio del vehículo tipo i y  $VST_i$  es el valor social del tiempo promedio para los usuarios del vehículo tipo i.

Esta información es generada por el modelo de transporte utilizado para la evaluación, sugiriéndose la aplicación del modelo HDM 4, el cual calcula los costos al usuario (CGV), determina indicadores técnicos para el periodo de vida del proyecto y los indicadores de factibilidad económica de los enlaces que conforman un proyecto ya sea a nivel de sección o a nivel de Red de carreteras.

Por otra parte, en los proyectos de mejoramiento o reposición de la carpeta de rodadura es posible identificar como beneficio un ahorro de recursos en el mantenimiento y conservación de la vía. Eventualmente este flujo podrá contener valores negativos, si los costos de la situación con proyecto resultan ser mayores que los de la situación base.

**Tránsito Inducido:**

En el caso que la ejecución del proyecto vial induzca tránsito, la valoración del beneficio producido se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficios por tránsito inducido} = \frac{(CGV_{sp} - CGV_{cp})}{2} \times T_{Inducido}$$

Donde,

$CGV_{sp}$  = Costo generalizado de viaje sin proyecto

$CGV_{cp}$  = Costo generalizado de viaje con proyecto

$T_{Generado}$  = Tránsito inducido por el proyecto

b) Valor residual de las obras:

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras atingentes al proyecto al final del horizonte de evaluación.

El horizonte de evaluación corresponde al período en el cual se cuantifican los beneficios y costos asociados a un determinado proyecto, definiéndose de esta manera la corriente de flujos económicos del mismo, base sobre la cual se determinan los indicadores de rentabilidad correspondientes.

Se recomienda utilizar un período de análisis igual a la vida útil de la obra más importante o representativa del proyecto, con un máximo de 20 años, salvo excepciones debidamente justificadas. Ello significa que debe computarse como un beneficio el valor residual de estas obras al final del horizonte de evaluación.

Para evaluación de proyectos a nivel de perfil se sugiere utilizar como valor residual los siguientes valores como porcentaje de la inversión inicial a los 20 años:

- |      |                                 |     |
|------|---------------------------------|-----|
| i.   | Tratamiento Superficial Triple= | 25% |
| ii.  | Pavimentos flexibles=           | 30% |
| iii. | Pavimentos rígidos (hormigón)=  | 35% |
| iv.  | Puentes (hormigón)=             | 60% |

En el caso de los estudios a nivel de prefactibilidad y factibilidad es posible utilizar un porcentaje distinto al señalado; sin embargo, en estos casos el valor residual no podrá exceder el monto de inversión de la rasante y subrasante del camino.

### 3.1.2 Estimación de costos sociales directos

La inversión en infraestructura debe ser ajustada a sus valores sociales, para ello se debe descontar a la inversión privada el monto de impuestos y aranceles de importación y luego, desglosarla en los siguientes ítems:

- i. Mano de obra calificada (MOC)
- ii. Mano de obra no calificada (MONC)
- iii. Componente nacional (NAC)
- iv. Componente importado (IMP)

Posteriormente, dichos ítem son ajustados a su valor social mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo social} = \text{MOC} * \text{FMOC} + \text{MONC} * \text{FMONC} + \text{NAC} + \text{IMP} * \text{Fd}$$

Donde,

FMOC = Factor de corrección social de la mano de obra calificada

FMONC = Factor de corrección social de la mano de obra no calificada

Fd = Factor de corrección social del precio de la divisa.

### 3.1.3 Beneficios y costos indirectos

Los beneficios y costos indirectos corresponden a aquellos efectos que se producen en vías complementarias o sustitutas a la que el proyecto mejora. Si dichas vías no presentan congestión vehicular, entonces los impactos indirectos son nulos, de lo contrario la realización del proyecto afectará los CGV en las vías sustitutas o complementarias.

El cambio en los CGV de las vías relacionadas con el proyecto, se valora de manera similar a la mencionada en el punto a) y se imputa en el flujo de caja de la evaluación social como un beneficio o costo indirecto del proyecto.

### 3.1.4 Beneficios y costos intangibles

Los proyectos de vialidad interurbana pueden generar costos y beneficios que no pueden ser valorados (intangibles); por ejemplo, la construcción de una segunda pista en un camino ayuda a reducir los accidentes por colisiones frontales y por lo tanto, implica beneficios por ahorro de pérdidas de capital humano.

Si bien estos beneficios y costos no pueden ser valorados, es conveniente describir estos efectos para disponer de toda la información relevante para la toma de decisiones.

### 3.1.5 Flujo Económico Social

El flujo para la evaluación económica social del proyecto, debe seguir la estructura que se presenta a continuación:

		0	1	2	.....	n
+	Beneficios por Ahorro de Costo de Operación Vehicular					
+	Beneficios por Ahorro de Tiempo de Viaje					
+	Beneficios por Generación de Tránsito					
+	Beneficios sociales indirectos					
+	Valor Residual de las Obras					
=	<b>Total Beneficios Sociales</b>					
-	Inversión social					
-	Costo de Mantenimiento (Periódico y rutinario)					
-	Costos Sociales Indirectos					
=	<b>Total Costos Sociales</b>					
=	<b>Flujo Socioeconómico</b>					

### 3.1.6 Indicadores Económicos: Análisis Costo Beneficio

#### a) Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto representa el cambio en el bienestar producto de la ejecución del proyecto. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{(BS_i - CS_i)}{(1+r)^i} - I_0$$

Donde:

$I_0$  = Valor social de la inversión actualizado al año 0.

