

11.

Evaluación de proyectos

El objetivo central de todo proyecto de inversión es solucionar un problema o una necesidad que presenta una población determinada. Por ello, la evaluación socioeconómica pretende establecer las condiciones necesarias para que dicha solución sea la adecuada a un costo mínimo.

Los proyectos pueden estar relacionados con la producción de bienes y servicios a través de un proceso establecido por lo que en ellos no existe divisibilidad dentro del proceso de inversión. Esto implica que una vez tomada la decisión de inversión se deben realizar todas las obras previstas para que posteriormente se inicie la generación de beneficios. Dentro de este tipo de proyectos, se incluyen los referentes a infraestructura y los de producción de servicios de transportes urbanos.

Por otra parte, existen proyectos que están relacionados con acciones puntuales para la solución de un problema o una necesidad por lo que cada fracción de la inversión realizada genera beneficios. La posibilidad de la modificación de las inversiones a través de variaciones en los beneficios hace flexible la asignación de presupuesto en cada proyecto. Dentro de este grupo de proyectos se encuentran los relacionados con la asistencia técnica, la conservación y mejoramiento ambiental, la capacitación y la investigación, entre otros.

11.1 Fases de un proyecto

Un programa de transporte se define como un conjunto de inversiones, políticas y medidas institucionales diseñadas para lograr un conjunto de objetivos

de desarrollo en un período determinado, que pretenden solucionar los problemas y satisfacer las necesidades de la población.

En su aplicación, se incurre en costos y beneficios atribuibles al programa en el que se estiman los costos y los beneficios en caso de llevar a cabo el proyecto en contraposición de no efectuarlo (es decir, no hacer nada).

Un programa de transporte puede pasar por varias etapas por lo que se deben estar estrechamente vinculados y seguir una instrumentación lógica en la que las etapas anteriores ayudan a proporcionar la base para la actualización del programa.

Para describir las diferentes etapas se considera que el problema o la necesidades y el programa en sí han sido detectados (*proceso de delimitación e identificación de los efectos*) y su base de información ha sido preparada (*etapa de preparación o cuantificación*) para tomar una decisión sobre la conveniencia de emprender el programa. Esta etapa se denomina de preevaluación. Sin embargo, el grado de preparación de la información y su confiabilidad depende de la profundidad de los estudios técnicos, económicos, financieros, de mercado así como antecedentes y recursos asignados a estas etapas, que fundamentan al programa.

Aunque no es necesario que el programa pase por todas estas etapas una vez que se ha decidido llevarlo a cabo, el programa continúa con la *etapa de instrumentación* en la cual se materializan las acciones planteadas en el mismo. Una vez realizado el proyecto o programa la siguiente etapa es la *operativa* en el cual los beneficios y el servicio para los que fue diseñado empieza a ser observado.

La Figura 11.1, y como referencia para las siguientes secciones, presenta de manera sintética el ciclo de los proyectos.

11.1.1 Fase de preevaluación

La preevaluación es el primer paso dentro del ciclo de un proyecto. La razón por la cual los proyectos deben pasar por esta etapa se debe a la conveniencia de conocer el proyecto y sus implicaciones antes de iniciar las obras o acciones que lo harán realidad. Es importante señalar que no todos los proyectos pasan las cuatro etapas de una preevaluación: diagnóstico, planteamiento de acciones, prefactibilidad y factibilidad. Algunas de estas etapas pueden ser simplificadas si la incertidumbre que proporcionan los estudios asociados a ella no amerita el costo adicional que ello implica. A continuación se hace una breve reseña de cada una de estas etapas.

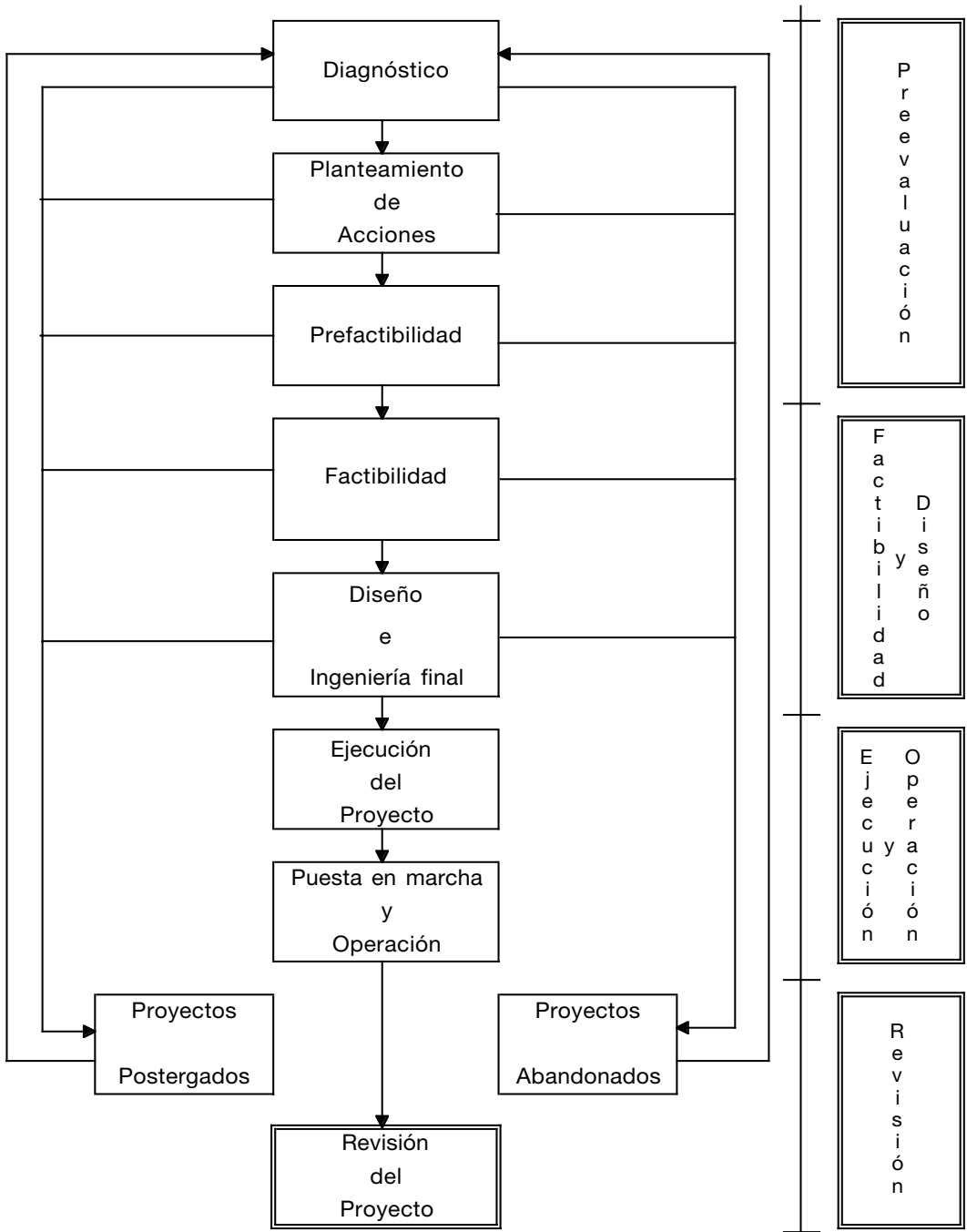


Figura 11.1.
Ciclo de un proyecto.

Diagnóstico

El diagnóstico no se limita exclusivamente a una descripción del proyecto o de la situación que en este momento impera sino que pretende afinar y presentar la problemática de manera apropiada para poder tomar la decisión de continuar con su estudio. Durante esta etapa es recomendable realizar un esfuerzo para determinar las posibles soluciones al problema a resolver y descartar las que no presentan una viabilidad desde un principio, por lo que un objetivo de esta etapa consiste en generar soluciones iniciales, datos y parámetros que permitan decidir acerca de la conveniencia de emprender o no estudios adicionales.

Planteamiento de Acciones

Durante esta etapa de trabajo en gabinete, se reúne la información y parámetros de apoyo relacionados con el proyecto, la cual se refiere especialmente a la que se localiza en bibliotecas, entidades públicas y privadas que traten proyectos similares. Esta información documental será el punto de partida para la revisión de acciones propuestas con anterioridad.

Por otra parte, esta etapa permite revisar y validar las alternativas del proyecto y estimar sus costos y beneficios de manera preliminar. Con base en estos resultados, el evaluador descarta algunas de las alternativas y plantea con mayor detalle las que ameritan estudios mas detallados.

Es importante tener presente que en proyectos pequeños en donde no existe una gran variedad de alternativas identificadas o en donde no se amerita efectuar estudios adicionales se puede proceder directamente a la etapa de diseño y ejecución. Asimismo, durante esta etapa es posible tomar la decisión de aplazar o descartar el proyecto.

Prefactibilidad

Durante esta etapa de prefactibilidad, el evaluador considera las opciones del proyecto, por lo que se requiere contar con los recursos necesarios para efectuar los estudios y análisis de detalle que se requieran.

El paso de una etapa a otra depende fundamentalmente del detalle de la información y análisis requeridos para poder tomar una decisión adecuada. Este detalle adicional implica costos, cuyo gasto no hace sentido solo para reducir ligeramente el margen de incertidumbre.

Dentro de los proyectos de transporte público, es importante se analice la alternativa que considera la situación actual con mejoras administrativas y operativas marginales de bajo costo. A su vez, durante la elaboración de un estudio de prefactibilidad se deberá contar con estudios detallados de demanda, oferta, mercado, así como precisar la información recopilada en la etapa de diagnóstico. Igualmente, la elaboración de estudios técnicos especializados permitirá descartar por estos motivos alguna de las alternativas y reducir el abanico de opciones.

En esta etapa se efectúan los estudios de sensibilidad de las variables más relevantes del proyecto. Dicha sensibilidad debe incluir al menos el efecto sobre los parámetros de evaluación en cuanto a los cambios en los montos de inversión y de operación del proyecto, así como de las estimaciones de la oferta y de la demanda.

Por último, dentro de este rubro, el evaluador recomienda la realización de una sola de las alternativas. La mayoría de los proyectos que lleguen a esta etapa de prefactibilidad pasan directamente a su diseño definitivo y ejecución pero pueden existir grandes proyectos que, por su magnitud, ameriten estudios de mayor profundidad o estudios de factibilidad a nivel de anteproyecto.

11.1.2 Fase de factibilidad y diseño

Factibilidad

El objetivo principal de un estudio de factibilidad se centra en la eliminación de las dudas asociadas con la elaboración de un proyecto de inversión, definiéndose con un mayor detalle el proyecto y con ello reduciendo la incertidumbre a cambio de mayores costos en nuevas revisiones y ajustes a los resultados del análisis de prefactibilidad. Esto implica un análisis detallado de la alternativa recomendada en la etapa anterior, con un énfasis en las dimensiones recomendables del proyecto; su momento de ejecución y puesta en funcionamiento; su financiamiento; su integración al marco institucional; entre otros muchos aspectos

Diseño e ingeniería final

En muchos casos los estudios de factibilidad así como de prefactibilidad incorporan esquemas de solución, en los cuales se plasman los elementos técnicos y arquitectónicos del proyecto así como la normatividad requerida. Sin

embargo, el diseño definitivo debe realizarse una vez decidida la ejecución del proyecto.

