

ENERGIA Y MEJORAMIENTO DEL TRANSPORTE  
DE PASAJEROS EN SANTIAGO (\*)

Alfredo del Valle y Raúl O'Ryan  
Programa de Investigaciones en Energía  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Universidad de Chile

Resumen

Este trabajo sintetiza los resultados de un estudio sobre la introducción de la dimensión energética en la gestión del sistema de transportes de pasajeros de Santiago. Este sistema consume un 15% del total nacional de combustibles y es por ello la segunda unidad consumidora de energía de Chile.

Esta síntesis comienza con un planteamiento general de los principales problemas relacionados con la energía que se dan actualmente en el transporte de pasajeros. A continuación se identifican las principales "líneas de acción" existentes en esta materia, que dan una idea integrada de los vínculos entre energía y gestión de los transportes. Luego se presenta una evaluación de varias "potencialidades de mejoramiento" de la situación actual e identifica algunas medidas que permiten alcanzarlas.

Las potencialidades de mejoramiento del sistema que se han establecido han permitido estimar, en forma conservadora, un ahorro anual alcanzable del orden de los US\$ 44 millones junto con significativos beneficios sociales y ambientales.

(\*) La investigación para este trabajo fue realizada dentro del proyecto "Metodología de Planificación Energética en América Latina", financiado por el International Development Research Centre (Canadá) mediante grant 3-P-82-0099.

## 1. Introducción

Este trabajo sintetiza los resultados de un estudio sobre la introducción de la dimensión energética en la gestión del sistema de transporte de Santiago (O'Ryan, 1985). El estudio mencionado es parte de una investigación que ha propuesto un nuevo enfoque para la planificación energética en los países en desarrollo, con respaldo empírico en cuatro estudios de caso concretos 1/. Se trata de un enfoque sistémico, que está centrado en los aspectos institucionales, y que concibe a la planificación como un proceso de organización.

El uso de energía en el transporte urbano puede ser gestionado, al igual que los demás usos de energía en la sociedad. Una gestión adecuada, centrada en medidas de organización, permitiría generar importantes beneficios económicos, sociales y ambientales, incluyendo la liberación de los recursos requeridos para poner esas medidas en práctica. El transporte de pasajeros de Santiago consume un 15% del total nacional de combustibles. Es la segunda unidad consumidora de energía de Chile, después de la Gran Minería del Cobre. Esto basta para justificar, desde el punto de vista energético, la necesidad de una gestión metropolitana del sistema de transporte de pasajeros.

Desde una perspectiva de transporte interesa mejorar, para todos los habitantes de la ciudad, su acceso a las diversas actividades que en ella se realizan. En Santiago la accesibilidad se ve afectada actualmente por diversos factores, tales como el alto nivel de congestión, los crecientes costos de transporte para los estratos de menores ingresos y los elevados tiempos de viaje en buses. Además el transporte de Santiago provoca consecuencias negativas para el conjunto de la sociedad, como fuertes niveles de contaminación ambiental, grandes requerimientos de inversión, e importantes usos de divisas debido al consumo de combustibles importados. Como se verá más adelante, las acciones que mejoren la eficacia del sistema de transporte tienen normalmente impactos energéticos de gran magnitud.

Desde el punto de vista del empresario de transportes, y también del usuario del automóvil, la energía no es más que uno de los costos de operación en que se debe incurrir. De igual modo, en el estudio y en la gestión de los transportes ella suele ser considerada sólo como un costo que debe ser pagado en último término por el usuario. No se la identifica como una parte constitutiva de la gestión del transporte.

Al plantear de manera más amplia las relaciones entre la energía y el sistema de transporte, sin embargo, aparece una variedad insospechada de posibilidades de comprender mejor la situación actual y, especialmente, de posibilidades nuevas de enfrentar los grandes problemas antes mencionados. La energía es un vínculo importante con muchos de estos problemas sociales, y en su buen uso residen significativos potenciales de mejoramiento de la situación. No es posible hacer efectivos estos potenciales

---

1/ Los otros tres casos se refieren al uso de energía doméstica en una población marginal de Santiago, a la energía en las comunidades agrícolas de Coquimbo, y a la gestión del sistema energético de Costa Rica.



sin incorporar plenamente la dimensión energética al estudio y a la gestión de los transportes.

Dos han sido los hilos conductores centrales del estudio que aquí se resume: las características actuales y potenciales del sistema de transporte y sus usos de energía, y los requerimientos institucionales para una gestión eficaz en este ámbito. El planteamiento del problema, por lo tanto, incorpora su dimensión institucional desde el inicio.

Las conclusiones que se han obtenido en el estudio incluyen: (1) las características institucionales del sistema, como factor explicativo de sus problemas actuales; (2) los potenciales de reducción del consumo de energía en microbuses y taxibuses, taxis, y automóviles particulares; (3) los valores deseables y alcanzables de ciertas variables clave del sistema (parque de vehículos, tasas de ocupación, consumos específicos, rendimientos, etc.), que son requeridos para materializar esos potenciales; (4) una identificación preliminar de beneficios económicos, sociales y ambientales asociados a los valores mencionados; (5) algunas medidas ilustrativas que permitirían actuar sobre estas variables para lograr tales valores; y (6) algunas sugerencias para la acción práctica, en los sistemas energético y de transporte metropolitano, que permitirían iniciar un proceso de cambios en la dirección señalada.

