

Evaluación de los instrumentos de política para el control de la contaminación por emisiones vehiculares utilizados en la Región Metropolitana

Juan Escudero y Alejandro Cofre

Juan Escudero Ortúzar es Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Master of Science, Sistema de Transporte MTT. Estudios de Posgrado en Desarrollo Urbano, Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. Secretario Ejecutivo, Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana.

Alejandro Cofre Calafes Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile y Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Industrial de la misma universidad. Profesor part-time del curso de economía del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile. Director Técnico de la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana y Coordinador Técnico del Programa de Control de Emisiones de Fuentes Fijas, programa conjunto del Servicio de Salud Metropolitana del Ambiente y de la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Situación geográfica

La ciudad de Santiago se encuentra ubicada en una cuenca rodeada por montañas, con bajas precipitaciones y gran estabilidad atmosférica (baja velocidad y turbulencia de vientos), con la constante presencia de una inversión térmica de altura. A esto se añade la aparición de inversiones térmicas radiactivas de superficie durante los meses de invierno. Estas condiciones se traducen en una insuficiente ventilación de la cuenca y una limitada capacidad de la atmósfera para diluir y dispersar los contaminantes emitidos por las distintas actividades que coexisten en la ciudad.

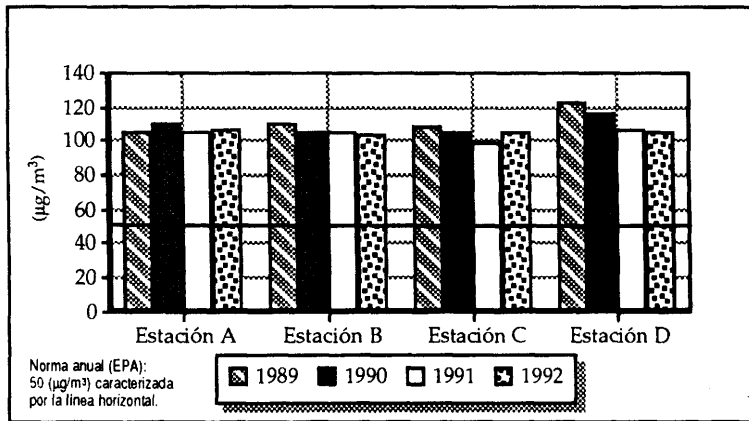
Las mencionadas condiciones son comunes para toda la macrozona central de Chile y hacen que la ciudad presente niveles de contaminación atmosférica que son desusadamente altos para una ciudad con sus niveles de emisión. Es decir, ciudades de países desarrollados cuyas actividades tienen emisiones mayores que Santiago, presentan calidades ambientales mucho mejores. Por lo tanto, para descontaminar Santiago es necesario efectuar inversiones y esfuerzos proporcionalmente mayores a los incurridos en ciudades de otras latitudes.

12 La contaminación atmosférica en la Región Metropolitana: período 1989-1992

El contaminante crítico en la ciudad de Santiago es el material particulado.

El Gráfico 1 muestra los promedios anuales para la fracción respirable de los años 1989 a 1992, calculados para las cuatro principales estaciones bases que monitorean la calidad del aire en la zona central de la ciudad.¹ Se observa que la norma anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es superada ampliamente, con un promedio anual de PM_{10} , 2,17 veces mayor que el valor de la norma. Se observa, además, que la Estación D, ubicada al suroriente del centro, registra las concentraciones más altas, con un promedio 2,31 veces mayor que la norma.²

GRÁFICO 1 PROMEDIOS ANUALES. FRACCIÓN RESPIRABLE (PM10)



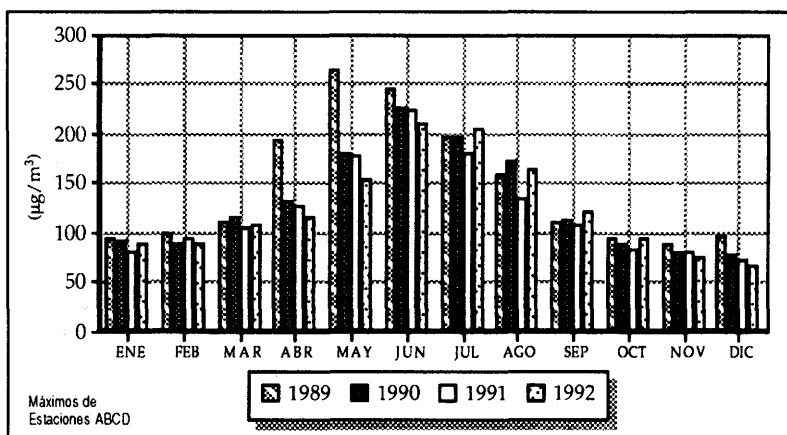
El Gráfico 2 muestra los promedios mensuales para los mismos datos de la concentración de fracción respirable. En este gráfico se visualiza una clara estacionalidad, en la que se obtienen los mayores valores entre los meses de abril y septiembre, en los cuales la norma de 24 horas, correspondiente a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es superada en forma frecuente. El número de días por mes en que esto ocurre puede ser observado en el Cuadro 1.³

¹ Datos producidos por la red automática de monitoreo de calidad del aire de la Región Metropolitana (MACAM), establecida en 1988 y operada por el Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana.

