

ESTUDIO

DESARROLLO DE UNA RED DE TRANSPORTE ESTRATÉGICA MEDIANTE EL FINANCIAMIENTO PRIVADO: EL CASO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO*

Marcial Echenique

Los 4.8 millones de personas que viven en el área metropolitana se están haciendo más ricas, por lo que el transporte en automóvil y el uso de los suelos urbanos han aumentado. Esto, a su vez, explica el correlativo incremento de la congestión tanto en el transporte como en el uso del suelo. Frente a esta realidad, el gobierno chileno está incentivando un proceso de privatización de las principales vías de Santiago, a través de la Ley de Concesiones, para aumentar su capacidad sin aumentar el gasto público.

Las tareas de diseño, adjudicación, construcción y operación de una red de transporte integrada, en un contexto urbano, son especialmente complejas. Para hacerse cargo de esta complejidad, se ha desarrollado una moderna tecnología a fin de optimizar el uso de esta red conce-

MARCIAL Echenique. Catedrático de Urbanismo y Transporte de la Universidad de Cambridge. Presidente de ME&P, en el Reino Unido, y Residente de MECSA, en España, los principales consultores del estudio que se presenta en este informe.

*Este estudio fue encargado por la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas. Se agradece el apoyo prestado por su director, Matías de la Fuente, y por el director de Planificación Estratégica, Mario Tala. También se agradece la contribución a este estudio de Andrés Ramírez y Daniela Devoto.

La firma consultora de Marcial Echenique & Partners Ltd. (ME&P), del Reino Unido; Marcial Echenique y Compañía (MECSA), de España, e INECON de Chile hicieron importantes aportes al trabajo. En particular el Dr. Ying Jin e Ian Williams, ambos de ME&P, que calibraron el modelo, y el Dr. Angel Gil, de MECSA, que implementó las políticas.

sionada y de asignar los riesgos inherentes a los agentes mejor capacitados para asumirlos.

En este trabajo se explican las razones que subyacen en el aumento de la congestión en el transporte y en el uso del suelo, así como la forma en que el gobierno puede abordar el problema. Con este propósito, se propone un modelo de simulación que permite evaluar las soluciones posibles, construido a base de información empírica sobre el comportamiento y la disposición a pagar de los viajeros en la capital. Es decir, se trata de calcular la elasticidad de la demanda al precio para cada viaje. Posteriormente, este estudio presenta la solución escogida —la red estratégica—, la cual se evalúa a la luz de criterios de eficiencia económica, justicia social y probable impacto ambiental. Por último, se entrega un análisis de la estrategia para poner en práctica esta solución y las lecciones que se pueden obtener de lo realizado hasta ahora.

Los factores que afectan la demanda de suelo y de transporte

La congestión se produce cuando la demanda de suelos y de transporte sobrepasa la oferta. El desequilibrio que esto ocasiona genera un aumento en los precios del suelo y del transporte. En el caso del transporte, el precio no sólo incluye costos en dinero en efectivo, sino también costos de tiempo perdido en las vías congestionadas.

En el mercado del suelo, la libre competencia asegura que aquellos que obtienen un mayor beneficio del uso de un determinado terreno y, por lo tanto, están dispuestos a pagar más por él, terminan por usar ese terreno. En cambio, en el mercado del transporte, especialmente en lo que se refiere a las vías de circulación, no hay mecanismos para asignar los escasos recursos a quienes están dispuestos a pagar más por su uso. Las consecuencias son sumamente ineficientes, porque todos pagan lo mismo a través de la pérdida de su tiempo: todos por igual pueden usar los caminos, tanto los que están resignados a perder tiempo o lo valoran menos, como los que le asignan un gran valor y están dispuestos a pagar por ahorrarlo, pero no pueden hacerlo.

La demanda de suelo y de transporte es el producto de dos factores fundamentales: el crecimiento del número de usuarios y el aumento de los ingresos. El primer factor es la razón principal de la mayor demanda en los países en vías de desarrollo, donde la migración desde el campo a las ciudades es muy alta. El segundo factor —el aumento de los ingresos— es la principal razón de la mayor demanda en los países desarrollados. El caso

de Santiago de Chile puede servir para ilustrar ambos factores. Hasta los años setenta, las principales razones de una mayor demanda de terrenos y de transporte eran la migración desde las zonas rurales hacia las zonas urbanas y el crecimiento de la población en las ciudades. Desde los años ochenta, la migración ha cambiado y el crecimiento de la población ha disminuido enormemente. Sin embargo, la demanda de suelos y transporte se ha disparado debido al continuo incremento de los ingresos.

El aumento de los ingresos es hoy la principal causa de la mayor demanda de suelos y de transporte en Santiago. Primero, la constitución de nuevos hogares ha crecido en forma rápida: la gente joven se puede dar el lujo de dejar el hogar paterno antes e instalarse por su cuenta; tal vez lo mismo ocurre con los matrimonios que se disuelven y se van a vivir separadamente; la gente mayor también puede vivir en forma independiente de sus hijos y, además, vive más años. Todo esto se traduce en una mayor demanda de viviendas, aunque la población se mantenga constante. En segundo lugar, el mayor poder adquisitivo de los hogares lleva a consumir más espacio y más automóviles. El deseo de contar con centros de compra más accesibles al automóvil redundará en la necesidad de usar más suelo en estacionamientos, en comparación con las tiendas tradicionalmente ubicadas en las calles principales. En tercer lugar, las industrias modernas y los centros de distribución están mucho más ávidos de sitios grandes que de las formas tradicionales de producción y almacenaje. Los edificios modernos destinados a estos fines tienden a ser de un solo piso para permitir una mayor mecanización. Finalmente, hay más demanda por lugares de recreación, tales como centros deportivos, clubes de golf, parques, etc.

El Cuadro N° 1 ilustra el espacio promedio que ocupan las viviendas y las características promedio del transporte en Santiago, de acuerdo con el grupo de ingresos. Se puede apreciar que cada grupo socioeconómico utiliza más o menos el doble del espacio que el grupo que viene después. La cantidad de propietarios de automóviles aumenta y también crece el número de viajes que se hacen.

CUADRO N° 1 CARACTERÍSTICAS PROMEDIO DE LOS HOGARES

Grupo socio-económico	Ingreso mensual US\$	Espacio habitacional m ²	Movilidad viajes/día	% Uso auto
Alto	3.000	170	11,28	77,3
Medio	663	85	9,12	24,1
Bajo	367	45	7,20	0,1

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Planeamiento, 1995.

Como se puede observar en el Cuadro N° 2, se estima que el grupo de altos ingresos en Chile se va a triplicar entre 1995 y 2010; el grupo de medianos ingresos va a crecer en 50%, mientras que el grupo más bajo se reducirá a la mitad.

CUADRO N° 2 PROYECCION DE HOGARES
(en miles)

Grupo socioeconómico	1992	1995	2000	2010
Alto	191	259	405	878
Medio	1.436	1.632	1.946	2.771
Bajo	1.671	1.510	1.383	852
Total	3.298	3.401	3.734	4.501

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Planeamiento, 1995.

De los cuadros N° 1 y N° 2 se puede deducir que la combinación de más hogares con mayores niveles de ingreso, junto con el correspondiente aumento del tamaño de las viviendas y del uso del automóvil, está generando una explosión en la demanda de suelos y de transporte.

Esa mayor demanda sin un aumento correspondiente en la oferta está dando origen a precios más altos de la tierra y más congestión en las vías. En efecto, la velocidad promedio durante las horas punta en Santiago (entre las 7.00 y las 9.00 de la mañana) se ha reducido a 26,2 km/hora. El número de automóviles en las calles actualmente está aumentando en 10% al año.

Factores que afectan la oferta de suelos y de transporte

El crecimiento de la oferta de suelos y de transporte se está viendo obstaculizado por varios factores, algunos de los cuales son autoinfligidos, y otros se deben a la falta de un marco institucional. Teóricamente, la oferta de suelos debería aumentar a medida que sus dueños y los urbanizadores ponen la tierra en el mercado; pero los planes reguladores han impuesto una rígida restricción urbana que impide una mayor oferta en la periferia de la ciudad. En consecuencia, ha aumentado la densidad de la construcción al reemplazarse las casas para una sola familia por edificios con muchas

unidades habitacionales. A su vez, se ha agravado aún más la congestión en las calles a medida que los nuevos hogares compran más automóviles para la familia, generando más viajes y más congestión. El deterioro del medio ambiente es evidente, ya que disminuye el número de áreas verdes, se produce oscurecimiento, hay menor privacidad y más ruido y más contaminación debido a la congestión vehicular.

Incluso si los reglamentos se hicieran más flexibles, la congestión seguirá aumentando, aunque en menor grado. La razón principal es que los terrenos en la periferia son menos accesibles por la falta de capacidad de los caminos principales. Los urbanizadores pueden proporcionar redes locales para acceder a los terrenos, pero no pueden mejorar las redes estratégicas. Las dificultades para incrementar la oferta del transporte en las zonas urbanas son múltiples: al interferir con la propiedad privada de la tierra, sólo el Estado tiene poder coercitivo para expropiar terrenos privados para aumentar la capacidad de las calles. Este poder sólo se puede ejercer si hay consenso en que la expansión contemplada mejorará la situación y que la compensación para quienes van a sufrir las consecuencias sea suficiente. Una propuesta para aumentar la capacidad de una calle puede demorar años. En efecto, unos pocos propietarios de los terrenos podrían impedir el proceso y hacer muy oneroso el desarrollo del transporte.

Uno de los principales escollos para aumentar la oferta de transporte es la falta de incentivos para involucrar de manera importante al sector privado. Como las calles urbanas se ofrecen gratuitamente para su uso, el proveedor no puede recuperar su inversión directamente del usuario y necesita recurrir al financiamiento mediante los impuestos generales. Esto siempre crea dificultades, ya que no es fácil asegurar en qué medida están dispuestos los usuarios a pagar el costo real de una calle. Además, la inversión en infraestructura vial, y en transporte en general, es uno de los pocos ítemes que el gobierno puede recortar, sin un efecto inmediato, cuando quiere equilibrar las cuentas.