Esta síntesis comienza con un planteamiento general de los principales problemas relacionados con la energía que se dan actualmente en el sistema de transporte de Santiago. A continuación identifica las principales líneas de acción existentes en esta materia, que dan una idea integrada de los vínculos ya señalados entre energía y gestión de los transportes. El concepto de "línea de acción" es el concepto central del enfoque de planificación aquí aplicado. Cada línea de acción presenta "potencialidades de mejoramiento", muchas de las cuales fueron evaluadas en el estudio. La sección que sigue presenta varias de estas potencialidades, e identifica algunas medidas que permiten alcanzarlas. El trabajo concluye señalando que se trata de acciones de tipo organizativo, con efecto en el corto plazo y que no requieren inversión en infraestructura ni en nuevos vehículos.

## 2. El Sistema de Transporte de Santiago y su Uso de Energía

Esta sección se inicia con una presentación de las principales características actuales del sistema de transporte de pasajeros de Santiago. En ella se hace referencia a la importancia relativa del transporte privado y público, los problemas de congestión, la sobrecapacidad existente en el transporte público y la diferenciación socioeconómica que manifiesta. A continuación se entrega una cuantificación del uso de energía de este sistema, que incluye tanto consumo como eficiencias relativas. Por último, se discuten los impactos socioeconómicos más relevantes de la configuración actual del sistema de transporte, que son aquellos sobre la accesibilidad, la calidad del aire y el uso de divisas.

A la fecha no existe ningún organismo preocupado en forma explícita del tema del uso de energía en el transporte de pasajeros de Santiago. Como resultado se ha carecido de una visión de conjunto de este sistema y las consecuencias de su operación sobre la ciudad. Además, la información sobre

sus características es fragmentaria y poco actualizada. En energía, ella se limita a cifras agregadas de venta de combustible en la Región Metropolitana.

Los antecedentes que se elaboraron en el estudio y se sintetizan a continuación son el resultado de un esfuerzo de:

- recolección de información existente en diversos Ministerios, empresas distribuidoras de energía, organismos estatales, consultoras privadas y otras instituciones;
- revisión crítica de las fuentes de información relacionadas con el tema; y
- compatibilización e integración de todo este material, que previamente estaba disperso.

Para asegurar una mayor confiabilidad a los resultados se realizó una serie de entrevistas a empresarios de la locomoción colectiva, a funcionarios del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Dirección General del Metro y Secretaría Ejecutiva de la Comisión Interministerial de Transporte Urbano, y a investigadores en el área de transporte de diversas Universidades.

El resultado del esfuerzo mencionado se ha traducido en la elaboración de una visión integrada del sistema de transporte y su uso de energía, para el año 1983, de la cual se entrega un resumen a continuación.

## 2.1 Características actuales del sistema

### a) Transporte privado y transporte público

La Tabla 1 entrega los datos estructurales básicos del sistema de transporte de pasajeros de Santiago, que sirven de referencia para el resto de este trabajo. Tales datos distinguen los seis medios de transporte fundamentales -microbuses, taxibuses, taxis regulares, taxis colectivos, metro y automóviles particulares- y señalan para cada uno los pasajeros transportados, parques vehiculares, y cantidades de pasajero-kilómetros transportados y vehículo-kilómetros recorridos en 1983.

Medio	Pasajeros transportados		Parque de vehículos (miles)	Pas-km	
	(mill.)	%		(%)	Veh-km (%)
Microbuses	773	39	4,59	37,6	6,3
Taxibuses	367	18	2,59	17,9	4,5
Taxis regulares	69	3	22,75	3,5	17,7
Taxis colectivos	34	2	3,35	3,1	4,4
Metro	109	6	0,25	4,1	0,4
Automóviles	615	31	251,75	33,8	66,7
TOTAL	1967	100	285,80	100,0	100,0

TABLA 1: Transporte de pasajeros en Santiago: datos básicos para 1983



Puede apreciarse de la Tabla 1 con claridad que hay dos aspectos salientes en la comparación del transporte público con el privado, que se relacionan con el uso de energía de este sistema:

i) Alrededor de un 66% de los pasajero-kilómetros del sistema son transportados por los medios de transporte público, y un 34% por automóviles particulares.

ii) Alrededor de dos terceras partes de los vehículo-kilómetros del sistema corresponden a los automóviles, y una tercera parte a los vehículos de transporte público. El transporte individual, que incluye también a los taxis regulares, es responsable de un 84% de los vehículo-kilómetros recorridos.

Entre los factores que explican la preferencia por el transporte individual, para quienes pueden costearlo, está la significativa diferencia de tiempo de viaje entre este medio y los microbuses. Se estima que los viajes entre zonas periféricas y el centro demoran un 40% más en buses que en automóvil, y entre una zona periférica y otra aproximadamente el doble (Universidad Católica, 1978a). Inciden en esta diferencia diversos factores que se examinarán en los puntos que siguen.

b) Problemas de congestión

Se observa en la actualidad significativos problemas de congestión en el centro de la ciudad, y de saturación en el uso de algunas arterias principales durante las horas de punta. En la tabla 2 se presenta la contribución porcentual de cada medio al uso de vías en el centro.