$B_i$  = Beneficio social en el año  $i$  del proyecto. Si  $i=n$  (último año de vida útil económica) debe agregarse a  $B_n$  el valor residual.

$C_i$  = Costo social en el año  $i$  del proyecto

$r$  = Tasa social de descuento

El criterio del VAN nos indica que conviene ejecutar el proyecto si el VAN es mayor o igual a cero. Al comparar alternativas de proyecto, el criterio del VAN nos indica que debemos seleccionar la alternativa de proyecto que presente el mayor VAN, siempre que éste sea mayor o igual a cero.

Se debe tener en cuenta que, para todas las alternativas de proyecto por comparar, el valor actual neto se debe calcular para un mismo momento; es decir, para un mismo año, no importando el que se elija.

#### b) Tasa Interna de Retorno (TIR)

Corresponde a aquel valor de la tasa de descuento social que hace cero el VAN del proyecto. Analíticamente,

$$VAN = 0 = \sum_{i=1}^n \frac{(BS_i - CS_i)}{(1+TIR)^i} - I_0$$

Donde,

$I_0$  = Valor social de la inversión actualizado al año 0.

$B_i$  = Beneficio social en el año  $i$  del proyecto. Si  $i=n$  (último año de vida útil económica) debe agregarse a  $B_n$  el valor residual.

$C_i$  = Costo social en el año  $i$  del proyecto

TIR = Tasa interna de retorno.

El criterio de decisión indica que si la TIR del proyecto es mayor o igual que la tasa de descuento, el proyecto es conveniente. En caso contrario, no resulta conveniente ejecutarlo.

La TIR es útil para proyectos que se comportan normalmente, es decir, que primero tienen costos y, después, generan beneficios. Si el signo de los flujos del proyecto cambia más de una vez, existe la posibilidad de obtener más de una TIR. Al tener soluciones múltiples, todas positivas, cualquiera de ellas puede inducir a adoptar una decisión errónea. Esto es así, por cuanto en el cálculo de la TIR se supone implícitamente que los flujos netos que se obtienen en cada período se reinvierten a esa misma tasa.

Es importante destacar que la tasa interna de retorno no puede usarse para decidir entre proyectos mutuamente excluyentes, pues, aunque el proyecto A tenga una tasa interna de retorno superior a la del proyecto B, el valor actual neto de A puede ser inferior al de B.

La utilización del criterio de la TIR tiene la ventaja, para proyectos independientes, de dar una imagen de la rentabilidad, al arrojar como resultado una tasa que posibilita la comparación de proyectos. El concepto de tasa de rentabilidad es, además, muy atractivo para las instituciones financieras que suministran créditos para inversión.

#### c) Momento Óptimo de Inicio del Proyecto

Si la demanda por transporte es creciente en el tiempo, los beneficios de un proyecto de transporte vial también serán crecientes. En consecuencia, la pregunta relevante no es si el proyecto se justifica o no -ya que en algún momento necesariamente llegará a justificarse- sino cuándo resulta conveniente efectuar la inversión.

El momento óptimo de inicio de un proyecto se determina utilizando el criterio del VAN. Podría ser conveniente iniciar un proyecto en el año en curso o en uno, dos o varios años más. En este sentido las alternativas de inicio de las obras constituyen proyectos mutuamente excluyentes.

Al comparar las diferentes alternativas de inicio de los proyectos se recomienda tener en cuenta dos aspectos básicos: que el VAN sea calculado a un mismo momento para todas las alternativas y que la alternativa de inicio más conveniente sea la que posee el VAN máximo.

El momento óptimo para invertir es aquel a partir del cual el beneficio del proyecto comienza a ser mayor que el costo de capital del mismo. Suponiendo un horizonte de vida del proyecto infinito o muy extenso, podemos decir que el momento óptimo corresponde al primer año en el cual  $B_i$  supera al producto de la tasa de descuento "r" por el valor actual de la inversión, esto es:

$$B_{k-1} < r * I_0 < b_k$$

Donde:

$r$  = tasa social de descuento

$I_0$  = inversión en valor actual

$k$  = año óptimo de inversión

Un indicador utilizado para determinar el momento óptimo de inicio es la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) la cual se calcula de la siguiente forma:

$$TRI_i = \frac{BN_i}{I_0}$$

En que:

$TRI_i$  = Tasa de Rentabilidad Inmediata del año  $i$

$BN_i$  = Beneficio Social Neto del año  $i$  del proyecto;

$I_0$  = Inversión en valor actual.

El año óptimo de entrada en operación es aquel en que se cumple que la TRI es mayor que la tasa social de descuento del proyecto ( $r$ ). Luego, el momento óptimo de inversión corresponde al momento óptimo de entrada de operación del proyecto menos el tiempo que tome su ejecución.

i. Índice de Rentabilidad - Inversión (IVAN)

El indicador IVAN permite ordenar y seleccionar los mejores proyectos dentro de una cartera de proyectos independientes, cuando existen restricciones de capital.