Una manera de aislar la oferta de transporte de los caprichos de los presupuestos gubernamentales es privatizar la red estratégica principal. Esto alienta a los capitales privados a invertir en la oferta de transporte con la posibilidad de recuperar la inversión y generar utilidades. Chile ha seguido esta política desde 1991, cuando el gobierno del Presidente Aylwin aprobó la Ley de Concesiones (N° 164). Esta ley le permite al gobierno entregar la infraestructura, como caminos, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, el abastecimiento de agua potable, etc., a concesionarios privados y se ha aplicado para privatizar y desarrollar la principal red interurbana, pero sólo últimamente se la ha utilizado para privatizar las vías urbanas.

El rol del gobierno

La privatización de la red estratégica requiere de una fuerte participación del gobierno. En primer lugar, es necesario definir la red estratégica, tomando en consideración los beneficios sociales más amplios y no sólo los de los privados. En segundo lugar, como se explicará más adelante, el gobierno tiene que definir el nivel de las tarifas para cada sección de la red estratégica, para poder optimizar la operación del conjunto. En tercer lugar, el gobierno es el único agente que tiene poder coercitivo para expropiar la tierra necesaria para la red y es el árbitro y garante final de la inversión privada.

El criterio normal para adjudicar la infraestructura a un concesionario ha sido el peaje que se cobra. Este sistema es aceptable para los caminos interurbanos, pero no es bueno para las vías urbanas. La principal dificultad es que las redes urbanas deberían funcionar como una red integrada, es decir, como un sistema de vías que permite muchos tipos de movimientos. De modo que resulta inconveniente que una parte de la red se congestione debido, por ejemplo, al cobro de un peaje muy bajo que impida que el tráfico fluya normalmente hacia otra sección de la red.

Es más conveniente estudiar la red como un todo, tomando en cuenta los diferentes modos de transporte que compiten entre sí, tales como el metro y el ferrocarril urbano, estableciendo prioridades en el transporte urbano, fijándole un precio correcto a cada modo alternativo, de manera que los viajeros internalicen los costos sociales (externalidades) de sus decisiones de viaje.

Los cobros en la red también deberían incluir un elemento de pago por congestión, para no disminuir la capacidad del sistema. Pero al mismo tiempo el cobro debería ser tal que ningún tramo de la red se subutilice.

Por estas razones el gobierno debería definir la red, fijar los peajes y expropiar la tierra para la construcción de la infraestructura. Dadas estas condiciones, los concesionarios potenciales deberían licitar las vías basándose en otros criterios. Uno podría ser la duración de la concesión, en cuyo caso el que solicita una concesión más corta debería ganar la propuesta.

Otra alternativa es el sistema propuesto por Engel, Fischer y Galeto- vich (1996), que consiste en licitar por el menor valor presente de los ingresos futuros (MVPI). En este caso la duración de la concesión es variable y ésta se devuelve al Estado una vez que se ha alcanzado el valor de los ingresos. Como se explicará más adelante, este sistema de adjudicación distribuye los riesgos de una manera más satisfactoria, porque asigna el riesgo al agente que está más capacitado para disminuirlo (v. gr., gobierno o concesionario).

Metodología: Uso de un modelo de simulación

Para poder diseñar la red de transporte estratégica, probar su operación con diferentes niveles de precios y evaluar las consecuencias, se puso en práctica un modelo de simulación: Meplan. El Meplan (véase Owers y Echenique, 1994) es un paquete de *software* generalizado que se puede usar para modelar la economía del espacio en diferentes escalas de operación. Los principios subyacentes al modelo se pueden resumir como sigue:

- (i) El transporte es una demanda derivada, que se genera por el intercambio económico y social que ocurre cuando se trasladan los productos y servicios desde el lugar de producción al lugar de consumo (incluyendo la mano de obra). El lugar exacto donde se producirán o consumirán dependerá del uso que se dé al suelo en la zona. De modo que un cambio en la ubicación de las actividades (usos del suelo) produce inmediatamente un cambio en la demanda de transporte.
- (ii) El uso del suelo, es decir la ubicación de las actividades, depende, entre otros factores, de la accesibilidad. La accesibilidad depende del suministro de transporte, de modo que un cambio en las condiciones del sistema de transporte afectará la ubicación de las actividades y, por lo tanto, el uso del suelo.

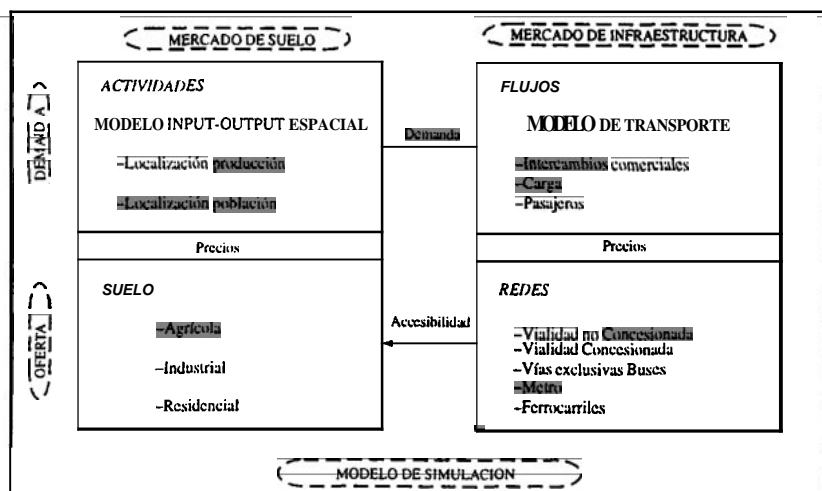
Los dos sistemas —uso del suelo y transporte—, como se ilustran en el Gráfico Nº 1, se conciben como dos mercados interrelacionados, donde la oferta y la demanda de suelo y de transporte interactúan. El resultado de esta interacción es el precio de equilibrio del suelo y del transporte, donde las actividades encuentran su ubicación, el suelo a usar es suministrado a un precio, y los flujos de transporte encuentran sus rutas en las redes a un valor que incluya los costos de congestión.

El sistema Meplan necesita contar con un pronóstico de los cambios en los niveles de población y actividad económica para toda la región como datos de entrada. Estos cambios se predicen usando modelos macroeconómicos que proyectan el crecimiento en Producto Nacional Bruto, las exportaciones e importaciones, las inversiones y el gasto del gobierno para los próximos quince años (véase Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Planeamiento, 1995).

Las variables de políticas que se usan como datos de entrada son: la oferta de terrenos e infraestructura con las correspondientes políticas fiscales (v. gr., impuestos y subsidios que afectan el uso del suelo y el transporte) y

cualquier reglamentación que afecte este uso, En seguida el modelo procede a estimar la ubicación de todas las actividades urbanas (v. gr., hogares por grupo socioeconómico y actividades de producción por sector económico) y su uso del suelo. La competencia por el suelo genera precios que cambian hasta que se alcanza un equilibrio (market clearing). El modelo luego asigna los flujos de transporte generados por la interacción de las actividades (v. gr., flujos de pasajeros y carga) hacia las redes disponibles. La competencia por las redes genera precios de congestión hasta que se alcanza un equilibrio (no hay más cambios de precios). El precio del transporte que resulta de lo anterior determina los nuevos insumos de accesibilidad para el próximo período de asignación del uso del suelo.

GRÁFICON° 1: MODELO DE SIMULACIÓN MEPLAN



Operación básica del modelo MEPLAN. que simula e interrelaciona dos mercados: el mercado del suelo genera los intercambios que, una vez resueltos por el mercado del transporte, afectan al primer mercado por la accesibilidad resultante.

Los parámetros del modelo se estimaron usando datos del año 1992, de modo que se logró la reproducción de la situación de ese año. Se usó la siguiente información:

- (i) Ubicación de las actividades: la ubicación de los hogares según el grupo socioeconómico se obtuvo directamente del Censo de 1992. La ubicación de las actividades económicas se estimó en base al Censo de Empleo por Sectores Industriales de ese mismo año.

- (ii) *Oferta de tierra*: la oferta de tierras urbanas (incluyendo el espacio habitacional) se obtuvo del Servicio de Impuestos Internos y con programas vía satélite de sensor remoto.
- (iii) *Flujos*: los flujos económicos se obtuvieron con un modelo de insumo-producto desarrollado por el Banco Central de Chile. Los flujos físicos se obtuvieron de una Encuesta de Origen y Destino de los Pasajeros del año 1991 y los flujos de carga, de una encuesta del Mop para el mismo período.
- (iv) *Redes*: la descripción detallada (capacidad, velocidad, costos, destinos, etc.) se obtuvo de las redes de transporte que usa el modelo del Ministerio de Transportes, complementado con otra información sobre caminos, ferrocarriles, tuberías interurbanas, etc.

Una vez obtenidos los principales valores, incluso los parámetros de comportamiento señalados en la próxima sección, se comparó el pronóstico del modelo para 1995 con la información de ese año. En el modelo de transporte, la información correspondía a los flujos de las redes y velocidades promedio en ciertos arcos de la red. Para el modelo de uso del suelo, la información que se usó fue la cantidad de espacio habitacional en cada zona de la ciudad y los precios de arriendo promedio para cada zona y tipo de uso (véase Mop-Dirplan, 1995).

Una vez calibrado el modelo para el año 1992, y validado parcialmente para el año 1995, se efectuaron pronósticos para los años futuros (2000 y 2010) usando como datos de entrada las extrapolaciones macroeconómicas y las políticas específicas que se probarían.

Estimación de la disposición a pagar peaje en los caminos urbanos

Uno de los problemas fundamentales es saber cuánta gente está dispuesta a pagar peaje para ahorrar tiempo de viaje. En otras palabras, ¿cómo valorizan su tiempo de viaje? Para obtener la respuesta se realizó una encuesta.

Para los viajes interurbanos la encuesta fue directa, ya que hay varios peajes que se podrían eludir si el viajero está dispuesto a seguir un camino más tortuoso. En este caso se entrevistó a una muestra de viajeros tanto en los caminos con peaje como en los sin peaje, averiguando su situación socioeconómica, el motivo del viaje, y el tiempo y costo de la ruta elegida (v. gr., si fueron encuestados en una plaza de peaje, cuál era el costo de su







viaje y el tiempo que demoraban desde su lugar de origen hasta su destino) y el tiempo y costo de la ruta alternativa (v. gr., la ruta por la cual no se pagaba peaje).