Es imperativo que después de cada etapa en la que se detalle el proyecto en cuestión, se revise nuevamente su factibilidad así como su sensibilidad a los cambios planteados. A su vez, al detallar los costos de inversión, es recomendable verificar nuevamente la variación en los parámetros de evaluación y reexaminar los datos de demanda, sus proyecciones y otros aspectos que el evaluador considere importantes.

11.1.3 Fase de ejecución y operación del proyecto

Durante la fase de ejecución se pone en marcha el proyecto y se adquieren los suministros y equipos que el proyecto requiere, terminando esta fase al momento en que el proyecto entra en funcionamiento. Puede ocurrir que la ejecución y operación del proyecto se den paralelamente durante algún periodo de tiempo, o bien que se dé por etapas.

La dependencia o empresa ejecutora debe contar con la suficiente capacidad económica y de recursos humanos para hacer frente tanto en la ejecución del proyecto como la coordinación con las entidades que participan en el mismo. Bajo este orden de ideas, es necesario establecer las responsabilidades de cada uno de los organismos involucrados y definir esquemas de trabajo que aseguren la participación eficiente de cada uno de ellos.

En esta etapa, se deben tener presentes los esquemas que permitan al inicio de la fase de operación del proyecto, contar con los recursos financieros y humanos necesarios para su implantación, su operación y su mantenimiento.

Finalmente, la última etapa del proyecto es la puesta en marcha del mismo, en el cual ya se ha finalizado la inversión y se debe empezar a obtener los beneficios y el servicio para lo cual fue diseñado. Es importante en esta fase se asignen los insumos requeridos para la adecuada operación del proyecto ya que sin ellos el proyecto puede fracasar o mostrar ineficiencias no deseadas.

11.1.4 Fase de revisión del proyecto

Esta fase tiene lugar cuando el proyecto ha abandonado la etapa de inversión y se encuentra operando, lo cual permite evaluar el proyecto. Es importante distinguir entre lo que es la revisión del proyecto y el seguimiento sobre el desempeño del proyecto. La finalidad de este último es ayudar a asegurar su

ejecución eficaz, identificando y abordando problemas que surgen en la ejecución del proyecto.

Por su parte, la revisión del proyecto pretende examinar el mismo desde una perspectiva más amplia, intentando determinar los motivos de su éxito o su fracaso con la expectativa de reproducir las experiencias exitosas en el futuro y evitar las dificultades que se hayan presentado. La revisión del proyecto también ofrece información sobre la eficacia del proyecto y del cumplimiento de los objetivos trazados en su diseño.

La revisión del proyecto se centra en valorar el cumplimiento de objetivos, las normas y especificaciones aplicadas, la organización institucional planteada para el funcionamiento del proyecto, las diferencias entre los costos originales y los resultantes y la calendarización, principalmente. Es de esperarse que de esta revisión se generen recomendaciones de mejora y la consolidación de una experiencia para futuros proyectos o ampliaciones de transporte público.

11.2 Evaluación de proyectos

En el proceso de evaluación de un proyecto se pueden presentar diferentes grados de análisis en los cuales la diferencia principal radicaré en el grado de detalle de la información requerida para su elaboración. Así se tienen tres diferentes niveles de análisis:

- *Etapa primaria*, donde se utilizan datos e información existente de trabajos y proyectos ya realizados o en proceso de elaboración. Esta información se completa con visitas al campo, de tal manera de ordenar y encuadrar el proyecto dentro del programa de inversión, generalmente trianual para el caso de los municipios y sexenal para el caso de las dependencias federales y estatales.
- *Pre-evaluación*, donde se necesitan estudios de demanda con base en volúmenes promedio diarios y análisis mas profundos que la etapa anterior, que permitan tomar decisiones para la inversión o no en el anteproyecto, que se enmarcará en un programa bianual de inversiones y;
- *Evaluación de los proyectos, a nivel de anteproyecto*, en la que se requiere información actualizada y con cierto detalle, la cual estará en función de la complejidad del problema. Se debe seleccionar la alter-

nativa de construcción mas económica y recomendable para el programa anual de inversiones.

En la evaluación socioeconómica, se trabaja con datos promedios diarios, a no ser que los impactos del proyecto requieran diferencias en las diferentes horas del día. En este caso, los datos recabados deben ser compatibles en las mismas unidades según las necesidades y características particulares del proyecto, de tal forma que se midan los impactos de la inversión pretendida.

En la evaluación de un proyecto se requiere hacer un planteamiento inicial del problema, establecer los escenarios probables en los que se desarrollará el proyecto así como la cuantificación de la demanda esperada y la red de transporte en la que se desenvolverá y finalmente se establecerán los criterios que permitirán tomar una decisión sobre la alternativa mas apropiada.

11.2.1 Planteamiento del problema

Para un correcto planteamiento de la situación actual se requiere definir el área de estudio que se ve afectada por el proyecto, de tal manera que se puedan analizar adecuadamente los elementos relacionados con el sistema de transporte como con el uso del suelo urbano. Esta área de estudio o de influencia es aquella parte de la vialidad o red de transporte en la que variará la situación que actualmente se presenta como resultado de la implantación del proyecto. En proyectos de pequeña magnitud se puede limitar al área cubierta por el proyecto mismo pero en proyectos de mayor tamaño se caracteriza por los efectos que presenta sobre una mayor área. En su delimitación debe sopesar la inclusión de todos los efectos contra la amplitud que puede representar el trabajo de investigación.

Asimismo, es importante contar con una idea clara de los objetivos y las funciones que se pretenden de los proyectos propuestos así como de la normatividad y lineamientos de desarrollo urbano que marque el *Plan Director de Desarrollo Urbano* de la entidad en estudio.

A la par de las actividades anteriores, es recomendable efectuar un análisis de las deficiencias y eficiencias que presenta el sistema de transporte público así como establecer la compatibilidad de los proyectos pretendidos con los planes de desarrollo urbano y la solución o a la reducción de los problemas identificados a nivel local. Esto permite caracterizar los proyectos dentro del contexto urbano, en especial en lo que se refiere a:

- soluciones que afectarán al sistema de transporte público y al uso del suelo local;
- efectos sobre la situación actual de distribución espacial de población por segmentos de ingreso familiar y empleo;
- interrelación, en caso de existir, con otros proyectos cuyos impactos económico y social serán relevantes para el sistema de transporte como, por ejemplo, conjuntos habitacionales, parques industriales y comerciales, grandes desarrollos inmobiliarios, entre otros.

11.2.2 Establecimiento de escenarios

La identificación y elaboración de escenarios debe considerar tanto los parámetros con respecto al sistema de transporte, como los factores que directa o indirectamente están relacionados con el proyecto o programa.

En cuanto al transporte público, se debe considerar para la alternativa sin proyecto la preparación de las redes analíticas de transporte, partiéndose de dos situaciones:

- la situación real y
- la situación revisada sin inversión.

Este último caso debe contemplar la adopción de medidas que efficientan la operación tales como la reducción de los tiempos de terminal y de recorrido, la organización de salidas, de modo que represente un escenario donde el sistema contenga mejoras de bajo costo.

La atención prioritaria que debe darse al transporte público dentro del sistema de transporte urbano hace necesario un planteamiento claro en cada escenario de los siguientes aspectos:

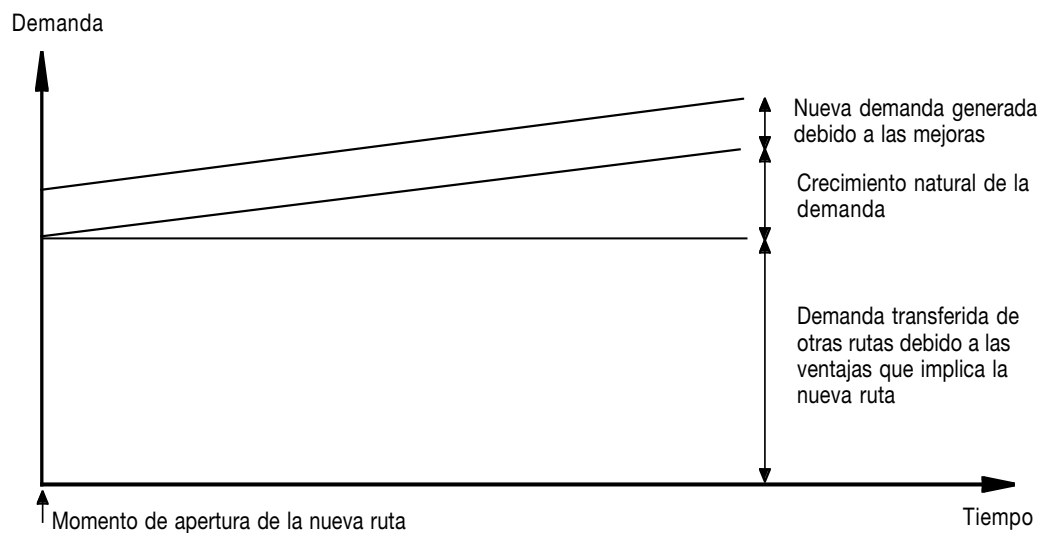
- configuración de la red de transporte (cobertura pavimentada y sin pavimentar, extensión de la red de transporte colectivo, políticas de transporte);
- estructura y condiciones operacionales (tiempo de viaje, costos operacionales, frecuencia);
- demanda actual y niveles de atención (volúmenes de pasajeros transportados, índices de ocupación, calidad del servicio);
- organización de los servicios y las empresas;
- marco institucional y legal;

- estructura y nivel tarifario así como la forma de cobro;
- otros datos que se consideren importantes para el análisis cualitativo y cuantitativo del proyecto y su compatibilización con el sistema.

11.2.3 Estudios de demanda

Los proyectos de transporte público y, en especial, los cambios que se den en la red, repercuten sobre un área de influencia cuya dimensión en la mayoría de las veces sobrepasa afectada por la acción propuesta, lo que conduce al manejo de datos a un nivel de red de transporte. Esto induce a la necesidad de contar con datos sobre los flujos de pasajeros, los índices de ocupación, las frecuencias de los vehículos, los transbordos, los tiempos de viajes, los patrones de eficiencia de las líneas de autobuses y algunos otros factores de impedancia.

Por ello, el objetivo de los pronósticos de demanda es contar con los valores que permitan comparar la situación actual en la red (o ruta) de transporte público con aquella que se presentará si se consideran los cambios propuestos. Por ello, la nueva red o ruta atraerá parte de la demanda que utilizaba la ruta, red o medio de transporte anterior. La Figura 11.2 muestra la tipificación que presentarán las diferentes demandas que utiliza la ruta nueva.