² No es norma oficial chilena. Corresponde a la equivalente establecida por la EPA, Environmental Protection Agency, de Estados Unidos.

³ El índice de calidad del aire referido a partículas ICAP se calcula por

GRÁFICO 2 PROMEDIOS MENSUALES. FRACCIÓN RESPIRABLE (PM10)

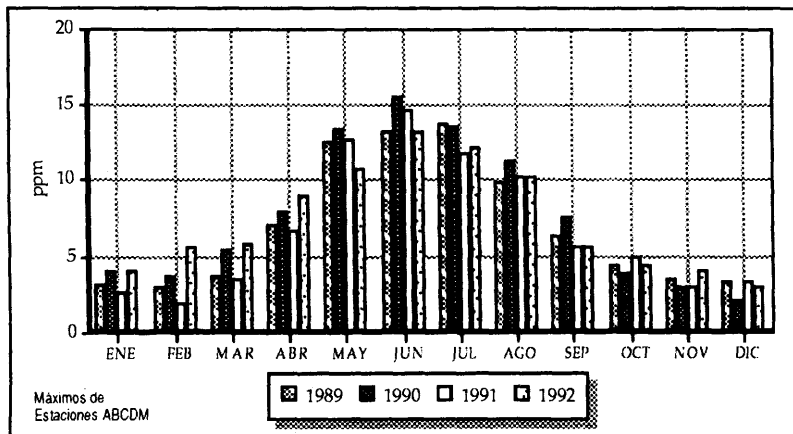


CUADRO 1 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE REFERIDO A PARTÍCULAS (ICAP) (Número de días por mes que se superan los índices señalados)

Meses	ICAP 100			ICAP 300			ICAP 500		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Abril	9	7	5	2	1	0	1	0	0
Mayo	18	16	12	5	6	2	1	0	0
Junio	25	19	19	11	9	9	3	1	0
Julio	24	17	24	8	5	6	0	0	3
Agosto	18	8	16	6	0	3	1	0	0
Septiembre	4	2	7	1	0	0	1	0	0
Octubre	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	69	84	33	21	20	7	1	3

interpolación lineal entre los siguientes valores: el ICAP 100 equivale a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondiente a la norma diaria; el ICAP 300 corresponde a una concentración de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el ICAP 500 a $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

GRÁFICO 3 PROMEDIOS MENSUALES. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)



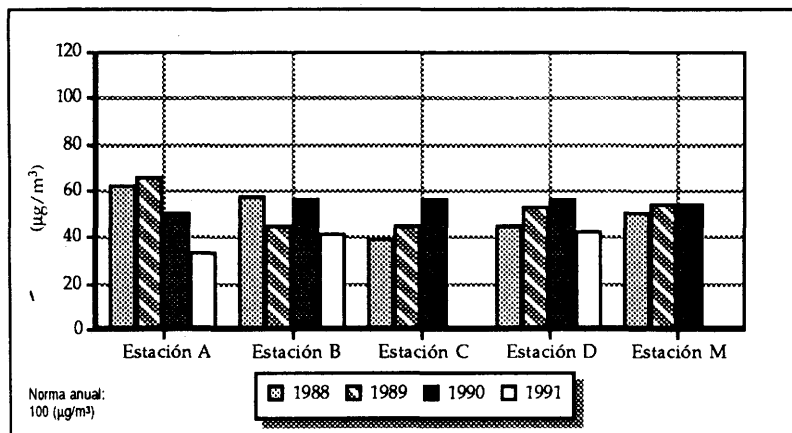
CUADRO 2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
(Número de días por mes que se superan los índices señalados)

Meses	ICAG 100			ICAG 300			ICAG 500		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Marzo	2	0	3	0	0	0	0	0	0
Abril	8	8	13	0	0	0	0	0	0
Mayo	24	21	16	0	0	0	0	0	0
Junio	24	22	20	2	2	0	0	0	0
Julio	22	24	22	0	0	0	0	0	0
Agosto	19	13	17	0	0	0	0	0	0
Septiembre	9	3	1	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	108	92	94	2	2	0	0	0	0