Para los viajes intraurbanos la encuesta resultó más complicada, ya que actualmente no hay vías pagadas en la ciudad. El cuestionario que se elaboró contemplaba la posibilidad de que los entrevistados estuviesen dispuestos a gastar más dinero para ahorrar tiempo. A su vez, la encuesta aisló los lugares suburbanos donde había una clara alternativa entre un camino corto pero congestionado y una carretera más larga y más rápida. Una de las áreas encuestadas —el sector de Pirque— podría servir como ilustración (véase Gráfico N° 2). La comuna de Pirque, ubicada al sur de la Región Metropolitana, está conectada con la red principal de transporte mediante dos puentes sobre el río Maipo. Uno de ellos, ubicado directamente al norte de la comuna, conecta con la ruta más directa hacia el centro de la capital (a través de la avenida Vicuña Mackenna), pero tiene una gran congestión pese a ser una vía doble. El segundo puente está al poniente de la comuna y conecta con la ruta Norte-Sur que, aunque le agrega varios kilómetros al camino, es más rápida. Entrevistando a la gente en los dos puentes fue posible deducir en qué medida los viajeros estaban dispuestos a gastar más o no (tomando el camino más largo) para ahorrar tiempo. En ambos puentes los encuestadores averiguaron la situación socioeconómica de los viajeros (se les preguntó la profesión, quién era el dueño del automóvil, el tipo de vehículo, etc.), el motivo del viaje, la alternativa elegida, junto con su percepción del costo y el tiempo que demoraban desde el lugar de origen hasta su destino final, y qué pensaban de la *otra posibilidad*, con su respectivo costo y tiempo de viaje (a los que elegían la ruta Norte-Sur se les preguntó qué pensaban del tiempo que demoraban y del gasto en que incum'lan en el otro camino).

Con la información reunida gracias a encuestas efectuadas en varios lugares parecidos, en diferentes horas del día, fue posible realizar un análisis desagregado (véase Ben-Akiva y Lerman, 1985), en que se observaba lo que los viajeros habían elegido y así se pudieron determinar sus preferencias.

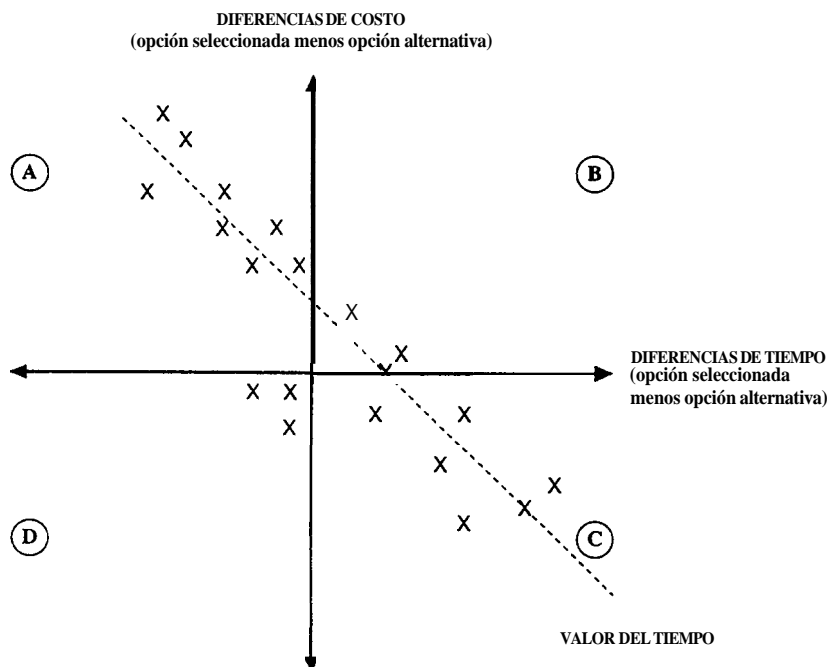
Agrupando a los viajeros de acuerdo con su situación socioeconómica y el objetivo del viaje (para ir al trabajo, para llevar a los hijos al colegio, por negocios, por recreación y otros), fue posible deducir su valor del tiempo, el modo de transporte y el periodo de viaje (en horas punta y no punta).

Se eligió este método de "preferencias reveladas" al de "preferencias declaradas" (véase Ortúzar y Willumsen, 1990), ya que en este último las preferencias del viajero se basan en preguntas hipotéticas que pueden conducir, a su vez, a respuestas hipotéticas.

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | : PTO. DE APLICACION |
|  | : LOS MORROS |
|  | : SAN RAMON |
|  | : LAS VIZCACHAS |
|  | : RUTA G-78 |
|  | : RUTA 78 |

El Gráfico N° 3 ilustra el método para estimar el valor del tiempo basándose en observaciones individuales. Cada x representa un solo viajero. Los que están dentro del cuadrante A representan a los que pagan más por la alternativa que han elegido (valor positivo) para poder ahorrar tiempo (valor negativo). Los que están dentro del cuadrante B representan a los que prefieren la alternativa que cuesta más y se demora más, así que hay otros factores que influyen, tales como la seguridad o la comodidad. De este modo, se puede dar un valor monetario a esos factores "imponderables": la gente está dispuesta a pagar en dinero (valor positivo en la intersección de la línea Valor del Tiempo y del eje Costo) o en tiempo (valor positivo en la intersección de la línea del Valor del Tiempo y el eje Tiempo) por la comodidad y la seguridad de la alternativa elegida. Los que están dentro del cuadrante C ahorran dinero (valor negativo) a expensas del tiempo (valor positivo). Estos viajeros que caen dentro del cuadrante D son eliminados de la estimación, ya que en este caso no hay duda en la alternativa escogida que les ahorra tanto gasto como tiempo. Ajustando una línea a través de las observaciones, se puede definir el "valor de tiempo".

GRÁFICO N° 3: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO



El método de esta explicación sencilla se puede extender en n dimensiones para tomar en cuenta el segmento (grupo socioeconómico) al cual pertenece el viajero, el motivo del viaje, la manera de viajar, la hora del día, etc. El *software* que se usó para la estimación es el Limdep (véase Greene, 1987).

El resultado de la estimación mostró, efectivamente, una extraordinaria estabilidad en el valor del tiempo (véase Mop-Dirplan, 1995). Demostró que el valor intraurbano del tiempo está apreciado en aproximadamente el 50% del ingreso por hora del viajero (basado en la situación socioeconómica).

En el caso de los valores interurbanos, se observó una disposición mucho más alta a pagar por ahorrar tiempo y/o mejorar la comodidad usando una vía con peaje. El valor fluctuó entre el 100% y el 200% del ingreso por hora del viajero.

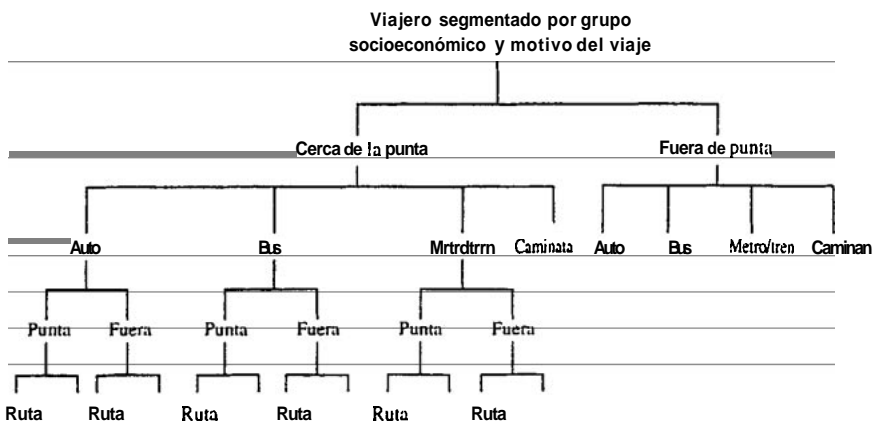
Es importante tomar en cuenta que el grueso de los viajeros intraurbanos valorizan menos su tiempo, ya que están ahorrando tiempo libre, mientras que los viajeros interurbanos están ahorrando tiempo de trabajo (viaje durante los días de semana).

El tiempo que los viajeros interurbanos ahorran en los fines de semana es principalmente tiempo libre, pero tal vez sea que porque estos viajes son menos frecuentes, el viajero está dispuesto a pagar más por ahorrar tiempo.

Estimación de las elasticidades

Después de haber comprobado el valor del tiempo y de haber estimado los parámetros para representar el comportamiento de los viajeros, se usó el *software* estadístico Limdep para establecer la siguiente jerarquía en las decisiones (véase Gráfico N° 4).

GRAFICO N° 4 JERARQUIA DE DECISIONES DEL VIAJERO



Es evidente que hay viajes que se pueden o deben hacer fuera de las horas punta y, por lo tanto, son asignados al grupo fuera de hora punta en la parte superior del árbol. Otros viajes -cerca de la hora punta— se realizan de preferencia durante las horas punta (entre 7.00 y 9.00 de la mañana), pero si es caro o está muy congestionado, se pueden trasladar a horas fuera de punta, es decir antes de las 7.00 de la mañana o después de las 9.00. Del análisis estadístico se dedujo que el modo de viajar (v. gr., en auto, bus, metro/tren o a pie) se eligió a un nivel más alto de decisión que la hora del viaje (punta o fuera de punta). Este comportamiento se representa con un modelo *logit* anidado (véase Williams, 1977), como aparece en la ecuación (1).

Probabilidad de elegir

$$X = \frac{\exp(\lambda U^x)}{\sum_x \exp(\lambda U^x)} \quad (1)$$

donde:

X = opción al nivel de jerarquía.

U^x = utilidad de X (agregado de opciones más bajas).

λ = parámetro que representa el grado de "aleatoriedad" de la opción. (Si $\lambda \rightarrow \infty$, la elección es al máximo de utilidad; si $\lambda \rightarrow 0$ la elección es igual entre todas las opciones (v. gr., aleatoria).

El valor de la utilidad en cualquier nivel es como sigue:

$$U^x = \frac{1}{\lambda'} \log \sum_r \exp(\lambda' U^r) \quad (2)$$

donde:

U^x = es la utilidad agregada a ese nivel.

U^r = es la utilidad a un nivel más bajo.