El IVAN representa la rentabilidad del proyecto por unidad monetaria invertida y se calcula como:

$$IVAN = \frac{VAN}{I_0}$$

### 3.1.7 Indicadores Económicos: Análisis Costo Eficiencia

En el caso de proyectos de caminos en que el tránsito vehicular es muy bajo y en que la finalidad principal del proyecto es dar conectividad por razones de tipo social, tales como proyectos rurales no pavimentados de bajo tránsito, se debe estimar el indicador “Costo Anual Equivalente por Habitante” (CAE/hab.).

$$CAE/Hab = \frac{CAE}{Población\ en\ Área\ Influencia}$$

Donde el Costo Anual Equivalente (CAE) se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CAE = VAC \times \frac{r \times (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$$

Donde VAC es el valor de Costos del proyecto, el cual se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$VAC = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + r)^i} - I_0$$

Donde  $I_0$  es el monto de inversión inicial,  $C_i$  es el costo de conservación del camino en el año  $i$  (rutinaria o periódica),  $n$  es el número de años del horizonte de evaluación y  $r$  es la tasa social de descuento, la cual corresponde a la tasa social de descuento que publique el órgano rector del SNIP.

Cuando existen restricciones de capital, este indicador permite ordenar y seleccionar los mejores proyectos dentro de una cartera del mismo tipo (caminos de bajo tránsito, cuya finalidad es dar conectividad por razones de tipo social). El orden de prioridad para la selección de los proyectos debiera ser de menor a mayor CAE/hab.

### 3.2 Análisis de Sensibilidad

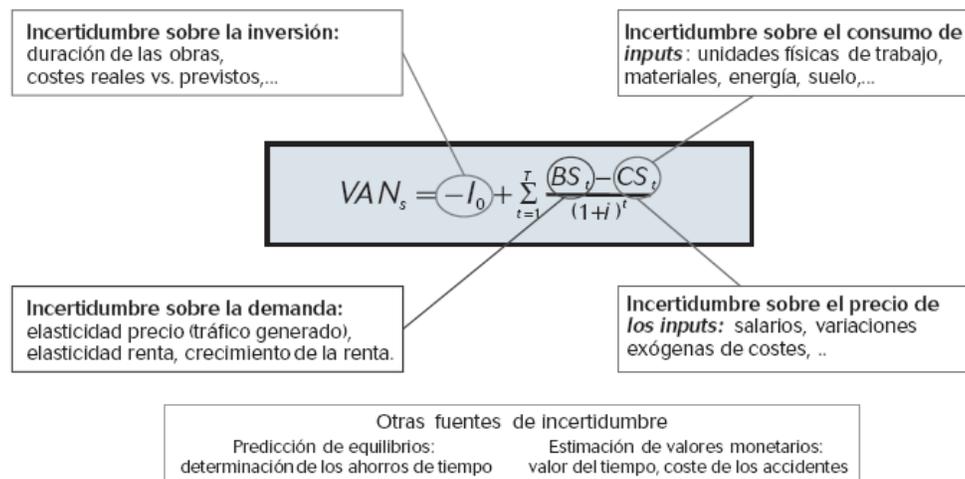
La falta de certeza sobre el resultado de un proyecto depende de dos tipos de incertidumbre cuya presencia amplía el rango de valores posibles del VAN:

- a) Incertidumbre en un sentido estricto, es decir el hecho de que existan contingencias diferentes cuya ocurrencia afecta al flujo de beneficios y costos, como por ejemplo que la demanda sea alta o baja, o que los precios de los insumos aumenten a una tasa menor o mayor. Esta incertidumbre puede ser específica del proyecto (al construir la infraestructura se presentan dificultades inesperadas que encarecen la obra) o externas al mismo (una huelga general o una elevación de los precios del petróleo).
- b) Incertidumbre asociada al proceso de evaluación y que puede darse incluso si no existe incertidumbre en un sentido estricto. Se trata de la información disponible sobre el valor del tiempo o las elasticidades de la demanda con respecto al precio y a la renta. Podemos tener información sobre el rango que pueden tomar los valores de algunos parámetros fundamentales mediante la transferencia de valores de otros estudios, ajustándolos a las condiciones del país en el que se realiza la evaluación. Desde el momento en que utilizemos varios valores para el precio de los insumos o el valor del tiempo, el efecto sobre el VAN es idéntico al de la incertidumbre de demanda.

Como muestra la Figura N° 8, los factores que introducen incertidumbre en la evaluación económica de un proyecto de inversión afectan al cálculo del VAN al menos de tres formas distintas, las cuales no son excluyentes entre sí:

- 1) En primer lugar, puede existir incertidumbre sobre los costos de inversión o explotación. En el primer caso, puede deberse a la aparición de retrasos que afecten a la duración de las obras y/o a desviaciones no previstas de los costos reales con respecto a los costos presupuestados. La incertidumbre con respecto a los costos de explotación suele provenir de la dificultad para conocer con exactitud el consumo de determinados insumos (mano de obra, materiales, energía) o a la aparición de desviaciones en el precio de dichos factores (salarios, precio del combustible, etc.).
- 2) Un segundo efecto de la incertidumbre sobre el cálculo del VAN procede del cómputo de los beneficios. En este caso, suele tratarse de una incertidumbre de demanda, pues junto a la dificultad de predecir el comportamiento futuro de los tráficos, existen otras variables, como la elasticidad renta o la elasticidad precio (para predecir el comportamiento del tráfico generado), cuyo conocimiento preciso resulta difícil.
- 3) Finalmente, existe una tercera fuente de incertidumbre, de tipo metodológico, referida a la dificultad de predecir con certeza los equilibrios con y sin proyecto y al propio cómputo de determinados factores, tales como el valor del tiempo que, por su naturaleza basada en preferencias de los individuos, presenta amplia variabilidad dependiendo de las circunstancias concretas de cada proyecto.