La contaminación por sustancias gaseosas es también considerable. El Gráfico 3 muestra los promedios mensuales de la concentración de monóxido de carbono, calculados a partir del máximo promedio móvil de 8 horas registrado diariamente en cada una de las cuatro estaciones monitoras. En este gráfico se visualiza una clara estacionalidad similar a la del PM10, con máximas en los meses de invierno. En el período de abril a septiembre, la norma (9 ppm) es superada en aproximadamente un 20% de los períodos de 8 horas. El Cuadro 2 presenta el número de días de cada mes en que se superan los índices de calidad del aire referidos a monóxido de carbono (ICACO), correspondientes a los tres últimos años.⁴

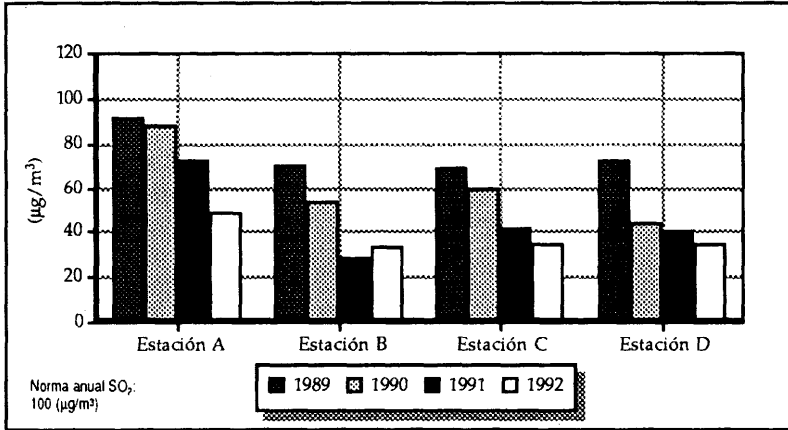
GRÁFICO 4 PROMEDIOS ANUALES. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)



El Gráfico 4 muestra los promedios anuales para el dióxido de nitrógeno (NO₂) de los cuatro últimos años, calculados para las mismas cuatro principales estaciones monitoras que cubren el centro de Santiago. Se observa que en el año con mayores índices, el promedio anual de 64 µg/m³ es inferior a la norma de calidad de aire (100 µg/m³).

⁴ El ICACO 100 equivale a la concentración que define la norma de 8 horas de 9 ppm. 30 y 50 ppm corresponden al ICACO 300 y 500, respectivamente, siendo definido el primero como crítico y el segundo como peligroso.

GRÁFICO 5 PROMEDIOS ANUALES. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)



El Gráfico 5 muestra los promedios anuales para el dióxido de azufre (SO₂) de los cuatro últimos años. Se observa que la norma anual de 80 µg/m³ sólo ha sido superada en una de las estaciones en los años 1989 y 1990. Problemas locales de mayor gravedad han sido observados en las inmediaciones de dos grandes fuentes industriales.

El monitoreo de oxidantes fotoquímicos, cuyos datos históricos son más breves y discontinuos, revela un problema de magnitud relativa comparable a la del monóxido de carbono, con la estacionalidad complementaria. Esto es, con máximas en los meses de verano.

1.3. Jerarquía de problemas

Al comparar las concentraciones de los distintos contaminantes medidos por la red MACAM con los índices de peligrosidad para la salud humana definidos en los Cuadros 1 y 2, se puede concluir que la ciudad de Santiago presenta diversos problemas de contaminación atmosférica que requieren la adopción de políticas específicas para su control:

- Material particulado, especialmente su fracción respirable (PM10), que ha sido asociada con graves efectos sobre la



salud de la población metropolitana.⁵ Este tipo de contaminación tiene su mayor expresión entre los meses de abril y septiembre.

- Monóxido de carbono (CO), en los mismos meses.
- Oxidantes fotoquímicos expresados, como el ozono (O₃),⁶ en los meses de verano.
- Óxidos de azufre que han sido detectados en concentraciones peligrosas solamente en términos locales y en clara asociación con fuentes identificables.

La naturaleza y gravedad de los citados problemas definen también la escala y urgencia de la acción requerida para abordarlos.

El material particulado —por los niveles de concentración alcanzados, los efectos que le han sido atribuidos y la amplitud del área impactada— amerita un plan de acción masivo y urgente, destinado a rebajar sustancialmente las emisiones de todas las fuentes contribuyentes.

Los problemas de monóxido de carbono y ozono están en niveles tales, que una política de contención o disminución gradual parecen suficientes. Además, se verá a continuación que ambos tienen un origen común en los vehículos, cuyas tasas de crecimiento indican la conveniencia de iniciar estas acciones en forma inmediata.