λ' = parámetro del nivel más bajo que representa el grado de "aleatoriedad" entre las opciones a ese nivel.

En consecuencia, un individuo elige una manera de viajar tomando en cuenta las condiciones de la red en diferentes horas (v., gr., punta y fuera de punta), lo que a su vez depende de la situación de las rutas alternativas. El orden de la jerarquía se deduce del parámetro " λ " a cada nivel del árbol de la decisión. Mientras más alto sea el nivel, más bajo es el valor del parámetro λ . Si esto no fuera así, sería necesario reformular la jerarquía de las decisiones.

De este modo, el modelo es capaz de simular el sistema de transporte tomando en cuenta lo siguiente:

- (i) *Características del usuario*: es un modelo de usuarios múltiples, donde los viajeros están divididos por grupos socioeconómicos con diferentes niveles de disposición para pagar y que compiten con otros usuarios por el espacio de transporte. Esto también es válido para la carga.
- (ii) *Características de la red vial*: el modelo toma en cuenta, coherentemente, el estado de la red en términos de tiempo (congestión), costo (incluyendo peajes), seguridad y comodidad, en todas las rutas alternativas, tiempos alternativos (punta y fuera de punta) y modos alternativos (automóvil, bus, metro/tren y a pie).

Se efectuaron una serie de chequeos de sensibilidad para estimar las elasticidades y elasticidades cruzadas de la demanda por viajar en relación con el precio y los cambios de tiempos. Es importante destacar que las elasticidades dependen en gran parte de las rutas individuales, ya que en algunos casos hay pocas alternativas, mientras que en otros hay muchas. Pero con esta salvedad, es posible ilustrar el promedio de elasticidades para la ciudad como un todo.

El Cuadro N° 3 ilustra las elasticidades promedio que se pueden comparar con estudios similares efectuados en Singapur, Amsterdam y Londres.

CUADRO N° 3: ELASTICIDAD DE LA DEMANDA SEGÚN LOS CAMBIOS EN EL PEAJE PAGADO POR AUTOMOVILES Y LOS CAMBIOS EN EL TIEMPO DE VIAJE EN BUS Y EN AUTOMOVIL EN LAS HORAS PUNTA

Grupo socioeconómico	Modo	Hora	Aumento del peaje para autos en horas punta	Aumento del tiempo de viaje en auto y bus en horas punta
Alto	auto	punta	-0,12 a -0,20	-0,13 a -0,35
	auto	no punta	+0,05 a +0,14	+0,13 a +0,29
	bus	punta	+0,03 a +0,05	-0,36 a -0,77
Medio-bajo	auto	punta	-0,21 a -0,53	-0,08 a -0,25
	auto	no punta	+0,05 a +0,30	+0,02 a +0,26
	bus	punta	+0,03 a +0,12	-0,07 a -0,25

Nota: la variación en las elasticidades se debe a los diferentes motivos del viaje.

Como se observa en el Cuadro N° 3, el aumento de 100% en el valor del peaje en horas punta reduce el uso del automóvil por el grupo socioeconómico alto entre 12 y 20%, dependiendo del motivo del viaje (v. gr., ir al colegio, al trabajo, etc.). Algunos viajes en automóvil se traspasan a horas fuera de punta, lo que aumenta el número de autos entre 5 y 14%. Sin embargo, esto sólo incrementa el uso del bus en las horas punta entre 3 y 5%.

Los grupos socioeconómicos medio a bajo son más sensibles a los mismos aumentos del valor del peaje, lo que reduce el uso del auto entre 21 y 53%, trasladándose nuevamente el uso del automóvil a horas fuera de punta y al bus en las horas punta.

En cambio el grupo socioeconómico alto es más sensible a la variación en el tiempo de viaje. Con un incremento de viaje en automóvil y en bus del 100% en las horas punta (por ejemplo: congestión), se produce una reducción de entre 13 y 35% del uso del automóvil en esas horas, uso que se traslada a las horas fuera de punta, y también se reduce el uso del bus entre 36 y 77% en las horas punta.

Diseño del sistema de transporte como un todo

Tras consultar a los diferentes agentes involucrados en el transporte urbano en Santiago, en 1993 se plantearon una serie de proposiciones preliminares (véase Comité Interministerial de Infraestructura, 1993), que incluían lo siguiente:

- (i) Sistema de vías expresas: se propuso y se probó una red de 420 km de caminos mejorados o nuevos con peaje. Este sistema constituyó la base de la proposición que se plantea en este trabajo. Estaba formado por dos caminos de circunvalación: un anillo interior de 70 km (la actual avenida Américo Vespucio) y un anillo orbital de 130 km. Ambos anillos estarían unidos por un sistema de vías Norte-Sur y Oriente-Poniente. Además, todas las carreteras interurbanas entran a la Región Metropolitana para repartir el tráfico a través de los anillos. Se probó y recomendó un sistema de tarifas promedio.
- (ii) Sistema de transporte masivo: se propuso un sistema de 150 km de metro subterráneo y trenes suburbanos. Incorporaba las dos líneas de metro que existen actualmente (la Uno y la Dos) y la que se acaba de inaugurar (la Cinco), más dos líneas nuevas (la línea Tres hacia el oriente y la Cuatro hacia el norte). También incluía el actual tren suburbano a Rancagua, mejorado con nuevas estaciones, y la reapertura de otras dos líneas suburbanas: Melipilla y Tiltit. El sistema propuesto constituiría la columna vertebral de un sistema de trans-

- porte masivo de buena calidad. Además, se incluía un conjunto de buses de alimentación que correrían por vías exclusivas para buses.
- (iii) *Controles y tarifas de estacionamientos*: se propuso un sistema para controlar el estacionamiento en el centro y la parte oriente de la ciudad, incluyendo un importante aumento en las tarifas para estacionarse.
- (iv) *Política de uso del suelo para fomentar el desarrollo urbano junto con un corredor de transporte público*: ésta incluía corredores urbanos entre el centro y el anillo interior, corredores suburbanos entre el anillo interior y el anillo orbital y, finalmente, corredores agroindustriales más allá de los caminos orbitales.

La simulación del sistema de transporte de Santiago revelaba importantes beneficios sociales que alentaban a seguir perfeccionando las ideas. En la próxima sección se presenta un resumen del paquete final de las políticas y proyectos, el que se ha dividido en dos grupos: caminos urbanos con peaje (concesiones viales urbanas) y todas las demás medidas (v. gr., transporte público, etc.).

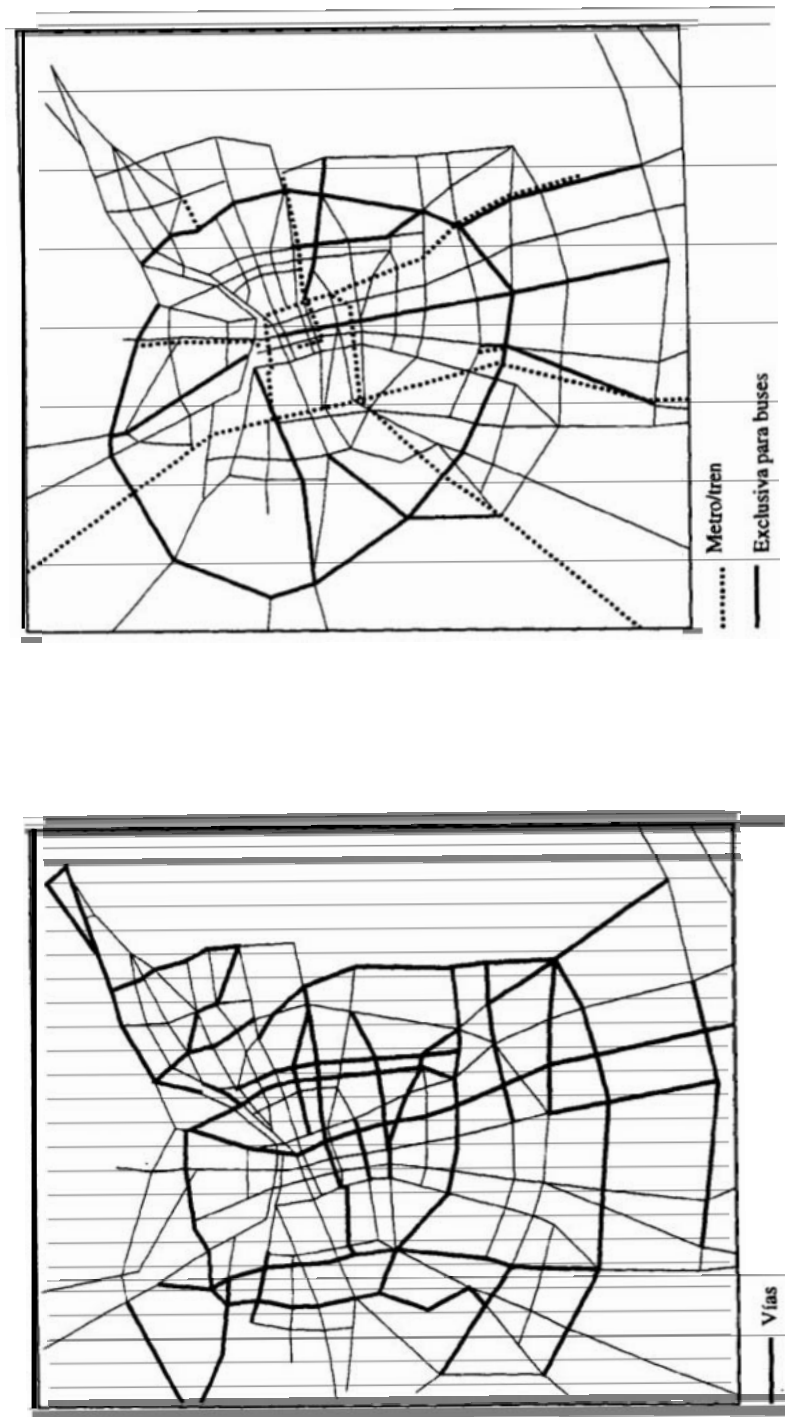
El caso básico

Todos los caminos sin peaje y los mejoramientos para el transporte público se consideraron como datos de entrada para el modelo de simulación. Éstos incluían el mejoramiento de las vías planificado por el Ministerio de Obras Públicas (Mop), el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (Minvu) y la Secretaría General de Transportes (Sectra) para el período 1995-2000 y 2000-2010. El costo de estos mejoramientos se resume en el Cuadro N° 4 y se ilustra en el Gráfico N° 5.