Medio	Contribución al uso de vías en el centro (%)
Microbuses	21,5
Taxibuses	7,0
Taxis regulares	27,9
Automóviles	43,6
TOTAL	100,0

TABLA 2: Uso de espacio vial en el centro por medio (1983)

Los principales factores que inciden en la congestión son la existencia de períodos de punta y la estructura de los recorridos del transporte público.

i) Períodos de punta. De acuerdo a la encuesta origen-destino realizada en 1977, entre las 7:00 y las 9:00 se realiza un 25,3% de los viajes, y entre las 17:30 y las 19:30, un 18,7% de ellos (Universidad Católica, 1978a).

ii) Recorridos del transporte público. La estructura de estos recorridos está orientada a servir viajes del tipo periferia-centro, y obliga a transbordar en el centro para los viajes entre zonas periféricas. No obstante que sólo un 29,3% de los viajes totales en días de trabajo tienen como origen y/o destino el área central (Universidad Católica, 1978a), un porcentaje superior al 90% de los recorridos cruza ese sector de la ciudad (Universidad Católica, 1978b).

c) Sobrecapacidad del transporte público

Los medios de transporte público de superficie y los automóviles presentan en Santiago bajas tasas de ocupación. Al mismo tiempo, el ferrocarril metropolitano manifiesta subutilización de su capacidad de transporte. Los antecedentes correspondientes figuran en la Tabla 3.

Medio	Período de punta (%)	Período fuera de punta (%)	Promedio diario (%)
Microbús	51	32	38
Taxibus	76	48	57
Taxi regular	-	-	39
Taxi colectivo	-	-	42
Metro	-	-	50
Automóvil	43	36	38

(\*) Corresponde a subutilización y no a tasa de ocupación. Se refiere sólo a la Línea 1, aunque la subutilización de la Línea 2 es aún más aguda.

TABLA 3: Tasas de ocupación (\*) por medio en Santiago (1983)

d) Diferenciación socioeconómica

Como cabe esperar, el sistema de transporte refleja las diferencias socioeconómicas existentes. El uso de automóvil es generalizado en las áreas residenciales de mayores ingresos debido, entre otros factores, a sus ventajas como medio de transporte. Algunos indicadores de esta situación son los siguientes:

i) A la fecha de realización de la encuesta origen-destino el 40% de los viajes originados en Las Condes se realizaba en automóvil particular. Para Providencia esta cifra era del 24%, y para las restantes comunas ella fluctuaba entre el 4 y el 10% (Universidad Católica, 1978a).

ii) Además de los buses, en las zonas de menores ingresos se utilizan dos modalidades de transporte que no son significativas en las de encuesta origen-destino, en la Zona Sur de la ciudad se realizaba el doble de viajes a pie que en la Zona Oriente (Ibidem) 3/

3/ Con alta probabilidad esta proporción, que no ha sido medida posteriormente, es en la actualidad bastante superior. Diversos empresarios de microbuses y taxibuses comentaron a uno de los autores sobre las "camionetas masivas" que se observan a partir de 1977, como consecuencia de los altos niveles de desempleo y las alzas de tarifas del transporte público.



## 2.2 Uso de energía en el transporte de pasajeros

### a) Consumos de energía

El sistema de transporte de pasajeros de Santiago consume básicamente gasolina y petróleo diesel, y en menor proporción energía eléctrica. Este consumo representa un 9% del consumo final de energía en Chile, un 15% del consumo final de derivados del petróleo y un 34% del total de energía final

Medio	Gasolina 81 (m3)	Gasolina 93 (m3)	Petróleo diesel (m3)	Energía eléctrica (MWh)
Microbús	6.007	-	114.133	-
Taxibús	3.495	-	64.449	-
Taxi regular	19.069	82.733	1.894	-
Taxi colectivo	3.365	14.600	334	-
Metro (*)	-	-	-	75.201
Automóvil	48.688	315.887	4.758	-
TOTAL	77.780	413.220	185.568	75.201

(\*) Incluye energía para alumbrado, que corresponde al 28,7% del total.

TABLA 4: Fuentes y consumos de energía en el transporte de pasajeros de Santiago (unidades físicas, 1983)

Medio	Gasolina 81	Gasolina 93	Petróleo diesel	Energía eléctrica	Total
Microbus	49,2	-	1.092,7	-	1.141,5
Taxibus	5,3	-	617,0	-	622,3
Taxi regular	156,3	678,1	17,3	-	851,7
Taxi colectivo	27,6	119,7	3,1	-	150,4
Metro (*)	-	-	-	64,7	64,7
Automóvil	398,1	2.582,7	43,6	-	3.024,4
TOTAL	636,5	3.380,5	1.773,7	64,7	5.790,7

(\*) Incluye energía para alumbrado, que corresponde al 28,7% del total; se ha considerado la equivalencia teórica de 1Kwh=860Kcal.

TABLA 5: Fuentes y consumos de energía en el transporte de pasajeros de Santiago (Tcal, 1983)

utilizada en el transporte terrestre. La estructura de consumo de energía por medio y por energético aparece en las tablas 4 y 5. Cabe señalar que esta estructura manifiesta un alto uso de energéticos que el país debe importar, como son los derivados del petróleo, y un bajo uso de electricidad, que es un energético de origen nacional.

Las tablas 4 y 5 están entre los resultados más importantes del estudio que aquí se sintetiza. Las potencialidades de mejoramiento del uso de energía que se desprenden de los niveles de consumo presentados en ellos serán examinadas en las secciones que siguen.

#### b) Eficiencias relativas de los medios

Desde una perspectiva energética, el transporte colectivo -metro, microbuses y taxibuses- es considerablemente más eficiente, en unidades de energía por pasajero-kilómetro transportado, que el individual. De acuerdo a lo indicado en la Tabla 6, el rango de eficiencias energéticas varía de 1 a 17. En las condiciones de operación actuales el microbus consume en Santiago aproximadamente la tercera parte de la energía que consume el automóvil.

