

## **Análisis del problema del transporte urbano**

© Rodrigo Fernández A. 1999  
rodferna@cec.uchile.cl

### **RESUMEN**

Este artículo describe el fenómeno del transporte urbano. Para ello toma como elemento de análisis la ciudad de Santiago (Chile). Primero se introduce la noción de sistema de transporte y su dinámica derivada de los impactos en el ambiente urbano. Luego se describen las características del transporte en Santiago y, a modo de comparación, se proporcionan antecedentes del transporte en la ciudad de Londres. Se concluyen ciertos hechos no intuitivos derivados del análisis de los datos. Finalmente, se derivan algunas consecuencias de estos hechos sobre la política de transporte urbano.

### **ABSTRACT**

This article illustrates the problem of urban transport. To that end it takes the city of Santiago (Chile) as subject of analysis. First, the paper introduces the concept of transport system and explains its dynamics due to the impacts on the urban environment. Next, some characteristics of Santiago's transport system and, for comparison, some of the urban transport in London, are presented. Certain non-intuitive facts are then concluded from these data. Finally, some consequences for urban transport policy are derived.

### **El sistema de transporte urbano**

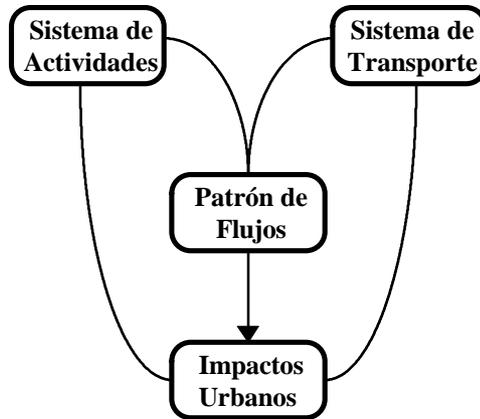
El transporte es una actividad derivada de otras actividades que tienen lugar en un área geográfica determinada, sea esta un país, una región, una ciudad, una comuna o un barrio (Manheim, 1984). El conjunto de actividades de residencia, producción, consumo, recreación, etc. que se produce en un lugar,

denominado *sistema de actividades*, es el que genera ciertas necesidades de viajes o demanda por transporte. Esta demanda es satisfecha por el conjunto de vías, vehículos, terminales y por la forma como funcionan estos elementos; es decir, por el *sistema de transporte*. Esto se traduce en una interacción entre ambos sistemas que produce un *patrón de flujos*, constituido por viajes entre diversos orígenes y destinos, en diferentes medios o *modos* de transporte, por variadas rutas y en distintos períodos. Es una suerte de equilibrio entre la demanda y oferta por transporte. Su manifestación más evidente es el tránsito urbano, es decir, la circulación de personas y vehículos por los espacios públicos de la ciudad (veredas, calles, autopistas, líneas de metro, etc.).

La calidad con que la demanda por transporte es satisfecha por el sistema de transporte se denomina *nivel de servicio* de los viajes. El nivel de servicio producirá algunos efectos o impactos tanto sobre los usuarios del sistema como sobre el resto de los habitantes. Esto se traduce en efectos como:

- Congestión: aumento de tiempos de viaje de conductores, pasajeros y peatones.
- Riesgo: aumento del número y gravedad de accidentes de tránsito.
- Polución: aumento de emisiones de contaminantes atmosféricos.
- Ruido: aumento del nivel de ruido y vibraciones en calles y edificios.
- Segregación del entorno: aumento en la distancia y tiempo de cruce de cauces vehiculares.
- Intimidación: disminución del uso de las calles para otros fines (estar, jugar, pasear).
- Intrusión visual: disminución del campo visual por vehículos o infraestructuras.

Estos efectos inducirán cambios tanto en el sistema de transporte mismo como en el sistema de actividades. Por ejemplo, el aumento de los tiempos de viaje en transporte público entre la periferia y el centro de la ciudad puede llevar a la decisión de construir una nueva línea de metro (cambio en el sistema de transporte) o trasladar ciertos servicios, como colegios, bancos y oficinas, a los barrios (cambio en el sistema de actividades). Estos cambios, a su vez, producirán un nuevo equilibrio generando un patrón de flujos distinto en la ciudad, el que puede ser mejor o peor que el original, dependiendo de sus impactos en los habitantes. La dinámica de este sistema se puede ver en la Fig.1.