CUADRO N° 4: INVERSIÓN EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DEL CASO BÁSICO
(en millones de dólares)

		2000	2010	Total
Caminos	M O P	98		98
	Sectra	113	427	540
	Minvu	67		67
Total caminos		278	427	705
Transporte público	Vías sólo para buses	96	167	263
	Líneas de metro	666	407	1.073
	Trenes suburbanos	273		273
Total trans. público		1.035	574	1.609
Total		1.313	1.001	2.314

GRÁFICO N° 5: CASO BÁSICO: MEJORA VIALIDAD NO CONCESIONADA Y EL TRANSPORTE PÚBLICO



Una diferencia fundamental entre las proposiciones preliminares de 1993 y las usadas como caso básico en este informe es la política de uso del suelo aplicada en cada caso. El Plan Regulador para la Región Metropolitana aprobado en 1994 impuso severas restricciones a la expansión de la ciudad. Estableció un límite urbano más allá del cual se prohíbe la urbanización. El principal argumento de esta proposición es la protección de los terrenos agrícolas (lo que es una verdad a medias, ya que la mayoría de las zonas al norte y al poniente de los límites de la ciudad no son apropiadas para la producción agrícola y la zona hacia el oriente es muy montañosa). Otro argumento utilizado para respaldar la política de contención fue el costo que para las autoridades públicas representaba extender los servicios urbanos, tales como la pavimentación de calles, las redes de agua potable y alcantarillado, etc., así como los costos impuestos a los habitantes urbanos que tendrían que viajar más lejos que lo necesario para vivir en lugares suburbanos. Se formuló una política para aumentar la densidad media de Santiago, de aproximadamente cien personas por hectárea, como es actualmente, a ciento cincuenta personas por hectárea en el futuro (véase Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Plan Regulador Metropolitano, 1994).

El Plan Regulador para la Región Metropolitana contiene una serie de falacias y no ofrece ninguna prueba seria de que un aumento de la densidad podría reducir los costos urbanos o mejorar el medio ambiente. Es muy probable que una densidad mayor pudiera empeorar la calidad de vida por la eliminación de las áreas verdes, obscurecimiento, falta de privacidad y aumento de la congestión vehicular, con la consiguiente agudización de la contaminación acústica y del aire. En realidad, la implementación del Plan Regulador ha sido un desastre. La mayoría de los dueños de terrenos más allá de los límites de la ciudad han podido subdividir sus propiedades de acuerdo con una antigua ley que permitía la subdivisión de la tierra rural en sitios de media hectárea y que autorizaba la construcción hasta de dos casas por sitio. Debido al intento del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (Minvu) de revocar la ley de subdivisión rural, la mayoría de los propietarios se apresuraron a subdividir sus propiedades rurales, sin planes adecuados, y se crearon así más de 60.000 parcelas suburbanas en la región.

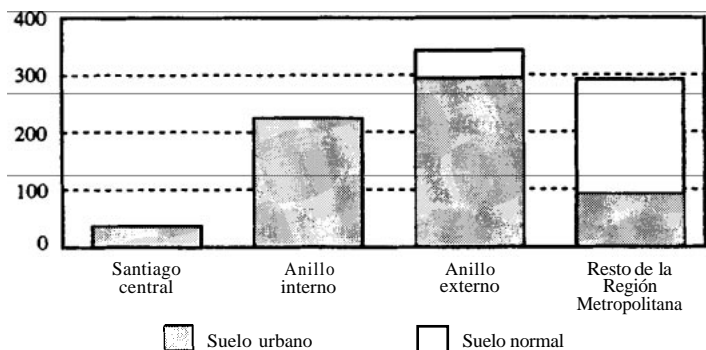
Es cierto que el gobierno tiene que incumplir en gastos adicionales si los urbanizadores y los usuarios del suelo y del transporte no pagan sus propios costos. Sin embargo, como se mencionaba en las proposiciones del año 1993, se debería permitir la urbanización de estas tierras sólo si sus urbanizadores proporcionan caminos locales y servicios, tales como agua potable, alcantarillado, etc., y espacios para parques y colegios, etc. Los funcionarios del Minvu ahora están llegando a esta misma conclusión. Actualmente se hallan en un proceso de crear un sistema de urbanización

de la tierra (Zonas de Desarrollo Urbano Condicionado, Zoduc), según el cual se autorizará la urbanización, siempre y cuando se entreguen los servicios correspondientes por cuenta del urbanizador.

El proceso de privatización de la red de vías asegurará que los usuarios paguen el costo real de usar la red principal de transporte y otras infraestructuras estratégicas. De modo que si una persona decide comprar un terreno suburbano más allá de los límites de la ciudad y está dispuesta a pagar el costo real de la urbanización y de su uso, ¿quién podría prohibírsele? Es de esperar que el Ministerio tenga una actitud más flexible y autorice urbanizaciones mejor organizadas más allá de los límites de la ciudad, en vez de mantener la situación caótica que existe actualmente.

Sin embargo, para los fines de este estudio, el Plan Regulador aprobado se consideró como algo fijo, con la salvedad de que las áreas rurales más allá de los límites de la ciudad se podrían urbanizar para viviendas de baja densidad, en sitios de un cuarto de hectárea, como lo permite la ley en este momento. El Gráfico N° 6 ilustra el potencial para construir en la ciudad, empezando por el centro (comuna de Santiago), que es completamente urbano; el primer anillo: las comunas entre el centro y la primera avenida de circunvalación Américo Vespucio; el segundo anillo: comunas más allá del primer anillo y los límites de la ciudad, y el resto de la Región Metropolitana. Los valores representan el espacio habitacional que existe actualmente y que se ha construido, más el que podría construirse en cada anillo. Se puede apreciar que el resto de la Región Metropolitana tiene un potencial mucho menor para viviendas que el anillo externo porque contiene principalmente terrenos rurales donde la construcción está limitada a sólo cuatro casas por hectárea. De modo que se puede constatar que el Plan Regulador impone verdaderamente una restricción al desarrollo de Santiago.

GRÁFICO N° 6: SUELO EDIFICABLE EN SANTIAGO
(millones de m² edificados más edificables)



**El caso alternativo:
Calles entregadas en concesión**

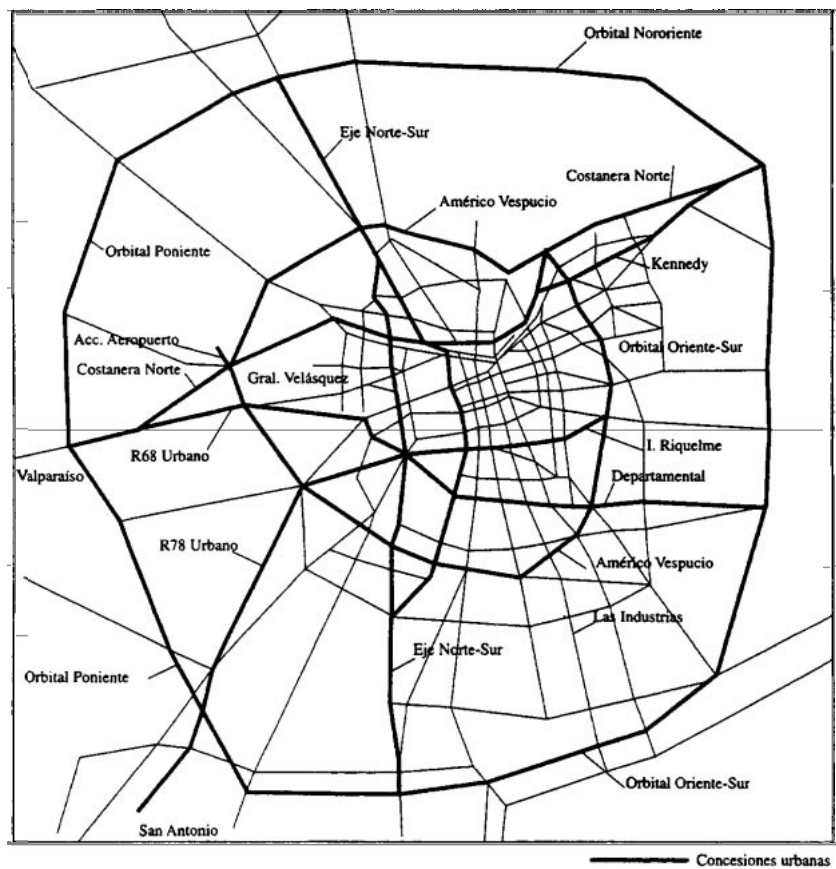
Este caso incluye todos los supuestos del caso básico, más una red de vías expresas que decidió finalmente el Departamento de Concesiones del Ministerio de Obras Públicas. El Gráfico N° 7 ilustra el sistema, que comprende:

- la transformación de Américo Vespucio (el anillo interior) en una carretera urbana con peaje, con dos vías sin peaje a cada lado (el anillo que existe actualmente), como calles locales;
- * la construcción de la orbital (el camino de circunvalación externo) con tres tramos: norte-oriente, oriente-sur y poniente;
- * el sistema norte-sur, que incluye la carretera Norte-Sur que existe actualmente y la avenida General Velázquez mejorada;
- * el sistema oriente-poniente que incluye la nueva Costanera Norte y la actual avenida Kennedy;
- * la prolongación de la carretera interurbana de Valparaíso (Ruta 68) a través de la avenida Departamental;
- * la prolongación de la carretera interurbana de San Antonio (Ruta 78) a través de las calles Isabel Riquelme y Rodrigo de Araya;
- * un nuevo eje por las vías Las Industrias y La Serena;
- * el acceso al aeropuerto.

