

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA GENERAL DE EVALUACIÓN

Para la evaluación socioeconómica del proyecto se parte de la metodología propuesta por el Ministerio de Planificación Nacional de Chile (MIDEPLAN), la cual consiste en identificar, cuantificar y valorar los beneficios y costos que se generan por la ejecución del mismo.

En esta metodología se muestra la importancia de dividir el proyecto carretero en tramos, cuyas características de oferta y demanda los distingan unos de otros, y a su vez, dentro de cada uno de ellos prevalezcan características similares. Posteriormente se continúa con una descripción de la forma en que se cuantifican y valorizan los beneficios y costos que se generan en este tipo de proyectos carreteros.

Finalmente, se determina el criterio de decisión utilizado en proyectos carreteros (momento óptimo de operación), en el cual se consideran los beneficios crecientes a través del tiempo y se especifica el seguimiento que se llevó en la evaluación de los diferentes proyectos.

3.1 Importancia de dividir el proyecto en tramos

Para la cuantificación de los beneficios y costos de un proyecto como éste, en el cual se presentan una gran diversidad de tipos de terrenos, estados de la carpeta, flujos vehiculares, así como una variada composición vehicular (autos, autobuses y camiones), se debe realizar un proceso de tramificación, que radica en aplicar el principio de separabilidad de proyectos.

El principio de separabilidad de proyectos consiste en dividir la carretera en tramos mediante un diagnóstico, tomando como criterio las condiciones de oferta (estado de la carretera) y demanda (flujos vehiculares), de tal forma que dentro de cada tramo seleccionado se observen las mismas condiciones físicas y geométricas, al igual que los flujos vehiculares.

La tramificación se hace con el fin de evitar una sobre o subvaloración de los beneficios que puedan presentarse en algunos tramos por la ejecución de un proyecto. Por ejemplo, si se tomaran dos tramos con diferente demanda como uno solo, al llevarse a cabo la evaluación se le estarían atribuyendo beneficios extras a aquel tramo que tiene una menor demanda, de igual forma pasaría si el estado de la carpeta fuera diferente en ambos tramos.

Al evaluar las alternativas de mejoramiento de un tramo, los principales beneficios que se obtienen, surgen de comparar las situaciones con y sin proyecto para cada uno de los tramos; pero además de los beneficios directos, se deben de considerar los beneficios indirectos (positivos o negativos) que se tendrían por efectos en los tramos colindantes. Sin embargo, este procedimiento conlleva a una evaluación demasiado extensa dado las posibles combinaciones que se pueden presentar; por lo que para el estudio se supone que existe una independencia entre cada tramo de la carretera.

Dado el gran número de tramos resultante del diagnóstico, se decidió para efecto de simplificar el procedimiento de cálculo, realizar una reagrupación dentro de un mismo origen-destino clasificado por demanda, la cual consistió en juntar aquellos tramos que tuvieran características similares de oferta, y así evaluarlos en forma conjunta. Es decir, tramos con la igual problemática, mismo tipo de terreno, y por ende las mismas características de demanda dentro de cada uno de ellos.

3.2 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios

Los beneficios que se identificaron por el mejoramiento de las condiciones de la carretera en cada tramo son: 1) ahorro en los costos de operación, 2) ahorro en el tiempo de viaje, 3) ahorro en los costos por la disminución de accidentes y 4) cambios en los costos de mantenimiento y conservación vial. Estos ahorros o cambios se obtienen de comparar las situaciones con y sin proyecto. La identificación de estos beneficios parte del análisis económico desarrollado para el caso del eje del Golfo en el anexo N°1 de teoría económica.

3.2.1 Ahorro en costos de operación de los vehículos

Para la estimación de los beneficios por este concepto, se requiere conocer los costos de operación en la situación con y sin proyecto, los cuales están en función de la velocidad a la que se transita, del estado de la carpeta de rodamiento y de las características geométricas de la carretera.

Para calcular los costos de operación (combustible, lubricantes, llantas, y mantenimiento de los vehículos), se empleó el modelo computacional HDM-VOC (Highway Design and Standard Model Vehicle Operating Costs) en su versión adaptada para el caso de México, el cual fue proporcionado por la S.C.T del estado de Nuevo León.