**Figura N° 8: Fuentes de Incertidumbre en el Cálculo del VAN**



Fuente: De Rus, Gines, Betancor, Ofelia y Campos, Javier. “Manual de evaluación económica de proyectos de transporte”. Banco Interamericano de Desarrollo, Noviembre 2006.

Para estudiar el efecto de estos factores de incertidumbre sobre los indicadores de rentabilidad (VAN y TIR) de los proyectos viales, se realizarán análisis de sensibilidad considerando los siguientes escenarios de variación posibles:

- a) Disminución del 20% de los beneficios;
- b) Incremento del 20% de los costos de inversión; y
- c) Disminución del 10% de los beneficios y aumento del 10% de los costos de inversión.

## ANEXO 1

### Beneficios directos e indirectos de un proyecto de vialidad interurbana

En este Anexo se describe en forma más detallada los beneficios directos e indirectos de un proyecto de vialidad interurbana:

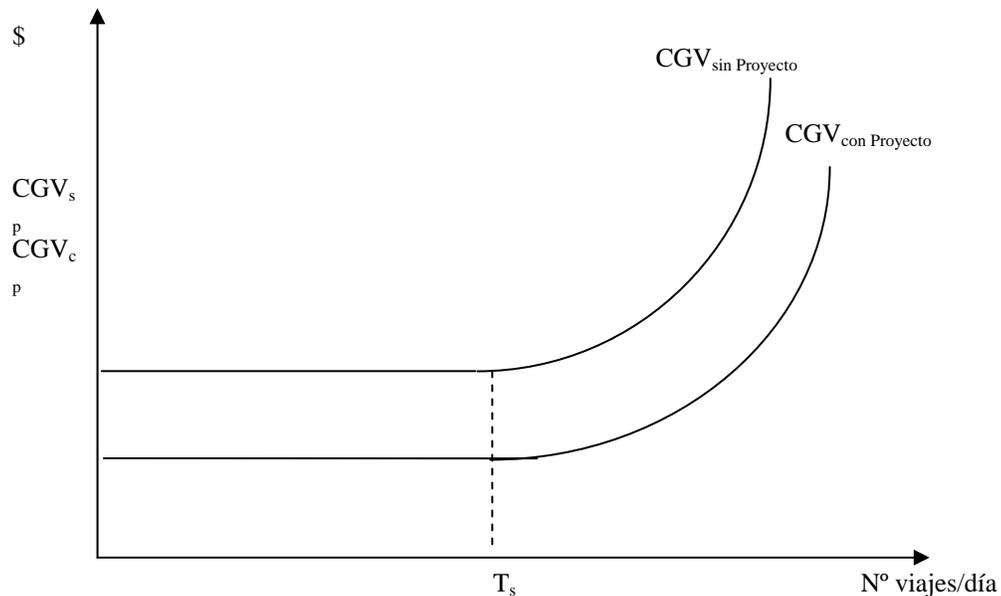
a) Beneficios directos de un proyecto vial

Los proyectos de vialidad se caracterizan por disminuir los CGV de los usuarios de la ruta, lo cual genera efectos en el sistema de actividades y en el mercado del transporte.

El efecto del proyecto sobre la curva de CGV dependerá del tipo de proyecto. Por ejemplo, en la Figura N° 1.1 se ilustra el efecto sobre los CGV de un proyecto representativo de las tipologías de mejoramiento de trazado, mejoramiento de carpeta de rodadura o de reposición de la carpeta.

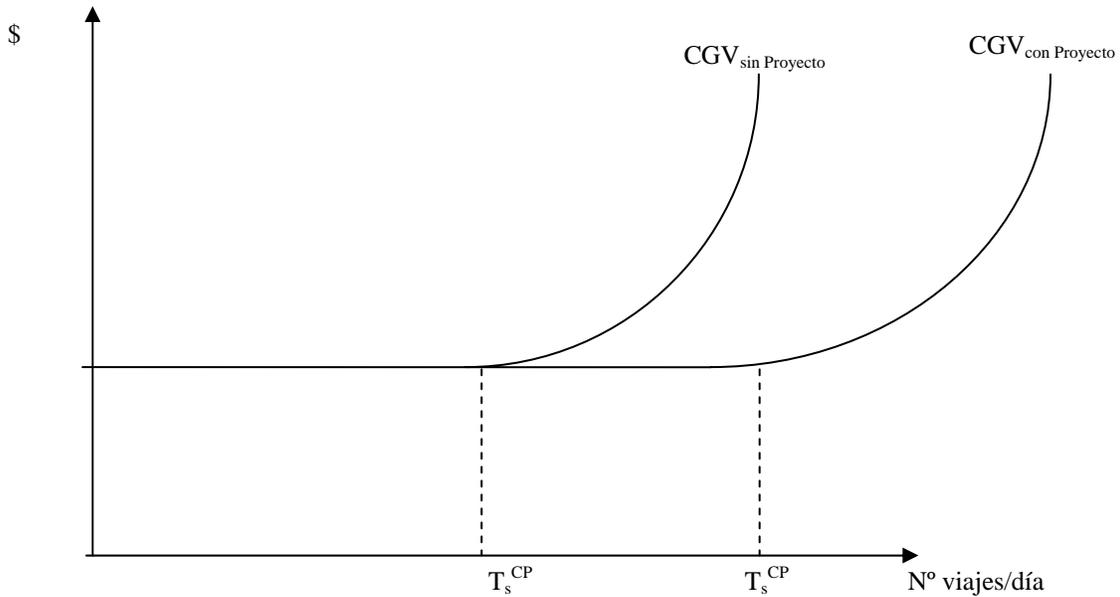
En estos casos, toda la curva de CGV se desplaza hacia abajo.