CUADRO N° 5: DESCRIPCIÓN DE LAS VÍAS EXPRESAS

Nombre		Tipo	Costo (en millones de dólares)
Anillo interior:	Américo Vespucio	dos vías de 2 pistas + 2 vías de servicio	360
Anillo externo:	Orbital	dos vías de 2 pistas	417
Norte-sur:	actual Norte-Sur y	dos vías de 3 pistas	63
	Gral.Velázquez	dos vías de 2 pistas	52
Oriente-poniente:	actual Av. Kennedy	dos vías de 3 pistas + 2 vías de servicio	20
	más Costanera Norte	dos vías de 3 pistas	201
Penetración:	R. 68 y	dos vías de 3 pistas	50
	Departamental		
Penetración:	R.78 e	dos vías de 3 pistas	112
	I. Riquelme		
Nuevo eje:	Industrias/La Serena	dos vías de 2 pistas	44
Acceso aeropuerto		dos vías de 2 pistas	7
Total			1.326

GRÁFICO 7: PROYECTOS DE CONCESIONES VIALES URBANAS



El modelo se usó para simular varios niveles de tarifas, hasta llegar a las tarifas que financian las vías expresas como un todo (véase Cuadro N° 6), produciendo una tasa de retorno interno del 13%, lo que se consideró atractivo para el sector privado. Otro criterio que se aplicó fue que los peajes urbanos por kilómetro deberían ser los mismos en todas partes de la ciudad. Hay argumentos en contra de esta proposición, porque el costo de proporcionar vías en algunas partes de la ciudad es más alto que en otras. También donde la demanda es mayor, las tarifas deberían ser más bajas, porque el costo se distribuye entre muchos usuarios. En otros casos, cuando aumenta demasiado la congestión, las tarifas deberían ser más altas para desincentivar a los conductores a usar esa ruta, evitándose así una mayor congestión. Todos estos argumentos se pueden justificar, pero a la larga hay otras razones para establecer un sistema de tarifas más simple - costo por kilómetro- que se diferencia sólo en las horas punta y fuera de punta. Éstas son la claridad para el usuario cuando elige la ruta que desea seguir, la igualdad entre las diferentes zonas de la ciudad, la simplicidad para el operador y la facilidad para diseñar el sistema¹.

Las tarifas adoptadas serían las que se señalan en el Cuadro N° 6:

CUADRO N° 6: TARIFAS EN CENTAVOS DE DÓLAR POR KILÓMETRO

Período	Automóviles	Buses	Camiones
Hora punta (mañana y tarde)	6	<u>9</u>	<u>9</u>
Otras horas (resto del día)	3	4,5	4,5

Los resultados de otras pruebas con tarifas más bajas se pueden encontrar en Mop-Dirplan (1995). Esta publicación también incluye los resultados de una tarifa de congestión en las calles urbanas no concesionadas.

¹ Con las tarifas adoptadas es posible simular el uso de la red y calcular las velocidades promedio resultantes en cada sección. El objetivo del diseño debería ser que las velocidades sean aproximadamente las mismas en cada sección. Si esto no es así, se puede proporcionar una capacidad extra a través de vías adicionales o nuevas rutas paralelas.

Resultados

El modelo entrega resultados según los usos del suelo: ubicación de la producción para diez sectores económicos, ubicación del empleo para cuatro categorías ocupacionales, ubicación de los hogares para tres grupos socioeconómicos, espacio habitacional residencial y no residencial y, finalmente, valor del suelo, que se estima de acuerdo con el uso y la zona. En términos del uso del transporte, el modelo entrega los siguientes resultados: desplazamiento de pasajeros para tres grupos socioeconómicos para los fines de cinco viajes mediante cinco modalidades de transporte en dos horarios del día (ciento cincuenta matrices de origen-destino) y transporte de carga para cinco tipos de carga en tres modalidades de transporte en dos horarios del día (veinticuatro matrices de origen-destino). Todos estos flujos de tráfico se asignan a la red de transporte y de este modo se puede establecer el nivel de congestión (velocidad de viaje) para cada sección de la red. Los detalles se pueden encontrar en Mop-Dirplan (1995).

En este documento sólo se presentarán algunos cuadros resumidos para ilustrar los principales resultados del modelo. El Cuadro N° 7 muestra la variación en los valores de la tierra desde 1995 hasta el año 2010 para cada zona agregada de la región (ver Gráfico N° 8), con caminos entregados en concesión y funcionando, así como la variación en el año 2010 con respecto al caso básico, en el cual no se incluyeron las vías concesionadas. Como se puede observar, los valores del suelo aumentan sustancialmente en casi todas las zonas durante el período 1995-2010. Esto se debe al crecimiento de la población (19% más de hogares) y de los ingresos (94% más de ingreso per cápita) y las restricciones impuestas por el Plan Regulador. También es interesante observar el impacto del sistema de vías con peaje en el precio del suelo en el año 2010, en relación con el caso base que no incluye las vías con peaje, porque el valor de éste dentro de los límites urbanos bajará y fuera de ellos aumentará. Los aumentos mayores se producen en el norte (Chacabuco), el sur (Pirque) y el surponiente (Talagante). Estos cambios serían más grandes aún si se levantaran las restricciones al uso del suelo.

El Cuadro N° 8 muestra cómo ha cambiado la distribución en el modo de desplazarse de los pasajeros. Se puede ver que el uso del automóvil aumenta en 126% entre 1995 y 2010, lo que representa una repartición modal de 42% de todos los viajeros comparado con el 29% de uso de automóvil en 1995. (La participación de los buses disminuye de 64% en 1995 a 47% en el año 2010.) En relación con el caso básico en el 2010 —sin vías con peaje— hay un aumento de 21% en la distancia recorrida

en auto y de 22% en autobús. Esto se debe al mejoramiento en las velocidades de viaje promedio, como aparece en el Cuadro N° 10.

CUADRO N°7 VARIACIÓN DEL VALOR DEL SUELO
(%)

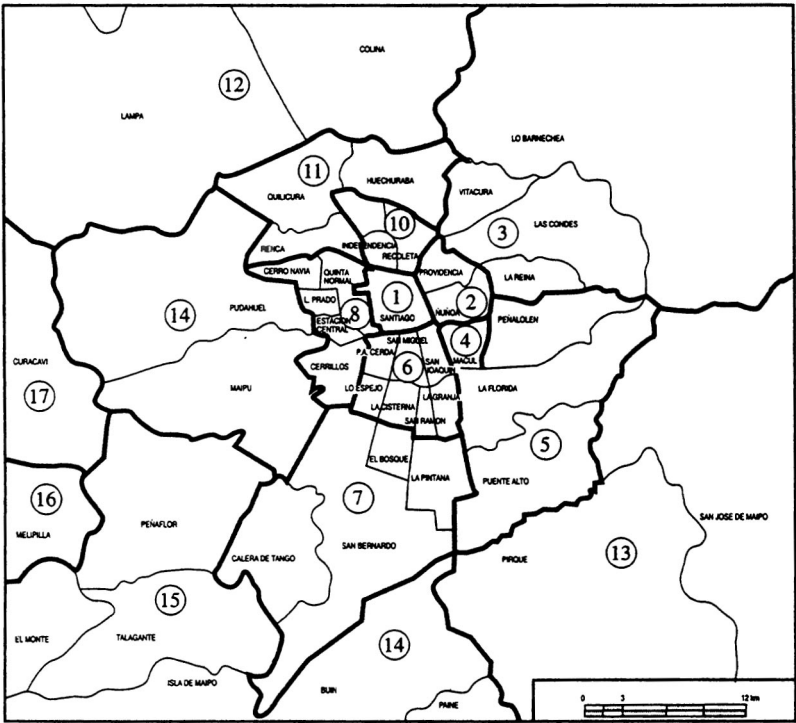
Zona	1995-2010	2010 re. básica (sin concesiones)
1 Centro	44	- 3
2 Oriente 1	58	- 4
3 Oriente 2	113	- 3
4 Suroriente 1	10	-11
5 Suroriente 2	71	9
6 Sur 1	-2	- 8
7 Sur2	25	3
8 Poniente 1	24	-15
9 Poniente 2	105	- 2
10 Norte 1	12	-24
11 Norte 2	149	-10
12 Chacabuco rural	292	56
13 Pirque mral	132	41
14 Buin rural	17	-14
15 Talagante rural	63	39
16 Melipilla mral	6	0
17 Curacaví mral	100	-74

CUADRO N° 8: VARIACION EN EL USO MODAL

	1995-2010	2010 re. base
Automóvil	126	21
Bus	16	22
Metro	104	4
Tren	709	2

El Cuadro N° 9 muestra los cambios en la movilidad de los viajeros y de la carga. Se puede observar que los viajes aumentan en 55% durante el período 1995-2010 en términos de pasajeros. La carga aumenta en 171%. Con respecto al caso básico sin caminos con peaje, hay un aumento de 19% en el desplazamiento de pasajeros y 14,7% en la carga.

GRAFICO Nº 8 AGREGACIÓN DE COMUNAS PARA PRESENTACIÓN DE RESULTADOS



Zonificación agregada para presentación de resultados

Zona agregada	Zona modelo	Zona agregada	Zona modelo
1 Santiago centro	1. Santiago	9 Stgo. poniente 2	26. Maipú 29. Pudahuel
2 Stgo. oriente 1	6. Providencia 10. Ñuñoa	10 Stgo. norte 1	7. Independencia 3. Conchalí 5. Recoleta
3 Sgo. oriente 2	7. Vitacura 8. Lo Barnechea 9. Las Condes 11. La Reina	11 Stgo. norte 2	4. Huechuraba 31. Renca 32. Quilicura
4 Stgo. sur-oriente 1	12. Macul	12 Prov. Chacabuco	33. Colina 34. Lampa 35. Til-Til
5 Stgo. sur-oriente 2	13. Peñalolén 14. La Florida 36. Puente Alto	13 Pirque-SJ Maipo	37. S. José de Maipo 38. Pirque
6 Stgo. sur 1	15. San Joaquín 16. La Granja 18. San Ramón 19. San Miguel 20. La Cisterna 22. Pedro A. Cerda 23. Lo Espejo	14 Buin-Paine	40. Buin 41. Paine
7 Stgo. sur 2	17. La Pitana 21. El Bosque 39. San Bernardo 42. Calera de Tango	15 Prov. Talagante	48. Talagante 49. Peñaflor 50. Isla de Maipo 51. El Monte
8 Stgo. poniente 1	24. Est. Central 25. Cerrillos 27. Quinta Normal 28. Lo Prado 30. Cerro Navia	16 Prov. Melipilla	43. Melipilla 46. Alhué 47. San Pedro
		17 Curacaví-M. Pinto	44. María Pinto 45. Curacaví

CUADRO N° 9: VARIACION EN LOS VIAES
(%)

	1995-2010	2010 re. básico
Pasajeros	<u>-55</u>	<u>19</u>
Carga	<u>171</u>	<u>14,7</u>

Se puede observar que la introducción del programa de vías con peaje mejora la situación actual en el período de punta, ya que las velocidades aumentan en 39,8% (de 26,2 a 36,6 km por hora) y en los horarios fuera de punta en 30,5% (de 38,7 a 50,5 km. por hora). Sin embargo, lo más importante es el aumento considerable en el año 2010 en relación con la situación básica, que no incluye el programa de concesiones. En este caso, el mejoramiento durante todo el día es de 61,6%, cambiando la velocidad promedio en la base de 27,5 a 44,5 km por hora en la alternativa de vías con peaje.

