

TÍTULO: EVOLUCIÓN DE CRITERIOS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE OBRAS VIALES

NOMBRE Y APELLIDO DE LOS AUTORES:

Ing. Jorge GALARRAGA

Ing. Marcelo HERZ

Ing. Pablo ARRANZ

Dr. Ing. Alejandro TANCO

DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA:

Instituto Superior de Ingeniería del Transporte. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba

Avenida Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria, X5016GCA, Córdoba, Argentina

NÚMERO DE TELÉFONO Y FAX:

TE/FAX: 54 – 351 – 4334149

DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:

mherz@unc.edu.ar

jorgala@unc.edu.ar

parranz@unc.edu.ar

atanco@unc.edu.ar

ÁREA TEMÁTICA PROPUESTA:

GERENCIAMIENTO EN REDES VIALES

EVOLUCIÓN DE CRITERIOS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE OBRAS VIALES

RESUMEN

El Análisis Beneficio-Costo Social (ABCS) es utilizado formalmente por la Dirección Nacional de Vialidad desde 1972, según los criterios de la pionera Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales, conocida como la “Guía Amarilla”. Las prácticas para evaluar la conveniencia económica de construir o no las obras y establecer prioridades en el marco de una metodología que hiciera comparable los estudios, fueron evolucionando en el marco institucional de la toma de decisiones, en la consideración de beneficios y su distribución, en la consideración del riesgo y en las herramientas de análisis.

En el año 2015 se completó una actualización de la Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales a través de un convenio de la DNV con el Instituto Superior de Ingeniería de Transporte de la Universidad Nacional de Córdoba.

El objeto de trabajo es explicitar y contextualizar la evolución de criterios que se reflejan en los cambios de objetivos de la factibilidad económica, estimación de las demandas del proyecto, estimación de costos de usuarios y de no usuarios, evaluación de beneficios, indicadores, análisis de riesgo, impactos distributivos e impacto sobre los sectores económicos.

Los cambios en el marco institucional se formalizaron con la Ley N° 24354 de Inversiones Públicas (1994) que extendió lo que ya hacía la DNV a todas las obras públicas exigiendo el ABCS con Estudios de factibilidad e Impacto ambiental como requisito para ser elegible a financiación. En sucesivas reglamentaciones se han uniformizado procedimientos que incluyen además del ABCS, estructura de costos por tipo de obra (ECTO), análisis de impactos distributivos y de impactos en sectores económicos, en el empleo y en la economía en su conjunto con matrices insumo-producto.

Los cambios en fundamentos económicos de los beneficios de las obras viales no han afectado el criterio del excedente del consumidor ni el clásico criterio de compensación de Kaldor-Hicks, pero se han incorporado los criterios del desarrollado sustentable en el tratamiento de externalidades ambientales y medidas de mitigación.

Referente a herramientas de análisis, el avance de la informática ha viabilizado el uso de modelos de demanda de transporte, modelos de costos de transporte y modelos de análisis de riesgo más complejos, que han perfeccionado el tratamiento cuantitativo de datos para distintos casos.

Considerando el método de las longitudes virtuales incluido en la Guía Amarilla, los cambios en la determinación de costos de usuarios han sido sustanciales a partir de la difusión de los estudios del Banco Mundial para el Highway Design Model (HDM 3), y posteriores versiones derivadas (HDM4, RUC, RED),

La explicitación de los criterios y métodos actuales para tratar la demanda, los costos, los beneficios y la evaluación económica de los proyectos viales permiten concluir sobre los ítems satisfactoriamente resueltos y los no tan resueltos en materia de factibilidad económica.

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Las prácticas de evaluar la conveniencia económica para la sociedad de construir o no obras públicas independiente de los ingresos monetarios tiene orígenes en EEUU en 1939 cuando estando en discusión inversiones en un sistema de presas con esclusas navegables en el Río Mississippi, se promulgó la ley de Control de Crecidas que autorizaba a usar fondos públicos solo si “los beneficios para quienquiera que se devenguen superan los costos estimados”, dando así instrumentación al Análisis Beneficio Costo Social (ABCS) en las políticas públicas. (Guess, 2000)

En el área de proyectos viales, la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) publica en 1960 la primera edición del manual “Análisis de los beneficios de los usuarios para mejoras en carreteras” conocido como el Libro Rojo, por el color de sus tapas (AASHTO, 1960). En el mismo se presentaban métodos de factores de costos unitarios de los usuarios para autos, camiones simples y semirremolques operando a diferentes velocidades, tal que pueden cuantificarse diferencias antes y después de distintos tipos de mejoras. El indicador de eficiencia económica es el Valor Actual Neto del proyecto, obtenido comparando las inversiones con las corrientes de beneficios anuales de los usuarios.

En Argentina, la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) publica en 1972 la pionera Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales, conocida como la “Guía Amarilla” formalizando la utilización del Análisis Beneficio-Costo Social (ABCS) para evaluar la eficiencia económica de inversiones viales (DNV, 1972).

A nivel internacional, en 1987 el Informe Brundtland instala el paradigma del desarrollo sustentable agregando a los objetivos de eficiencia económica, objetivos simultáneos de equidad social y sustentabilidad ambiental.

En 1994 la Ley N° 24354 de Inversiones Públicas, institucionaliza para todas las obras públicas financiadas por la Nación el requerimiento previo de una evaluación económica que verifique el beneficio neto positivo de las inversiones para la sociedad (ABCS) y una evaluación ambiental que identifique y trate los impactos ambientales socioculturales y ecológicos. Para ese entonces, la DNV tenía 23 años utilizando el ABCS con la Guía Amarilla, y 1 año evaluando los aspectos ambientales con el MEGA: Manual de Evaluación y Gestión Ambiental (DNV, 1993)

En los aspectos metodológicos, el Banco Mundial financia estudios para cuantificar los costos de usuarios con cambios en las características de las carreteras y los efectos de distintas políticas de conservación y rehabilitación de la red vial, dando origen a los modelos con base mecanística-empírica primero el Highway Design and Maintenance Model (HDM3) (Banco Mundial, 1987) y luego el Highway Development and Management Model (HDM4) (PIARC, 2004).

La evolución de paradigmas y herramientas se reflejan en Iberoamérica en los Manuales de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte como el propuesto por el Banco Interamericano de Desarrollo (Rus et al, 2006) o el de España (CEDEX, 2010). No obstante la generalizada utilización del ABCS subsisten debates sobre algunos aspectos de su aplicación (Grimaldi y Beni, 2013)

En el año 2015 se completó una actualización de la Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales a través de un convenio de la DNV con el Instituto Superior de Ingeniería de

Transporte de la Universidad Nacional de Córdoba (DNV, 2015). Dicha actualización refleja la consolidación del marco teórico económico, la incorporación de criterios de desarrollo sustentable, los cambios en el marco institucional para la justificación de inversiones públicas y la disponibilidad de potentes herramientas de análisis cuantitativos, aspectos que se describen en el presente trabajo.

1.2 El ciclo del Proyecto. Factibilidad.

El ciclo de vida de proyecto se compone con las etapas de Preinversión, Inversión y Operación, hasta que se reinicia el ciclo cuando durante la operación se constatan necesidades y se plantean ideas para un nuevo proyecto.

El objetivo general de las obras viales se inscribe, como parte del sistema de transporte, en el rumbo del desarrollo sustentable de la sociedad. Esto implica verificar que los nuevos proyectos sólo se implementen si cumplen criterios de eficiencia económica, equidad social y sustentabilidad ambiental.

El planteo de objetivos específicos, la formulación y selección de alternativas y la verificación de factibilidad del proyecto definitivo se realizan en la etapa de Preinversión. En el caso de la obra vial incluye la planificación inicial regional, la planificación avanzada con categorización del proyecto, el anteproyecto y el proyecto definitivo.

Los Estudios de Factibilidad Económica forman parte de la fase final de la etapa de Preinversión. La etapa se compone de actividades de diagnóstico de la situación actual y de la proyección en un horizonte de 20 o más años, actividades de formulación de alternativas, que pueden involucrar variables de localización, tamaño y tecnología, y actividades de valoración y selección de alternativas.

En la fase inicial, planificación, identificados el propósito y necesidad de las inversiones a escala regional, se plantean a nivel de perfil croquis preliminares de alternativas de localización, tecnología y tamaño, que se valoran monetariamente en orden de magnitud.

En la fase intermedia, prefactibilidad, se formulan los estudios de ingeniería a nivel de anteproyecto, y se seleccionan y evalúan las alternativas candidatas a superar las pruebas de eficiencia económica y de impactos ambientales, desechando o reformulando aquellas que no verifican. Las variables pueden incluir localización (trazado), tamaño (autopista, autovía, carreteras con tercer carril), tecnología (materiales, pavimentos).