**Figura 1 :** Dinámica del sistema de transporte urbano

Por ejemplo, una autopista urbana podría reducir la congestión vehicular en el corto plazo, pero aumentar el ruido, segregación, intimidación e intrusión visual en sus alrededores. Y, a la larga, aumentar la congestión al inducir más tráfico: personas que antes viajaban en otros modos o a otros sitios, usarán ahora el auto y la nueva autopista hasta saturarla. Es un círculo vicioso bien conocido en el análisis de sistemas de transporte.

### **El sistema de transporte de Santiago**

De acuerdo a los resultados de la última encuesta de origen y destino de viajes -EOD- (SECTRA, 1991), Santiago (Chile) tiene poco más de un millón de hogares donde viven casi 5 millones de habitantes repartidos sobre una superficie de 55.000 hectáreas. Un 10% de esta superficie está destinada a vialidad urbana, constituyendo el uso de suelo público más importante. La densidad promedio de habitantes en la ciudad resulta ser de unos 90 habitantes por hectárea (hab/há). Este promedio puede ser considerado bajo, pero tiene una gran variabilidad. En comunas de altos ingresos (Vitacura, Las Condes) la densidad es de 25 hab/há, mientras que en las comunas de menores ingresos la densidad varía entre casi 160 hab/há (San Joaquín) a más de 220 hab/há (Lo Espejo).

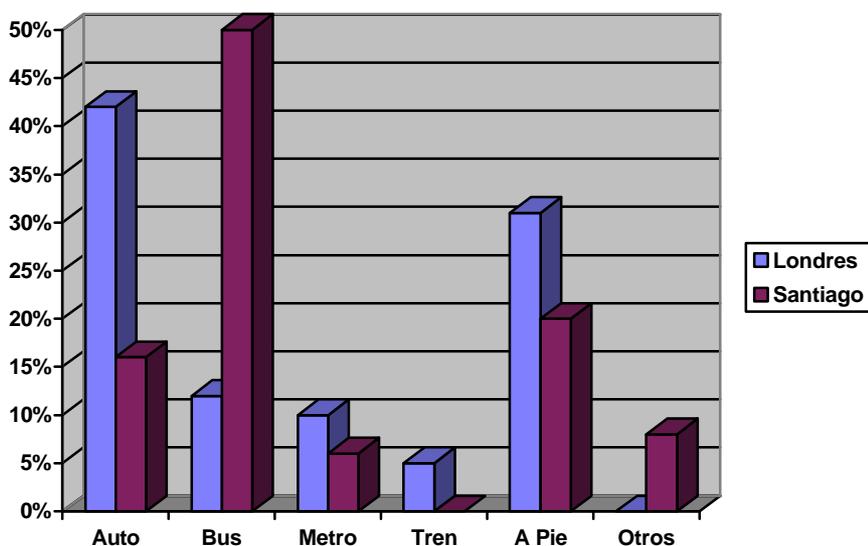
El parque vehicular actual de Santiago es de unos 650 mil vehículos particulares, 40 mil taxis y casi 10 mil buses. Con esto, la *tasa de motorización*, o sea, el número de automóviles per capita, es de 0.1 vehículos por habitante ó 0.5 vehículos por hogar. No obstante, aquí también existe una gran dispersión de valores según el ingreso comunal. Es así como, en promedio, en Vitacura

(ingreso alto) hay alrededor de 2 autos por hogar y en La Pintana (ingreso bajo) sólo 1 de cada 20 hogares dispone de automóvil.

Los sistema de actividades y de transporte de Santiago generan diariamente casi 9 millones de viajes, 70% de ellos por motivos de trabajo y estudio. De este total, el 80% se realiza en algún medio motorizado. Los viajes a pie de más de 250 m constituyen el resto, la mitad de éstos realizados por estudiantes. Así, la *tasa de generación de viajes* promedio en un día laboral es alrededor de 2 viajes por persona.