Medio	Consumo específico por pasajero-kilómetro (kcal/pas-km)	Indice relativo
Microbus	218	1,9
Taxibus	248	2,1
Taxi regular	1 936	16,7
Taxi colectivo	459	4,0
Metro	116	1,0
Automóvil	591	5,1

TABLA 6: Consumos específicos de energía por medio (1983)

#### 2.3. Impactos sociales del sistema de transporte

Las modalidades organizativas y operativas del sistema provocan impactos significativos sobre los usuarios, la ciudad y la sociedad en su conjunto. Se trata de impactos vinculados con la accesibilidad de los usuarios, la contaminación atmosférica en la ciudad y el uso de divisas para importar energía.

##### a) Accesibilidad

La accesibilidad a la ciudad de los usuarios del sistema de transporte de Santiago ha sido afectada de manera diferente según su nivel de ingreso. Las personas que utilizan automóvil perciben una creciente saturación



ción de las vías. Con ello, tanto los tiempos como los costos de los viajes se incrementan. La falta de alternativas adecuadas de transporte colectivo no contribuye al mejoramiento de esta situación. El principal factor que contribuye en esta dirección es el crecimiento del parque vehicular.

Los pasajeros que utilizan buses han visto afectadas sus posibilidades de transporte por diversos factores. Uno de ellos ha sido el alza de las tarifas en términos reales, que fue de un 100% en el período 1979-1984 (Ministerio de Transportes, 1985). Como consecuencia de ello los estratos de bajos ingresos habrían tenido que utilizar en 1984 un 12,4% de su ingreso disponible para realizar el número de viajes que en 1979 sólo requería un 4,6% de dicho ingreso <sup>4/</sup>. Esta alza, en conjunto con la caída de la actividad del país, ha motivado una menor venta de pasajes en los buses urbanos a partir de 1981, como se muestra en la Tabla 7. Ello implica que una proporción creciente de los viajes se realizan en otro medio (probablemente a pie) o simplemente no se realizan.

Año	Millones de pasajes
1977	965
1978	1 060
1979	1 112
1980	1 235
1981	1 296
1982	1 159
1983	1 077
1984	1 061

TABLA 7: Venta anual de pasajes de buses en Santiago

#### b) Contaminación atmosférica

Santiago presenta altísimos niveles de contaminación atmosférica que superan, sobre todo en otoño e invierno, los niveles tolerables recomendados por la Organización Mundial de la Salud. La presencia de contaminación da origen a una drástica reducción de la visibilidad y revela en forma notoria el fenómeno de inversión térmica que caracteriza a la ciudad. Esta contaminación es generada básicamente por partículas, óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC). El transporte es responsable importante de las emisiones globales de NOx, CO y HC en Santiago, como se observa en la Tabla 8. La Tabla 9, por su parte, detalla los aportes a esa contaminación que realiza

<sup>4/</sup> Elaboración propia a partir de la Encuesta de Presupuestos Familiares (INE, 1978), los índices de sueldos y salarios y los datos de tarifas señalados anteriormente.

cada medio. La fuente de estos antecedentes es el estudio de Titze (1983).<sup>5</sup>

La distribución espacial de contaminantes muestra una alta concentración en el centro de la ciudad, en las áreas que rodean al centro y en algunos sectores industriales. Para reducir la contaminación es necesario controlar parte de los factores que inciden en la contaminación. Ellos son básicamente el número de vehículos-kilómetro recorridos y la velocidad de circulación de cada medio. Las medidas de control deben contemplar tanto una disminución de los kilómetros recorridos por cada medio, en especial en el centro, como el logro de una velocidad de circulación relativamente constante.

Contaminantes	Proporción del total de emisiones (%)
Partículas	9,8
SOx	14,2
NOx	70,2
CO	96,4
HC	75,1

TABLA 8: Incidencia del transporte de pasajeros en las emisiones de contaminantes atmosféricos en Santiago

Tipo	Partículas	SOx	NOx	CO	HC
Automóviles	56,1	32,4	48,8	63,0	56,2
Taxis	18,4	10,6	16,0	20,9	18,6
Buses	25,5	57,0	35,2	16,1	25,2
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

TABLA 9: Participación de distintos vehículos en emisiones provocadas por el sistema de transporte de Santiago

#### c) Uso de divisas en energía

La operación de este sistema exige el uso de un monto considerable de divisas para importar combustibles, como se observa en la Tabla 10. Los US\$ 149 millones utilizados para estos efectos en 1983 corresponden a más

<sup>5/</sup> Las emisiones de la locomoción colectiva se estimaron suponiendo que un 56,5% del parque de buses era diesel, siendo la cifra real cercana al 95%. Es probable por ello que las emisiones reales de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> debidas al sistema de transporte de pasajeros sean mayores, y las de HC y CO menores que las estimadas por Titze.



del 25% de las divisas utilizadas por el país para importaciones de petróleo. El consumo de energía de este sistema representa, por lo tanto, un significativo drenaje de divisas a nivel nacional.