En la fase final de la etapa de preinversión, factibilidad, se requiere el desarrollo del proyecto definitivo, con la evaluación de su factibilidad económica y ambiental. Esta fase de la evaluación económica se orienta principalmente a suministrar indicadores de rentabilidad, de riesgo y de impactos distributivos del proyecto, para informar el proceso de toma de decisiones en inversiones públicas.

En el marco del análisis de inversiones de la Dirección Nacional de Vialidad y del Sistema Nacional de Inversiones Públicas es necesario no sólo determinar la eficiencia económica de cada proyecto sino establecer prioridades con un ordenamiento según el grado de conveniencia, lo cual requiere que los indicadores y la metodología para obtenerlos sean uniformes, para hacer comparables estudios realizados en distinto tiempo e independientemente.

Según el objetivo de la inversión se distinguen tres tipos de proyectos que pueden diferenciarse en metodologías específicas de análisis:

I. Adecuaciones estructurales (renovaciones y reemplazos)

II. Ampliaciones (aumentos de capacidad y seguridad)

III. Obras nuevas

Las adecuaciones estructurales permiten reponer o reconstruir capacidad productiva, adecuando la oferta estructural deficiente, con utilización de la estructura existente, incluyen en el caso de obras viales la renovación de vida útil de los pavimentos y obras de arte. La gestión de pavimentos tiene componentes de costos de conservación y componentes de inversión en proyectos de rehabilitaciones, refuerzos y reconstrucciones. Análogamente, la gestión de puentes y otras obras de arte comprende costos de conservación e inversiones en proyectos de rehabilitación.

Los proyectos de ampliación, que adecúan oferta insuficiente con cambios en el diseño geométrico y aprovechamiento de la infraestructura existente, incluyen en el caso de infraestructuras viales a las mejoras en trazados existentes (pavimentación, ampliación de carriles, duplicación de calzadas, mejoras de seguridad y otros).

En las Obras nuevas se adecúa la oferta a la demanda insatisfecha sin aprovechamiento de la infraestructura existente, incluyen en el caso de infraestructuras viales a las nuevas conexiones en la red (nuevos trazados con autopistas, carreteras y puentes).

1.3 Criterios de factibilidad económica

Con el paradigma del desarrollo sustentable, la eficiencia económica evaluada con ABCS no es el único objetivo en la toma de decisiones de inversiones públicas, pudiendo los objetivos ambientales y sociales evaluarse por separado, o integrarse en un análisis multicriterio con indicadores cuantitativos y cualitativos. La evaluación multicriterio genera información más completa para la toma de decisiones pero su mayor complejidad solo se justifica para evaluar alternativas de transporte de gran impacto regional.

Las prácticas para evaluar la conveniencia económica de construir o no las obras y establecer prioridades en el marco de una metodología que hiciera comparable los estudios, fueron evolucionando en el marco institucional de la toma de decisiones, en la consideración de beneficios y su distribución, en la consideración del riesgo y en las herramientas de análisis.

El presente trabajo explicita y contextualiza criterios incluidos en la actualización de la Guía de Factibilidad de Obras Viales (2015) que reflejan los objetivos de la evaluación de proyectos, estimación de las demandas, estimación de costos de usuarios y de no usuarios, evaluación de beneficios, indicadores, análisis de riesgo, impactos distributivos e impacto sobre los sectores económicos.

En el apartado 2 se considera la demanda de las obras viales (estudios de mercado), el apartado 3 trata los distintos beneficios atribuibles (usuarios y comunidad, propios y externalidades), el apartado 4 presenta los indicadores de evaluación (renta, riesgo, distribución, impacto productivo) y en el apartado 5 se presentan algunas conclusiones sobre criterios y metodologías actuales.

2 Demanda de obras viales

2.1 Tipos de Tránsito

Los beneficios del proyecto se estiman en función de todos aquellos usuarios que experimenten reducción en sus costos generalizados de transporte. Resulta entonces de capital importancia definir quienes serán los usuarios del proyecto, es decir la demanda de la nueva obra vial.

El tránsito con proyecto puede estar compuesto por usuarios que cambiaron o no su comportamiento. Los usuarios del proyecto que no cambiaron su comportamiento ya eran usuarios de la situación sin proyecto. Este tipo de tránsito ha recibido diferentes denominaciones, tales como tránsito base, tránsito propio, tránsito normal, tránsito existente.

Los usuarios del proyecto que cambiaron su comportamiento pueden deberse a diferentes situaciones, a saber: a) cambio de ruta, debido a usuarios que ya viajan actualmente por modo carretero y que, manteniendo su origen y destino, optan por emplear la mejora obtenida con el proyecto, b) cambio de modo, debido a usuarios que ya viajan actualmente por otra modalidad (por ejemplo ferroviaria) y que optan por emplear la mejora obtenida con el proyecto, c) incremento de la frecuencia de los viajes, por ejemplo 4 viajes por día con proyecto contra dos viajes por día sin proyecto, d) nuevos usuarios, debido a cambios en el uso del suelo y/o por mayor producción de bienes y servicios derivados del proyecto, y e) otros cambios posibles, por ejemplo cambio en el origen y/o destino o en la hora del viaje.

De manera simplificada, y siguiendo el criterio del Modelo HDM-4 (PIARC, 2004), se pueden clasificar tres (3) tipos de tránsito:

a.- Tránsito Normal: tránsito que emplearía el proyecto aunque la inversión de mejora no se realizara. Es el tránsito compuesto por los usuarios que no cambiaron su comportamiento y corresponde también al escenario sin proyecto.

b.- Tránsito Derivado: tránsito que proviene de un cambio de ruta o de modo. Es el tránsito compuesto por los usuarios que, manteniendo su origen y destino, modificaron sus itinerarios previos debido a la mejora del proyecto. Caso a) y b) de cambio de comportamiento.

c.- Tránsito Generado o Inducido: todo otro tránsito adicional que pueda presentarse en la situación con proyecto. Es el tránsito compuesto por los usuarios que incrementan la frecuencia de viajes, nuevos usuarios generados debido a cambios en el uso del suelo, mayor producción de bienes y servicios, y otros cambios posibles. Casos c), d) y e) de cambio de comportamiento.

Corresponde consignar que el Tránsito Normal y el Derivado ya existen en el escenario sin proyecto. En cambio el Tránsito Generado se refiere a nuevos viajes, que no están presentes en la Red de Transporte sin proyecto.

2.2 Zona de Influencia y Red de Transporte

La zona de influencia y la red de transporte determinan la capacidad espacial de la modelación y son necesarias para estimar adecuadamente los usuarios a lo largo del período de evaluación.

Para predecir la evolución del tránsito existente (normal y derivado) se considera la evolución de las variables socio económicas sin el impacto de la nueva oferta por la

ejecución del proyecto. En cambio para estimar el tránsito generado debe considerarse la modificación que pueda significar en dichas las variables la ejecución del proyecto.

El desarrollo de estos aspectos varía según el tipo de obra. La Tabla N° 1 pretende resumir la importancia de los tipos de tránsito y de la zona de influencia y la red de transporte en cada caso.

Tipo de Proyecto	Tránsito más importante	Zona y red de transporte
Adecuación estructural	Normal	Importancia mínima
Ampliación	Normal / Derivado / Generado	Importancia media
Obra Nueva	Derivado / Generado	Importancia máxima

Tabla N° 1: Importancia de los tipos de tránsito y de la zona de influencia y red de transporte en cada tipo de proyecto.

La delimitación del área geográfica que deben cubrir los estudios depende de la "zona de influencia" del proyecto bajo análisis. En términos generales puede considerarse que la zona de influencia está conformada por el área y red de transporte en la cual se pronostican cambios en los niveles de tránsito a consecuencia del proyecto. Esta área es muy variable dependiendo del tipo de proyecto en estudio.

La definición de una "Red" sólo es necesaria cuando alguno de los caminos que se pretende mejorar pueda atraer o derivar tráfico de otras rutas o desde otros medios de transporte. Cuando esa posibilidad no exista, la red se verá reducida solo a los tramos del camino afectado.

La red de transporte pretende representar el componente de la oferta en el proceso de modelación. La descripción de la red puede hacerse a diferentes niveles de detalle y requiere la especificación de su estructura y atributos (longitud, velocidad, capacidad, costos).

2.3 Estudios del Tránsito Existente

El relevamiento del tránsito existente constituye una de las principales etapas de los estudios de factibilidad. El tránsito actual es la base principal para la proyección del tránsito futuro. El objetivo principal de los estudios es estimar el tránsito normal y la matriz de origen y destino que permita cargar la red para cuantificar el tránsito derivado.

Para la definición del tránsito normal interesa la determinación de variables típicas de este tratamiento, tales como Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), composición vehicular media, volúmenes de giros en principales intersecciones, ejes equivalentes, condiciones típicas de operación (horarios picos, usos variados entre días hábiles y feriados, etc.). Se deben realizar Censos de Volumen y Composición. La ejecución de los mismos puede ser por medios manuales o automáticos. La duración de los conteos se fija en función de las características de las obras consideradas y de la variabilidad del tránsito en función del tiempo.