La *partición modal* es la forma cómo se reparten los viajes diarios en los diferentes modos de transporte. En Santiago, el 50% de los viajes (4,5 millones) se hacen en bus, 20% (casi 2 millones) son a pie, un 16% (1,5 millones) son en automóvil particular o taxi, 8% usan otros medios (bicicletas, motos, taxis colectivos, etc.) y un 6% (unos 600 mil) se hacen en metro. Considerando sólo los viajes motorizados, un 70% de los viajes son servidos por el transporte público (buses, taxis colectivos y metro) y sólo un 20% por autos y taxis básicos.

Es interesante comparar la partición modal de Santiago, representativa de ciudades de países en desarrollo, con la de Londres (Gran Bretaña), como reflejo de una ciudad de país desarrollado (Fig.2). En Londres se hacen 26 millones de viajes diarios. El 42% se hace en autos y motocicletas, un 31% a pie y bicicletas, 12% en buses, 10% en metro y 5% en trenes urbanos (London Transport, 1995). Estos escenarios, con leves variaciones, se repiten a través del mundo.



**Figura 2 :** Partición modal en Londres y Santiago

La longitud media de los viajes motorizados en Santiago es de aproximadamente 10 km., lo que significa un promedio de 27 minutos en auto y 46 minutos en transporte público. Es decir, los usuarios del transporte público consumen más de una hora y media diaria transportándose, en tanto que los que utilizan el auto pierden 54 minutos al día viajando en la ciudad. Los viajes a pie, por su parte, son de una longitud promedio de 8 a 10 cuadras y toman entre 15 a 20 minutos.

El consumo de recursos generado por el transporte urbano es cuantioso. Sólo por mencionar algunos ítemes, diariamente los santiaguinos consumen casi 5 millones de horas desplazándose por la ciudad. En términos monetarios, los costos de operación global del sistema de transporte urbano de Santiago significan US\$ 1.200 millones al año. El aporte del transporte urbano a la contaminación atmosférica es también relevante. Más de 300 toneladas de todo tipo de contaminantes (material particulado respirable, monóxido de carbono, dióxidos de nitrógenos y ozono) son emitidas cada año a la atmósfera. No obstante, por pasajero-kilómetro transportado, el transporte público aporta con un 10%, en tanto que los vehículos particulares contaminan el otro 90% restante (CONAMA, 1998).

Del análisis de los datos anteriores se pueden extraer algunas conclusiones :

- El modo de transporte predominante en Santiago es el transporte público de superficie (buses y taxis colectivos). Le siguen en importancia los viajes a pie. Sólo en un tercer lugar aparecen los viajes en auto. Y los viajes en metro son mucho menos que un 10% del total. Según esto, los esfuerzos para mejorar el sistema de transporte deberían seguir este mismo orden de prioridad.
- Basados en los datos de Londres y Santiago, se puede extrapolar que en países desarrollados el orden de importancia de los usuarios del transporte urbano es primero automovilistas, luego peatones y, por último, usuarios del transporte público. Al contrario, en países en desarrollo los más importantes son los usuarios del transporte público, luego los peatones y, finalmente, los automovilistas. Orden inverso a las preocupaciones reveladas por los políticos y ciudadanos chilenos, motivadas, quizás, por una copia irreflexiva de soluciones vistas en países desarrollados.
- La ciudad aparece como extendida si se observa su densidad promedio de habitantes. No obstante, existen altas concentraciones de habitantes en sus

suburbios de menores ingresos. Si a esto se suma la baja tasa de motorización en dichos sectores, no es de extrañar que la demanda por transporte público se concentre desde y hacia esos lugares. Lo contrario ocurre en las áreas de mayores ingresos que tienen baja densidad y que generan principalmente viajes en automóvil.

- Los autos provenientes de las zonas de altos ingresos compiten por el espacio vial con los buses que transportan pasajeros desde los sectores de bajos ingresos. Esta competencia se verifica durante las horas de máxima demanda (*horas punta*) en las principales calles de la ciudad.
- Un solo bus ocupando 12 metros lineales de una pista de circulación transporta el equivalente en pasajeros a 20 o 30 automóviles que, dispuestos en fila, abarcan más de una cuadra de la misma pista. Luego, al contrario de lo que suele creerse, los principales causantes de la congestión y contaminación de Santiago son los casi 700 mil autos que circulan llevando una o dos personas en promedio, y no los 10 mil buses que transportan entre 30 y 50 pasajeros cada uno como término medio. Es decir, lo que sobran son autos y no buses en las calles, como erróneamente se piensa.
- El nivel de servicio de los viajes motorizados, expresado como tiempo total de viaje entre el origen y el destino, indica que el modo más deteriorado es el transporte público de superficie, con casi la mitad de la calidad que un viaje en auto. Dada la partición modal y la tasa de motorización de la ciudad (1 de cada 10 habitantes tiene acceso al automóvil), las opciones sobre el sistema de transporte deberían restituir la equidad entre usuarios. De lo contrario, aquellos que no tienen disponibilidad de automóvil, principalmente niños, ancianos, mujeres y personas de bajos ingresos, deberán sufrir las consecuencias de un sistema de transporte indigno.