Medio	Valor de combustible utilizado (millones US\$)
Microbus	26,4
Taxibus	14,9
Taxi regular	22,8
Taxi colectivo	4,0
Automóvil	81,3
TOTAL	149,4

TABLA 10: Valor equivalente en divisas del combustible utilizado por el sistema de transporte de Santiago (1983)

### 3. Líneas de Acción

Hay gran cantidad de actores que intervienen en el sistema de transporte, jugando roles diferentes y buscando diversos objetivos, a veces en contrados. Pueden distinguirse, por ejemplo, empresarios, conductores y usuarios del transporte público, automovilistas, instituciones responsables de la infraestructura, Ministerios encargados de la operación del sistema y la determinación de sus parámetros económicos, servicios a cargo de los problemas de contaminación, y otros. La energía, para estos actores, no es más que un factor externo, cuyo costo en el caso del transporte público se traspasa a los usuarios vía tarifas. En la práctica, sólo les interesará la energía en la medida en que puedan actuar sobre ella, y puedan así mejorar sus posibilidades de alcanzar sus objetivos.

Por esta razón es que en este trabajo se ha enfocado a la energía directamente como objeto de acción y no sólo como objeto de análisis económico o tecnológico. Los criterios para estructurar el tema son básicamente de objetivos que puedan ser, y sean, diferenciados en la práctica por los actores. De este modo se puede obtener en forma directa una visión integrada de los vínculos entre la energía y la gestión de los transportes.

El método que se ha aplicado para examinar esta problemática en función de la acción es el de distinguir "líneas de acción" (Del Valle, 1985). Se denominará línea de acción a un sistema de actividades humanas, que tiene como propósito el logro de uno o varios objetivos comunes, y que es claramente identificado en la práctica por los actores --personas, grupos, instituciones-- interesados en esos objetivos. Cada una de estas líneas consta a su vez de líneas de acción particulares o sub-líneas, que tienen las mismas características de las líneas generales. Las líneas de acción identificadas en este estudio son las que se presentan en la Tabla 11.

El conjunto de estas seis líneas, con sus sub-líneas, constituye en

la actualidad el ámbito global de la acción posible en materia de energía en el sistema de transporte de Santiago. A partir de esta estructura de líneas de acción se ha sistematizado el planteamiento general del problema abordado por este estudio. Tal sistematización consta de tres partes.

i) Diagnóstico. Las líneas de acción constituyen un listado ordenado de las áreas en que se presentan actualmente los principales problemas de transporte vinculados a la energía. No hay "un" problema de este tipo, sino un sistema de problemas estrechamente interconectados. Cada uno de los problemas señalados en la sección anterior corresponde a una o más líneas de la lista. Este método permite además realizar un diagnóstico institucional, en el cual se examina la capacidad existente para percibir los problemas y las potencialidades, y para actuar sobre ellos con eficacia.

ii) Potencialidades. En cada línea de acción existen potencialidades concretas de contribuir al mejoramiento del sistema de transporte. Tales potencialidades pueden ser medidas en términos técnicos o económicos, y pueden ser evaluadas por los propios actores. Las potencialidades suelen consistir en capacidades que estaban mal utilizadas o en ineficiencias que se descubren. Así este método identifica alternativas de acción y descubre recursos potenciales, yendo más allá de la planificación convencional, que sólo selecciona entre alternativas pre-existentes y asigna recursos disponibles.

Línea de Acción	Sub-líneas de Acción	Componentes
RENDIMIENTO ENERGETICO DE VEHICULOS	Mantenición de Vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación de factores determinantes</li> <li>- Programas y controles de mantención preventiva</li> <li>- Capacitación de empresarios</li> <li>- Fomento y control de servicios de mantención</li> <li>- Capacitación de mecánicos</li> <li>- Difusión de mejoras posibles</li> <li>- Educación a dueños de automóviles</li> </ul>
	Conducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Educación en técnicas ahorrrativas</li> <li>- Separación de funciones de conductor y cobrador</li> <li>- Establecimiento de controles de velocidad</li> </ul>
	Innovación Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporación de tecnologías disponibles</li> <li>- Generación o adaptación de tecnologías nuevas</li> </ul>

TABLA 11: Líneas de acción del sistema de transporte de pasajeros de Santiago



Línea de Acción	Sub-líneas de Acción	Componentes
CIRCULACION DE BUSES Y METRO	Regulación de Frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecanismos de coordinación</li> <li>- Capacitación de empresarios</li> <li>- Control externo de frecuencia</li> </ul>
	Reestructuración Interconectada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarifas de combinación entre buses y con metro</li> <li>- Estaciones de transferencia</li> </ul>
	Regulación de la Renovación del Parque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitación del crecimiento del parque actual</li> <li>- "Poder comprador" de buses</li> </ul>
CIRCULACION DE TAXIS	Limitación del Parque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecanismos de limitación de crecimiento</li> <li>- Mecanismos de reducción a futuro</li> </ul>
	• Regulación de la Circulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ampliación de paradero</li> <li>- Mecanismos de coordinación</li> <li>- Desincentivo a circulación en el centro</li> <li>- Revisión de ámbito de acción de colectivos</li> </ul>
CIRCULACION DE AUTOMOVILES	Alternativas Colectivas de Calidad Equivalente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo a creación de buses expresos, líneas de taxis colectivos y otros</li> <li>- Apoyo económico y técnico a empresarios</li> <li>- Información a usuarios</li> <li>- Estacionamientos en accesos al metro</li> </ul>
	Desincentivo al Uso de Automóvil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitación de estacionamiento y restricción de ingreso a ciertas zonas</li> <li>- Campañas de desincentivo</li> </ul>
	Mejoramiento de Tasas de Ocupación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campañas de fomento al "car pooling"</li> <li>- Sistemas de coordinación entre usuarios</li> </ul>

TABLA 11: Líneas de acción del sistema de transporte de pasajeros de Santiago (cont.)