Para la definición del tránsito derivado se requiere conocer los orígenes y destinos del tránsito actual sobre la red del proyecto. Para ello se realizan las Encuestas de Origen y Destino. Además permite obtener un conjunto de información sobre los vehículos, los pasajeros y la carga, información necesaria para el análisis económico y el estudio de costos de operación de vehículos. Típicamente se pregunta sobre: a) origen y destino de los viajes, b) el tipo de vehículo empleado, c) el motivo del viaje, d) la ocupación en pasajeros,

c) la carga transportada. A los fines de la expansión posterior de la muestra es necesario conocer el TMDA y la composición en la ubicación del puesto de Origen y Destino. Para ello, en paralelo con la encuesta de Origen y Destino y en el mismo lugar y tiempo, debe realizarse un censo volumétrico y de clasificación.

2.4 Estimación de la Demanda

Habiendo definido y realizado los estudios correspondientes a la zona de influencia, la red de transporte, los costos generalizados y el tránsito existente se está en condiciones de estimar la demanda, es decir el tránsito normal, derivado y generado para el momento del estudio y a lo largo del período de evaluación. A continuación se trata la estimación inicial de cada tipo de tránsito y luego la proyección.

2.4.1 Tránsito Normal

La estimación del Tránsito Normal se basa en los censos de volumen y composición que han sido citados en los estudios de tránsito existente. A partir de la duración de los conteos y considerando las correspondientes correcciones se obtiene el Tránsito Medio Diario Mensual y luego el TMDA para el año de ejecución de los conteos

2.4.2 Tránsito Derivado

El tránsito que se va a derivar al escenario con proyecto sigue empleando su itinerario original en el escenario sin proyecto. En este escenario cada par Origen - Destino tiene su demanda, y los viajes del tramo en estudio conforman el Tránsito Normal. Manteniendo esta demanda (Matriz Fija de Orígenes y Destinos) en el escenario con proyecto, una nueva asignación a la red mejorada modifica los itinerarios previos. Los nuevos viajes adicionales asignados al tramo en estudio conforman el Tránsito Derivado para el año de realización de la Encuesta.

De la Encuesta de Origen y Destino se obtiene la Matriz de viajes entre pares de zonas que representa a la Demanda y la red con proyecto con sus arcos (con costos generalizados) y nodos representa a la Oferta. El resultado de la asignación (tránsito en cada uno de los arcos) se obtiene como el equilibrio entre las condiciones de demanda y oferta.

Esencialmente los métodos de asignación a la red pueden clasificarse por una parte si tienen o no en cuenta los efectos de la congestión y por otra parte si incluyen o no efectos probabilísticos en el comportamiento de los usuarios (Ortúzar y Willumsen, 2011). La Tabla N° 2 muestra la correspondiente clasificación.

Modelos de Asignación a la Red		Efectos probabilísticos	
		No	Si
Efectos de la Congestión	No	Todo o Nada	Estocástico
	Si	Equilibrio de Wardrop	Equilibrio estocástico

Tabla N° 2: Clasificación de los métodos de asignación a la red.

En todos los casos, el supuesto básico implica que los usuarios seleccionarán aquellos itinerarios que minimicen sus costos generalizados. Para automóviles los costos generalizados deben contemplar solamente los "costos de bolsillo", es decir los

desembolsos monetarios inmediatos (combustible, peaje y estacionamiento) y el valor del tiempo de viaje. Para ómnibus y camiones debe considerar los costos empresarios variables de operación, y el valor del tiempo de pasajeros y de cargas en tránsito, todo valuado a precios de mercado, según se detalla en el punto 4.2 de costos de transporte.

Considerar los efectos de la congestión implica que los costos generalizados de los arcos se modifican a medida que se incrementa el volumen de tránsito asignado a los mismos. Este tipo de métodos se conocen como de capacidad restringida.

Considerar efectos probabilísticos sobre el comportamiento de los usuarios implica que no todos los usuarios perciben los costos generalizados de los arcos de la misma manera. Se acepta la presencia de un error aleatorio en la percepción de los costos.

La selección del método más adecuado está en relación al caso en estudio. Cuando los volúmenes de tránsito son apreciablemente menores a la capacidad resulta mucho más simple y suficientemente preciso, considerar que los costos generalizados de cada arco no dependen del volumen de tránsito. Adicionalmente considerar efectos probabilísticos sobre los usuarios agrega mayor realismo con resultados más conservadores. El modelo Logit podría ser empleado para este caso.

Si los flujos a asignar comprometen la capacidad de los arcos debe adoptarse una función de costos – flujos para cada arco. Para estos casos la aplicación del equilibrio estocástico no asegura convergencia, mientras que la aplicación del equilibrio de Wardrop resulta más simple y suficientemente preciso. El método de asignaciones incrementales podría ser empleado para este caso.

2.4.3 Tránsito Generado

El Tránsito Generado o Inducido se refiere a nuevos viajes, que no están presentes en la Red de Transporte sin proyecto. Puede estar compuesto por usuarios que incrementan la frecuencia de sus viajes o por nuevos usuarios producidos debido a cambios en el uso del suelo, por mayor producción de bienes y servicios, y por otros cambios posibles como en el origen y/o destino o en la hora de los viajes. No existiría en el futuro de no realizarse el proyecto, se genera por efecto de la mejora.

En términos generales, para aquellos casos en los cuales el tránsito normal es relevante y está consolidado (proyectos de adecuación estructural de carreteras pavimentadas), el tránsito generado o inducido reviste poca importancia. En cambio para los casos en los cuales el tránsito normal es pequeño (proyectos de ampliación por pavimentación de un tramo no pavimentado) o nulo (obras nuevas) el tránsito generado o inducido puede ser un componente clave de la evaluación.

Cuando el tránsito generado está producido por cambios en el uso del suelo o por mayores actividades productivas es posible que requiera varios años para materializarse en su totalidad. El período de aplicación dependerá de la evolución prevista en el tiempo para las actividades generadoras.

Dos procedimientos que pueden emplearse para estimar el tránsito generado o inducido son, la elasticidad con respecto al ahorro de costos de la situación sin proyecto y el modelo de gravedad. Ambos métodos se basan en que la realización del proyecto producirá una reducción de los costos de los usuarios y que debido a la misma se generarán nuevos viajes. Los métodos empleando elasticidad son de aplicación para los proyectos de adecuación estructural donde el tránsito normal es el componente clave. Los métodos

empleando modelos de gravedad son recomendados para los proyectos de ampliación y obras nuevas donde el tránsito normal es nulo o muy bajo.

2.5 Proyección del Tránsito

Tan importante como la estimación del tránsito normal, derivado y generado o inducido a un año de referencia es su proyección al año de habilitación y luego durante el período de evaluación.

Según ha sido expuesto el tránsito normal y la Matriz Fija de Orígenes y Destinos (tránsito existente) se determina para el año de relevamiento. Considerando el tiempo necesario para licitar y construir la obra resulta que, prácticamente en todos los casos, el año de habilitación previsto sea posterior, por lo que resulta necesario proyectar los tránsitos hasta allí y luego a lo largo del período de evaluación.

Para estimar el tránsito normal al año de habilitación se debe proyectar el obtenido para el año de relevamiento. Típicamente este procedimiento se realiza empleando una tasa anual acumulativa del tránsito, la misma puede ser diferente para cada categoría de vehículos. El procedimiento puede ser similar para el tránsito derivado.

El procedimiento tradicionalmente empleado para la proyección del tránsito se basa entonces en considerar una tasa anual de crecimiento acumulativa. El problema a resolver es cómo estimar dicha tasa de crecimiento anual para cada tipo de vehículo.

Dos tipos de técnicas han sido empleadas con tal objetivo: a) las series de tiempo o análisis de tendencias, que plantean que el futuro puede ser estimado a través del pasado y b) modelos causales, que plantean que el tránsito es una variable derivada o dependiente de otras variables independientes o explicativas. Se detallan los procedimientos a seguir en cada caso.

En general debe proyectarse el tránsito por un período del orden de 20 años. Esto representa un horizonte de largo plazo con elevada incertidumbre. En efecto es reconocido que la capacidad de pronóstico va disminuyendo a medida que se incrementa el horizonte de proyección.

Como consecuencia deben plantearse diferentes escenarios para las proyecciones. En general se plantea un escenario base o más probable y a partir de éste dos escenarios más, uno optimista y otro pesimista.

Corresponde consignar que, en términos generales, las proyecciones de tránsito presentan tasas que pueden ser diferentes para cada tipo de vehículo y también para diferentes períodos de tiempo dentro del horizonte de evaluación.