### **Consecuencia sobre las políticas de transporte**

Son las personas las que realizan actividades en diferentes partes de la ciudad y requieren para ello de un efectivo sistema de transporte. Por lo tanto, el objetivo de todo sistema de transporte urbano debe ser movilizar personas y no vehículos. Luego, lo que se debe buscar es maximizar la *capacidad de transporte* del sistema (número de personas que se pueden transportar por hora) y no la *capacidad vial* (número de vehículos que pueden circular por hora).

Por ejemplo, la capacidad de transporte entre la zona oriente y centro de Santiago que ofrecerá una autopista urbana tres pistas por sentido, como la

Costanera Norte, podría ser ofrecida por una pista sólo bus llevando 90 buses por hora con 50 pasajeros cada uno. La primera opción tiene un costo de más de US\$ 300 millones, en tanto que la segunda, incluyendo buses nuevos, costaría la quinta parte.

Es claro, entonces, cuál debe ser el concepto orientador de las políticas de transporte urbano: **proveer un sistema de transporte masivo y público de alta calidad, en vez de seguir aumentando la capacidad vial.** Al respecto, es interesante citar las conclusiones extraídas por países desarrollados en cuanto a sus anteriores políticas de transporte. La presentación de la nueva política de transporte del gobierno británico hace una aguda autocrítica :

*“No podemos continuar como lo hemos hecho, tratando de construir más y más vías para hacer frente a los crecientes niveles de tráfico. Por el contrario, debemos proveer más alternativas reales de transporte, mejores buses y ferrocarriles, ...más dinero para el transporte público...”* (DETR, 1998).

Entonces, ¿cómo debería ser un sistema de transporte público de calidad? La imagen que las personas tienen de este sistema es el metro o los tranvías. Sin embargo, si bien estos sistemas poseen características deseables, también tienen desventajas, aparte de su alto costo de construcción (US\$ 20 a 60 millones por kilómetro).

Entre las ventajas están su conveniente *velocidad comercial*; es decir, la velocidad promedio de viaje entre una estación origen y otra destino, incluyendo las paradas intermedias. Esta velocidad se obtiene por dos medios: la mayor distancia entre estaciones y la segregación física de sus vías del resto del tráfico, que hace que la congestión vehicular no afecte su operación. Así, si los buses se detuviesen con igual frecuencia que el metro, operaran sobre pistas segregadas y con prioridad en las intersecciones, tendrían similar velocidad comercial que el Metro de Santiago - 30 a 32 km/h - (Fernández, 1996), pero a un 5 ó 10% del costo de un metro.

No obstante, estas mismas características originan desventajas. Entre éstas se cuentan la nula flexibilidad en sus rutas, definida por el trazado de las vías férreas, que no pueden acomodarse fácilmente a cambios en la demanda. Otra desventaja importante es su baja *accesibilidad* (facilidad para alcanzar el sistema), determinada por el reducido número y alto espaciamiento entre estaciones. Son estas razones las que hacen que su participación modal sea reducida, no sólo en Santiago con 3 líneas y 35 estaciones. Aún en ciudades como Londres, con una de las más vastas redes de metro del mundo (13 líneas y 270 estaciones), sólo el 10% de los viajes se hace en este medio. La razón es

simple, la red de buses de Londres se compone de 700 rutas y 17.000 paraderos, el doble de vasta que la de Santiago. En estas condiciones, la posibilidad de alcanzar un bus antes que el metro es mucho mayor.