**Figura N° 1.1: Efecto de Proyectos de Mejoramiento y Reposición sobre la Curva de CGV**



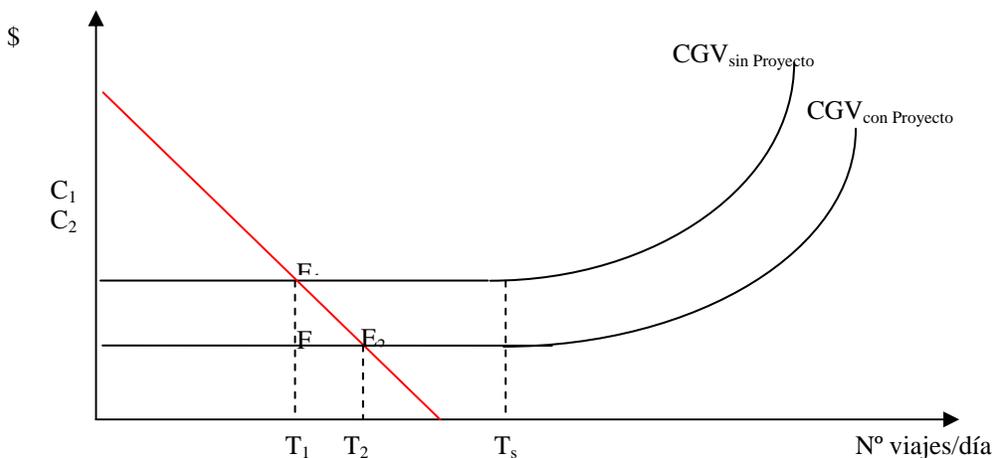
La Figura N° 1.2 ilustra el efecto que tiene un proyecto de ampliación sobre la curva de CGV. Como se puede apreciar, al aumentar la capacidad vial del camino se desplaza el punto de saturación de la capacidad vial desde  $T_s^{sp}$  a  $T_s^{cp}$ .

**Figura N° 1.2: Efecto de Proyectos de Ampliación sobre la Curva de CGV**



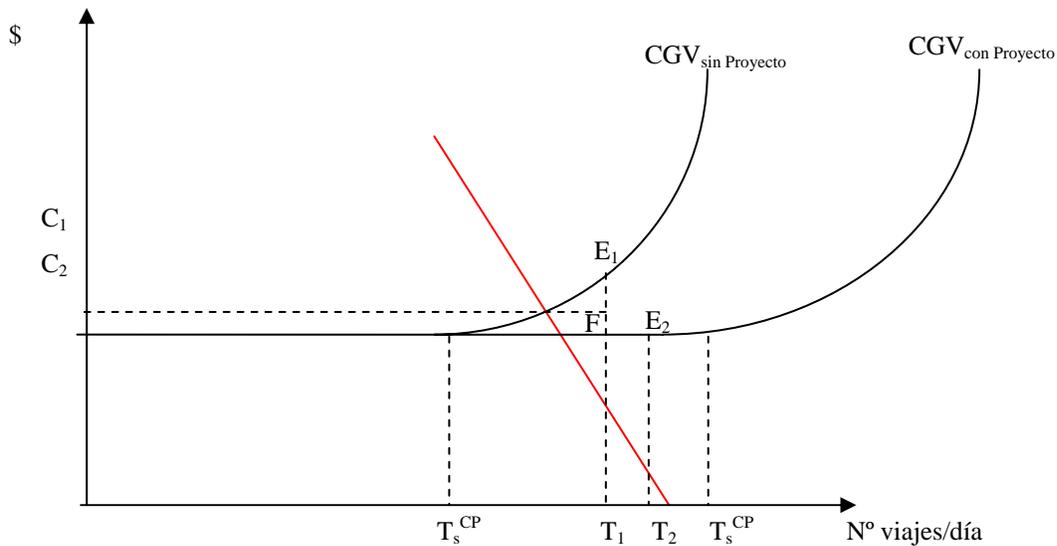
En la Figura N° 1.3 se ilustra el efecto de un proyecto de mejoramiento o reposición de la carpeta de rodadura. Por simplicidad se ha considerado que la ruta se encuentra en estado de flujo libre. Como se puede apreciar,  $E_1$  representa el equilibrio del mercado de transporte en la situación sin proyecto,  $T_1$  el tráfico existente y  $C_1$  el CGV asociado a ese nivel de tráfico. La ejecución del proyecto vial disminuirá los CGV de los usuarios de la ruta (por ejemplo, pasar de una carpeta de ripio a una asfaltada, disminuye los costos de operación vehicular y el tiempo empleado en el viaje), por lo que el nuevo equilibrio se alcanza en  $E_2$ , con un nivel de tráfico  $T_2$  y un CGV igual a  $C_2$ . De esta forma, el beneficio del proyecto corresponde al área  $C_2C_1E_1E_2$ .