3 Beneficio de obras viales

3.1 Teoría del Bienestar

Teniendo en cuenta el bienestar de una sociedad involucra conceptos diversos y de diferente valoración (el respeto a los derechos humanos, la movilidad social, etc.), no todos pueden incluirse en el estudio económico. La Economía del Bienestar se dedica especialmente a la disponibilidad de bienes por parte de la sociedad y la distribución de estos entre los habitantes. En términos más formales se puede decir que se trata del estudio

de la eficiencia y de la equidad de las acciones económicas (eficiencia en el uso de los recursos de la sociedad y equidad en la distribución de los beneficios).

Para la evaluación de proyectos de carretera se trata de establecer el cambio en el bienestar de la sociedad que produce el proyecto. Esta visión trae aparejada una serie de complejidades. Primero como medir el bienestar y segundo como establecer que el bienestar de algunos individuos a costa de otros es un beneficio neto positivo para la sociedad.

Para responder a la primera complejidad se recurre a la teoría de la utilidad. La teoría económica supone que un individuo tiene preferencias de consumo de unos u otros bienes sobre la base de la satisfacción que proporcionan a sus necesidades. Así cada bien o servicio tiene una utilidad o grado de satisfacción diferenciado del proporcionado por otros bienes. El individuo selecciona, entonces una combinación de bienes de manera de maximizar la satisfacción de sus necesidades. Puede establecerse una equivalencia entre cambios en el bienestar de un individuo (cambios en la utilidad obtenida de los bienes y servicios) y cambios en el ingreso del individuo.

Para responder a la segunda complejidad debe considerarse que un proyecto de carreteras afecta a varios individuos de forma negativa o positiva. No resulta tan directo pensar que el beneficio de unos compensa las pérdidas de otros. Podría pensarse que la pérdida de bienestar de un solo individuo es suficiente para establecer que el proyecto no es beneficioso para la sociedad. Para salvar esta situación se ha establecido un criterio de selección atribuido a Kaldor y Hicks (Fontaine,2008) que puede enunciarse como:

“Cualquier cambio que coloque a alguna persona en una mejor posición y si es posible que esa persona compense potencialmente a quienes hayan desmejorado su posición, y si estos, con esta compensación estuvieran al menos como estaban antes, es una ganancia potencial para la sociedad”.

A modo de resumen, entonces, valga decir que desde el punto de vista "restringido a métricas económicas", el mayor o menor bienestar, se limita a la consideración del efecto de acciones económicas (proyectos, políticas) sobre el monto y la distribución del ingreso nacional a lo largo del tiempo.

3.2 Beneficios por Excedente del Consumidor

Se define al excedente del consumidor como la diferencia entre el precio que el consumidor está dispuesto a pagar y el que realmente paga. Considerando una demanda de transporte como la representada en la Figura N° 1 y asumiendo que el costo generalizado de un viaje está representado por el valor B, el excedente de los consumidores está representado por el área del triángulo ABC.

Generalmente, en evaluación de proyectos el interés está centrado en la variación o diferencia del excedente del consumidor derivado de una mejora en el costo generalizado del viaje por el proyecto en estudio. La Figura N° 1 presenta este caso. El Proyecto ha reducido el costo generalizado del viaje al valor E. El excedente de los consumidores para esta nueva situación, de acuerdo a lo expuesto previamente, está representado por el área del triángulo AEG y la diferencia de excedente de los consumidores con respecto a la situación sin proyecto queda representada por el área del trapecio BCGE.

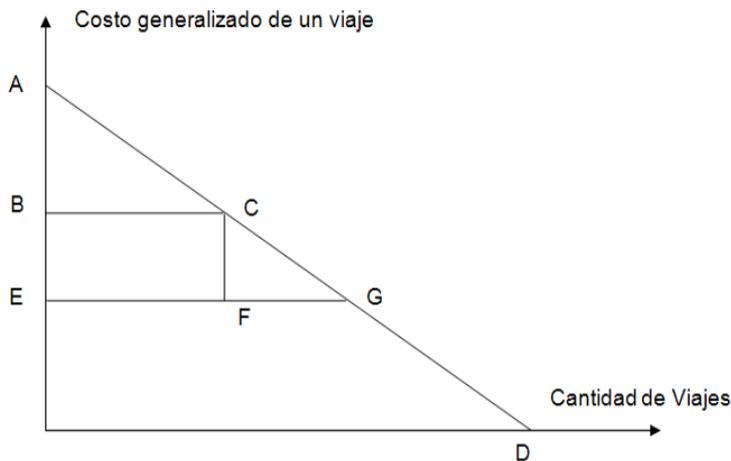


Figura N° 1: Diferencia de Excedente del Consumidor por reducción del costo generalizado de viaje.

Típicamente el costo generalizado de un viaje incluye el costo de operación más el costo del tiempo. Para estimar la cantidad de viajes, en el costo generalizado del viaje se deben emplear precios de mercado o financieros, incluyendo la tarifa de peaje si correspondiera.

Una vez estimados los niveles de tránsito, el beneficio para la comunidad por ahorros de costos de operación y tiempo de viaje, debe computarse con el procedimiento del excedente del consumidor, pero empleando precios sociales o económicos y sin considerar la tarifa de peaje, ya que la misma es una transferencia entre consumidores y productores, pero no modifica el beneficio social.

3.3 Otros Beneficios

Además de la concepción anterior en que el bienestar de los individuos se mide en base al excedente del consumidor (ahorros de costos de operación y tiempo de viaje) los proyectos de infraestructura de transporte pueden incluir otros tipos de beneficios y metodologías para estimarlos.

Una lista exhaustiva con sus metodologías de cálculo se encuentran en la versión actual del “Libro Rojo” de AASHTO que trata beneficios de usuarios y beneficios de no usuarios (AAHTO 2010,a)

3.3.1 Beneficios por Disminución de Accidentes

Los accidentes viales son causa de significativos costos sociales y económicos. De no contemplarse los beneficios por reducción de accidentes, proyectos que pudieran mejorar la seguridad vial se encontrarían en desventaja frente a otros que promuevan ahorros en costos de operación y tiempo de viaje.

Se han identificado tres tipos de costos asociados a los accidentes, a) los costos directos (costos médicos, de vehículos dañados y costos administrativos), b) los indirectos (el valor de capacidad productiva perdida por muerte prematura, incapacidad permanente o temporal y c) el valor humano (el valor de la pérdida de disfrute de la vida o la salud de la víctima, así como el dolor, aflicción, y sufrimiento de la víctima y sus familiares).

En el caso de accidentes viales, se han utilizado métodos de valoración basados en el mercado directo con criterios actuariales: contabilización del aporte del muerto al ingreso nacional si no hubiera fallecido, estudio de primas de seguros aceptadas por aquellos que toman seguros de vida, estudios de sentencias judiciales por muerte, etc. Se considera más apropiado utilizar métodos basados en la disponibilidad a pagar por un aumento específico de la seguridad personal, que permiten estimar un Valor de la Vida Estadística. (VVE). De los estudios realizados a través de encuestas de preferencias declaradas en países europeos y americanos, se puede establecer que el VVE se ubica en un rango entre 50 y 100 veces el Ingreso per cápita.

Para determinar los beneficios por reducción de accidentes, además del costo de cada accidente, debe estimarse el número de accidentes de cada severidad en los escenarios sin y con proyecto. Para ello se emplean modelos de predicción de accidentes como los incluidos en el Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos de Norte América, Highway Safety Manual (AASHTO, 2010 b) en su parte D trata los factores de modificación de accidentes. Estima diferentes factores según diferentes tipos de infraestructura, carreteras rurales de dos carriles, carreteras rurales multicarriles y arterias urbanas y suburbanas.

3.3.2 Beneficios por Externalidades Positivas (o disminución de externalidades negativas)

Las externalidades son costos o beneficios que no están reflejados en los precios de mercado. En el caso del transporte carretero las emisiones vehiculares de contaminantes del aire y de ruido constituyen externalidades negativas para los residentes localizados sobre los márgenes de la vía. Un proyecto de infraestructura de transporte que reduzca la citada contaminación atmosférica y sonora presentaría un beneficio que podría ser cuantificado. Existen diferentes metodologías para estimar monetariamente los beneficios por externalidades positivas. Por ejemplo a través de costos incurridos o evitados, precios hedónicos o disponibilidad a pagar. (Field y Field,2003)

La metodología por costos incurridos o evitados está basada en costos observables en el mercado directo. La determinación de los costos incurridos se basa en valorar los recursos adicionales que hubieran sido necesarios para obtener el mismo efecto, en tanto que la determinación de los costos evitados se basa en valorar el perjuicio evitado. Se debe adoptar el menor. A manera de ejemplo se plantea la reducción del ruido en el centro de la ciudad, por costos incurridos podría ser los recursos necesarios para construir una barrera anti sonora con el mismo efecto y por costos evitados la valoración económica de la pérdida de producción de los residentes afectados debida al ruido.