Hay un hecho que suele olvidarse al concebir sistemas de transporte público: **todo viaje por la ciudad se inicia y termina en la puerta de una propiedad, no en la estación de metro o paradero del bus** (Fernández, 1998). En consecuencia, la meta es tener un sistema de transporte público rápido y cómodo, pero a la vez flexible y accesible a todos los usuarios. Esto puede ser otorgado por un sistema de buses de estándar similar al metro, que provea una adecuada *movilidad* (facilidad para moverse por ese medio). Esto significa, al menos:

- Buena accesibilidad: facilidad para que los pasajeros puedan llegar a los paraderos.
- Conveniente acceso: facilidad para esperar, identificar, subir y bajar del bus en el paradero.
- Apropiado movimiento: facilidad para el desplazamiento de los buses por las calles.

El resultado sería un sistema de buses bastante distinto al existente en Santiago, con servicios estratificados según el tipo de viaje: locales, expresos, de circunvalación, con distintos tipos de vehículos, tarifa integrada, sistema de información al usuario, paraderos de alto estándar, etc. Todo esto requiere de un diseño detallado y coherente de todos los componentes del sistema y un organismo encargado de su gestión. Al respecto, es ilustrativo volver a citar la política británica:

*“Con demasiada frecuencia los buses han sido tratados como sistemas de transporte de segunda clase. Eso no tiene que ser así. Los buses pueden ser modernos, confortables y limpios. Dando a los buses mayor prioridad y mejorando sus rutas y sistema de información, podemos estimular a que más personas los usen. Si más personas usan buses, mayores mejoras en confort y frecuencias son posibles para los operadores.”* (DETR, 1998).

Finalmente, si después de los buses los segundos en importancia son los viajes a pie, y si todo viaje en transporte público implica caminar hacia y desde algún paradero, el desarrollo de la infraestructura peatonal (veredas, paseos, cruces peatonales) es el complemento indispensable de una política de transporte basada en el transporte público. Más aún si se considera como viaje

a pie todo desplazamiento por un espacio público, y no sólo los traslados a más de 2 cuadras que considera la EOD de Santiago. Se trataría de una cantidad mayor a los 2 millones de viajes diarios que deberían ser adecuadamente atendidos.

## **Bibliografía**

- CONAMA (1998). Plan de prevención y descontaminación atmosférica de la Región Metropolitana. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago (Chile).
- DETR (1998). A new deal for transport. Better for everyone. A summary of the Government's White Paper. UK Department of Environment, Transport and the Regions, London <http://www.detr.gov.uk/itwp/summary/index.htm>.
- Fernández, R. (1996). Análisis ex-post de la operación de la vía exclusiva para buses de Avenida Grecia. Informe Final. Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte. Secretaría Ejecutiva, Santiago (Chile).
- Fernández, R. (1998). Modelling bus stop interactions. PhD Thesis, University of London.
- London Transport (1995). Planing London's Transport, Londres (Gran Bretaña).
- Manheim, M.L. (1984). Fundamentals of Transportation Systems Analysis. Volume 1: Basic Concepts. The MIT Press, Cambridge, Mass. (EE.UU.)
- Rabinovitch, J. & Leitman, J. (1996). Urban planning in Curitiba. Scientific American **274**(3) : 46-53 <http://www.sciam.com/0396issue/0396toc.html>.
- SECTRA (1991). Encuesta origen-destino de viajes del Gran Santiago. Secretaría Ejecutiva Comisión de Inversiones en Infraestructura de Transporte, Santiago (Chile).
- Scientific American (1997). Special Issue on Transport. (Octubre) <http://www.sciam.com/1097issue/1097currentissue.html>.

**Rodrigo Eduardo Fernandez Aguilera:** Nacido en Santiago de Chile el 6 de Junio de 1958, casado y padre de dos hijos. Ingeniero Civil Mención Transporte (U.de Chile, 1986), DIC in Transport (Imperial College London, 1990), MSc in Transport (U.of London, 1990), PhD(c) in Transport Studies (University College London). Académico del Departamento Tecnológico, Instituto Profesional de Santiago (1984-1986). Profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Concepción (Chile) (1986-1992). Profesor Asistente del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (desde 1992). Miembro de la Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte. Areas de investigación y docencia: movilidad en transporte público, gestión ambiental de tránsito, transporte y urbanismo..