Los problemas de óxidos de azufre, en cambio, presentan características que corresponden más bien al ámbito abordable por medidas puntuales, orientadas a las fuentes específicamente identificadas como responsables.

14. Participación de las fuentes móviles

El aporte a la contaminación del aire de Santiago atribuible a los distintos tipos de fuentes emisoras se presenta en el Cuadro 3.

⁵ Los efectos de la contaminación por partículas han sido investigados en: Estudio Epidemiológico sobre efectos de la Contaminación Atmosférica, Intendencia Región Metropolitana SERPLAC, diciembre de 1989, y Genotoxicidad de extractos orgánicos obtenidos del material particulado del aire de Santiago de Chile. Lionel Gil H. y otros. Depto. de Bioquímica, Fac. de Medicina. U. de Chile. *Rev. Chilena Enf. Respir.* 1991,7, pp. 216-222.

⁶ Este es un contaminante secundario producido por la reacción de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en la presencia de radiación ultravioleta.

CUADRO 3 APOORTE PORCENTUAL PROMEDIO ANUAL DE LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Fuente	APOORTE A LA EMISION(1)					APOORTE A INMISIÓN PM10 (2)
	CO %	NO _x %	COV %	SO _x %	PM10 %	
Industria	10	8	29	82	20	6
Vehículos a gasolina	79	59	44	9	5	6
Vehículos diesel	2	31	4	4	19	71
Residencias y otros	9	2	23	5	7	2
Polvo natural	-	-	-	-	49	15

FUENTES: (1) Universo de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos e inventario real de emisiones para Santiago. IRM/Cade Idepe, 1989. (2) Caracterización físico/química de material particulado. SSMA/ U. de Chile, 1985.

Del cuadro anterior se infiere que en términos porcentuales el mayor aporte a la contaminación de partículas respirables proviene del polvo de calles y caminos (49%), seguido de fuentes fijas (20%) y luego los vehículos diesel (19%).

Sin embargo, las emisiones de PM10 de la locomoción colectiva se encuentran en el tramo inferior del material particulado (menores a 1 micrón) y presentan densidades muy bajas. Por lo tanto, permanecen en suspensión por largos períodos.

Estas características explican que su participación porcentual en las partículas captadas por las estaciones de monitoreo sea superior, tal como se presenta en la última columna del Cuadro 3.

Para gases el mayor aporte lo hacen las fuentes móviles:

- En NO_x la participación global de transporte es 90%, compuesto por vehículos a gasolina, 59%, y diesel, 31%.
- En CO y en COV, los vehículos diesel son irrelevantes, pero los automóviles aportan el 79 y 48%, respectivamente.
- Para SO_x el aporte más importante corresponde a fuentes fijas con 82%.

De estas cifras se desprenden orientaciones claras para la política de control de emisiones: el plan de rebajas en la emisión de material particulado debe abarcar todos los tipos de fuentes, con énfasis en transporte público y polvo natural; la contención de los problemas de monóxido y ozono debe referirse primordialmente a los automóvi-

les; y el control de los problemas puntuales de SO₂ recae exclusivamente sobre la industria.

15. Dinámica de crecimiento

La ciudad de Santiago continúa en un proceso de rápido crecimiento. En los últimos 15 años, período 1977-1991, según las encuestas origen-destino 1977 y 1991,⁷ su población aumentó en 30%, de 3,5 a 4,5 millones. Al mismo tiempo, su parque automotor, identificado como un agente protagónico de los problemas de contaminación más importantes, aumentó en 94%, de 208 a 405 mil, considerando únicamente vehículos livianos. Además, el número de viajes aumenta en 132%, de 3,6 a 8,4 millones de viajes diarios. Por otro lado, el modo automóvil privado (sin considerar taxi) aumentó de 10 a 16%; en cambio, el modo bus-taxibús-Metro disminuyó del 70 a 54%.⁸

El «Estudio Estratégico del Transporte Urbano de Santiago» (ESTRAUS), terminado en 1990, entrega además algunas tendencias alarmantes para la próxima década, resumidas en el Cuadro 4: el número de hogares creciendo al 3,1% anual, los automóviles aumentando al 7,7% anual y la generación total de viajes aumentando al 2,8% anual, con el grueso del crecimiento captado por el automóvil particular.

CUADRO 4 PROYECCIÓN DEL NUMERO DE HOGARES, VIAJES Y PARQUE DE AUTOMÓVILES

Proyección	1991	2001	% Crecim. Anual
Hogares (miles)	1.120	1.520	3,1
Automóviles (miles)	422	885	7,7
Viajes /día (miles)	7.500	9.900	2,8

⁷ Encuesta origen-destino de viajes del Gran Santiago 1991. La comparación debe tener presente que existe un mayor nivel de calidad de información para la encuesta del año 1991.