La metodología por precios hedónicos está basada en costos observables en mercados sustitutos. Para bienes cuyo precio está basado en diferentes atributos, se basa en identificar la contribución de la parte en estudio. Por ejemplo estimar cuál es la participación de la mejora en el nivel de accesibilidad sobre precio de los terrenos.

La metodología por disponibilidad a pagar está basada en costos de mercados construidos. A través de encuestas de preferencias declaradas puede estimarse el valor económico de la contaminación ambiental, similar al caso mencionado del Valor de la Vida Estadística.

3.3.3 Beneficios por Excedente del Productor

Aplicable al caso de caminos de bajo tránsito, en los cuales el tránsito generado o inducido representa el componente clave de los beneficios. Se define al excedente del productor como la diferencia entre el precio que el productor realmente recibe y el que está dispuesto

a vender. Este último puede determinarse por el costo marginal de producción (Banco Mundial,2005). En el caso de emplearse el excedente del productor todo el tránsito generado por los vehículos afectados a la mayor producción no debe ser incluido como excedente del consumidor ya que se estaría produciendo una doble contabilidad de los beneficios. El beneficio está pasando al productor de bienes y servicios y no al transportista.

4 Evaluación de las Inversiones Viales

4.1 Metodología general

Tal como fue expuesto en el apartado 1, el propósito y necesidad de las obras viales se inscribe en el rumbo del desarrollo sustentable de la sociedad. Esto implica verificar que nuevas inversiones sólo se asignen a proyectos que verifiquen eficiencia económica, equidad social y sustentabilidad ambiental.

La Figura Nº 2 muestra la metodología general propuesta en la Actualización de la Guía de Estudios de Factibilidad de Obras Viales en Argentina (DNV,2015) para la evaluación económica como última etapa de los estudios de factibilidad

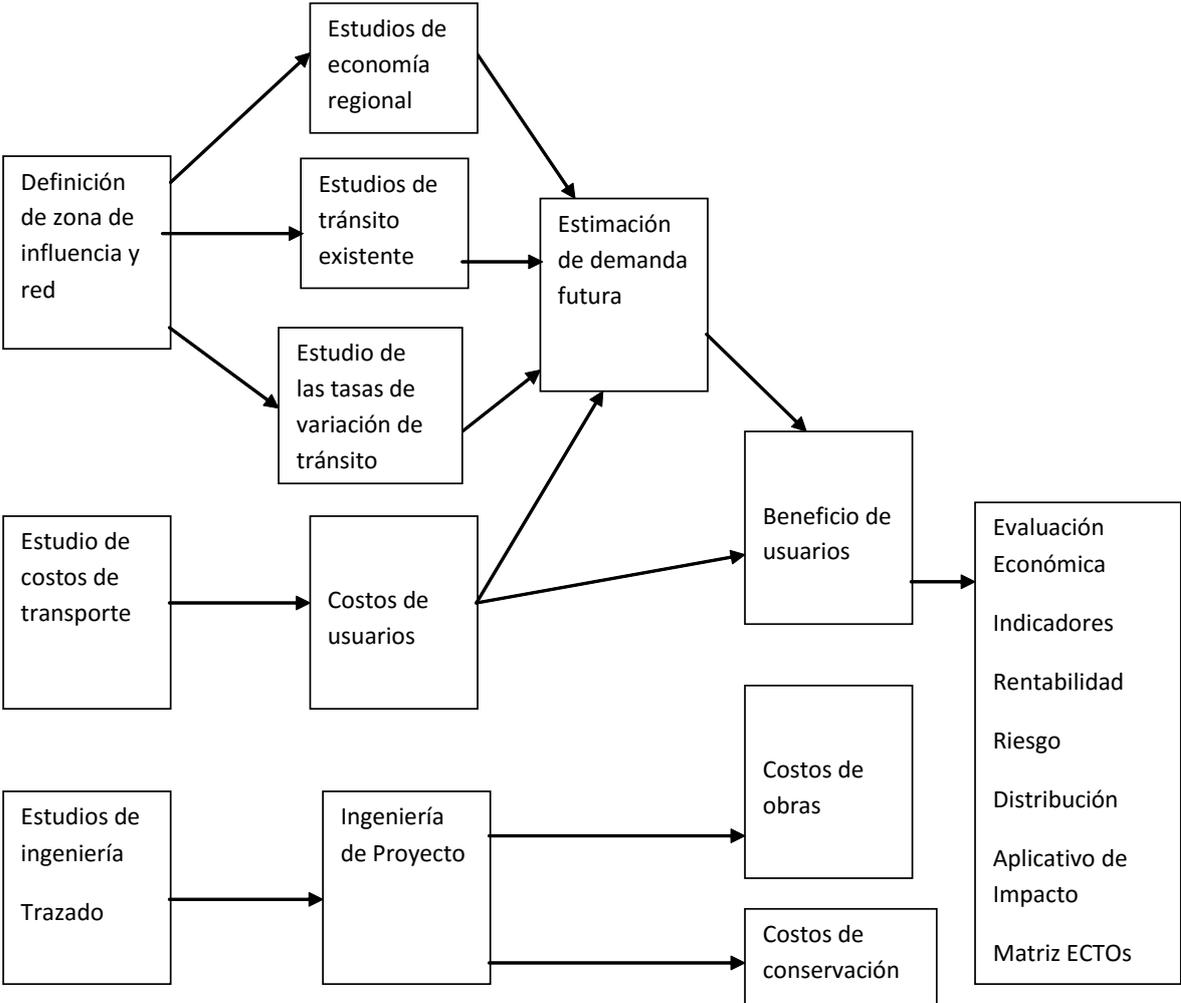


Figura Nº 2: Evaluación económica en estudios de factibilidad

La evaluación económica tiene tres propósitos asociados con las instancias de toma de decisión. En primer lugar debe indicar para cada una de las alternativas analizadas, cuál es la mejor solución en cuanto al trazado y características de diseño geométrico y estructural. En segundo lugar, una vez seleccionada la mejor alternativa de proyecto, la evaluación debe verificar que desde el punto de vista de la economía en su conjunto, es mejor la situación con proyecto que sin proyecto ("do minimum"), considerando rentabilidad, riesgo y distribución. En tercer lugar, como los proyectos de inversión deben competir con recursos financieros limitados, es necesario establecer prioridades con un ordenamiento según el grado de conveniencia.

Los indicadores de rentabilidad utilizados son el Valor Actual Neto Económico (VANe) y la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe), que se obtienen a partir de un flujo de fondos considerado el escenario básico con proyecto. Para verificar la oportunidad de las inversiones se utiliza como indicador el Beneficio del Primer Año (IBPA).

El riesgo y la incertidumbre, que son inherentes a los valores futuros de las variables, se tratan generando flujos de fondos para otros escenarios del proyecto y recalculando los indicadores de rentabilidad con análisis de sensibilidad y de riesgo.

La evaluación de impactos distributivos, se trata desagregando los beneficiarios sectorial, social y geográficamente.

En el marco del Sistema Nacional de Inversiones Públicas, los indicadores y la metodología para obtenerlos deben ser uniformes, para hacer comparables estudios realizados en distinto tiempo e independientemente. Además de los indicadores antes mencionados, se requiere un "Análisis de Impacto" de las inversiones sobre los sectores económicos, siguiendo una metodología basada en Estructuras de Costos por Tipo de Obra (ECTOs).

4.2 Alternativa Base y Alternativas de Proyecto

La evaluación económica es un análisis comparativo. Considera siempre la diferencia de costos y beneficios entre la Alternativa Base y las posibles diferentes Alternativas de Proyecto.

La Alternativa Base representa el escenario sin proyecto. Puede definirse como la Alternativa de "Hacer lo Mínimo". En consecuencia no es "No hacer nada", sino definir de manera realista las actividades mínimas contra las cuales se evaluarán las Alternativas de Proyecto. En general no corresponde a la situación actual, sino a la situación actual optimizada durante el horizonte de evaluación. El proceso de optimización debería incluir inversiones menores para eliminar obvias ineficiencias de la operación actual.

Cada Alternativa de Proyecto o de "Hacer algo" representa un curso de acción que implica un consumo diferente de recursos y posiblemente también diferentes beneficios. En general representan inversiones considerables que modifican la situación actual, incluyendo el proyecto. En consecuencia la evaluación determinará cuál es la más conveniente.

En definitiva deben formularse y evaluarse alternativas que sean factibles y adecuadas para el proyecto en cuestión, teniendo en cuenta que las diferencias entre alternativas son las bases para la decisión.

4.2.1 Costos de transporte

El estudio de los costos de transporte comprende dos objetivos:

- a) Determinar costos que influyen en la toma de decisiones de usuarios para asignar tránsito en red. Son costos sensibles a precios de mercado, parte de los costos financieros de los usuarios
- b) Determinar costos que influyen en la toma de decisiones de inversión pública para evaluación económica de proyectos. Son costos generalizados de transporte a precios sociales, o costos económicos o costos de la comunidad.