Para la determinación de costos de operación, el modelo computacional toma como datos las características de la carretera (superficie, altitud del terreno, índice de rugosidad, pendiente, curvatura, etc.), características del vehículo (peso, carga útil, potencia, velocidad calibrada del motor, combustible, etc.), características de los neumáticos (llantas por vehículo, costo de renovación, desgaste, etc.), datos sobre utilización del vehículo, costos unitarios y coeficientes adicionales (refacciones, mantenimiento, velocidad deseada, etc.). El modelo entrega los costos de operación por tipo de vehículo desglosado para cada uno de sus componentes, así como la suma de los costos de operación en conjunto.

Para la cuantificación de los ahorros por costos de operación se considera el volumen de vehículos diario y la longitud del tramo en kilómetros, ambos se multiplican por la diferencia de los costos de operación en cada situación, (con y sin proyecto), misma que resulta ser el beneficio por ahorro en costos por día; para obtener el ahorro anual se multiplica por los 365 días del año. Este cálculo se realiza para los años del horizonte de planeación y por cada tipo de vehículo.

$$\text{Ahorro por costos de operación} = (\text{Costo op. S/p}) * (\text{vehículos}^a \text{ por año}) * (\# \text{ de km. del tramo}) - (\text{costo op. C/p}) * (\text{vehículos por año}) * (\# \text{ de km. del tramo})$$

^a Los vehículos por año son por tipo de vehículo (auto, autobús o camión)

3.2.2 Ahorro en el tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto, se requiere conocer las velocidades a las que transitan los usuarios, y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto.

Por no contar con aforos de velocidad en cada uno de los tramos de la carretera, se decidió para efectos del estudio, utilizar la siguiente metodología en la estimación de velocidades.

Primeramente se calculó la *velocidad deseada* (velocidad en condiciones ideales) utilizando el Manual de Capacidad Vial proporcionado por la S.C.T. Esta técnica arroja como resultado la velocidad deseada de los autos ligeros para los distintos volúmenes de servicio, es decir con este método se toma en consideración los diferentes flujos vehiculares que se tienen durante las horas del día.

La estimación de la velocidad de los autobuses y camiones, se hizo a partir una toma de velocidades de campo realizado por el equipo evaluador, en la cual se determinó el porcentaje que representa la velocidad de cada uno de estos vehículos con la de los automóviles. Los resultados obtenidos fueron: la velocidad de los autobuses es equivalente al 89.9% de la de los autos y la velocidad de los camiones es equivalente al 79.9% de la velocidad de los autos.

Una vez obtenida la velocidad deseada, se introduce como variable en el modelo computacional HDM-VOC, el cual arroja como resultado la *velocidad de operación* en las situaciones con y sin proyecto, ésta velocidad toma en cuenta las características físicas y geométricas de la carretera, así como también condiciones particulares de los vehículos.

Para determinar el valor del tiempo de viaje se tomó como criterio la razón Producto Interno Bruto (PIB) / Población, dividida entre el número de horas trabajadas por año. Se toma este criterio, ya que el PIB es considerado como el ingreso generado en un país y al dividirse entre la población se tendría el ingreso per cápita de la nación. Se utiliza el total de la población ya que en el promedio de pasajeros por vehículo, se tomaron en cuenta todos los ocupantes, sin hacer una clasificación de algún tipo. Finalmente se divide entre el número de horas laborables (2,080 hrs al año) para estimar el valor que tiene cada hora de las cuales dispone el individuo para trabajar.

Para calcular los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje, se consideran el volumen de vehículos diario, el número de pasajeros promedio por vehículo y el valor del tiempo. El producto de estos, se multiplica por la diferencia de los tiempos de recorrido en cada situación (con y sin proyecto). Finalmente para obtener el ahorro anual se multiplica por los 365 días del año, e igual se realiza este cálculo para los años del horizonte de planeación y para cada tipo de vehículo.