⁸ Según las encuestas origen-destino, el modo bus-taxibús disminuye del 66,4% al 47,9%, pero el modo Metro aumenta del 3,3 al 6,4%, funcionando en 1977 con la Línea 1 no terminada.

Estos cambios estructurales han sido atribuidos al hecho de que la dinámica demográfica está siendo acompañada por un crecimiento de los ingresos. Este último proceso está haciendo pasar a grupos importantes de población hacia estratos de ingresos superiores, donde pasan a tomar acceso a nuevas formas de consumo (incluido el automóvil), muchas de las cuales requieren de una mayor movilidad.

Las tasas de aumento de la flota de automóviles y de su uso imponen un sentido de urgencia al requerimiento de política anteriormente planteado, de contener el crecimiento de las emisiones generadas por este tipo de fuentes. Por otro lado, las proyecciones relativas al transporte público y al privado indican que las tendencias de crecimiento de las emisiones de los buses son bajas, condicionando ello en forma fundamental la política de transporte. Como se explica en el capítulo siguiente, las políticas de transporte y de control de las emisiones vehiculares están indisolublemente conectadas.

II. MARCO DE ANÁLISIS

2.1, Enfoque teórico de la política ambiental

El objetivo de una política ambiental puede ser planteado en términos de la búsqueda de un balance óptimo entre el logro de una máxima calidad ambiental y un máximo desarrollo de actividades socialmente deseables que utilizan el medio ambiente.

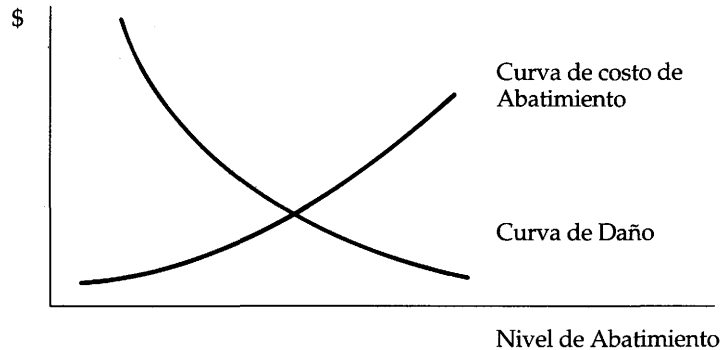
Un ambiente deteriorado implica un daño a la calidad de vida, que es, en cierto modo, una contrapartida a los efectos beneficiosos que la actividad humana pretende generar como primera intención.

La «curva de costos de abatimiento» es una herramienta analítica que ha sido desarrollada para expresar el valor de los recursos necesarios para realizar, de la mejor manera posible en cada una de las actividades componentes, una determinada cuantía de rebaja en el daño causado por un conjunto de actividades específicas, relativas a una situación inicial en la que no se realiza ningún esfuerzo por aminorarlo.

La teoría económica permite demostrar que se alcanza una situación de máximo beneficio global cuando se ha aumentado el esfuerzo por abatir el daño hasta un punto en que el costo de abatimiento, que aumenta con el esfuerzo, llega a igualar el costo del daño produci-

do, que va disminuyendo a medida que el esfuerzo de abatimiento aumenta.

GRÁFICO 6



La curva de costo de abatimiento ha resultado ser bastante más sencilla de estimar que la curva de daño, en gran medida porque involucra la medición y valoración de recursos económicos convencionales o que tienen un equivalente convencional cercano. Las causas de daño son más elusivas, dado que muchos de los mecanismos de daño no están bien caracterizados, son difíciles de distinguir de otros fenómenos que tienen efectos similares o actúan en tiempos extremadamente largos.

Por esta razón, el daño admisible generalmente es determinado a partir de otras consideraciones, técnicas y políticas, dando lugar a normas de calidad ambiental. Estas, al ser aplicadas al conjunto de actividades que están causando deterioro ambiental, implícitamente determinan la cuantía del esfuerzo de abatimiento necesario para cumplirlas. La curva de costos de abatimiento permite estimar los recursos necesarios para llevar a cabo ese esfuerzo.

La deficiencia práctica, por lo tanto, impide perseguir el balance óptimo de primer nivel, siendo necesario reemplazarlo por uno de segundo nivel, expresable como el cumplimiento de las normas de calidad ambiental con el mínimo uso de recursos sociales.