La relación entre costos de mercado y costos económicos se cuantifica mediante la Relación Precio de Cuenta (RPC) que contempla la eliminación de distorsiones sobre los precios de mercado (impuestos, subsidios, precios máximos, mínimos, existencia de monopolios, etc.).

La estimación de costos financieros y económicos de operación y valor del tiempo de viaje para vehículos tipo se puede realizar sobre la base de estudios extendidos de costos de operación que hayan dado origen a modelos (entre ellos puede mencionarse en Argentina el uso de COSTOP de la División Factibilidad, Subgerencia de Planeamiento y Programación Vial de la Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control de la DNV (DNV, 2014), el sub modelo RUC (*Road User Cost*) del HDM4 (PIARC, 2004) y el modelo RED (Banco Mundial, 1999)

4.2.2 Estimación de beneficios

Se han tratado las diferentes metodologías para estimar los beneficios económicos de un proyecto para la sociedad. En todos los casos los procedimientos se basan en estimar el cambio en los excedentes obtenidos por los diferentes grupos afectados por el proyecto y sumarlos. Se estima la diferencia entre la ganancia y la pérdida al pasar de la situación de continuar como hasta ahora o hacer el proyecto. Debe recordarse que quienes consumen (en este caso los usuarios de la carretera) valorarían su bienestar o la utilidad marginal del viaje por el cambio en su excedente (típicamente ahorros de costos de operación, tiempos de viaje, accidentes). Por su parte los que producen (en este caso empresas de bienes y servicios, valorarían su excedente por los beneficios derivados de la mayor producción que habilita el proyecto. Además la sociedad en general debe tener en cuenta los excedentes derivados de mejoras sociales y externalidades positivas.

Para poder cuantificar los excedentes (cambios entre la situación con y sin proyecto) deben estimarse dos parámetros: a) la cantidad de unidades beneficiadas y b) el beneficio unitario correspondiente. Por ejemplo para estimar el beneficio por reducción de accidentes debe cuantificarse por un lado la cantidad de accidentes evitados por el proyecto y además el costo de cada uno de ellos.

Otra forma de clasificar los beneficios de un proyecto vial es en: A) directos y, B) indirectos.

Los beneficios directos están medidos por los ahorros netos de los usuarios (la suma de los que ahorran y los que no) obtenidos por la mejora del camino. Entre estos se distinguen los siguientes:

- A1) Disminución de los costos de operación de vehículos.
- A2) Disminución del tiempo de viaje.
- A3) Disminución de los accidentes.

Los beneficios indirectos pueden ser de diversos tipos, entre ellos los más considerados son:

B1) Inducción a una mayor producción debido al mejor aprovechamiento de los recursos naturales y humanos.

B2) Aumento del nivel cultural y sanitario de la población de la zona de influencia, integración política de zonas escasamente comunicadas, aspectos estratégicos de ocupación del territorio, etc.

B3) Externalidades positivas (o disminución de externalidades negativas).

4.2.3 Uso de Modelo HDM

Ya se mencionó el HDM 4 (*Highway Development and Management*). El mismo es el resultado de los desarrollos financiados por el Banco Mundial desde 1970 con modelos mecanicista-empíricos para establecer las interacciones entre costos de las obras y costos de operación de los vehículos. Se basa en el concepto del análisis del ciclo de vida de la carretera, desde la construcción, el paso anual del tránsito, el deterioro de la calzada, los efectos de las obras de reparación, los efectos para usuarios de la carretera y los efectos ambientales.

En todos los casos el HDM compara, como mínimo, dos alternativas, la de Base que representa el escenario sin proyecto (Hacer lo Mínimo), contra la de Proyecto (Hacer algo). Tanto los costos de inversión y mantenimiento como los beneficios de los usuarios (ahorros de costos de operación y tiempo de viaje) son calculados como diferencias entre las dos alternativas citadas a lo largo del período de evaluación adoptado. También puede incluir beneficios por reducción de accidentes y agregar al flujo de caja beneficios exógenos.

El HDM ofrece la posibilidad de realizar tres tipos de análisis: a) Estratégico, b) Programación y c) Proyecto. El análisis estratégico está asociado a la planificación de mediano y largo plazo, para considerar las inversiones en la totalidad de la red, aplica el concepto de categorías de redes de carreteras (por ejemplo combinando nivel de tránsito con tipo y estado del pavimento y zonas climáticas o ambientales). El análisis de programación está orientado a definir presupuestos anuales o multianuales y típicamente se emplea para definir las prioridades de ejecución dentro de una larga lista de proyectos candidatos para los diferentes tramos de la red. El análisis de proyecto se emplea para evaluar una determinada opción de inversión aplicada a un tramo específico de la red, éste es el nivel de análisis que corresponde a los estudios de este documento.

4.2.4 Costos del proyecto

En general la corriente de costos en los estudios de proyectos de transporte está compuesta por erogaciones de inversión, de mantenimiento, de operación y de explotación. Cabe incluir también en esta corriente el valor residual del proyecto. Sin embargo en la situación actual también existen costos de mantenimiento, operación y explotación. Los costos atribuibles al proyecto son aquellos marginales por la materialización del proyecto respecto a la situación sin proyecto.

Los costos de inversión o también llamados de capital, comprenden el costo de los recursos naturales, obras civiles, equipamiento, costos de mitigación ambiental y costos de ingeniería y supervisión durante la construcción. Estos costos de inversión suelen denominarse Costos de la Agencia.

En cuanto a los costos de mantenimiento, son aquellos correspondientes a las obras necesarias para mantener un adecuado estado para la circulación. Las acciones necesarias se determinan basándose en la definición de una política de mantenimiento. En general esta depende de las características de la vía, del nivel de tránsito y de las acciones climáticas, etc. Estos costos de mantenimiento suelen denominarse Costos Recurrentes.

Los costos de funcionamiento se refieren a aquellos necesarios para que las obras provean de un servicio adecuado. Se incluirían aquí aspectos diversos como incremento de los gastos de la agencia para gestionar las obras durante su vida útil y otros gastos diversos como costo de electricidad para señales y luminarias durante la vida útil, operativos de cierre programados, gastos de operación de elementos como puentes levadizos, etc.

Dado que el estudio de factibilidad económica se integra con los estudios de ingeniería que dan la viabilidad técnica y con los estudios ambientales que dan la viabilidad ambiental, existe una retroalimentación entre estos estudios.

El estudio de factibilidad económica recibe de los estudios de ingeniería las definiciones del proyecto con las inversiones en obras a precios de mercado según cálculos y presupuestos, con los costos de expropiaciones si correspondieren, con los costos de conservación según programación en el tiempo del mantenimiento, y con los costos de explotación si correspondieren.

El estudio de factibilidad económica recibe de los estudios ambientales, con el alcance fijado en el MEGA II: Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales (DNV,2007), información sobre las externalidades positivas y negativas del proyecto y de costos ambientales a ser considerados en el análisis beneficio-costos (por ejemplo el costo de reasentamientos por nuevos trazados, etc.)

Los valores monetarios expresados a precios de mercado deben transformarse a precios sociales. Por definición el Precio de cuenta o precio social o precio de la comunidad o precio económico o precio sombra representa el costo en el que incurre la economía de una sociedad para producir un bien antes que cualquier tipo de factor modifique su valor, tal como impuestos, tasas, subsidios o conversiones de algún tipo de cambio que resulte de un valor distinto al de un mercado en el que las divisas se intercambian libremente. Así, el precio de cuenta resulta de la aplicación de factores de corrección denominados Relación Precio de Cuenta o Razón Precio de Cuenta (RPC) según la siguiente expresión

$$PC = RPC \times PM$$

Donde *PC* es el precio de cuenta, *PM* el precio de mercado y *RPC* la relación entre ambos.

4.3 Indicadores

Las tareas descritas en los apartados anteriores asociadas con la demanda (necesidades satisfechas de la sociedad que ocurren en distintos años) y con la oferta (recursos sacrificados de la sociedad que ocurren en distintos años) suministran toda la información para construir flujos de fondos del proyecto y generar indicadores de rentabilidad, con consideraciones de riesgo y de impactos distributivos.

4.3.1 Rentabilidad

De los diversos indicadores de eficiencia que pueden obtenerse del análisis beneficio-costos, se consideran indicadores de renta del proyecto (en \$ y en %) y de renta del primer año

Valor Actual Neto Económico (VANE): indicador de renta monetaria neta del proyecto

Dónde:

$$VANE = \sum_t \frac{(BSND + BSNI + H)_t}{(1 + d_s)^t}$$

BSND es el beneficio social neto directo del proyecto en un año t, y corresponde a la diferencia entre la cantidad de bienes o servicios producidos (X_i) por su precio social (p_i) y la cantidad de recursos consumidos (Y_j) por su precio social (p_j); BSNI es el beneficio social neto indirecto por cambios inducidos en la producción y el consumo en un año t; H representa costos y beneficios intangibles que influyen en la calidad de vida y pueden incluir efectos sobre la distribución personal y regional del ingreso nacional y d_s es la tasa de descuento social

La expresión general del VANE intenta medir todos los impactos del proyecto en un indicador monetario, lo cual ha dado lugar a debates sobre la subjetividad que puede incorporarse en el análisis técnico, en particular en los términos BSNI y H, que en alguna medida intentan capturar los efectos del proyecto en la sustentabilidad ambiental y en la equidad social.