Línea de Acción	Sub-líneas de Acción	Componentes
GESTION DE TRAFICO	Prioridades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías y pistas exclusivas para buses</li> <li>- Paraderos diferidos</li> <li>- Priorización de buses en la señalización</li> </ul>
	Señalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordinación de semáforos para minimizar detenciones</li> <li>- Apoyo técnico y en recursos a municipalidades</li> <li>- Información a los usuarios</li> </ul>
DESARROLLO FUTURO DEL SISTEMA	Ampliación Metro, Tranvías o Trolebuses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de desarrollo para el sistema de transporte</li> <li>- Estudio de proyectos específicos</li> </ul>
	Fomento de la Bicicleta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inclusión de ciclovías en planes reguladores</li> <li>- Educación</li> <li>- Promoción con fines de trabajo o estudio</li> <li>- Incentivo al uso recreativo</li> </ul>
	Vehículos más Eficientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecanismos para incorporar buses más eficientes</li> <li>- Incentivos al uso de taxis más pequeños</li> <li>- Mecanismos de incentivo a la compra de vehículos más eficientes</li> </ul>
	Uso de Espacio Urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límite urbano</li> <li>- Incluir densificación y diversificación en planes reguladores</li> <li>- Criterios sobre expansión urbana</li> </ul>

TABLA 11: Líneas de acción del sistema de transporte de pasajeros de Santiago (cont.)

iii) Institucionalidad. Las líneas de acción proporcionan directamente una base para organizar la acción. Cada una puede constituir un proyecto concreto destinado a resolver los correspondientes problemas y aprovechar las correspondientes potencialidades. En las potencialidades reside la capacidad de motivar esa acción y de generar o movilizar recursos para ella. Toda línea de acción válida debería



llegar a ser gestionada, para poder realmente alcanzar los objetivos que le pertenecen.

En el mundo real los problemas, las potencialidades y las perspectivas de acción no son separables en la práctica. El problema nunca queda formulado por completo; se lo va formulando a medida que se van conociendo mejor las potencialidades desaprovechadas --que pueden también ser vistas como problemas-- y se van identificando y evaluando oportunidades para actuar. El resto de este trabajo señala algunas potencialidades y algunas oportunidades concretas para organizar la acción en forma eficaz.

#### 4. Potencialidades y Proyectos de Mejoramiento

En esta sección se entrega una síntesis de las potencialidades de mejoramiento del sistema de transporte de pasajeros de Santiago que se identificaron en el estudio, y que se vinculan con el uso de energía de este sistema. Las potencialidades han sido evaluadas para las cuatro primeras líneas de acción presentadas en la Tabla 11. En el texto se entregan, a continuación, los supuestos de cálculo correspondientes. Las medidas específicas mediante las cuales las potencialidades podrían ser aprovechadas están señaladas en la columna "componentes" de la Tabla mencionada.

##### 4.1. Perspectivas de ahorro energético

El sistema de transporte de pasajeros de Santiago presenta significativos potenciales de reducción del consumo de energía. La Tabla 12 resume la estimación de algunos de estos potenciales.

Se ha estimado que la actual estructura de este sistema lleva a que se consuman, cada año, 201 000 m<sup>3</sup> de combustible que podrían evitarse. Una gestión de la operación del sistema, como la aquí supuesta, que considere sus aspectos energéticos, podría conducir a una disminución del 57% en el consumo de combustible de los buses, 43% en el de los taxis, y 16% en el de los automóviles. Esto daría una disminución del 31% en el consumo total actual. Tal reducción tiene un equivalente CIF a US\$ 44,2 millones anuales, considerando el precio del petróleo crudo a 220 US\$/m<sup>3</sup>

##### a) Mejoramiento de rendimiento de vehículos

Se observa en Santiago la existencia de recorridos de buses que --con los mismos vehículos-- tienen eficiencias significativamente diferentes. Siendo el promedio para taxibuses de 3,0 km/l, hay líneas que tiene vehículos que llegan a los 4,5 km/l. Estas variaciones probablemente se deben tanto al estado de mantención de los vehículos --regulación de bomba inyectora, presión de neumáticos, compresión, etc.-- como a las prácticas de conducción. Aun cuando la falta de experiencias e información dificulta establecer con precisión la eficacia de las correspondientes acciones de mejoramiento, es posible estimar aumentos de rendimiento entre 10 y 20% para mantención y para conducción. Si se supone que en conjunto estas acciones permitirían una mejora de rendimiento de 30%, se alcanzaría el ahorro de 43 000 m<sup>3</sup> señalado en la Tabla 12. El valor CIF de los combustibles ahorrables es de US\$ 9,5 millones.

Línea de acción	Buses	Taxis	Automóviles	TOTAL
Mejoramiento del rendimiento (*)	43	9	26	78
Regulación de circulación (*)	70	41	37	148
TOTAL (**)	96	45	60	201

(\*) Considera los ahorros con respecto al sistema actual (1983).

(\*\*) El efecto de las acciones de ambos tipos sobre los consumos ha sido calculado en forma independiente. Los efectos no son sumables directamente ya que, por ejemplo, si se regula la circulación el total de combustible consumido baja, y por tanto es menor la reducción de consumo debida a mejoras de rendimiento.