CUADRO N° 10: CAMBIOS EN LA VELOCIDAD PROMEDIO
(%)

Horario	1995-2010	2010 re. base
Punta	<u>39,8</u>	<u>56,2</u>
Fuera de punta	<u>30,5</u>	<u>66,7</u>
Todo el día	<u>34,4</u>	<u>61,6</u>

De este estudio se puede desprender que no basta con mejorar el transporte público para detener el deterioro en los tiempos promedio de viaje. Incluso con una inversión considerable en las vías locales, el metro y los trenes suburbanos, y la introducción de vías sólo para autobuses en el caso básico, la velocidad de viaje sigue declinando. Sin embargo, si se desarrolla el sistema de vías expresas a través del programa de concesiones, la velocidad promedio mejora sustancialmente para todos (inclusive para los autobuses).

Una de las razones para esta conclusión es que en un país en crecimiento los viajes de negocios en automóvil y los movimientos de carga aumentan considerablemente (en el caso de Santiago, bastante más del 100% en quince años) y no habrá ningún servicio de transporte público que pueda reducirlos.

Evaluación del programa de vías con peaje

Basándose en los resultados presentados aquí, se puede sostener que la introducción de las vías expresas urbanas mediante el programa de concesiones privadas permitirá aumentar las velocidades promedio y disminuir el costo promedio del suelo; los precios bajarán en las zonas urbanas pero aumentarán en las zonas rurales.

La movilidad de los viajeros y de la carga crece (aumento de la distancia promedio viajada) y el uso del auto y del bus también se incrementa en relación con el caso básico. Contrariamente a lo que la gente cree, el aumento de la movilidad (v. gr., aumento de la distancia viajada) produce un mayor bienestar para las personas, ya que éstas pueden elegir viviendas mejores (v. gr., sitios más grandes) o un mejor trabajo o realizar más viajes de placer o sociales. Siempre y cuando se internalicen todos los costos, el bienestar general mejora.

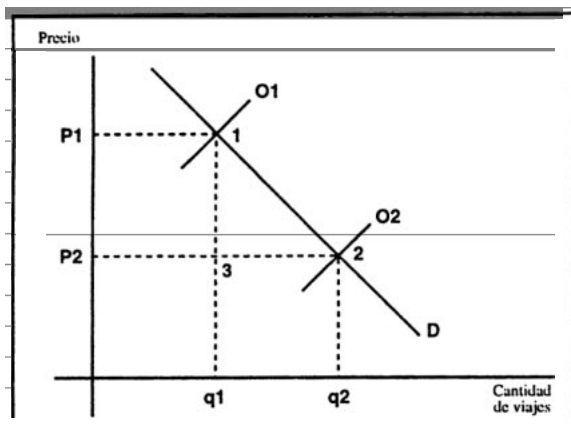
Para poder evaluar correctamente los resultados, se usó un enfoque costo-beneficio. El costo es la inversión adicional que se necesita para desarrollar el sistema de vías expresas por encima de la inversión en el caso básico. De hecho, el costo total de la inversión de US\$1.326 millones debería rebajarse en US\$ 334 millones, porque el programa de concesiones hará innecesarias algunas de las inversiones en vías por parte del sector público en el caso base. De modo que el costo total adicional de la inversión que se requiere para el programa de concesiones es de sólo 992 millones de dólares.

Los beneficios son los que obtienen los usuarios y los operadores del sistema. Los beneficios para los usuarios del transporte se pueden calcular con el concepto de excedentes para el consumidor. El Gráfico N° 9 ilustra el concepto y el Cuadro N° 11 muestra el resultado de los cálculos para cada grupo de principales usuarios.

CUADRO N° 11: BENEFICIOS ANUALES PARA EL USUARIO
DEL PROGRAMA DE CONCESIONES EN EL AÑO 2010
(en millones de dólares)

Carga	81
Viajes de trabajo	47
Viajes desde el hogar	1.150
Total	1.278

GRAFICO N° 9: EXCEDENTES PARA EL CONSUMIDOR



La demanda está representada por la línea D, la oferta en la base por la línea O1 y en la alternativa por la línea O2. El precio equilibrio entre la oferta y la demanda en la Base es P1 y en la Alternativa es P2.

Los viajes que se realizan en la Base, q1, disminuyen su costo de P1 a P2, por lo tanto el ahorro (beneficio) está representado por el rectángulo P1-1-3-P2. Los beneficios de los nuevos viajes que se realizan debido a la baja de precio, están representados por el triángulo 1-2-3, que es la diferencia entre la línea de demanda que es la disposición a pagar de los viajeros y el pago que hacen efectivamente representado por el precio P2. En el límite, el último viaje en el punto 2, no tiene excedente, ya que paga exactamente lo que está dispuesto a pagar.

Los beneficios totales están expresados por tanto por el área sombreada, que se calcula con la conocida expresión:

$$\text{Beneficio} = \frac{1}{2} (q_1 + q_2) (P_1 - P_2).$$

El Cuadro N° 11 muestra en valores monetarios el ahorro de tiempo de viaje usando el valor del tiempo deducido de las preferencias reveladas por la encuesta, más ahorros en los costos de viaje (de hecho, estos últimos costos monetarios son negativos, ya que los usuarios están pagando más dinero en efectivo cuando usan las rutas con peajes). Los ahorros de costo y de tiempo producen un beneficio positivo global. Los beneficios también se calcularon con un procedimiento diferente desarrollado por el Ministerio de Planificación (Mideplan) chileno. Con este último método, los ahorros de tiempo se valorizan igual entre los diferentes grupos socioeconómicos, a 1,2 dólar la hora, y los ahorros en costos de viaje se calculan con precios sociales. El resultado es una disminución en los beneficios globales de 1.278 millones de dólares mediante el primer método a 469 millones de dólares.

Se puede evaluar la equidad social del programa estimando los beneficios que reporta para cada grupo socioeconómico. Si se usa el valor del tiempo del comportamiento (a partir de la encuesta), los beneficios en viajes desde el hogar se distribuyen en partes relativamente iguales entre el

grupo socioeconómico alto y el medio-bajo (alrededor del 50% para cada grupo). Sin embargo, si se aplica la metodología de Mideplan, el grupo medio-bajo recibe el 100% de los beneficios. La razón de esta aparente paradoja es que el costo adicional del viaje (el peaje) que paga el grupo más alto se compensa exactamente con el tiempo que ahorra el grupo alto. El grupo medio-bajo se beneficia del ahorro de tiempo debido a una menor congestión en los caminos sin peaje, sin incurrir en costo alguno. En suma, todos se benefician.

Se puede llegar a la conclusión de que la introducción de vías expresas con peaje es socialmente equitativa porque el grupo de altos ingresos que mayormente las usa pagará un precio justo por hacerlo, en vez de no pagar nada, como ocurre en el caso básico. Esto a su vez despeja los caminos sin peaje, disminuyendo la congestión para otros usuarios (el grupo medio-bajo), los que no tendrán que pagar por este beneficio.

Los operadores (concesionarios) también se benefician del sistema de peaje. En total reciben un beneficio neto de 192 millones de dólares al año (suponiendo que el 7% de los ingresos se destina a mantenimiento y gastos operacionales). El Cuadro N° 12 ilustra los principales resultados.

Como se puede apreciar en el Cuadro N° 12, hay una gran variación en la tasa de retorno de cada concesión. El retorno relativamente bajo del anillo exterior se debe a las restricciones impuestas por las políticas de uso del suelo, pero incluso así la tasa de retorno privada (real) es casi igual a la tasa imperante. La tasa interna global de retorno de las concesiones en su totalidad es de 13%.

CUADRO N° 12: BENEFICIOS PARA LOS CONCESIONARIOS
(en millones de dólares)

Vía expresa	Costo	Veh./Km (millones)	Ingresos (anual)	Tasa de retorno (primer año)
Anillo interior: Am. Vespucio	360	3,9	45	12,5
Anillo exterior: Orbital	417	2,6	31	7,4
Sistema Norte-Sur	115	3,4	39	33,9
Sistema Oriente-Poniente	221	2,8	34	15,4
Ruta 68 - Av. Departamental	50	1,7	21	42
Ruta 78 - Isabel Riquelme	112	1,2	13	11,6
Las Industrias	44	0,7	8	18,2
Aeropuerto	7	0,1	1	14,3
Global	1.326	16,4	192	14,5

Para calcular la tasa de retorno social global, que incluye los beneficios del usuario estimados con el método de Mideplan más los beneficios del operador (concesionario), los beneficios globales son de 694 millones de dólares al año (usuarios = 469 millones + operadores = 192 millones + ajustes del precio social). Este valor, cuando se compara con el costo de inversión de 992 millones de dólares, produce una tasa de retorno, en el primer año, de 70%.

Es importante comprender que los beneficios del usuario incluyen un valor negativo por pagos de peaje, lo que es un valor positivo (entradas) para los operadores del peaje. Por lo tanto, cuando estos valores se suman, se anulan entre sí porque son sólo pagos de transferencia. La ventaja de presentar los resultados de esta manera (incluyendo los valores negativos y positivos) es que es posible estimar las consecuencias distributivas del programa de caminos con peaje (v. gr., los beneficios del usuario según el grupo socioeconómico y los beneficios del operador).