Considerando los avances teóricos en economía ambiental es posible monetizar con razonabilidad varias externalidades ambientales, lo cual contribuye a incorporar resultados de los estudios de impacto ambiental en el flujo de fondos del VANE. No ocurre lo mismo si se pretende incorporar los impactos distributivos del proyecto en un indicador de eficiencia, dado que los objetivos de eficiencia y de distribución no son simultáneamente optimizables. Al sumar los beneficios y los costos sin distinguir el origen personal o geográfico, se está implícitamente usando la función de bienestar social utilitaria, y para modificarla previamente se requieren valoraciones con coeficientes de ponderación asociados a otras funciones de bienestar social de preferencia.

Por ello hay preferencia en mantener por separado el análisis de eficiencia económica del análisis de impactos distributivos, lo que permite asociar la expresión del VANE directamente con flujo de fondos del proyecto.

$$VANE = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{(B_j - C_j)}{(1 + d_s)^j}$$

Dónde I_0 : inversión inicial en precios sociales (año 0); n: periodo de análisis; C_j : costos e inversiones en precios sociales y externalidades negativas (valores corrientes de los años 1 a n); B_j : beneficios en precios sociales y externalidades positivas (valores corrientes de los años 1 a n; en el año n incluye el valor residual de las inversiones V_r) y d_s : tasa de descuento social

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE): indicador de la rentabilidad porcentual de las inversiones

La TIRE se define como aquella tasa de descuento que aplicada al cálculo del VANE hace que éste resulte igual a cero, o sea que los beneficios actualizados igualan a las inversiones y costos actualizados. El valor debe despejarse de la ecuación $VANE=0$

En concordancia con la tasa de descuento social habitual en Argentina del 12%, los proyectos viales con TIRE superiores al 12 % deberían implementarse, en tanto si no alcanzan el 12% deberían rechazarse. No obstante, cuando se trata de grandes obras

viales, atendiendo al concepto de la tasa de descuento social, pueden aceptarse como eficientes valores inferiores al 12%.

Los indicadores VANE y TIRE suministran información relevante para ordenar prioridades, por ejemplo cuando la mejora vial de una ruta se subdivide en tramos para su evaluación económica y los tramos se influyen mutuamente, o en el caso de programas de obras con restricciones financieras.

Índice de Beneficio del Primer Año (IBPA) como indicador de la conveniencia de ejecutar de inmediato la inversión o de postergarla para un año futuro específico.

El proceso de obtención de los indicadores se realiza con planillas de cálculo o con programas específicos para obras viales como el HDM-4 antes mencionado.

4.3.2 Riesgo

Análisis de sensibilidad de riesgos.

En términos generales el análisis de sensibilidad consiste en la creación de escenarios ¿qué pasa si?, con la intención de reflejar el impacto de los diferentes riesgos del proyecto. La manera más simple de realizarlo es aplicar cambios sistemáticos sobre la totalidad de los costos y beneficios del proyecto, modificando en consecuencia el flujo de caja y los correspondientes indicadores (VANE, TIRE). Estos cambios se realizan tomando como punto de partida al Escenario Base o más probable de inversión inicial y de demanda de tránsito, y generando otros escenarios con diferentes niveles de inversión y diferentes proyecciones de tránsito.

Otra forma de realizar el análisis de sensibilidad es determinar lo que se conoce como valores límites o de cambio, para cada una de las variables bajo análisis. Consiste en estimar el porcentaje de incremento o decremento de las citadas variables para los cuales el VANE = 0. Los valores límites informan sobre la robustez del proyecto con respecto a cada una de las variables en consideración.

Análisis probabilístico de riesgo

Para explorar la influencia de numerosas variables en conjunto se emplea la técnica de simulación de Monte Carlo. El método de simulación de Monte Carlo se basa en información sobre las distribuciones de probabilidad de cada una de las variables de riesgo y permite obtener una distribución de probabilidades para el VANE o la TIRE. Las variables son seleccionadas en base a aquellos parámetros más influyentes en el flujo de caja y con mayor incertidumbre. Típicamente se seleccionan como variables de riesgo los costos de construcción, los costos de mantenimiento, los beneficios del tránsito normal, los del tránsito generado o inducido, los del tránsito derivado y otros beneficios considerados.

El procedimiento de Monte Carlo muestrea aleatoriamente de cada una de las distribuciones de probabilidad de las variables y calcula el VANE (o la TIRE). Tomando un número muy grande de muestras se obtienen distribuciones del VANE y TIRE que pueden considerarse representativas de la variación conjunta y simultánea de las variables consideradas.

Existen programas de computación como el Cristal Ball (Oracle, 2006) que permiten optar entre diferentes distribuciones para asignar a las variables de riesgo y definir sus parámetros característicos. Las más comúnmente empleadas son las distribuciones Uniforme, Normal y Triangular. Los resultados dan información más completa para la toma de decisiones porque, si están bien planteadas las distribuciones de las variables de riesgo, muestra no los

resultados de algunos escenarios como hace el análisis de sensibilidad, sino los resultados de todos los escenarios posibles, con los valores medios de los indicadores (VANE y TIRe) y las correspondientes estadísticas y distribuciones de frecuencias, como muestra la Figura N° 3

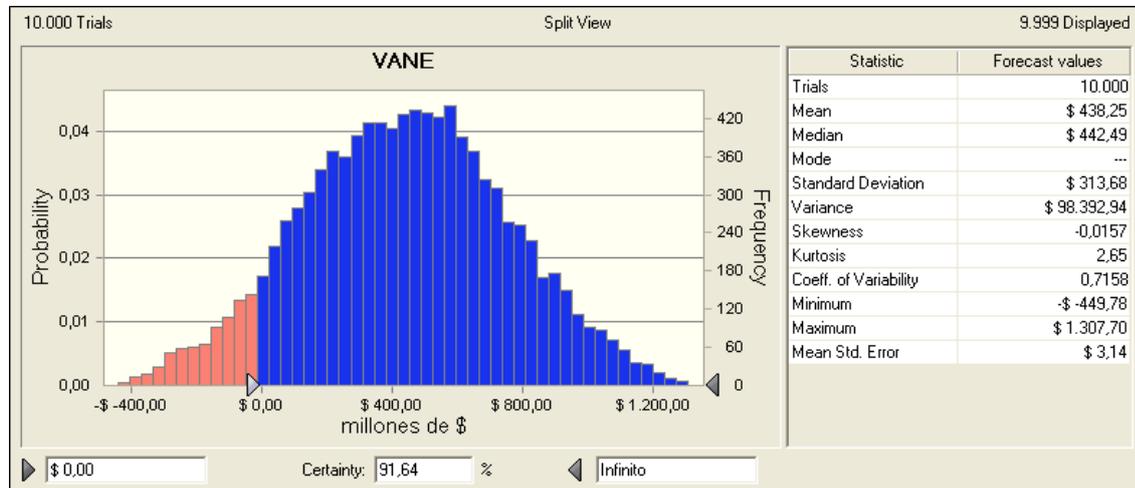


Figura N° 3: Ejemplo de estadísticas y distribución de frecuencias para VANE

4.3.3 Impacto Distributivo

Los indicadores del análisis beneficio-costos como el VANE confrontan beneficios totales versus costos totales, pero no explicitan la distribución de los beneficios y de los costos porque utiliza valores agregados de los miembros de la sociedad. No sólo interesan los niveles de consumo de bienes y servicios sino también la distribución de esos consumos entre los distintos agentes

Si W es la función de bienestar de la sociedad compuesta por la cantidad y distribución de las utilidades de sus individuos, un cambio ΔW producido por un proyecto se puede expresar como

$$\Delta W = \sum_i \varphi_i VAN_i$$

Dónde φ_i : ponderador distribucional para el individuo i

VAN_i : Valor presente del proyecto para el individuo i

Si se establecen todos los ponderadores φ_i iguales a uno quedan separados los objetivos de eficiencia y de distribución, con el criterio de eficiencia de Kaldor-Hicks de transferibilidad entre ganadores y perdedores.

Para combinar los enfoques de eficiencia y distribución en un mismo indicador, se requiere establecer criterios para definir los ponderadores φ_i , por ejemplo mayor peso individual a los individuos de menores ingresos. Este abordaje se ha ido abandonando por cuestionamientos teóricos y dificultades prácticas.