Una segunda simplificación en los objetivos es la parcialización sectorial de los esfuerzos de abatimiento adoptados como meta global para todas las actividades contribuyentes al deterioro. Una

sectorización de las metas es, teóricamente, compatible en forma óptima. Los resultados de un esfuerzo descentralizado por sectores es equivalente al de uno coordinado centralmente cuando se logra una situación de equilibrio general. Esto es, cuando una unidad de gasto en abatimiento, dedicada alternativamente a cada uno de los sectores, obtiene el mismo rendimiento en términos de abatimiento del daño en cualquiera de ellos.

Se puede concluir la necesidad de dos condiciones para alcanzar los niveles óptimos (o socialmente deseables) de actividad, daño y esfuerzo por disminuir las emisiones: el funcionamiento perfecto de cada uno de los mercados parciales o concurrentes, y la existencia de un mecanismo que asegure el equilibrio general entre ellos.

La disyuntiva se presenta solamente en términos de la selección de instrumentos de política. Es decir, la cantidad de esfuerzo previo (y centralizado) que se realiza para asegurar que las cuotas de abatimiento sectoriales son asignadas inicialmente en forma óptima, en términos relativos al esfuerzo destinado a crear mecanismos de ajuste automático que permitan converger hacia un equilibrio entre sectores, aun a medida que la magnitud del problema (y de los sectores) va evolucionando.

Las siguientes secciones de este documento están dedicadas a identificar el conjunto de mercados en que se determina el monto total de emisiones producidas por los vehículos, las imperfecciones que están presentes en cada uno y las formas en que ellas podrían ser corregidas.

2.2. Planteamiento del sistema en el que se determinan las emisiones vehiculares

Las variables que determinan las emisiones vehiculares totales en un determinado territorio pueden ser agrupadas en tres categorías:

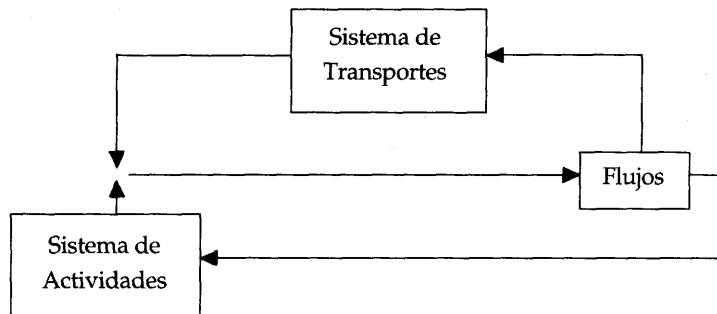
- i) las que definen la cantidad y tipo de vehículos que funcionan dentro del territorio;
- ii) las que definen la intensidad con que son utilizados esos vehículos, y
- iii) las que definen las emisiones por unidad de uso de cada uno de los tipos de vehículo.

El centro de este sistema está constituido por el transporte, que es la necesidad principal que se pretende satisfacer cuando se utiliza un vehículo. En la periferia están las condicionantes que influyen en la necesidad de transportarse, en la forma de hacerlo y en la cuantía de las emisiones generadas como consecuencia de todo ello.

De acuerdo al enfoque corrientemente utilizado en el análisis de sistemas de transporte, se distinguen tres subsistemas interactuantes:

- i) las actividades, que incluyen a los residentes en el territorio, sus empleos, comercios y otros centros de atracción que pueden motivar a los residentes a realizar viajes;
- ii) las alternativas de transporte (redes y vehículos) disponibles para conectar a los residentes con cada una de las demás actividades, en función de las localizaciones de cada una, y
- iii) los flujos de vehículos que se producirán como resultado de la oferta y la demanda por transporte.