Fuente: Referencia [3].

Figura 11.2.
Tipificación esquemática de la demanda.

Naturalmente, los datos sobre las redes deben ser homogéneos en términos de unidades y de las diferentes necesidades tanto para dimensionamiento de la oferta de transporte en función de valores de las horas de máxima demanda y horas valle como para efecto de evaluación económica, a partir de promedios diarios.

Esto implica contar con estudios de demanda para la vida útil de cada propuesta definiéndose, para cada caso, niveles de análisis compatibles con el horizonte del proyecto, los costos involucrados y etapa del desarrollo de los proyectos.

La estimación de beneficios del transporte público es mas complicado que para el caso de la vialidad, requiriendo su cálculo un adecuado pronóstico de demanda para la alternativa de solución y su situación sin proyecto. Es de esperarse que un pronóstico de demanda cumpla con las siguientes características:

- Debe determinar el reparto modal para cada viaje posible en el sistema de transporte. El mecanismo para calcular el reparto modal debe ser sensitivo al tiempo de recorrido, a los costos del viaje y la conveniencia que percibe el usuario.
- La distribución espacial de los viajes debe ser sensitiva a la cantidad del servicio de transporte público, permitiendo cambios en los patrones de origen y destino debidos a las mejoras en el transporte público.
- La distribución espacial de los viajes debe ser sensitiva al nivel de congestionamiento en las vialidades.
- La generación de viajes y la decisión de realizar o no el viaje deben ser sensitivos a la calidad del servicio que se ofrece.
- La cantidad de tránsito estimado para cada segmento de la vialidad debe ser sensitivo a la cantidad de congestionamiento en dicho segmento, así como la demanda estimada en cada segmento debe reflejar adecuadamente la cantidad de tránsito.
- El estimado de reparto modal para cada viaje debe ser sensitivo al congestionamiento registrado en la red vial.
- El procedimiento debe permitir segmentar el mercado, es decir, incorporar información de grupos de usuarios para diferentes situaciones.

Las acciones, al estar enmarcadas dentro del planteamiento del programa mismo, necesitan de una mayor precisión en lo que respecta a las características de los flujos de vehículos y personas en las áreas de estudio, debiendo

actualizarse los datos mediante investigaciones adicionales, en caso de necesidad, en especial cuando haya desfase entre la realización de los estudios y el inicio del proceso de evaluación. En estos casos se admiten, para la proyección de la demanda dentro de las evaluaciones económicas, la utilización de un índice de crecimiento anual de los volúmenes de tránsito de pasajeros igual al crecimiento anual de la población y en los análisis de sensibilidad correspondientes se requiere sustentar los parámetros de evaluación con una tasa de crecimiento nula.

11.2.4 Red de transporte público

En la evaluación económica de un proyecto de transporte público se utiliza la demanda para el año base y se cuantifican las proyecciones de demanda, a partir de una tasa de crecimiento. Asimismo, los valores de la demanda para años intermedios del horizonte del proyecto pueden ser interpolados.

La red de transporte público deberá analizarse para los casos siguientes:

- *red para año base*, sin el proyecto o sin el proyecto pero revisada, la cual se caracteriza por carecer de inversiones y se ha revisado en cuanto a sus características operativas con un tratamiento adecuado de derroteros, velocidades y frecuencias sobre la red existente.
- *red para cada alternativa*, en la situación con el proyecto, tanto para el año base como para otros períodos de la vida útil de la propuesta. Se destaca la necesidad de identificar, por separado, los datos relativos al movimiento de pasajeros o tránsito que se genera

11.2.5 Criterios de decisión

Los criterios que fundamentalmente apoyan la toma de decisiones parten del análisis de los costos y beneficios estableciendo, para ello, una serie de relaciones que a continuación se detallarán.

Enfoque básico de los beneficios

El entendimiento del concepto de beneficios es importante para la comprensión de las técnicas empleadas para la cuantificación de los beneficios que trae consigo el transporte público. Un sistema de transporte público afecta a

la comunidad desde muchos puntos de vista, que van desde efectos básicos (necesidad de paradas, compra de combustible) hasta efectos directos (reparto modal, fuentes de trabajo) así como efectos indirectos (cambios en el uso del suelo, estilos de vida). Se considera que el beneficio ocurre como resultado del cambio de efectos durante la implantación de un proyecto, tal y como se sintetiza en la Figura 11.3. Estos efectos pueden ser ordenados de tal manera que permitan determinar como se relacionan uno con el otro, así como si son positivas o negativas y su importancia relativa. El Cuadro 11.1 muestra los efectos mas importantes en las inversiones en transporte público.

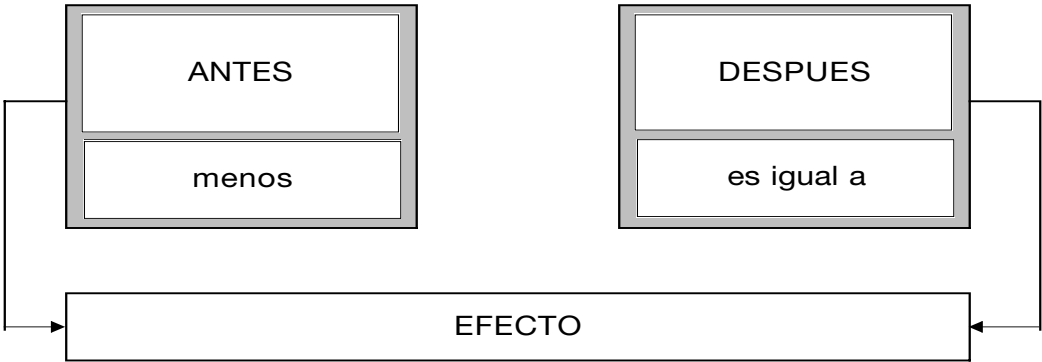


Figura 11.3.
Determinación del efecto.

Efectos del transporte público	Efectos del medio ambiente y uso del suelo	Otros efectos
<ul style="list-style-type: none">• seguridad• tiempo del viaje puerta a puerta• frecuencia• comodidad• sinuosidad de la ruta• costos de operación	<ul style="list-style-type: none">• emisiones• ruido• vibración• protección ambiente• efecto de la barrera• arquitectura del paisaje• desarrollo urbano e inmobiliario	<ul style="list-style-type: none">• fuentes de trabajo• turismo• efectos regionales

Fuente: A partir de: Jeneric Reyier. *Project Analysis. Calculation Guide*. Suecia: Swedish National Road Administration, 1987

Cuadro 11.1.
Efectos comunes en las medidas del transporte público.

Los beneficios pueden ser vistos como aquéllos efectos que son valuados por un segmento de la población, independientemente de que puedan ser cuantificados. Así por ejemplo, existen ciudades que le dan un fuerte peso a acciones encaminadas al transporte público y están decididas colectivamente a pagar una cantidad substancial de dinero por este tipo de sistemas. El nivel de beneficios monetarios de un sistema de transporte público en estas ciudades se valúa por lo menos tan alto como los costos locales del transporte público (costos del usuario mas subsidios).

Es esencial distinguir entre tres tipos de enfoques que pueden tomar los beneficios: el enfoque financiero, el enfoque económico y el enfoque político.

El *enfoque financiero* incluye únicamente aquéllos beneficios que pueden recuperarse a través de un ingreso y que contribuyen a una tasa de retorno en la inversión en el transporte público. Las ganancias o beneficios se dan directamente a la empresa para pagar los gastos de ofrecer el servicio y los beneficios externos no tienen valor alguno si no son absorbidos de alguna manera por la empresa de transporte público.

El *enfoque económico* de los beneficios es mas amplio ya que pueden afectar a otros y aún así presentar un valor. Este enfoque utiliza el criterio del *interés de pagar* por los beneficios, es decir, ¿qué tanto desean los usuarios y no usuarios pagar por un servicio por arriba de su precio? La diferencia entre este interés por pagar y el precio puede visualizarse como un beneficio o excedente del consumidor. El enfoque económico también supone que los beneficios pueden ser medidos o convertidos a unidades monetarias y son derivados de un análisis de equilibrio entre la oferta y la demanda y del comportamiento de los individuos que realizan su selección en una condición de libre mercado.

Finalmente, el *enfoque político* en un sistema democrático ofrece una manera a la comunidad para que exprese su opinión de *qué es* y *qué no es* importante. Si un municipio –a través de sus representantes elegidos por el pueblo– está dispuesto a autoimponerse un impuesto o derecho para invertir en el transporte público, trae como implicación la existencia de beneficios en el transporte público, independientemente de cualquier medida cuantitativa. Este proceso político incluye opciones y selecciones que pueden ser un buen indicador de los valores de la comunidad. Sin embargo, existen factores que pueden ocasionar que el proceso político represente la opinión de una manera equivocada. Así por ejemplo, la carencia de debates, una competencia desleal entre ideas, la sobrerrepresentación de intereses especiales o la consideración de tópicos no relacionados pueden inhibir la interpretación de una decisión de transporte como una medida para medir los beneficios.

Los beneficios se presentan puesto que la población considera que éstos son importantes. La población estará dispuesta a pagar determinado precio por algo ya que consideran que tiene efectos positivos. La percepción de la población así como las características del bien deben considerarse. Los beneficios que son percibidos pueden ser muy diferentes a los que pueden ser medidos y pueden existir beneficios percibidos que son difíciles de cuantificar. Así por ejemplo, puede existir una percepción fuerte de la comunidad que el transporte público reduce substancialmente las enfermedades pulmonares debidas a la contaminación ambiental. Las estimaciones de los impactos de la calidad del aire pueden mostrar que se presenta un cambio casi imperceptible en la salud de la comunidad. Sin embargo, el beneficio substancial percibido hacia el sector salud puede ser un factor importante en el debate que induce a la toma de decisiones. En este caso, el beneficio real se considera que existe y no la cuantificación del mismo.

Parámetros de evaluación

Los parámetros de evaluación económica que se utilizan tradicionalmente en el transporte público –y en cualquier evaluación económica– son los siguientes [1,2,3,4]:

- relación beneficio/costo (B/C);
- diferencia beneficio menos costo (B-C) o valor presente neto (VPN);
- tasa interna de retorno (TIR).

Además de estos parámetros, es frecuente utilizar indicadores que permiten complementar las evaluaciones comparativas de los proyectos frente a los objetivos prioritarios de los mismos. Como ejemplos se tienen:

- litros de combustible ahorrados;
- emisión de contaminantes en especial, CO, NO_x y HC.
- porcentaje de los costos en áreas pobres;
- porcentaje de los beneficios devengados por los pobres;
- pasajeros/día beneficiados;
- disminución de vehículos/km/día;
- beneficio resultante de la reducción potencial de accidentes;

Un análisis de evaluación normalmente considera los siguientes aspectos:

- costo de la inversión al realizar el proyecto;
- variaciones en los costos de operación, mantenimiento y conservación de la vialidad, sin y con el proyecto;
- variaciones en los costos de operación de los vehículos que se incluyen en la evaluación, sin y con el proyecto;
- variaciones en los costos de tiempo de viaje de los usuarios de los proyectos, sin y con el proyecto;
- variaciones en los costos por concepto de accidentes, sin y con el proyecto;
- variaciones en los costos incidentales sobre otros usuarios, sin y con el proyecto.