Entonces el análisis del impacto distributivo requiere identificar los grupos de interés y medir su participación en los beneficios. La distribución de beneficios puede plantearse en diferentes dimensiones:

- Equidad intertemporal: entre distintos periodos de tiempo (temporalidad generacional).
- Equidad interpersonal: entre distintos segmentos de la población (agentes económicos, niveles de ingreso)
- Equidad espacial: entre distintas regiones geográficas (territorialidad),

Las comparaciones interpersonales se pueden presentar en forma de una Matriz de Distribución o Matriz de Incidencia de Beneficios. La matriz presenta en las filas los grupos de interés y en las columnas los tipos de beneficios (positivos o negativos). Los grupos típicamente considerados son los consumidores, los productores, el sector público (los contribuyentes) y el resto de la sociedad. En proyectos viales las inversiones y costos de mantenimiento son afrontadas por el sector público (los contribuyentes, que también son consumidores, productores y resto de la sociedad).

Los beneficios por disminución de costos generalizados de viaje son cuantificados como excedentes del consumidor y asignados a los viajes durante la vida útil del proyecto, pero capturados de distinta forma según sean pasajeros, cargas, demanda existente o nueva demanda. Para los pasajeros o cargas en vehículos privados el beneficio es capturado por el usuario, pero en servicios comerciales de transporte, el beneficio puede quedar para el operador si no modifica las tarifas o ser transferido al pasajero o al dador de carga, según la competitividad del mercado.

El impacto en términos de la distribución geográfica de los beneficios o impacto territorial distingue la magnitud de beneficios que serán directamente aprovechados por los habitantes localizados en la región del proyecto y los que serán para habitantes distribuidos en el país.

Como los efectos directos de la construcción de obras viales (empleo, actividad comercial e industrial subsidiaria) son de impacto económico positivo para el área de localización, la concentración de inversiones en una región puede resultar eficiente y al mismo tiempo alejarse de una equidad espacial, integradora del territorio. Pero el objeto de análisis del impacto distributivo en la dimensión geográfica no es la localización de las inversiones sino el lugar de origen de los beneficiarios. Con el propósito de ilustrar la distribución geográfica de los beneficios se distinguirá entre beneficiarios locales (de la región) y nacionales, según se trate de tránsito de corta o larga distancia. En áreas metropolitanas o con poblaciones próximas, un alto porcentaje del tránsito tiene orígenes y destinos cercanos, en tanto dicho porcentaje disminuye en las típicas rutas interprovinciales. En proyectos internacionales, tomando cada país como territorios económicos independientes, el impacto en cada territorio puede medirse por las exportaciones e importaciones de bienes y servicios.

El análisis de impactos distributivos debe suministrar información objetiva, exenta de juicios de valor, y enfocada a los principales efectos distributivos de comparar la situación con y sin proyecto.

4.3.4 Impacto sobre los sectores económicos

Otro efecto que puede evaluarse de las inversiones viales es el impacto en la Matriz Insumo Producto, o sea sus implicancias en términos de la demanda que su ejecución supone sobre el nivel de actividad y empleo sectoriales, así como para el conjunto de la economía. En Argentina el procedimiento está normalizado a partir de la utilización de Estructuras de Costos por Tipo de Obra (ECTO), que reordena el agrupamiento de los ítem de obras viales en función de las diversas etapas del "proceso de producción" de la misma, lo que permite

realizar los cálculos de impacto en función de los sectores de actividad de la Matriz Insumo Producto. (DNIP, 2010).

5 CONCLUSIONES

Con los criterios y métodos actuales del ABCS, la información generable en estudios de factibilidad económica de obras viales es más robusta y completa que la obtenible hace 40 años, y proporciona información más relevante para decidir políticas públicas.

Pueden mencionarse como Ítems satisfactoriamente resueltos en materia de factibilidad económica de obras viales, en Argentina:

- Criterios de evaluación de inversiones viales en contexto con el desarrollo sustentable
- Herramientas de análisis de buena precisión para abordar estudios de demanda y para valorar costos de usuarios directos, variables con las características y el estado de las infraestructuras viales
- Integración institucional con todo tipo de inversiones públicas

En tanto los Ítems no tan satisfactoriamente resueltos involucran:

- Cuantificación de la incidencia económica de aspectos ambientales y sociales.
- Herramientas de análisis poco desarrolladas para estimar beneficios indirectos (beneficios y costos de no usuarios)
- Identificación de escala de proyectos viales que justifique metodologías de evaluación multicriterio.

Si bien quedan aspectos a fortalecer para alcanzar una información más completa que permita mejorar la toma de decisiones, es recomendable evitar esfuerzos desproporcionados en obtener precisión para variables cuyo efecto es poco relevante en el resultado.

Dada la diversidad y complejidad dinámica de las variables involucradas en la construcción de flujos de fondos con beneficios y costos del proyecto, aún obteniendo la máxima precisión posible para las variables observables (tránsito actual, cómputos y presupuestos de obras) existen variables futuras no observables con rangos importantes de variación, que inciden directamente en los indicadores del análisis beneficio-costos. La incertidumbre que es inherente a los valores futuros de las variables se explicita con rangos tratables en el análisis de riesgos, por lo que los trabajos de campo y los procesamientos a realizar en los estudios de factibilidad deben ser consistentes con la precisión global de los indicadores.

Agradecimiento: Los autores de este trabajo y el Instituto Superior de Ingeniería de Transporte de la Universidad Nacional de Córdoba agradecen a la Dirección Nacional de Vialidad y en particular a sus funcionarios Ing. Diego Gonzalez, Ing. Raúl Gonzalez, Ing. Martín Frascetti, Inga. Diana Monzón, Analista Matías Lariño, Ing. Oscar Bersich, Téc. Patricia Ponce, Téc. Griselda Fluck e Ing. Felix Ovelar. Finalmente, especial agradecimiento a la Agrimensora Mirta Vázquez por el gerenciamiento del proyecto desde la DNV.

Referencias

- AASHTO (1960). "Road User Benefit Analyses for Highway Improvements" American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC. EEUU.
- AASHTO (2010 a). "User and non user benefit analysis for highways". American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C., EEUU.
- AASHTO (2010 b). "Highway Safety Manual". American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C., EEUU.
- Banco Mundial (1987). "The Highway Design and Maintenance Standards Model". Watanatada, Harral, Paterson, Dhareshwar, Bhandari y Tsunokawa. The Johns Hopkins University Press. Baltimore; EEUU
- Banco Mundial (1999). "Roads Economic Decision Model (RED) for the Economic Evaluation of Low Volume Roads". Archondo-Callao, R. Africa Transport Technical Note 18. AFTIE, Road Management Initiative (RMI) SSATP), Washington D.C., EEUU.
- Banco Mundial (2005). "Notes on the economic evaluation of transport Projects". TRN-5 to TRN-26. Washington, DC, EEUU
- CEDEX (2010). Manual de Evaluación económica de Proyectos de Transporte. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Ministerio de Fomento. Madrid, España
- DNIP (2010) "Guía Confección de ECTOs y Manual Complementario para la Evaluación de Impacto de las Obras Públicas". Dirección Nacional de Inversión Pública. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Buenos Aires, Argentina
- DNV (1972) "Guía para factibilidad de Obras Viales" (Guía Amarilla). Dirección Nacional de Vialidad. Buenos Aires; Argentina
- DNV (1993). "Manual de evaluación y gestión ambiental de obras viales". MEGA. Dirección Nacional de Vialidad. Buenos Aires, Argentina
- DNV (2007). "Manual de evaluación y gestión ambiental de obras viales". MEGA II. Dirección Nacional de Vialidad. Buenos Aires, Argentina
- DNV (2014). "Costos de Operación de Vehículos" COSTOP. Dirección Nacional de Vialidad. Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control. Buenos Aires, Argentina
- DNV (2015). "Actualización de la Guía para Estudios de factibilidad de obras viales". Dirección Nacional de Vialidad. Informe final preparado por el ISIT-Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Field B., Field M.(2003). "Economía del ambiente". McGraw-Hill ,3a ed , México
- Fontaine Ernesto (2008) "Evaluación social de proyectos", 13ª Ed. Pearson Educacion de Mexico
- Guess, George M.; Farnham, Paul G. (2000). *Cases in Public Policy Analysis*. Washington, DC: Georgetown University Press. pp. 304–308.
- Grimaldi R., Beni P. (2013) Open issues in the practice of cost benefit analysis of transport projects. 13th WCTR , Rio de Janeiro, Brasil
- Oracle (2006). Crystal Ball User's Guide. Oracle Corporation, EEUU
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (2011) Modelling Transport. John Wiley & Sons.
- PIARC (2004). HDM 4 - Highway Development and Management Series. Volume 1 to 6. World Road Association. Paris, Francia.
- Rus, Ginés de, Betancor O., Campos J. (2006). Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington, DC, EEUU