**Figura N° 1.3: Determinación de los beneficios de un proyecto de mejoramiento o reposición de la carpeta de rodadura de un camino.**



La Figura N° 1.4 muestra los beneficios generados por un proyecto de ampliación de la capacidad vial de un camino. Como se puede apreciar, en la situación sin proyecto el equilibrio es  $E_1$ , con un CGV igual a  $C_1$  y un volumen de tránsito  $T_1$  que lo ubica en la zona de congestión. Al ampliarse la capacidad vial del camino el nuevo equilibrio (con proyecto) se alcanza en  $E_2$ , con un CGV igual  $C_2$  y un volumen de tránsito  $T_2$ . De esta forma, el beneficio del proyecto corresponde al área  $C_2C_1E_1E_2$ .

**Figura N° 1.4: Determinación de los beneficios de un proyecto de ampliación de la capacidad vial de un camino.**



Otra de las características de los proyectos de ampliación de la capacidad vial es que, a diferencia de los proyectos de mejoramiento y reposición, sólo hay beneficios en las horas en que existe congestión. Como se puede apreciar en la Figura N° 1.4, si la demanda del periodo “fuera de punta” es inferior a  $T_s^{CP}$ , el CGV sin proyecto en la zona de flujo libre es igual al CGV con proyecto ( $C_2$ ).

Los beneficios de los proyectos también dependen del tipo de tránsito vehicular:

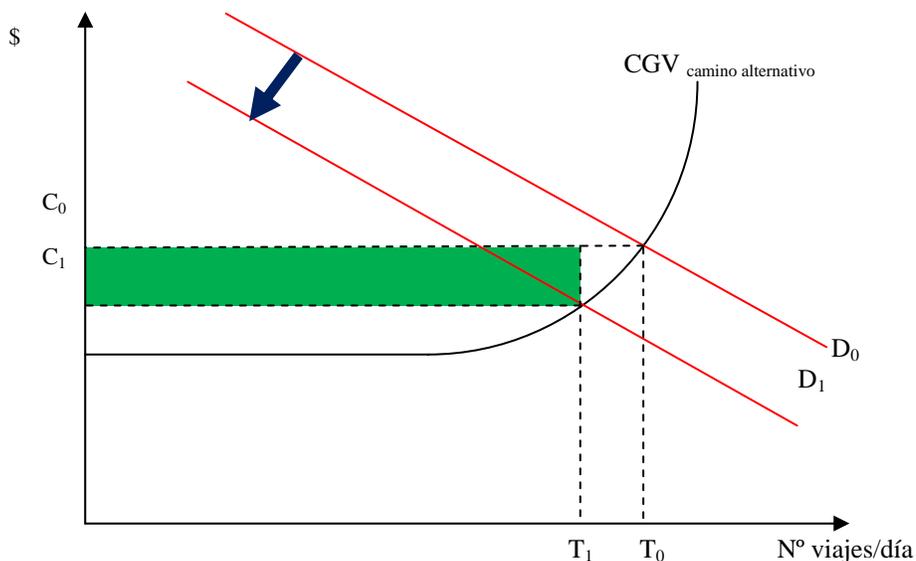
- i. Tránsito normal: Para estos usuarios el beneficio del proyecto es equivalente al ahorro de recursos generado por la disminución en los CGV (área  $C_2C_1E_1F$  de las figuras N° 1.3 y 1.4).
- ii. Tránsito desviado: Para estos usuarios que se incorporan a la ruta objeto del proyecto, el beneficio es equivalente a la diferencia entre el CGV de la ruta en la que originalmente transitaban y el CGV de la ruta mejorada.
- iii. Tránsito transferido: En este caso el beneficio del proyecto es equivalente a la diferencia entre los CGV de cubrir cada par origen-destino, más el excedente generado por la actividad que motiva el viaje (por ejemplo, puede obtener mejores precios en el nuevo destino).
- iv. Tránsito inducido: El beneficio de este tipo de usuarios es equivalente al área  $E_1E_2F$  de las figuras N° 1.3 y 1.4.

b) Efectos indirectos

Además de los beneficios directos mencionados anteriormente, es posible que el proyecto genere efectos indirectos a los usuarios de vías alternativas o complementarias a la que es intervenida por el proyecto.

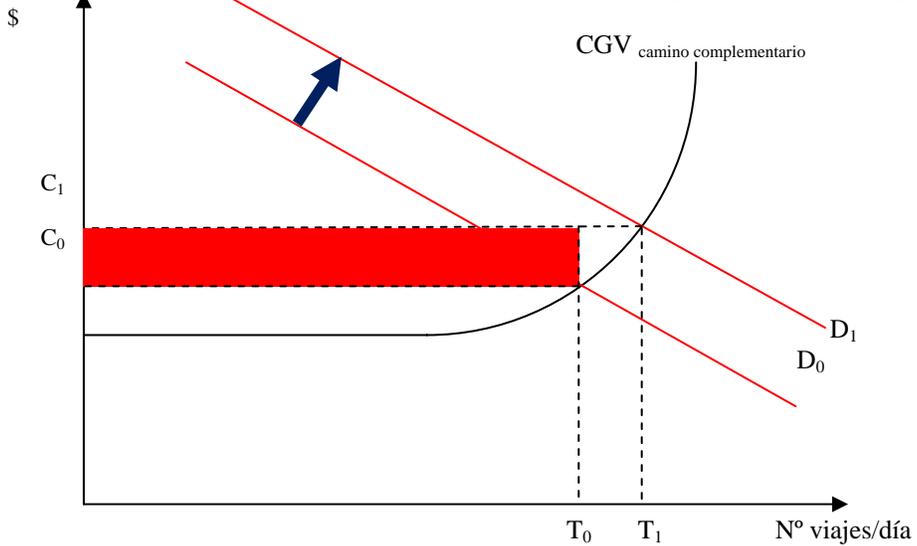
Por ejemplo, si el proyecto desvía tránsito desde una ruta alternativa que se encuentra congestionada, los usuarios que permanecen en esa vía alternativa ( $T_1$ ) experimentarán un beneficio equivalente a la disminución de sus CGV, ya que en la situación sin proyecto ellos enfrentaban un CGV igual a  $C_0$  y en la situación con proyecto ellos enfrentarán un CGV igual a  $C_1$ , luego el beneficio por ahorro de CGV es equivalente al área sombreada de la Figura N° 1.5.