Los proyectos son viables, desde el punto de vista económico, cuando se cumplen con los siguientes puntos:

- con base en beneficios cuantificables (por ejemplo, economía de costos operacionales de vehículos, reducción de accidentes y de impactos ambientales) de los cuales se excluyen las economías en los tiempos de recorrido;
- cuando se presenta una relación beneficio/costo $[B/C]$ superior a la unidad $[B/C] > 1$;
- cuando la diferencia de los beneficios menos los costos o valor presente neto resulta positivo $[B-C \text{ o } VPN > 0]$ y;
- cuando la tasa interna de retorno es superior al costo de oportunidad del capital. Este último parámetro, se ha fijado como valor indicativo para los transportes urbanos por diversas organizaciones de desarrollo en un 12% anual.

Por otra parte, la evaluación del impacto social responde a valores cualitativos y su inclusión en el proceso decisorio es primordial permitiendo ordenar los proyectos según su prioridad y conveniencia frente a los objetivos sociales, con parámetros cualitativos y datos o parámetros estadísticos asociados a los objetivos de cada programa. Entre los indicadores mas utilizados se encuentran:

- la economía energética, por la vía de indicadores de litros y unidades monetarias economizadas con los combustibles;
- la reducción de las emisiones contaminantes, en particular el CO , NO_x y HC .

- valores de tiempo de viaje de los pasajeros de mas bajo ingreso;
- porcentaje del costo repartido geográficamente en las áreas de pobreza urbana;
- porcentajes de los beneficios efectivamente recibidos por la población menos favorecida;
- el impacto real del proyecto sobre las tarifas del transporte público;
- el número de pasajeros/día beneficiados;

Análisis de beneficios

Una vez que se ha identificado y medido un paquete de beneficios, éstos deben interpretarse para generar confianza en el análisis. El proceso de la medición de los beneficios siempre implica una serie de simplificaciones, omisiones y supuestos que deben ser examinados para determinar los efectos en los resultados. Por ello, es conveniente efectuar uno o mas de los siguientes análisis, según sea el caso:

Análisis de equilibrio. Este análisis señala que tan adecuada es la alternativa seleccionada en comparación con la segunda mejor alternativa, con lo que se logra detectar si las diferencias entre la primera y la segunda son suficientemente importantes como para no ubicarse dentro del rango de las variaciones o diferencias esperadas de la información y procedimientos utilizados. Este análisis se puede efectuar mediante la comparación de los costos marginales contra las ganancias y la ganancia marginal de la mejor opción sobre la segunda opción debe analizarse con relación al proceso utilizado para determinar las diferencias entre ellas Si las diferencias están por encima del rango de variación debido a las técnicas de pronósticos, entonces existe un mayor grado de confianza en la mejor alternativa.

Análisis de sensibilidad. Su propósito es identificar los efectos de los parámetros y supuestos utilizados en los pronósticos y en la evaluación. Los resultados de los pronósticos pueden ser sensitivos a algunos parámetros y completamente independientes con relación a otros. Su análisis se dirige a las alternativas mismas o al esfuerzo de procesamiento de datos. En el primer caso, se considera la sensibilidad de la selección de la mejor opción al procedimiento utilizado para definir una medición de los beneficios, mientras que en el segundo caso se analiza las sensibilidades de los pronósticos a la información utilizada y a los parámetros de las técnicas de pronóstico utilizadas.

Este análisis se realiza modificando los valores adoptados para cada uno de los parámetros de evaluación y partiendo de escenarios económicos alternativos que presenten posibles variaciones dentro de un proyecto. Vale la pena aclarar que no existen parámetros fijos para las variaciones de los datos considerados en las diferentes evaluaciones, pudiendo someterse a un análisis de sensibilidad tanto los costos como los beneficios. Así por ejemplo, las metodologías de evaluación socioeconómica desarrolladas por la *Secretaría de Desarrollo Social (México)* y aplicadas en su hoja de cálculo titulada *hdm-HPFP* [1], consideran tres criterios de sensibilidad, los cuales son:

- tomando solamente en cuenta los beneficios de reducir los costos de operación de las unidades de transporte;
- considerando un incremento del 25% en los costos de inversión a la par de una reducción del 25% en los beneficios;
- suponiendo que los niveles de tránsito del año base se mantienen constantes durante toda la vida útil del proyecto, con lo que se analiza la resultante de utilizar una tasa nula de crecimiento en el número de viajes o parque vehicular.

Análisis de contingencias. Se considera como contingencia aquél evento cuya ocurrencia es posible pero no probable. Así por ejemplo, los efectos de cambios en el crecimiento de la población, o los cambios en el uso del suelo se pueden interpretar como contingencias. Puesto que existe un buen grado de incertidumbre en el futuro, es deseable examinar que tan bien se desempeña la mejor alternativa bajo situaciones de contingencia. Un análisis de este tipo normalmente incluye los siguientes aspectos:

- Identificación de las situaciones de contingencia
- Desarrollo de escenarios que señalen la forma en que ocurrirán
- Pronóstico del desempeño de la mejor alternativa bajo las condiciones de contingencia
- Comparación del desempeño de la mejor alternativa bajo condiciones normales y de contingencia

Análisis de impacto e incidencia. Es recomendable analizar el impacto (*sobre quién*) y la incidencia (*en qué momento*) de los costos y ganancias asociadas con las mejores alternativas. Los costos y ganancias para dos opciones pueden ser

similares en su agregación pero muy diferentes en sus efectos para aquellos que lo reciben o el momento en que éste ocurre.

Factibilidad de implantación. Debe analizarse con detalle la facilidad con que una opción puede implantarse en el contexto urbano, institucional y social en que desenvuelve. Una opción con una baja probabilidad de una implantación satisfactoria puede ser rechazada en favor de otra opción que presenta una mayor probabilidad de una implantación exitosa. Adicionalmente, las opciones pueden combinarse para incrementar las posibilidades de implantación, o bien, realizar los esfuerzos necesarios para reducir las barreras que afectan su instrumentación.

Análisis cualitativo. Este tipo de análisis consiste en un examen cuidadoso de la mejor selección considerando los factores que se omitieron en el análisis inicial, los supuestos realizados, los factores que no pueden ser cuantificados o los resultados de otras fases de interpretación.

Aspectos técnicos en la medición de beneficios

Se presentan tres consideraciones técnicas que afectan la forma en que los beneficios se interpretan y que influyen en la validez de las mediciones. Estos tres aspectos se refieren al tamaño del universo, la agregación de beneficios y la normalización de los valores.

Tamaño del universo. El universo está definido por el área de estudio del proyecto. Este tamaño puede representar una diferencia muy grande en la percepción de la magnitud de los beneficios, por lo que su definición es importante y en especial cuando se utilizan medidas relativas, tales como el porcentaje de reducción en las emisiones contaminantes, el uso de energía o el porcentaje de variación de los viajes a una área determinada. Si el tamaño del universo es grande, la magnitud relativa de los cambios inducidos por el transporte público aparecerá como pequeña, siendo engañoso ya que puede haber mayores impactos en áreas mas pequeñas o en diferentes periodos de tiempo.

Agregación de beneficios. Si se van a combinar beneficios no monetarios, la selección de la formulación matemática afectará los resultados. Generalmente, los beneficios se combinan utilizando una función lineal, mediante la adición de los beneficios individuales uniformizados a unidades comunes de tiempo o

dinero. El uso de una relación lineal asume que cada beneficio es independiente de los demás beneficios. Puesto que algunos beneficios se encuentran invariablemente relacionados con otros una suma lineal puede afectar seriamente el efecto general de una alternativa, por lo que es recomendable utilizar otras expresiones matemáticas, que tiendan a realzar las diferencias y por ello una formulación no lineal puede ser mas consistente con las preferencias intuitivas.

Normalización. Los beneficios se miden en diferentes formas y necesitan ubicarse en una dimensión estándar si es que se van a combinar. Para ello, existen varios métodos de normalización entre los que se encuentran por rango, por media y desviación estándar. El primer caso, establece el nivel superior e inferior de todos los indicadores en una escala común, por ejemplo de 0 a 10. La estandarización por media ubica los valores de la media en el mismo punto, por ejemplo 50, mientras que el uso de la desviación estándar también normaliza la dispersión de la información.

11.3 Metodología de evaluación

La metodología de evaluación socioeconómica que viene utilizándose actualmente en los proyectos de transporte urbano en el país se basa en el análisis costo-beneficio mediante la comparación de los costos de inversión reales de las alternativas propuestas comparadas con el proyecto de mantener la situación actual.

11.3.1 Beneficios y costos

El método de costo-beneficio para evaluar proyectos, si es aplicado apropiadamente y detalladamente puede seleccionar los mejores proyectos y las mejores alternativas entre proyectos. Los economistas han desarrollado análisis de costo beneficio con un alto grado de sofisticación, pero, sin embargo, existen muchos aspectos dentro de un proceso de decisión del transporte público que no puede ser representado adecuadamente por un estudio de costo-beneficio. Efectos tales como equidad, salud, estética, interacción social, y prestigio urbano son difíciles de cuantificar en términos monetarios. Aún mas, un análisis de costo-beneficio puede esconder las variantes entre alternativas, su desempeño y los impactos que frecuentemente se vuelven el foco de atención en el mundo real de la toma de decisiones.

Las dificultades en la valuación de los beneficios, la carencia de independencia entre parámetros y los diferentes puntos de vista y metas en los decisores complican aún mas el proceso. Finalmente, en el caso de otros efectos que pueden ser cuantificados monetariamente –tales como los impactos al uso del suelo y seguridad– se carece normalmente de tiempo y recursos para realizarlos adecuadamente.

El transporte público puede presentar una amplia variedad de efectos, los cuales ocurren debido a que ofrece:

- una forma alterna de transporte;
- una forma de efectuar viajes;
- el uso del suelo puede variar y;
- el transporte público es una industria y un negocio a la vez de ser una preocupación social.

Cada uno de estos efectos lleva a otros mas, que pueden aparecer como una tarea difícil de llevar a cabo. Sin embargo, el entendimiento del proceso de decisión ayuda a identificar aquéllos efectos que deben ser analizados en detalle. Puesto que la decisión involucra la comparación de alternativas, solamente los efectos que pueden ser representativos entre alternativas deben ser analizados exhaustivamente. Si el efecto resulta similar para todas las alternativas, éste no hará diferencia alguna en la decisión, reduciendo el alcance del análisis.