El número de pasajeros promedio para autos y camiones se calculó en el aforo realizado por el equipo evaluador en el tramo La Coma - Amp. la Loma, los días 22, 23 y 24 de enero del presente año. Los resultados obtenidos fueron, autos 2.39 pasajeros y camiones 1.43 pasajeros. Para el caso de los autobuses se solicitó información a la Dirección General de Autotransporte Federal de la S.C.T., en la cual se proporcionaron el total de corridas diarias y el número de pasajeros totales diarios durante 1995, para las terminales de Tampico, Tamps. y Matamoros, Tamps., con lo cual se determinó un promedio de pasajeros por viaje de 15.6 más 2 operadores.

$$\text{Ahorro por disminución del tiempo de viaje} = \{ (\text{tiempo s/p}) - (\text{tiempo c/p}) \} * (\text{Valor del tiempo}) * (\text{vehículos}^a \text{ por año}) * (\text{pasajeros promedio})$$

^a Los vehículos por año son por tipo de vehículo.

3.2.3 Ahorro en costos por accidentes

Al realizar obras de mejoramiento vial es de esperarse que el número de accidentes se vea reducido y por lo tanto la sociedad se ahorre recursos que actualmente se destinan a estos percances.

Al efectuarse obras de sello y riego, sobrecarpeta, reconstrucción o ampliación, tiende a reducirse la tasa de accidentes debido al incremento en seguridad que perciben los usuarios, sin embargo, contrario a la reducción en el número de accidentes, la gravedad de los mismos puede aumentar por efecto del incremento en la velocidad de los vehículos, lo que implica que el daño por accidente sea mayor.

Para poder determinar el ahorro por disminución de accidentes, es indispensable conocer los costos en lesiones de las personas, daños materiales, así como también las pérdidas en vidas humanas. Sin embargo, éste último es difícil de estimar por lo subjetivo que puede resultar su valoración.

Para efectos del estudio, no se considera la cuantificación de los beneficios por el ahorro de accidentes, debido principalmente a la dificultad de su estimación y a la premura de tiempo para su cuantificación; por lo cual, es conveniente aclarar que los beneficios totales pueden resultar subestimados (o sobrestimados), pero no en forma significativa para los resultados del estudio.

3.2.4 Ahorro en costos de mantenimiento y conservación vial

Para estimar los ahorros por mantenimiento y conservación vial se utilizó la información proporcionada por la S.C.T., en la que se determinan los costos de mantenimiento que se deberían realizar dependiendo de las condiciones físicas de cada tramo para las situaciones con y sin proyecto.

Es de esperarse que para el caso de mejoramiento de la carpeta los gastos en mantenimiento disminuyan y en el caso de una ampliación los gastos se incrementen. Sin embargo, de acuerdo a la información proporcionada, los gastos una vez hecho el mejoramiento sobre la misma carpeta, sólo disminuyen en el primer año y del segundo en adelante son iguales a los actuales; para el caso de la ampliación sucede lo mismo, durante el primer año disminuyen y a partir del segundo año se incrementan.

3.3 Identificación, cuantificación y valoración de costos

Los costos de ejecución del proyecto más significantes son los costos de construcción de las obras, la conservación, el mantenimiento y las interferencias que provoca al tráfico las obras de construcción, llamados costos por molestias (desvíos, detenciones, retrasos, etc.).

Por otro lado, el proyecto puede ocasionar efectos en caminos adjuntos a la ruta del Golfo, este es el caso de los caminos complementarios, los cuales se podrían ver afectados por una mayor demanda vehicular debido al tráfico desviado, lo que trae como resultado mayores inversiones en conservación y reposición de la carpeta. Sin embargo dado el origen o destino que tendría el flujo desviado con este proyecto, los caminos complementarios no se verán afectados.

3.3.1 Costos de inversión

Corresponde al costo de todos los materiales, maquinaria y mano de obra requeridos para llevar a cabo los proyectos de la ampliación y de las alternativas de mejoramiento que se presenten en cada tramo, como son reconstrucción, sobrecarpeta, riego y sello.

La estimación de los costos de inversión se realiza con la información proporcionada por la S.C.T., la cual se presenta en forma desglosada (cantidad de materiales, maquinaria, mano de obra, etc.) para cada uno de los proyectos que se solicitaron.

3.3.2 Costos por molestias durante la construcción

Se refiere a las molestias causadas durante la ejecución del proyecto, lo que ocasiona que los usuarios incurran en costos adicionales a los que normalmente se enfrentan debido a las interferencias (desvíos y detenciones) que este provoca. Estos costos por molestias corresponden a un aumento de los CGV (costos de operación de los vehículos y tiempo de viaje de los usuarios).