**Figura N° 1.5: Beneficios indirectos sobre un camino alternativo congestionado**



Por otro lado, si existe un camino complementario al que el proyecto mejora (es decir, un camino por el que se debe pasar para acceder a la ruta mejorada por el proyecto), este puede ver incrementado su tránsito por efecto del proyecto. Como se observa en la Figura N° 1.6, la existencia de congestión en el camino complementario provocará un costo indirecto del proyecto a los usuarios del tránsito normal ( $T_0$ ) por un aumento de sus CGV, el cual es equivalente al área sombreada de la Figura N° 1.6.

Figura N° 1.6: Costo Indirecto sobre un camino complementario congestionado



## ANEXO 2

### Evaluación privada de un proyecto de transporte vial

En esta sección se describe brevemente la evaluación privada de un proyecto de transporte vial, la cual resulta pertinente en aquellos proyectos que sean financiados mediante mecanismos de participación público privadas (PPP).

La **evaluación privada** es la evaluación de un proyecto desde el punto de vista de un agente económico en particular, ya sea una persona, una empresa o una agencia estatal.

En muchos proyectos de infraestructura vial, los usuarios de la obra realizan un pago por su uso (peaje). En ocasiones este peaje es recaudado por una agencia estatal y en otras, es un concesionario privado quien lo percibe<sup>3</sup>. En ambos casos, resulta pertinente realizar una evaluación privada para determinar si los ingresos provenientes por la recaudación del peaje permiten cubrir los costos de inversión, mantención y operación del proyecto.

En este capítulo se abordarán brevemente los puntos que se deben tener en cuenta para la evaluación privada de proyectos de infraestructura vial (ya sea ejecutado por un concesionario privado o por una agencia estatal).

Cabe destacar que la **evaluación privada** puede ser desagregada en dos tipos de evaluaciones, la **evaluación económica** y la **evaluación financiera**. La primera de ella evalúa los méritos del proyecto por sí solo, mientras que la segunda incorpora el efecto que tiene el financiamiento sobre la rentabilidad del proyecto.

#### 1. Costos Privados

Los principales ítem de costos privados a considerar son los siguientes:

- 1) Inversión en infraestructura vial y obras complementarias (por ejemplo, en plazas de peaje). Esta debe incluir también los costos de las medidas de mitigación del riesgo y ambientales. El detalle mínimo de los costos que se debe presentar es el siguiente:
  - a. Obras provisionales
  - b. Movimiento de tierras
  - c. Pavimentos
  - d. Obras de drenaje
  - e. Obras de arte: alcantarillas
  - f. Obras de arte: badenes
  - g. Señalización
  - h. Mitigación de impacto ambiental

---

<sup>3</sup> En muchos países desarrollados y en los últimos años en algunos países latinoamericanos, se han estado desarrollando proyectos de infraestructura pública en los que inversionistas privados realizan y explotan las obras, cobrando por su uso. Este tipo de mecanismos le permiten al sector privado invertir en proyectos de infraestructura pública, a cambio de lo cual el Estado se compromete a entregar la explotación del proyecto durante un determinado período de tiempo.

- 2) Costos de mantención y conservación de la infraestructura vial.
- 3) Costos de administración de la concesión.
- 4) Inversión en negocios asociados.
- 5) Costos de operación de los negocios asociados.
- 6) Impuestos.

Los diferentes ítems señalados anteriormente deben ser valorados a sus precios de mercado, incluyendo los impuestos a las ventas, aranceles de importación e impuestos específicos.

En estudios a nivel de perfil los costos de inversión en infraestructura pueden estimarse con base en el costo promedio por kilómetro de obras similares, indicando la fuente de información de dichos valores. A nivel de prefactibilidad o factibilidad las estimaciones se deben basar en un anteproyecto de ingeniería y se debe adjuntar un presupuesto detallado, indicando las obras que se incluirán en el proyecto y el origen de los precios unitarios utilizados.

## 2. Ingresos Privados

La principal fuente de ingresos de un proyecto caminero está dada por la tarifa que se cobrará a los usuarios de ella (peaje). Para estimar los ingresos por este concepto, se debe proyectar la demanda vehicular del camino desagregándola de acuerdo a los diferentes tipos de vehículos que considere la estructura tarifaria propuesta.

Por otra parte, la tarifa propuesta debe considerar, si es que existe congestión en la vía, cobros diferenciados por transitar en horas punta y valle (no punta). Esta condición tiene por objeto que el usuario de la vía incorpore -mediante el cobro de la tarifa diferenciada- los costos sociales de la congestión, desincentivando la utilización de la vía en horas punta.