También es importante destacar que la tasa de retorno social, incluso usando el método de cálculo menos favorable (Mideplan), es de 70%, lo que significa que la inversión se recupera en un año y medio mediante el aumento de la eficiencia. Sin embargo, hay una gran diferencia entre la tasa de retorno social de 70% y la tasa de retorno privado, bastante más baja, de 14,5%. La explicación está en el hecho de que el sistema de vías expresas con peaje produce grandes externalidades positivas (v. gr., mejoras en la velocidad promedio en los caminos sin peaje) que los operadores privados no pueden capturar, pero sí el público que los recibe.

Finalmente, es importante tener en cuenta el impacto ambiental del programa de caminos con peaje. Es evidente que produce un sistema de transporte más eficiente, que también es más equitativo, y, si los consumidores (los usuarios del transporte y del suelo) tienen razón, un medio ambiente mejor para las personas en términos de una urbanización de menor densidad y una ciudad más agradable para vivir. Lo que no está muy claro es si el sistema de peaje va a reducir la contaminación atmosférica producida por los vehículos. Por una parte, la velocidad promedio durante todo el día aumenta casi en 66%, de 27,5 a 44,5 km por hora, pero por otra, los viajes en automóvil aumentan en 21% comparado con el caso básico. Si la eficiencia promedio de los motores mejora en más del 21%, cuando la velocidad aumenta de 27,5 a 44,5 km por hora, la contaminación disminuirá, de lo contrario será igual o mayor pero más dispersa. A estas alturas todavía no hay cifras concretas del comportamiento promedio de los automóviles en Santiago, de modo que es imposible dar una respuesta definitiva a esta duda.

Implementación del programa

En 1996, el Presidente Frei anunció la aprobación de un programa de transporte para las ciudades más importantes de Chile hasta el año 2000. El programa para Santiago se puede considerar como la implementación de la primera etapa de las proposiciones presentadas en 1993 en el estudio de la macrozona central (véase Comité Interministerial de Infraestructura), que incluía la ampliación del metro, los trenes suburbanos y las primeras tres vías expresas: el anillo interior de Américo Vespucio, el sistema norte-sur y el sistema oriente-poniente. El programa también incluía un sistema detallado de pistas sólo para autobuses propuesto por la Secretaría de Transportes (Sectra) y una ley de tarificación vial propuesta por el Ministerio de Transportes. Esta ley fue rechazada en el Parlamento debido a serias dudas sobre su factibilidad.

La implementación de las vías expresas dadas en concesión al sector privado es de responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas (Mop). Se ha llamado a propuesta para las tres vías expresas, en base al principio de que el gobierno fija una tarifa por kilómetro para las horas punta y las horas no punta, como se propone en este estudio (véase Mop-Dirplan, 1995). Como la tarifa es fija y el diseño del sistema es obligatorio, se invita a los posibles concesionarios a participar en la licitación de las vías expresas bajo dos sistemas alternativos: uno que da el período de concesión cerrado, y el que pide la mínima garantía del Estado es el que gana; y otro que consiste en un período de concesión abierto, y el que gana la propuesta es el que cobra el menor valor presente de los ingresos futuros (MVPI). El sistema del menor valor presente de los ingresos futuros (MVPI) es el sistema de licitación propuesto por Engel, Fischer y Galetovich (1996), que debería ser más eficiente en la asignación de los riesgos a aquellos que están en mejor situación para minimizarlos, es decir: los concesionarios, el gobierno y los usuarios.

El sistema MVPI consiste en definir un valor de ingreso que el concesionario considera aceptable como pago por construir y operar la concesión antes de devolverla al Estado. De modo que la duración de la concesión depende de cuándo se alcance el valor que se ha fijado el concesionario, que a su vez depende del flujo vehicular y de la tarifa cobrada. El sistema es muy fácil de controlar porque se conoce el peaje cobrado y se puede calcular, en cualquier momento, el número de vehículos que circulan en cada tramo del camino (usando contadores automáticos). Los ingresos, por lo tanto, pueden ser evaluados objetivamente por un regulador.

El sistema propuesto reduce los riesgos y por lo tanto el costo de implementar la red de peajes. Hay tres tipos de riesgos: de demanda, de expropiación, y de construcción y operación.

Riesgos de demanda

Este tipo de riesgo puede ser el producto de la situación macroeconómica o un cambio deliberado en el ambiente macroeconómico. Los cambios en el ambiente macroeconómico pueden ser ocasionados por una modificación en las políticas gubernamentales, tal como una contracción económica a raíz de una política monetaria restrictiva. No es mucho lo que pueden hacer los concesionarios para evitar estos riesgos, de modo que no deberían ser castigados. En este caso, si la demanda global disminuye, el plazo aumenta hasta que se alcance el último menor valor presente que se ha solicitado. Los cambios en el ambiente microeconómico podrían ser la consecuencia de un cambio en las políticas o programas a nivel local, como la ampliación de una ruta competidora (v. gr., una ruta nueva) o modalidad (v. gr., prolongación del metro), etc. Una vez más, en este caso, los concesionarios no pueden hacer mucho para evitar dichos riesgos. Además, es legítimo que las autoridades contemplen cambios que beneficien a todos los usuarios. En este caso los concesionarios son compensados con la prolongación del período de concesión, hasta que se haya alcanzado el valor presente solicitado.

También es posible que ocurra lo contrario. En una época de expansión económica, las políticas gubernamentales exitosas u otros factores externos pueden llevar a un aumento de los ingresos por concepto de peaje. Esto no se puede atribuir a la buena administración del concesionario, de modo que el período de concesión se acortará, devolviéndose la vía al Estado antes de lo que se había pensado.

Es importante notar que con este sistema de concesión no se eliminan las pruebas de mercado de la concesión propuesta. Si la infraestructura que se piensa concesionar no es considerada factible por el mercado, no habrá interés de parte de los concesionarios privados por licitarla. Éstos pueden estimar que no habrá suficiente demanda, ya sea porque no es competitiva en términos de precio o porque no captará suficientes usuarios de otras alternativas competidoras.

Riesgos de expropiación

Estos riesgos deberían ser asegurados por el gobierno. Por lo tanto, el menor valor presente debería ser neto del costo de adquirir la propiedad necesaria para la construcción de la infraestructura.

Riesgos de construcción y operacionales

Estos riesgos deberían ser controlados por los concesionarios y el sistema MVPI efectivamente se los asigna a ellos. Al presentarse a la propuesta con el menor valor, los concesionarios están tomando en cuenta su capacidad para obtener un financiamiento competitivo, controlar los costos de construcción e implementar un sistema eficaz para operar la infraestructura (v. gr., mantenimiento y costos de cobro).

Finalmente, el gobierno ha establecido un sistema de cobro electrónico uniforme para el pago de peajes, para evitar que las dificultades para pagar generen una congestión innecesaria.

Conclusiones

Es demasiado prematuro aún para formular un juicio definitivo sobre el proceso que se sigue en Santiago. Lo que sí se puede demostrar es que sin una participación del gobierno en la planificación, diseño, determinación de los precios y reglamentación del uso de la red estratégica, ésta no podrá ser óptima, ya que se necesita la visión global del conjunto mediante el uso de modernos modelos de simulación para poder representar el comportamiento de los viajeros de una manera coherente en todo el sistema. Este informe ha presentado este tipo de modelo y la forma en que se ha usado para planificar y determinar los precios de la red. La red que se obtuvo ha sido evaluada en términos de eficiencia económica y muestra una alta tasa de retorno social (70%) y una tasa de retorno privado razonable para los concesionarios (14%). El sistema es socialmente equitativo porque las personas de ingreso mediano y bajo son las más beneficiadas, pues la congestión disminuye en las calles sin peaje y por tanto se ahorra tiempo en los viajes sin tener que pagar por ello. Finalmente, también se espera que disminuya la emisión de gases.

Se ha introducido un sistema de adjudicación de las licitaciones en el cual los concesionarios favorecidos serán los que se presenten con el menor valor presente de los ingresos futuros (MVPI). Este tipo de adjudicación de las concesiones asigna el riesgo a los más capacitados para enfrentarlos, lo que debería reducir el costo global. Sin embargo, ahora que el sistema propuesto está en su etapa de implementación, ha surgido un nuevo tipo de dificultades: la oposición de la gente a tener una vía expresa cerca de sus hogares. Este problema sólo se puede solucionar con un buen diseño local y una compensación adecuada a aquellos que se verán afectados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ben-Akiva, M. E. y Lerman, S. R. (1985). *Discrete Choice Analysis; Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge. Mass.: The MIT Press.
- Comité Interministerial de Infraestructura (1993). *Estudio análisis sobre el desarrollo de la infraestructura de las Regiones V, VI y Metropolitana o macrozona central*, Marcial Echenique y Cía S. A. (MECSA) e INECON, 2 volúmenes, y Síntesis Ejecutiva, Santiago 1993. Véase también artículo de M. Echenique et al., "An Integrated Land Use/Transport Strategy for the Development of the Central Region of Chile". *Traffic Engineering & Control*, septiembre 1994, pp. 491-497.
- Engel, R.; Fischer, R., y Galetovich, A. (1996). "Licitación de carreteras en Chile", *Estudios Públicos*, 60, pp. 5-24.
- Greene, W. *LIMDEP, Econometric Software, Inc.* Nueva York, 1987.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Planeamiento, 1995 (MOP-DIRPLAN, 1995). *Análisis Programa Estratégico de Inversiones*. Marcial Echenique y Cía S. A. (MECSA), Marcial Echenique & Partners (ME&P) e INECON, 2 volúmenes y Síntesis Ejecutiva. Santiago 1995.
- Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. *Plan Regulador Metropolitana*. Chile, 1994.
- Owers, J. y Echenique, M. (1994). "Research into practice: The work of the Martin Centre in Urban and Regional Modelling". *Environment and Planning*, Vol. 21 (5). Edición especial, pp. 513-650.
- Ortúzar, J. D. y Willumsen, I. G. (1990). *Modelling Transport*. Inglaterra: John Wiley and Sons Ltd.
- , Ivelie, H. H.; Malbran. H., y Thomas, A., (1993). "The Great Santiago. Origin-Destination Survey". *Traffic Engineering and Control*, julio-agosto 1993, pp. 362-368.
- Williams, IL., C. W. L. (1997). "On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit". *Environment and Planning, A*, Vol. 9, N° 3, pp. 285-344. □