Una segunda forma de simplificación consiste en evitar la combinación de efectos para producir estimados agregados de beneficios. La valuación es normalmente difícil; puede tender a un doble conteo de beneficios y; presenta el problema de sumar diferentes unidades de medición. Así por ejemplo, es imposible sumar el prestigio urbano a la reducción de emisiones de alguna manera lógica. Si existe una diferencia y ésta es significativa, entonces se debe expresar en los términos mas entendibles. Para el caso de la emisión de contaminantes, la reducción en toneladas de contaminantes; para el caso del prestigio urbano, los resultados de una encuesta de actitudes.

Bajo estas circunstancias, los beneficios pueden estimarse mediante la determinación de las reducciones que se dan en tres aspectos principales:

- ahorros en los costos de operación
- ahorros en los tiempos de viaje
- ahorros en los costos de mantenimiento.

Por otra parte, las inversiones en transporte público o costos totales de los proyectos propuestos pueden expresarse mediante la siguiente expresión:

$$CT = C_i + C_m + C_o - V_r$$

donde:

CT = costo total del proyecto de transporte público

C_i = costo del proyecto (inicial y a lo largo de la vida útil)

C_m = costo anual de mantenimiento de la infraestructura

C_o = costo anual de operación de la infraestructura

V_r = valor de rescate al final de la vida útil del proyecto

El costo del proyecto suele incluir los costos asociados de planeación, diseño así como las afectaciones y adquisiciones de predios necesarios para la implantación del proyecto.

La estimación del costo del análisis del proyecto debe ser tan exacto como sea posible, exactitud que depende de la etapa de planeación en la que se esté. Los *costos de planeación y diseño* se determinan generalmente en función de experiencias pasadas. Se considera como aceptable que dicho costo represente entre el 5 y el 10% del costo total de las obras, porcentaje que dependerá del tamaño del proyecto, la proporción de los elementos, que integran el proyecto y su tipología.

Los *costos de inversión* propiamente dichos, son los costos de implantación de las vías y terminales (construcción de las obras civiles, adquisición de equipos, previsión para imprevistos) y los costos de adquisición de los vehículos de transporte público.

Los *costos de afectaciones* deben calcularse separadamente para cada proyecto representando este valor la compensación por la adquisición de los predios o propiedades necesarias.

El *costo de mantenimiento* se constituye mediante la suma de los conceptos correspondientes al mantenimiento de la infraestructura asociada al transporte público, pero no la de las unidades en sí, las cuales forman parte de los costos de operación propiamente dichos.

El *costo de operación* se representa por el monto que implica tener en funcionamiento las unidades de transporte público el cual incluye básicamente el costo del combustible; los costos relacionados con la distancia recorrida y; los costos que dependen de la cantidad de tiempo que la unidad está en operación. En el caso del costo de operación de los vehículos se ha venido utili-

zando la metodología elaborada por *Banco Mundial* [5,6,7] y adecuada a la situación particular de México [1]. En general, estas metodologías permiten relacionar la velocidad de operación a una unidad determinada de transporte a un costo por dicho concepto, teniendo expresiones matemáticas del tipo:

$$C_o = \left[\frac{a^\alpha}{V} + b + cV + dV^2 \right] \cdot T \cdot L_{ij} \cdot A$$

donde:

C_o = costo de operación anual

α, a, b, c, d = coeficientes que dependen del tipo de terreno; del estado de la superficie y; del tipo de vehículo

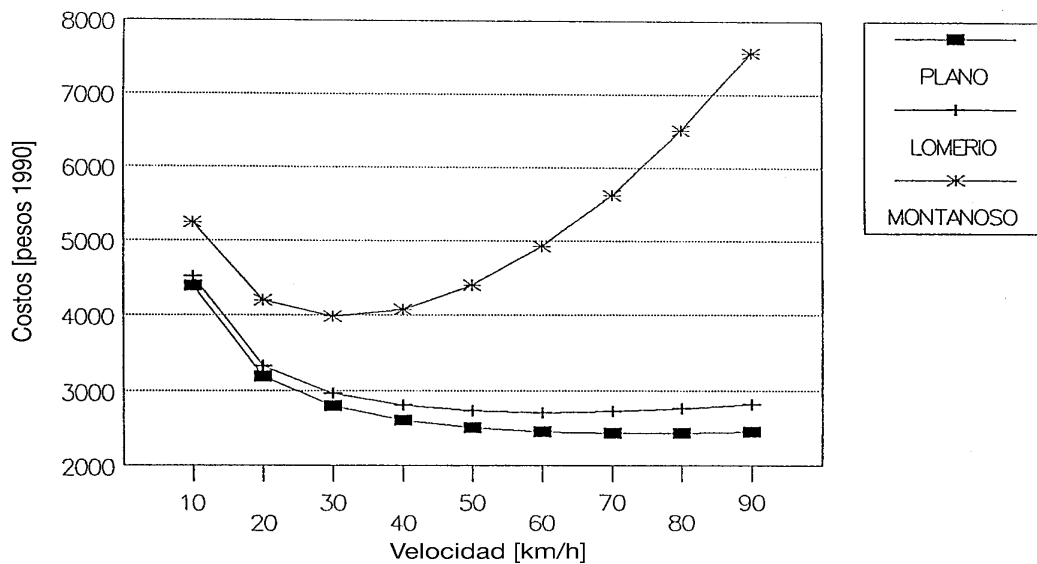
T = Volumen en el tramo (vehículos tipo) [veh/h]

L_{ij} = longitud del tramo i-j [km]

V = velocidad comercial [km/h]

A = días que opera al año la unidad

La Figura 11.4 muestra gráficamente este tipo de relación.



Fuente: SOGELERG/BCEOM. *Metodología de Evaluación de los proyectos. Control de la Contaminación del Aire en el Área Metropolitana de la Ciudad de México*. México: DDF, 1990.

Figura 11.4.

Costos de operación por vehículo-km para un autobús R100 en vialidad pavimentada.

Con el resultado de la evaluación, se obtiene un flujo de caja en valores corrientes, en la cual se indican los costos y los beneficios año por año, para la vida útil de cada proyecto así como, los resultados de las variaciones operacionales previstas con la implantación del proyecto en relación a la situación base (sin el proyecto o saneada). La Figura 11.5 muestra la hoja de cálculo desarrollada para la SEDESOL [1] para los programas integrales de transporte urbano en la que aparecen los conceptos anteriores.

La combinación de los resultados obtenidos, tanto de beneficios como de costos, se emplean para el cálculo de los siguientes parámetros de evaluación:

- relación beneficio-costo
- beneficios menos costos
- tasa interna de retorno

11.3.2 Costos sociales del transporte público

Los beneficios relacionados con el viaje son aquéllos que resultan de un incremento en la accesibilidad cuando se mejora un sistema de transporte público. Estos beneficios representan una ventaja al usuario ya que el viaje puede ser realizado en menor tiempo, costo o inconveniencias por medio del transporte público que por otra alternativa. Los beneficios también pueden presentarse como ventaja al automovilista o al pasajero ya que se puede reducir el congestionamiento en algunas vialidades debido al incremento en el uso del transporte público. Finalmente, también pueden representar una ventaja al usuario que puede decidir hacer un viaje adicional por cualquier medio o puede cambiar de forma de viajar.

El beneficio mas importante para el usuario del transporte público se refiere a los ahorros en el tiempo de viaje, mientras que otros beneficios adicionales se refieren a ahorros en los costos de combustible, peaje, tarifas y mantenimiento de los vehículos. Entre los beneficios intangibles del usuario se encuentran la comodidad del viaje, la posibilidad de hacer nuevos viajes que antes no realizaba o la satisfacción de su viaje de una mejor manera.

En el caso del transporte público se hace necesario estimar el costo social generalizado de los viajes que efectúan los usuarios. Este costo viene dado por una expresión del tipo:

COLONIA LAZARO CARDENAS (Acceso Sn José Iturbide)													
PROGRAMA INTEGRAL DE TRANSPORTE URBANO DE IRAPUATO													
EVALUACION ECONOMICA: (Hora Punta + Hr. Valle)													
Inversión US\$ 131.56 mil													
Costo mantenimiento 2% as del costo económico													
Costo hr-trab: % del costo en area pobre: 87 % ** Tasa de proyección del tránsito													
prop. auto 12650.602 % benef. percibid. p/pobre: 300 : Pasaj. TPP													
pasaj. auto 6325.3012 Pasajeros/dia beneficiados: 1457 IV.HrCond. 12650.602 6325.3012 Camión 4 %a.a.													
bus 6325.3012 #Hr-tipo por dia>>> 2.09 hr. punta 6.29 hr.valle V.Util 15 C.Oper.mar/92 convertid 3000 PS/US\$1													
AUTOS SIN PROYECTO													
AUTOS CON PROYECTO													
BUSES SIN PROYECTO													
BUSES CON PROYECTO													
CAMIONES SIN PROYECTO													
CAMIONES CON PROYECTO													
BENEFICIOS AUTOS AÑO BASE													
BENEFICIOS AUTOS AÑO PROYECTO													
BENEFICIOS BUSES AÑO BASE													
BENEFICIOS BUSES AÑO PROYECTO													
BENEFICIOS CAMIONES AÑO BASE													
BENEFICIOS CAMIONES AÑO PROYECTO													
BENEFICIOS TOTALES AÑO BASE													
BENEFICIOS TOTALES AÑO PROYECTO													
FLUJOS DE CAJA (US\$ mil)													
EVALUACION DEL PROYECTO: Figuras de Mérito													
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: Figuras de Mérito													
TRPA-tasa retorno primer año													

Fuente: A partir de: USTRAN. Programa Integral de Transporte Urbano. Irapuato: Municipio de Irapuato, 1993.

Figura 11.5.
Hoja de cálculo desarrollada por la SEDESOL.

$$C_s = C_i \cdot T_i$$

donde:

C_s = costo social generalizado

C_i = costo unitario para el usuario en la porción i del viaje

T_i = tiempo empleado en la etapa i del viaje

Normalmente, este costo viene dado por el valor económico que se le asigna al tiempo del usuario por el tiempo que éste emplea en transportarse *puerta a puerta*. Este tiempo empleado *puerta a puerta* implica una serie de etapas, las cuales se muestran gráficamente en la Figura 11.6 y entre las que destacan:

- tiempo de caminata del origen a la parada de transporte público
- tiempo de espera en la parada
- tiempo de recorrido en la primera ruta
- de existir, tiempo de transbordo, el cual incluye el tiempo de caminata a la nueva parada así como el tiempo de espera en dicha parada
- de existir, tiempo de recorrido en la segunda ruta
- tiempo de caminata de la parada al destino.