Cabe destacar que la incorporación de una tarifa incrementará los CGV (si es que en la situación actual no existe o bien, es inferior al peaje que se cobrará con proyecto) y por lo tanto, implicará una disminución -con respecto a la situación actual- del número de viajes que se realizarán.

Algebraicamente, los ingresos por recaudación de peaje se calculan de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$IRP = \sum_{i=1}^n \left( P_i^{Valle} \times T_i^{Valle} \times H^{Valle} \right) + \sum_{i=1}^n \left( P_i^{Punta} \times T_i^{Punta} \times H^{Punta} \right)$$

Donde,

IRP	=	Ingreso anual por recaudación de peaje.
$P_i^{Valle}$	=	Peaje en período valle (no punta) por tipo de vehículo ( i ).
$P_i^{Punta}$	=	Peaje en período punta por tipo de vehículo ( i ).
$T_i^{Valle}$	=	Tráfico promedio horario en período valle (no punta).
$T_i^{Punta}$	=	Tráfico promedio horario en período punta.
$H^{Valle}$	=	Número de horas no punta al año.
$H^{Punta}$	=	Número de horas punta al año.
i	=	Tipo de vehículo

En los proyectos de infraestructura vial ejecutados mediante el sistema de concesión, es posible que el concesionario de la vía pueda desarrollar otros negocios asociados al desarrollo del camino; por ejemplo, negocios inmobiliarios o servicios complementarios. En este caso, dichos ingresos deben incorporarse en el flujo de caja del inversionista privado.

En resumen, los ingresos privados están compuestos por los ingresos del cobro de peaje más aquellos provenientes de otros negocios asociados al desarrollo del proyecto.

### 3. Flujo de caja para la evaluación económica del proyecto

El flujo de caja para la evaluación económica del proyecto (proyecto puro), debe seguir la estructura que se presenta a continuación:

#### Flujo de Caja para La evaluación Económica (proyecto puro)

		0	1	2	.....	n
+	Ingresos por Peaje					
+	Otros Ingresos					
+/-	Ganancias o pérdidas de capital					
-	Costos					
-	Depreciación legal					
=	<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>					
-	Impuesto a la Renta					
=	<b>Utilidad Después de Impuesto</b>					
+	Depreciación legal					
-/+	Ganancias o pérdidas de capital					
-	Inversión del Proyecto					
-	Valor residual de los activos					
-	Capital de trabajo					
+	Recuperación del capital de trabajo					
=	<b>Flujo de Caja para la Ev. Privada</b>					

### 4. Flujo de caja para la evaluación financiera del proyecto

La **evaluación financiera** corresponde al estudio de los efectos de la financiación en la rentabilidad del proyecto y debe considerar la evaluación de distintas fuentes y modalidades de financiamiento del proyecto.

Las principales modificaciones que se deberán incluir en el cálculo de los flujos de caja son: considerar como costos el pago de amortizaciones, intereses, comisiones y gastos administrativos que se deriven del servicio de la deuda contraída y como beneficios el monto de dinero otorgado en préstamo (cada uno en el momento en que se hacen efectivos).

## Flujo de Caja para la Evaluación Financiera

		0	1	2	.....	n
+	Ingresos por Peaje					
+	Otros Ingresos					
+/-	Ganancias o pérdidas de capital					
-	Costos					
-	Gastos Financieros (interés)					
-	Depreciación legal					
=	<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>					
-	Impuesto a la Renta					
=	<b>Utilidad Después de Impuesto</b>					
+	Depreciación legal					
-/+	Ganancias o pérdidas de capital					
-	Inversión del Proyecto					
-	Valor residual de los activos					
-	Capital de trabajo					
+	Recuperación del capital de trabajo					
+	Préstamos					
-	Amortización de la deuda					
=	<b>Flujo de Caja para la Ev. Privada</b>					

### 5. Cálculo de Indicadores

Los indicadores costo-beneficio utilizados para la evaluación privada (económica y financiera) son el VAN, la TIR y el IVAN.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Button, Kenneth J.** “Transport Economics”. Edward Elgar Publishing Company, 1996.
2. **Cartes Mena, Fernando.** “Manual de Formulação e Avaliação Social de Projetos de Infra-Estrutura Aeroportuária”. ILPES-CEPAL (por publicar).
3. **De Rus, Gines, Ofelia Betancor y Javier Campos.** “Manual de evaluación económica de proyectos de transporte”. Banco Interamericano de Desarrollo, Noviembre 2006.
4. **Silva Lira, Iván.** “Preparación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Local”, tercer Curso Internacional de “Preparación, Evaluación y gestión de Proyectos de Desarrollo Local”. ILPES.
5. **MIDEPLAN.** Guía metodológica general para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública - Costa Rica. Área de Inversiones. Unidad de Inversiones Públicas. San José, Costa Rica. Noviembre, 2009.
6. **MIDEPLAN-SECTRA.** “Metodología de preparación, evaluación y presentación de proyectos de transporte caminero”, Santiago de Chile, 1991.
7. **Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Dirección de Vialidad.** “Manual de Carreteras del Paraguay – Tomo 1, Volumen I”. Asunción del Paraguay, 2011.
8. **Ortegón, Edgar; Pacheco, Juan Francisco; Roura Horacio.** “Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública”. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) Área de proyectos y programación de inversiones. Santiago, Chile, agosto del 2005.
9. **Steven Landau, Glen Weisbrod and Brian Alstadt.** “Applying benefit-cost analysis for airport improvements: challenges in a multi-modal world” Economic Development Research Group, October 2009.