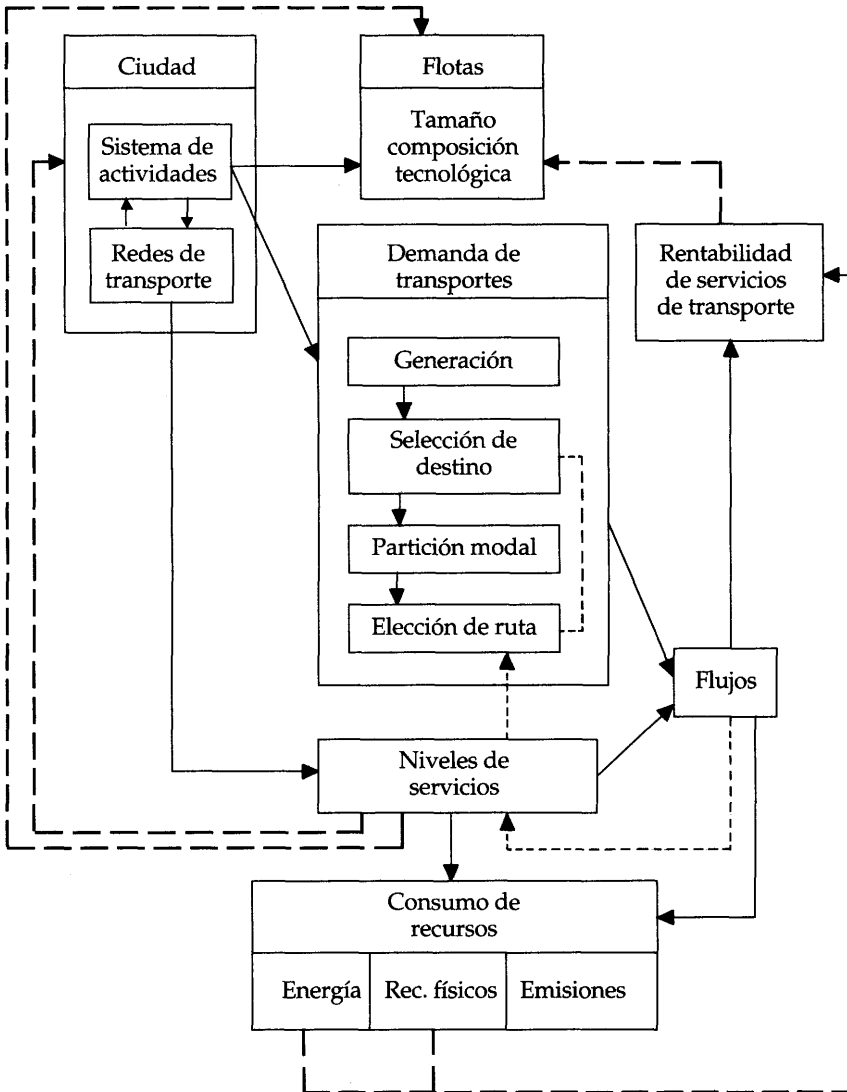
DIAGRAMA 1



FUENTE: Marvin L. Manheim, Fundamentals of Transportation Systems Analysis.

En este caso, interesa un resultado muy particular de los flujos, que son las emisiones. Con el objeto de identificar los factores que las determinan, se ha recurrido al esquema del Diagrama 2.

DIAGRAMA 2



Dentro del sistema de actividades se distingue a los residentes y los centros de atracción de viajes. Las características relevantes de los residentes son su distribución de ingreso y su patrón de localización dentro de la ciudad, expresado este último en términos de densidades residenciales. Los centros de atracción de viajes se caracterizan por su grado de concentración.

Las alternativas de transporte están configuradas de acuerdo a las características de la red vial, su topología y capacidades; los servicios de transporte público, que en este caso presentan características organizacionales de capital importancia para los fenómenos en discusión, y las flotas de vehículos, subclasificables en públicos y privados, que en este caso tienen también una incidencia tan determinante que se ha preferido considerarlas separadamente y hacer explícitas sus interrelaciones. Las características relevantes de las flotas son: su tamaño, sus atributos de comodidad, su nivel tecnológico en cuanto a emisiones de diseño y su estado de mantenimiento en cuanto a emisiones reales.

Las características de los residentes determinan el tamaño de la flota de automóviles y, por lo tanto, el conjunto de personas para las cuales esos vehículos constituyen una alternativa real de viaje.

La localización de los residentes, su motorización y la distribución espacial de los centros de atracción de viajes, determinan la demanda de transporte: cantidad de viajes que desean realizar los residentes, con sus orígenes, destinos, horarios, modo de transporte y ruta.

Las características de la red vial, de los servicios de transporte y de los vehículos determinan la oferta de transporte. El equilibrio entre la oferta y la demanda por transporte se traduce en un esquema de flujos, cuyas características son: los kilómetros recorridos por las flotas de autos y buses; la carga (nivel de congestión) que reciben los distintos arcos de la red; las velocidades resultantes en la red.

El comportamiento del sistema de flujos corresponde al resultado del funcionamiento de los mercados de transporte, en los cuales se distinguen corrientemente decisiones separables en cuatro aspectos:

- i) la generación de viajes, que determina la cantidad total de viajes de distinto tipo (propósito y horario, fundamentalmente);
- ii) los destinos de viaje, principalmente en los casos como viajes de compra, donde se presentan opciones aun en el corto plazo;
- iii) la partición modal, esto es, la elección entre transporte público y privado para quienes tienen la opción, así como entre las distintas opciones dentro del modo público para quienes no tienen acceso al automóvil o deciden no usarlo;

- iv) la selección de ruta, que es en definitiva la que define los grados de uso, o congestión relativa, con que funcionarán los distintos componentes de la red vial.