Los parámetros de tiempo que afectarán al valor del tiempo del usuario y que darán como resultado el costo generalizado estarán en función de las características que presente cada tramo del viaje completo. Así se tienen cuatro componentes principales del tiempo de viaje:

- ***Recorrido a pie***, está en función del gradiente que se tenga que salvar, del diseño físico y de la superficie de circulación; de la densidad peatonal y del desempeño de cada individuo.
- ***Tiempo de espera***, aspecto que está en función de las características físicas y de equipamiento que presente el área de espera como lo son la existencia de un área techada; de asientos; de la densidad peatonal e indirectamente de la regularidad y puntualidad que presente el servicio de transporte.
- ***Recorrido a bordo de la unidad***, elemento que depende fundamentalmente del desempeño y comodidad del vehículo; de la posibilidad de contar con un asiento; de la saturación o densidad de usuarios que se presenten abordo y del estado en que se encuentre el pavimento.
- ***Tiempo de transbordo***, el cual depende de los dos primeros aspectos así como del diseño físico y funcional de los puntos de transbordo.

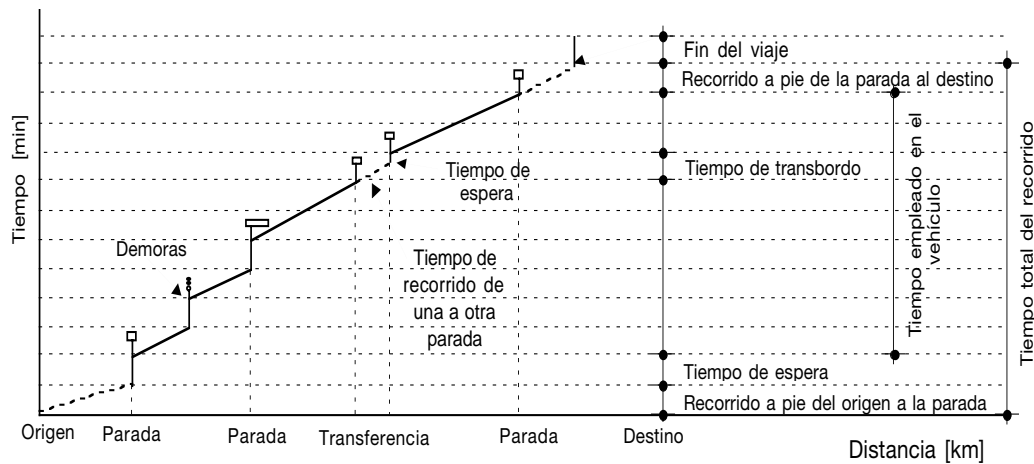


Figura 11.6.
Elementos del tiempo de recorrido, con un transbordo.

11.3.3 Valor del tiempo

Los valores del tiempo se han tabulado para una variedad de diferentes situaciones de viaje, los cuales se han obtenido a partir del análisis estadístico de la información sobre el reparto modal [8]. Los procedimientos estadísticos presentan diferencias pero ubican al valor del tiempo entre el 12.5% y el 50% del salario mínimo prevaleciente. Los estudios realizados en México han adoptado como un valor del tiempo estándar un tercio del salario mínimo para viajes al trabajo y en otros estudios se han adoptado valores de un sexto de salario mínimo para viajes no relacionados con el trabajo [9]. Estos valores permiten convertir las unidades de tiempo en unidades monetarias.

Se presentan dos procedimientos para la evaluación del tiempo, siendo su diferencia el tiempo ahorrado durante el trabajo y el ahorrado durante los viajes no relacionados con el trabajo. Esta diferencia se menciona puesto que el tiempo de trabajo incluye a operadores del transporte los cuales dejan a un lado su tiempo libre y se les presenta cierta desutilidad del trabajo que realizan. Por ello, si pudieran hacer la misma cantidad de trabajo en menos tiempo, estas personas tendrían más tiempo libre y sufrirían menos desutilidades. Los ahorros en tiempo no relacionados con el trabajo no reducen la desutilidad asociada con el trabajo y consecuentemente, aún cuando se puede disfrutar más tiempo libre, se tiende a valorarlo por abajo de los ahorros en tiempo por motivos de viajes al trabajo.

Aún cuando la economía laboral ofrece una base firme para obtener los valores del tiempo de viaje de trabajo, se requiere de un mayor empirismo en la evaluación del tiempo de viajes no relacionados con el trabajo. El esquema de comportamiento incluye utilizar las preferencias reveladas para considerar situaciones de trueque que reflejen el deseo de los usuarios a pagar por ahorrarse tiempo. En otras palabras, si una persona paga X pesos por ahorrarse Y minutos, entonces está revelando un valor del tiempo implícito de por lo menos X/Y pesos por minuto. Algunos estudios empíricos que pretenden valorar el tiempo no relacionado con el trabajo han buscado varias situaciones de trueque y en especial cuando los usuarios pueden seleccionar entre[9]:

- rutas
- medio de transporte
- velocidad de operación
- ubicación del hogar y trabajo
- destino del viaje

El procedimiento normal de estos estudios consiste en emplear ecuaciones de la siguiente forma:

$$P_1 = \frac{e^y}{1 + e^y}$$

donde:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1(t_1 - t_2) + \alpha_2(C_1 - C_2)$$

donde:

- P_1 = probabilidad de seleccionar el medio, ruta, etc, 1
- y = selección de medio, ruta
- e = exponencial
- t_i = tiempo puerta a puerta del i medio, ruta; $i = 1, 2$
- C_i = costo puerta a puerta del i medio, ruta; $i = 1, 2$
- $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ = constantes a calibrar

El valor del tiempo se infiere al observar los cambios en la variable dependiente que resulta de un cambio unitario ya sea en la diferencia de tiempo o costos. Esto estrictamente se puede representar como el cociente de α_1/α_2 en

la ecuación anterior. El Cuadro 11.2. presenta algunos valores encontrados en diferentes estudios para el valor del tiempo en viajes no laborales.

Empíricamente, se ha demostrado que los valores del tiempo o en viajes no laborales están correlacionados con el nivel de ingresos pero en ciertas ocasiones se ha utilizado con propósito de establecimiento de políticas y acciones un valor promedio para todos los niveles de ingreso. Este concepto de equidad se basa en que si el valor del tiempo se variara proporcionalmente al ingreso, esto tendería a sesgar la selección de los proyectos, favoreciendo a los grupos de mayor ingreso. Durante la evaluación, los ahorros en tiempo de viaje de dichos grupos pesarían automáticamente mas que los de menores ingresos.

ESTUDIO	PAIS	VALOR DEL TIEMPO COMO % DEL SALARIO MINIMO	PROPOSITO DEL VIAJE	MEDIOS
Beesley (1965)	Reino Unido	33-50	Regional	Auto
Quarmby (1967)	Reino Unido	20-25	Regional	Auto, transporte público
Stopher (1968)	Reino Unido	21-32	Regional	Auto, transporte público
Oort (1969)	Reino Unido	33	Regional	Auto
Thomas & Thompson (1979)	EEUU	86	Interurbano	Auto
Lee & Dalvi (1971)	Reino Unido	30	Regional	Autobús
		40	Regional	Auto
Wabe (1971)	Reino Unido	43	Regional	Auto, metro
Talvitte (1972)	EEUU	12-14	Regional	Auto, Transporte público
Hensher & Hotchkiss (1974)	Australia	2.70	Regional	Hydrofoil, ferry
Kraft & Kraft (1974)	EEUU	38	Interurbano	Autobús
McDonald (1975)	EEUU	45-78	Regional	Auto, transporte público
Ghosh et al (1975)	Reino Unido	73	Interurbano	Auto
Guttman (1975)	EEUU	63	Placer	Auto
		145	Regional	Auto
Hensher (1977)	Australia	39	Regional	Auto
		35	Placer	Auto
Nelson (1977)	EEUU	33	Regional	Auto
Hauer & Greenough (1982)	Canadá	67-101	Regional	Metro
Edmonds (1983)	Japón	42-49	Regional	Auto, Autobús, FFCC
Deacon & Sonsteli (1985)	EEUU	52-254	Placer	Auto
Hensher & Truong (1985)	Australia	105	Regional	Auto, transporte público
Guttman & Menashe (1986)	Israel	59	Regional	Auto, autobús
Fowkes (1986)	Reino Unido	27-59	Regional	FFCC, autobús, interurbano
Hau (1986)	EEUU	46	Regional	Auto, autobús
Chui & McFarland (1987)	EEUU	82	Interurbano	Auto
Mohring et al (1987)	Singapur	60-129	Regional	Autobús
Cole Sherman (1990)	Canadá	93-170	Regional	Auto
		116-165	Placer	Auto

Fuente: W.G. Waters. *Values of Travel Time Savings Used in Road Project Evaluation: A Cross Country/ Jurisdiction Comparison*. Canberra: Bureau of Transport and Communications Economics, 1992.

Cuadro 11.2.

Valor del tiempo como porcentaje del salario mínimo.

Entre otros problemas se encuentra el uso de los valores del tiempo de viaje, siendo uno de los mas importantes el que en algunos proyectos puede resultar una pequeña cantidad de viajes con grandes ahorros de tiempo, mientras que en otros se pueden producir una gran cantidad de viajes con pequeños ahorros de tiempo. El problema se presenta al momento de decidir si estos ahorros pequeños, pero abundantes, son tan valiosos como un gran ahorro.

Los usuarios, especialmente en rutas extensas, tienden a no percibir ahorros de tiempo pequeños o bien, no pueden utilizar dichos ahorros. Si esto fuera así, los esquemas de transporte urbano aparecen menos atractivos que los interurbanos puesto que los principales beneficios de las mejoras urbanas se dan por pequeños ahorros de tiempo repartidos entre miles de usuarios. Normalmente, se sugiere que se asigne un valor cero para ahorros pequeños de tiempo y el uso de valores positivos una vez que se alcance un umbral adecuado de ahorro.

Estudios de transporte llevados a cabo en países en vías de desarrollo tienden a adoptar la idea de que mientras se le debe dar un valor monetario a los ahorros de tiempo por viaje de trabajo basados en los ahorros de costos, los ahorros de tiempos de viajes no laborales –en especial en zonas rurales– deben de asignárseles un valor cero. La justificación es que el objetivo principal de mejorar la infraestructura de transporte en estas regiones consiste en apoyar al crecimiento económico y por ello el énfasis debe concentrarse exclusivamente en un esquema económicamente productivo y el tiempo libre no se ve como productivo.

11.3.4 Segmentación del mercado

La respuesta de una persona al cambio a un sistema de transporte público varía normalmente por el estilo de vida que lleve. Así por ejemplo, una familia compuesta por varios individuos con un solo automóvil difícilmente lo venderá, aún si el servicio de transporte público se hace muy atractivo. Por su parte, una familia pequeña con una tenencia alta de automóviles puede estar mas dispuesta a deshacerse de algún vehículo.

La mejor forma de considerar este estilo de vida es mediante la segmentación del mercado de transporte público dentro de los pronósticos de viaje. Por lo menos, se debe hacer una distinción entre usuarios cautivos y usuarios selectivos. Entre otras variables que afectan esta segmentación están: ingreso, tenencia de automóviles, tamaño del núcleo familiar, entre otros. Es importante mantener consistente esta segmentación a lo largo del proceso de planeación.