En el estudio se considero, que tanto en la ampliación como en las alternativas de mejoramiento para cada tramo, se ocasionan el mismo tipo de molestias. Esto se debe a que en la ampliación, la construcción de los dos carriles adicionales y el mejoramiento de la carpeta actual se realizan al mismo tiempo, de modo que los usuarios se verían afectados sólo cuando se estén llevando a cabo los proyectos de mejoramiento de la carpeta actual.

Para obtener la velocidad a la cual se circula cuando se están llevando a cabo obras de construcción, se realizó una visita de campo en la carretera que cruza de Cd. Victoria, Tamps. a Linares, N.L., en la cual se realizaban obras de reconstrucción y el tráfico se veía afectado. El resultado obtenido de la visita de campo, fue una reducción en la velocidad a 20 km/hr la cual se utilizó para efectos del estudio. Por información de la S.C.T. se consideró que la distancia de la sección en construcción es de 1 km. y se construye 1 km. por día.

La cuantificación de las molestias se realiza en dos partes: primero se calcula el cambio en los costos de operación, los cuales se dan a consecuencia de que se reduzca la velocidad de tránsito y segundo, se procede a calcular en cuanto se demoran las personas que transitan por la sección en reparación al disminuir su velocidad a consecuencia de las molestias que ocasiona el proyecto. Una vez cuantificado el retraso, se procede a valorarlo utilizando el mismo método que se uso para valorar el ahorro de tiempo de viaje debido al proyecto.

Es conveniente mencionar que entre más tiempo se postergue la ejecución del proyecto los costos serán mayores, ya que el número de usuarios afectados se incrementa con el tiempo. Por otro lado, debido a que estos costos solo se propician durante la construcción de las obras, se deben de considerar como parte de la inversión inicial.

3.4 Criterio de decisión para la determinación del momento óptimo

Debido a que en proyectos carreteros los beneficios netos tienden a ser crecientes a través del tiempo, el criterio del VPN no es el adecuado para su evaluación. Entonces, resulta conveniente la determinación del momento óptimo de operación, el cual consiste en comparar los beneficios netos percibidos durante el primer año de operación del proyecto (B_i), con el costo anual equivalente de la inversión y los costos por molestias, para ese año ($C.A.E._i$).

El criterio de decisión para determinar el momento óptimo de inversión en el caso de proyectos de vida finita que se repiten, es el siguiente:

$B_i = C.A.E._i \Rightarrow$ momento óptimo de ejecutar el proyecto

$B_i > C.A.E._i \Rightarrow$ momento óptimo rezagado

$B_i < C.A.E._i \Rightarrow$ momento óptimo en el futuro

donde:

B_i = Beneficios netos en el año i $i = 1 \dots\dots\dots n$

$C.A.E._i$ = Inversión * (A/P, r %, n) + Costo por molestias del año i * (A/P, r %, n).

$(A/P, r \%, n) = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$ = Factor de recuperación del capital

$r = 18 \%$ = tasa de descuento social

n = vida útil del proyecto

Los beneficios netos (B_i), se definen como los ahorros en los CGV (costos de operación y tiempo de viaje) que obtendrían los usuarios por el mejoramiento del eje carretero, sumado a los ahorros por mantenimiento vial. El costo anual equivalente ($C.A.E._i$), se considera como la suma de los gastos iniciales para llevar a cabo las obras del proyecto y los costos por molestias durante la construcción.

La tasa social de descuento (r) o costo de oportunidad de los recursos públicos utilizados, fue la estimada por BANOBRAS para el año de 1994, siendo éste el valor más recientemente estimado y por consiguiente el que fue utilizado.

3.5 Seguimiento de evaluación

El seguimiento de evaluación consiste en la determinación del momento óptimo de ejecución de la ampliación a cuatro carriles para todo el Eje del Golfo. La ampliación contempla la construcción de dos carriles adicionales y el mejoramiento de los dos carriles ya existentes.

En caso de no resultar rentable el proyecto dentro del horizonte de evaluación de 15 años, se plantea la evaluación de distintas alternativas para solucionar la problemática que se presenta en cada tramo a lo largo del Eje, como lo son un riego de sello, una sobrecarpeta o bien una reconstrucción de la carpeta; determinando para cada una de las alternativas el momento óptimo de su ejecución y el Valor Presente Neto (VPN) de cada alternativa.