TABLA 12: Ahorros potenciales estimados (miles m3)

En cuanto a los taxis y automóviles, se ha estimado por consideraciones similares que medidas de mejora en la mantención permitirían un ahorro de 5% en el consumo de combustibles, y que se podría ahorrar una cantidad semejante por concepto de mejor conducción. Esto permitiría alcanzar un menor consumo cercano al 7% anual, equivalente a 9 000 m<sup>3</sup> en los taxis y 26 000 m<sup>3</sup> en los automóviles. Los valores CIF de los combustibles ahorra**bles** son de US\$ 2,0 y US\$ 5,7 millones respectivamente.

#### b) Circulación de buses

Las bajas tasas de ocupación medidas en los buses --38% promedio en microbuses y 57% en taxibuses-- permiten proponer la reducción de la actual frecuencia de circulación de los diversos recorridos, en especial en los períodos fuera de punta. Se ha tomado como base de estimación una regulación tal que aumente las tasas de ocupación a un 70% en los microbuses y 75% en los taxibuses, tanto en períodos de punta como fuera de punta. Como consecuencia los vehículo-kilómetros totales recorridos por ambos tipos de buses disminuirían en un 36%, y en igual proporción se reduciría el consumo de combustibles. Esto equivale a un ahorro anual de 70 000 m<sup>3</sup> de petróleo diesel, cuyo valor CIF es de US\$ 15,3 millones.

Una reorganización del transporte público más allá de la regulación de frecuencias debería considerar la disminución de los recorridos que pasan por el centro, la combinación entre distintas líneas y de éstas con el metro --evitando las duplicaciones de recorrido, y la adecuación del tamaño de los vehículos a la demanda que sirvan. La evaluación de beneficios potenciales de un proyecto de esta envergadura supera el ámbito del estudio que aquí se sintetiza.



c) Circulación de taxis

Los taxis también presentan bajas tasas de ocupación en Santiago, que son del orden del 39%. Ello permite estimar ahorros potenciales asociados a una regulación de su circulación. Si por ejemplo se disminuyera a la mi tad el número de vehículos autorizados a circular diariamente y dichas ta- sas se acercaran así al 65% se puede estimar en forma conservadora que es- ta medida llevaría a una disminución de un 40% de los vehículo-kilómetros recorridos. Esto significaría un ahorro de 41 000 m<sup>3</sup> de combustible anual, con un equivalente CIF de US\$ 9,0 millones.

d) Circulación de automóviles

La disminución de la circulación de automóviles depende fundamental- mente de que el servicio de transporte público sea una alternativa que atraiga a sus usuarios actuales y potenciales, de modo que tengan incen- tivo para cambiar de medio. La estructuración de un sistema integrado de transporte de buses en Curitiba --una ciudad de 1 000 000 hab.-- por ejem- plo, permitió reducir la circulación promedio diaria de automóviles en 4 000 vehículos, a la vez que aumentar en 9% el número de pasajeros trans- portados en buses. Se incluyó la creación de buses selectivos para unir los sectores de ingresos altos con el centro, observándose que un 72% de sus pasajeros eran antiguos usuarios de automóviles (Prefeitura de Curi- tiba, 1981).

Por otra parte, pueden aplicarse medidas orientadas a desincentivar el uso de automóvil. Noll (1982) estima que para Singapur, ciudad en la que se establecieron medidas en este sentido, se logró un ahorro de entre 30 y 40% en el uso de combustibles, con respecto al total usado previame te por los automóviles que ingresaban a este sector.

Las experiencias señaladas son particulares a cada ciudad, y la eva- luación de acciones como las mencionadas debe realizarse sobre la base de estudios más acabados de sus consecuencias. Parece probable, de acuerdo a lo expuesto, que en Santiago medidas como éstas puedan tener impactos importantes sobre el uso del automóvil. De lograrse una reducción de un 10% en los vehículo-kilómetros recorridos por este medio, disminuiría en 37 000 m<sup>3</sup> el consumo anual de combustibles, con un equivalente CIF de US\$ 8,1 millones.

4.2. Impactos económicos, sociales y ambientales

A partir de los potenciales de ahorro de energía recién presentados es posible realizar una estimación preliminar de sus impactos globales so bre la ciudad de Santiago, sus habitantes, y la sociedad chilena en gene- ral.

a) Ahorro de divisas

En la Tabla 13 se entregan los equivalentes CIF en divisas de los ahorros de combustibles presentados anteriormente. Se desprende de esta tabla que las importaciones de combustibles podrían disminuir en casi US\$ 44 millones al año. Alrededor de dos tercios de esta disminución pro



vendrían de actuar sobre la circulación de los vehículos, y un tercio de mejorar sus rendimientos energéticos. La línea de acción en la que se presenta un mayor potencial de ahorro es la de regulación de la circulación de buses. Su magnitud es tal, que justifica plenamente el estudio en mayor detalle de alternativas de organización para este sistema. Lo mismo sucede con las restantes líneas de acción, donde los ahorros previstos anualmente son cuantiosos.

Línea de acción	Buses	Taxis	Automóviles	TOTAL
Mejoramiento del rendimiento (*)	9,5	2,0	5,7	17,2
Regulación de circulación (*)	15,4	9,0	8,1	32,5
TOTAL (**)	21,1	9,9	13,2	44,2

(\*) Considera los ahorros con respecto al sistema actual (1983).