11.3.5 Estimación del costo social

Para un viaje dado es posible realizar un cálculo de sus costos e inconveniencias, conocidos como los costos sociales del viaje. Su expresión es del siguiente tipo:

$$\text{Costo social} = [(\text{tiempo de recorrido a pie}) * (\text{peso a pie}) + (\text{tiempo de espera}) * (\text{peso de la espera}) + (\text{tiempo abordo del autobús}) * (\text{peso de viaje abordo}) + (\text{tiempo de transbordo}) * (\text{peso de transbordo}) + \text{penalización inicial por la espera} + \text{penalización por el primer transbordo} + \text{penalización por un segundo transbordo} + \text{tarifa/valor del tiempo}] * \text{valor del tiempo}$$

En esta ecuación el valor del tiempo es la cantidad a la que los usuarios estarían dispuestos en intercambiar dinero por ahorros en el tiempo, aspecto que se comentó previamente a este inciso. La ecuación anterior considera exclusivamente el tiempo, el costo, la comodidad y la conveniencia, pero se le pueden agregar (o quitar) parámetros. El Cuadro 11.3 muestra valores típicos de ponderación y penalizaciones para los parámetros antes tratados utiliza-

PARAMETRO	VALORES TÍPICOS	VALORES SEDESOL-MEXICO
Ponderador de caminata	1.3	$1.5 * (1 + k_g) * k_p$
Ponderador de transbordo	1.6	-
Penalización inicial ponderada	8.4 minutos	-
Penalización de transbordo (1° ó 2°)	23 minutos	-
Valor del tiempo	0.167 a 0.333 del salario mínimo	0.333 del salario mínimo
Ponderador del tiempo de recorrido (de pie)	1 + 2 (porcentaje del tiempo de recorrido de pie)	$1.5 * (1 + d_p/8) * k_p$
Ponderador del tiempo de recorrido (sentado)	-	$k_p * k_d$
Ponderador de espera de pie	1.9	$1.5 * (1 + d_p/8) * k_l$
Ponderador de espera sentado	-	k_l

Nota:

k_g = coeficiente de gradiente
 k_p = coeficiente de tipo de pavimento
 k_d = coeficiente de densidad
 k_l = coeficiente de lugar de espera

d_s = densidad de asiento = asientos/área ocupada por los asientos
 d_p = densidad de usuarios de pie

Cuadro 11.3.

Ponderadores de los tiempos que componen un viaje.

dos en la unión americana así como los utilizados para los estudios integrales de transporte en México. Naturalmente, estos valores pueden diferir por propósitos de viaje así como por segmento de mercado para representar diferentes niveles de importancia para diferentes tipos de viajes.

A continuación se desarrolla el cálculo de los principales parámetros que afectan el costo social generalizado del transporte público:

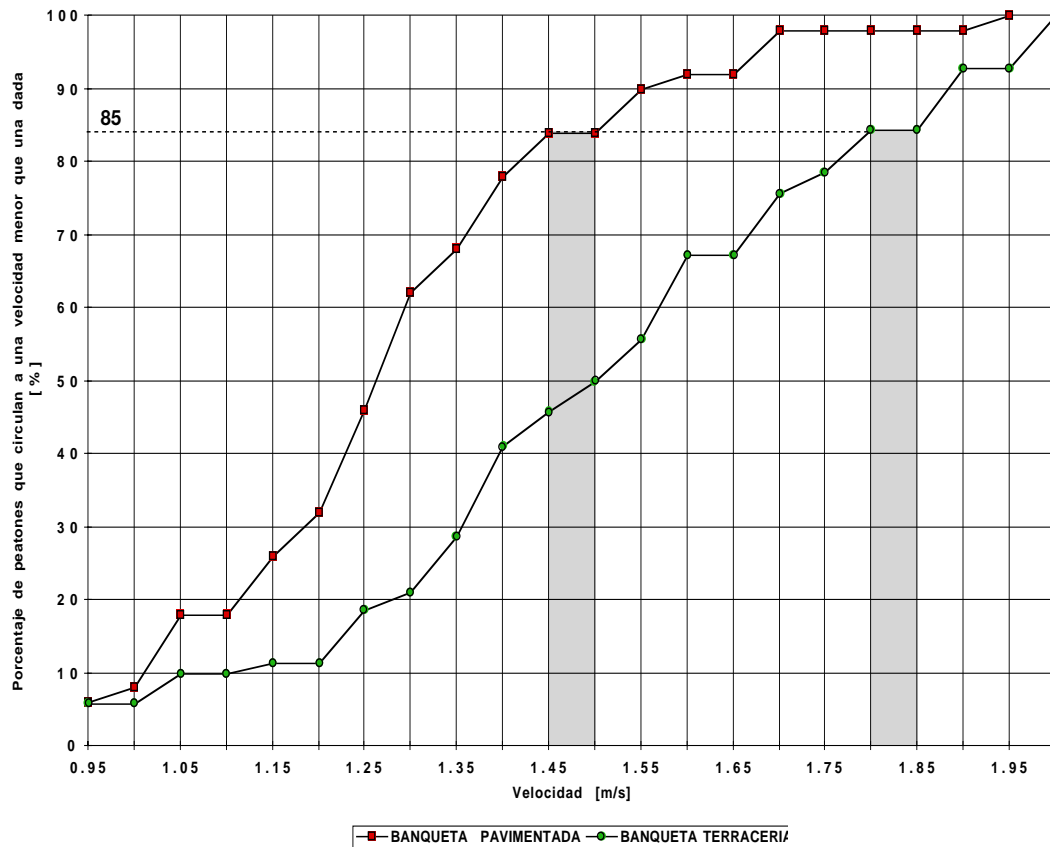
Tiempo de caminata. Para su estimación se considera la velocidad a la que camina el peatón en las circunstancias que se presenten dentro de la ruta o rutas analizadas. La velocidad de los peatones depende de muchos factores, tales como edad, sexo, pendiente, proximidad de vehículos, densidad, entre otros aspectos. Puede aceptarse como velocidad media en condiciones ideales (superficie horizontal, bajas densidades y lejos de la circulación de vehículos) la velocidad de 5.5 km/h. Sin embargo, se logran velocidades menores en el caso de las mujeres sobre todo si van acompañadas de un niño pequeño (2.5 km/h) y las mas elevadas que corresponden a jóvenes del sexo masculino 6.5 km/h [10].

La Figura 11.7 muestra la distribución acumulativa de frecuencias de velocidad de caminata de los peatones al cruzar una vialidad, tanto para hombres como mujeres así como esta misma velocidad para diferentes superficies de caminata para el caso de Irapuato, México. A su vez, la Figura 11.8 presenta las velocidades para diferentes grupos de edades.

El método mas simple para determinar la velocidad del peatón consiste en que un aforador mida el tiempo empleado en recorrer una determinada distancia. Puesto que, por lo general no es posible registrar el movimiento de todos los peatones que se mueven en la zona objeto de estudio, se requiere seleccionar una muestra representativa, que es la que se someterá a estudio. Habrá que tener en cuenta que no todos los peatones se desplazan a la misma velocidad y, por ello, es muy conveniente que el muestreo tenga en cuenta las proporciones de jóvenes y personas mayores, de hombres y mujeres, de personas que se desplazan solas y de las acompañadas de niños, ya que las velocidades que corresponden a cada uno de estos grupos difieren entre sí.

El tiempo de caminata o recorrido de pie se obtendrá al relacionar la distancia promedio de caminata hacia la parada y desde la parada con la velocidad peatonal utilizada. Así se tiene que:

$$t_p = \frac{0.06 \cdot d_p}{V_p}$$



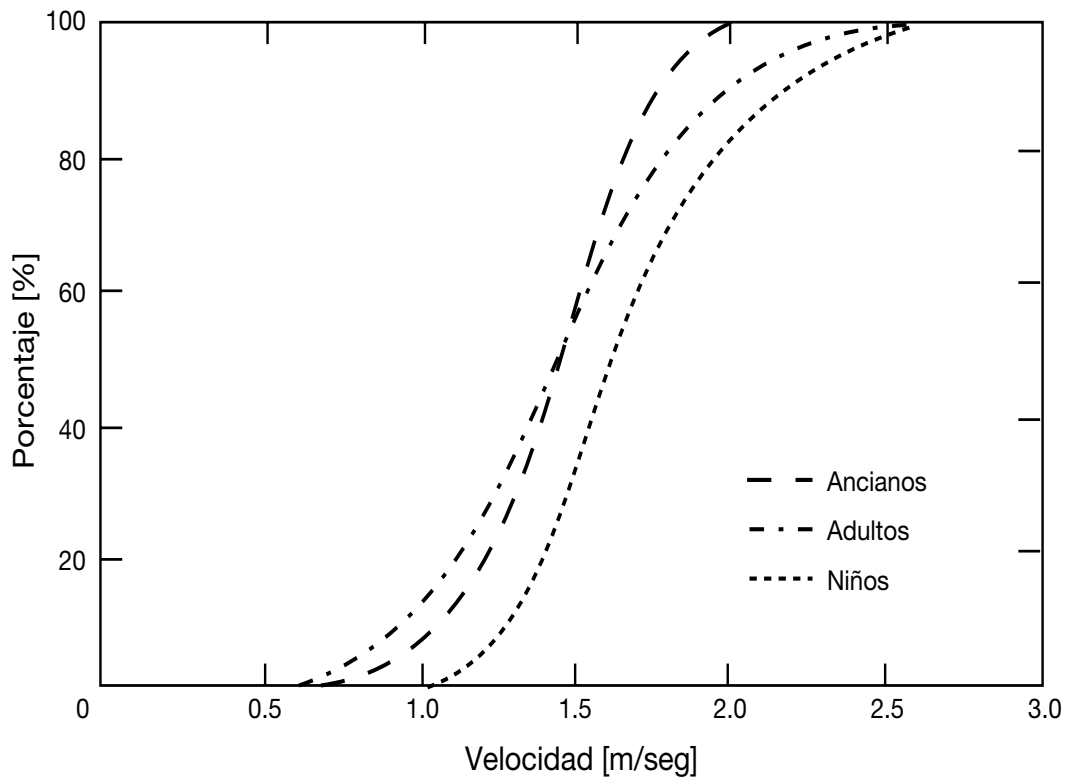
Fuente: A partir de USTRAN. *Estudio Integral de Transporte de Irapuato: Diagnóstico*. Irapuato: SEDESOL/BANOBRAS/Banco Mundial, 1993.

Figura 11.7.
Velocidad de punto peatonal.

donde:

- t_p = tiempo de caminata [h]
- d_p = distancia de caminata [m]
- v_p = velocidad del peatón [km/h]
- 0.06 = factor de conversión de unidades

Estos valores deberán ponderarse en función del gradiente el cual va de 0.08 para un gradiente positivo a 0.03 para un gradiente negativo, siendo cero para un gradiente nulo. Asimismo, el tipo de pavimento o superficie de roda-



Fuente: Referencia [10].