(\*\*) El efecto de las acciones de ambos tipos sobre los consumos ha sido calculado en forma independiente. Los efectos no son sumables directamente ya que, por ejemplo, si se regula la circulación el total de combustible consumido baja, y por tanto es menor la reducción de consumo debida a mejoras de rendimiento.

TABLA 13: Equivalente CIF de los ahorros de energía estimados (US\$ millones)

#### b) Impactos sociales

Los recursos que estas potencialidades permiten liberar, si se gestiona adecuadamente la dimensión energética del transporte de pasajeros en Santiago, hacen posible lograr en forma simultánea impactos sociales positivos para todos los actores interesados en este sistema. A modo ilustrativo pueden indicarse los siguientes:

i) Las tarifas para los usuarios podrían reducirse, disminuyendo su incidencia en los presupuestos de las familias de menores ingresos y haciendo accesible el sistema de transporte a muchos que hoy no pueden utilizarlo por razones de costo.

ii) Los empresarios de buses y taxis se beneficiarían por rebajas en sus costos de energía, por mayores vidas útiles al aplicarse mantenimiento preventiva, por menor uso de sus equipos, y por posibles aumentos de demanda si se rebajan las tarifas y se incentiva a los usuarios de automóviles para cambiarse al transporte público.

iii) Las medidas de regulación de circulación necesariamente se traducirían en reducciones de tiempo de trabajo del personal de conduc-

tores. Ello, sin embargo, no necesariamente debe implicar disminución en el empleo que genera el sistema de transporte de pasajeros de Santiago --de 54 000 personas--, ya que no se consideran reducciones en los beneficios de los empresarios. Además, los beneficios globales que generan estas medidas permitirían aumentar el empleo en el sistema, por ejemplo introduciendo cobradores en los buses --lo cual es una componente de las mejoras en la conducción-- o desarrollando una más amplia actividad de mantención mecánica de vehículos.

### c) Reducción de contaminación atmosférica

En la Tabla 14 se presenta la reducción porcentual de emisiones que corresponde a las medidas propuestas. Las cifras se refieren tanto a las menores emisiones del sistema de transporte como a la reducción total de la contaminación del Gran Santiago.

Contaminante	Reducción de emisiones del transporte (%)	Reducción de emisiones en la ciudad (%)
Partículas	32	3
SOx	42	6
NOx	35	25
CO	30	29
HC	32	21

TABLA 14: Reducción potencial de contaminación atmosférica

## 5. Conclusión

De los antecedentes y las propuestas que se han presentado en este trabajo puede concluirse sin lugar a dudas que es de alta conveniencia para el país considerar seriamente la dimensión energética en la gestión del transporte de pasajeros de Santiago. Las potencialidades de mejoramiento del sistema que se han identificado han permitido estimar, en forma conservativa, un ahorro anual alcanzable del orden de los US\$ 44 millones, junto con significativos beneficios sociales y ambientales.

Cabe señalar que, en todos los casos, las medidas propuestas para lograr estos beneficios son sólo de tipo organizativo, y no requieren de inversión en infraestructura de transporte ni en nuevos vehículos. Son, además, medidas que pueden generar resultados en un corto plazo. Los costos de cada una no han sido medidos en este estudio, aunque por las razones señaladas puede considerarse que son significativamente bajos frente a los beneficios que se han estimado.

El aprovechamiento de estas potencialidades requiere la formulación y evaluación de proyectos específicos. Ellos aquí sólo están identificados. Tal formulación y evaluación puede realizarse sin necesidad de modificación



nes en la estructura institucional actual de gestión de los transportes ni de la energía. Un modo de abordarla consistiría en la creación de un grupo de proyectos ad-hoc, integrado por especialistas en transporte, que tome estos estudios a su cargo y que cuente con respaldo técnico en lo referente a sus impactos energéticos. Los proyectos que resulten factibles serían ejecutados posteriormente por los organismos competentes.

## Referencias

- CITRA Ltda. (1983) Impactos del proyecto Plaza Baquedanos sobre esquemas de de operación del centro. Informe Final, Volumen I. Estudio realizado para la ilustre Municipalidad de Santiago.
- DEL VALLE, A. (1985) Planificación energética como proceso de organización. Programa de Investigaciones en Energía. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.
- INE (1978) Encuesta de Presupuestos Familiares en el Gran Santiago. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago.
- INECON (1983) Estimación del consumo de combustible en bombas. Estudio realizado para COPEC, por Ingenieros y Economistas Consultores Ltda., Santiago.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES (1985) Santiago de Chile y su Sistema de Transporte. Monografía para el Proyecto EBTU/CEPAL, versión preliminar, Santiago.
- NOLL, A. (1982) Transportation energy conservation in developing countries. Discussion Paper D-73K. Energy in Developing Countries Series, Resources for the Future, Washington D.C.
- O'RYAN, R. (1985) Energía y transporte de pasajeros en Santiago: impactos de una gestión integrada. Programa de Investigaciones en Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA (1981) Medidas para Economía de Combustível. A proposto de Curitiba. Avaliacao dos Resultados. Curitiba.
- TITZE, M. (1983) Incidencia de la Variable Contaminación Atmosférica en la Evaluación de Proyectos de Transporte Urbano. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.
- UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE (1978a), Encuesta de Origen y Destino de Viajes 1977 para el Gran Santiago. Convenio realizado por el Departamento de Ingeniería de Transporte, U.C. para el Ministerio de Obras Públicas de Chile, Santiago.
- UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE (1978b) Estructuración de la Red de Transporte Colectivo de Santiago. Informe Final, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.