Figura 11.8.
Velocidad para diferentes grupos de edades.

miento afectará el tiempo de caminata, el cual se puede estimar a partir de la siguiente expresión:

$$K_p = 0.95 + \frac{IR}{40}$$

donde:

K_p = coeficiente por tipo de pavimento
 IR = índice de rugosidad

El valor del índice de rugosidad viene dado en el Cuadro 11.4 en el cual se describe la escala de valores para el índice de rugosidad internacional [5,12].

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL IRI [M/KM]	DESCRIPCION
0 - 1.6	Pavimento nuevo de extremadamente alta calidad (asfáltico o de concreto) para autopistas de alta velocidad y pistas de aeropuertos. No es común en las carreteras. Las ondulaciones son casi imperceptibles a 100 km/h. Depresiones de 0 - 2 mm por cada 3 m.
1.6 - 2.5	Pavimento típico de concreto asfáltico de alta calidad o pavimentos con tratamiento superficial de alta calidad; carreteras de terracería con un perfil excelente con grava fina o superficie de tierra recientemente rasurada. Depresiones de 3 - 5 mm por cada 3 m. Las ondulaciones son casi imperceptibles a 80 km/h.
3 - 5	Pavimento de asfalto que muestra signos de deterioro (los cuales pueden incluir un amplio aspecto de defectos de 0 a 100% de fracturas, baches y parches ocasionales o depresiones poco profundas). Pavimentos con tratamiento superficial libres de defecto de una calidad de trazo de moderada a regular. Caminos de terracería de buena calidad. Las depresiones son apenas visibles, de 10 - 25 mm por cada 3 m. Ondulaciones o movimientos bruscos a 80 km/h. Velocidad de operación menor a los 100 km/h.
5.5 - 7	Pavimentos con irregularidades visibles y defecto en el trazo (generalmente con extensas fracturas severas o parches en el 20 al 50% del área). Superficie tratada libre de defectos con un trazo muy pobre. Depresiones moderadas de 20 a 40 mm por cada 3 m. Caminos de terracería con depresiones poco profundas (6 a 20 mm por cada 1.5 m) o grava gruesa (tamaño mayor a 6 mm) en un trazo adecuado de la superficie. Movimientos bruscos y ondulaciones perceptibles a 60 km/h. Velocidades de operación menores a los 80 km/h.
8 - 10	Caso excepcional para caminos pavimentados deterioro extremo, depresiones frecuentes, parches a lo largo de toda la superficie y baches inevitables. Velocidades de operación menores a los 60 km/h. Para terracerías: depresiones transversales frecuentes claramente visibles (20 a 40 mm por cada 3 m), corrugaciones fuertes (10 a 30 mm por cada 0.7 - 1.5 m) o depresiones profundas ocasionales (40 a 80 mm por cada 3 m) o baches; velocidades de operación entre los 60 y los 80 km/h.
12 - 20	Caminos de terracerías: depresiones profundas inevitables (40 a 80 mm por cada 1 - 3 m) o baches muy profundos ocasionales (mas de 8 cm de profundidad), surcos erosionados transversales o diagonales frecuentes. Velocidades de operación menores a los 50 km/h y cuando se presentan 20m/km ésta es menor a los 35 km/h.

Fuente: Paterson, W.D.O. *International Roughness Index: Relationship to other Measures of Roughness and Riding Quality*. Washington, DC: Transportation Research Record, 1084, TRB, 1986.

Cuadro 11.4.

Descripción del Índice de Rugosidad Internacional.

Tiempo de espera. El tiempo de espera en una parada puede determinarse a partir de la siguiente expresión:

$$t_e = \frac{(1 + i_i)}{2f}$$

donde:

- t_e = tiempo de espera [min]
- i_i = índice de irregularidad [-]
- f = frecuencia de la ruta [veh/h]

A su vez, el índice de irregularidad [11] se calcula al relacionar la varianza de los intervalos de paso entre la media de los intervalos, es decir:

$$i_i = \frac{\sigma^2(i)}{\mu^2}$$

donde:

- σ^2 = varianza del intervalo
- μ^2 = media del intervalo

Un método alternativo para estimar el tiempo de espera es a través de aforos en las paradas y terminales y consiste en agrupar por periodos de tiempo (un minuto, por ejemplo) al número de usuarios que esperan en la parada para posteriormente relacionarlos con el total de pasajeros que abordaron la unidad. Finalmente, el valor obtenido por alguno de los procedimientos anteriores se afecta por los ponderados del Cuadro 11.3 anterior.

Entre otros factores que afectan el tiempo de espera se encuentran la conveniencia y comodidad que presenta el lugar en que se espera al transporte público siendo éste representado por K_i y cuyos valores se comentan en el Cuadro 11.5.

Asimismo, la densidad o conglomeración de usuarios que se concentran en la parada es un factor que afecta la comodidad de espera del usuario. Este factor se puede expresar por la siguiente fórmula:

$$K_d = 1 + \frac{d_s}{8}$$

donde:

K_d = coeficiente de densidad

d_s = densidad de usuarios esperando en la parada [usuarios/m²]

8 = densidad recomendable [usuarios/m²]

Tiempo abordo de la unidad. La estimación del tiempo abordo se hace a partir de la distancia promedio de recorrido de un usuario y la velocidad de operación de la unidad de transporte, mediante la siguiente expresión:

$$t_r = \frac{60 \cdot d_r}{V_o}$$

donde:

d_r = distancia de recorrido [km]

V_o = velocidad de operación [km/h]

t_r = tiempo de recorrido [min]

60 = factor conversión de horas a minutos

Naturalmente, la comodidad del viaje abordo de la unidad afectará el costo social del mismo por lo que su ponderador dependerá si el recorrido se hace a pie o sentado así como de la calidad de la superficie de rodamiento y de las ocupaciones o densidades que se presenten dentro de la unidad de transporte.

Para el caso del usuario que viaja de pie, la ecuación que se utiliza para estimar su ponderado es la siguiente:

TIPO DEL LUGAR DE ESPERA	VALOR DE k_l
Superficie sin pavimentar	1.20
Superficie pavimentada	1.12
Banqueta	1.05
Cobertizo	0.97
Instalación específica (terminal)	0.90

Fuente: Referencia [11].

Cuadro 11.5.

Valores del coeficiente del lugar de espera.

$$K_f = 1.5 \cdot \left[1 + \frac{d_p}{8} \right] \cdot K_p$$

donde:

- K_f = coeficiente de recorrido abordo, de pie
- d_p = densidad de los usuarios de pie [pas/m²]
- 8 = valor recomendable [pas/m²]
- K_p = coeficiente del estado del pavimento

Este coeficiente del estado del pavimento es el ponderador que toma en consideración la comodidad del viaje en función del estado que guarda el pavimento y se puede estimar mediante la expresión presentada anteriormente para K_p .

A su vez, para el usuario sentado, el ponderador viene dado por:

$$K_s = K_p \cdot K_d$$

donde:

- K_p = coeficiente del estado del pavimento
- K_d = coeficiente de densidad de usuarios sentados

El coeficiente del estado del pavimento es el mismo al presentado anteriormente mientras que el coeficiente de densidad del usuario sentado viene dado por:

$$K_d = 0.8 \cdot \left[1 + \frac{d_s}{8} \right]$$

donde:

- K_d = coeficiente de densidad de usuarios sentados
- d_s = densidad de pasajeros sentados, valor que se estima al dividir la cantidad de asientos entre el área total dedicada a los asientos.

REFERENCIAS

1. Peter Grantz. *Hoja de Evaluación Socioeconómica*. México: SEDESOL, 1993.
2. SOGELERG-BCEOM. *Metodología de Evaluación de los Proyectos. Control de la Contaminación del Aire en el Área Metropolitana de la Ciudad de México*. México: DDF, 1990.
3. USTRAN. *Segundo Proyecto de Transporte Urbano. Subproyecto Morelia*. Morelia: BANOBRAS/Banco Mundial/Ayuntamiento de Morelia, 1989.
4. SOGELERG. *Propuesta de Evaluación Transporte Urbano*. Monterrey: Gobierno del Estado de Nuevo León, 1986.
5. Andrew Chesher y Robert Harrison. *Vehicle Operating Costs*. Washington, DC: World Bank, 1987.
6. Thawat Watanatada, et al. *Vehicle Speeds and Operating Costs*. Washington, DC: World Bank, 1987.
7. Rodrigo Archondo Callao y Asif Faiz. *Vehicle Operating Costs*. Washington: World Bank, 1991.
8. Eduard Beimborn y Alan Horowitz. *Measurement of Transit Benefits*. Washington, DC: UMTA, 1993.
9. Kenneth J. Button. *Transport Economics*. Cambridge: Edward Elgar Publishing Ltd, 1993.
10. Francisco Labarga Tejada. *Peatones: Circulación y Comportamiento, Conflictos con el Tráfico Rodado y sus Soluciones*. Madrid: AG Grupo, SA, 1984.
11. SEDESOL. *Términos de Referencia Generales para Estudios Integrales de Vialidad y Transporte Urbano*. México: DGIE, 1992.
12. W.O.D. Paterson. *International Roughness Index: Relationship to other Measures of Roughness and Riding Quality*. Washington, DC: Transportation Research Record, 1084, TRB, 1986.
13. Jenenc Reyier. *Project Analysis: Calculation Guide*. Suecia: Swedish National Road Administration, 1987.
14. KPMG Peat Marwick. *Estimation of Operating and Maintenance Costs for Transit Systems*. Washington, DC: Federal Transit Administration, 1992.
15. David Miller, et al. *Simplified Guidelines for Evaluating Transit Service in Small Urban Areas*. Washington, DC: NCTRP Report 8, TRB, 1984.

PREGUNTAS

1. ¿Cuáles son las fases que se siguen en la definición de un proyecto de transporte público? Explicar las mismas.
2. Se le encomienda evaluar la factibilidad de mejorar la operación de una línea de tren ligero en la Ciudad de Guadalajara. Plantee las alternativas que consideraría en dicha mejora y explique las mismas
3. ¿Qué características se espera que cumpla un pronóstico de demanda?
4. Al analizar los beneficios que trae consigo una mejora al transporte público, ¿qué enfoques deben ser tomados en cuenta?
5. ¿Tradicionalmente, ¿cuáles son los principales parámetros para realizar una evaluación económica?
6. En la determinación de los costos del proyecto, ¿cuáles son los costos que integraría en dicho análisis?
7. ¿Cómo se calcula el costo social generalizado de un viaje?
8. Determine el tiempo de espera para una ruta de autobuses que presenta un índice de irregularidad de 0.26 y su intervalo es de 12 minutos. Si esta ruta mejora su regularidad a un índice de 0.10, ¿que reducción se presenta en el tiempo de espera? ¿Qué ocurre si su frecuencia aumenta a 8 unidades manteniendo su mismo índice de irregularidad original?