Como producto directo de las características de los flujos se obtiene el total de tiempo que consume el sistema de transporte. Al ponderar los flujos según el nivel tecnológico y estado de mantenimiento de los vehículos involucrados, se obtiene, por una parte, el consumo de recursos físicos: combustibles, lubricantes, repuestos; por otra, se consigue el sujeto principal de este análisis: la emisión total de contaminantes a la atmósfera.

Los resultados de la operación del sistema en un período, influye sobre su evolución en el tiempo y, por ende, en su operación para los períodos siguientes. Dichas relaciones se establecen principalmente hacia: la rentabilidad de los servicios de transporte público, desde donde ellos se expandirán o contraerán; la satisfacción relativa que reporta el uso de automóviles o transporte público para quienes tienen la opción, lo cual influye tanto en la propensión a comprar más autos como en la de usarlos; la satisfacción que reporta vivir más lejos, con mayor disponibilidad de espacio, frente a la incomodidad que representa gastar más tiempo en viajar, de cuyo equilibrio resultan tendencias a expandir o concentrar la forma de la ciudad determinando los patrones de densidad.

Todas las decisiones de uso de cada uno de los modos están bajo la influencia del sistema de gestión de tránsito, en el corto y mediano plazo, así como de la regulación del transporte público en el mediano y largo plazo. La gestión de tránsito optimiza la capacidad de la infraestructura vial en función de las demandas a las que está sometida, con la opción de dar preferencia a determinados tipos de vehículos o flujos. La regulación del transporte público influye sobre los tipos de servicios susceptibles de ser ofrecidos, con la opción de intervenir en las relaciones de mercado.

Para establecer las políticas de corrección de imperfecciones de mercado se requiere de la identificación de ellas a través del análisis de los mercados asociados a cada uno de los subsistemas descritos anteriormente: Sistema de Actividades, Redes de Transportes, tamaño y la composición de la flota pública y privada, y las emisiones unitarias.



III. SISTEMA DE ACTIVIDADES

3.1. Funcionamiento de los mercados relevantes

El comportamiento y evolución del sistema físico se dan, por una parte, en el contexto del funcionamiento del mercado de suelo urbano y en la inversión del Estado en los campos de Vivienda Social e Infraestructura, por otra. En este último, caben tanto las redes de transporte como otros rubros, por ejemplo la infraestructura sanitaria, con influencia decisiva en la estructuración del sistema. En teoría, al menos, este es un sistema sometido a la planificación urbana.

El sistema de actividades evoluciona mucho más lentamente que la demanda de transporte, considerándose en primera instancia sólo la forma como el uso del suelo determina el transporte. Es importante constatar la relación recíproca de largo plazo, en la cual la calidad del transporte influye a su vez sobre la evolución física de la ciudad.

3.2. Identificación de imperfecciones

La configuración espacial del sistema de actividades condiciona en gran medida el comportamiento de la demanda de transporte.

Desde el punto de vista de la incidencia que esto tiene en el funcionamiento del sistema de transporte y la contaminación atmosférica que éste genera, hay al menos tres características de la estructura espacial que es conveniente examinar: la extensión de la ciudad, la densidad de edificación y la concentración de actividades de empleo y servicios.

a) Extensión de la ciudad

La invasión de la periferia por construcciones se da en el contexto del mercado de suelo rural, donde la oferta es muy amplia, sólo limitada por restricciones legales y el costo de oportunidad en términos de producción agropecuaria.

Al menos tres tipos de efectos de la invasión no son considerados en la transacción:

- Primero, la destrucción irreversible de suelos que, en el caso de ser de alta calidad, podrían tener una productividad social en el futuro no commensurada a su valor comercial actual.
- Segundo, el eventual desencadenamiento de procesos de deterioro de otros suelos, por fenómenos tales como contaminación o, lo que ha sido corriente a raíz de la invasión de terrenos precordilleranos, erosión.
- Tercero, la eventual expulsión de las actividades agrícolas aledañas al inducir un aumento insoportable en los costos de protección de la propiedad. En forma más tenue, se ha argumentado que esta expulsión puede ser también provocada por el desbaratamiento de la estructura social rural.

La sobreextensión de la ciudad y la subutilización del área central, entre otras distorsiones, han sido generadas por dos imperfecciones adicionales:

- Tarificación de los servicios urbanos según criterios distintos al costo marginal de desarrollo.
- La práctica, por parte del propio Estado, de independizar las decisiones de adquisición de terrenos para vivienda social y la de construir (posteriormente, en forma reactiva) la infraestructura correspondiente.

El costo de desarrollo es menor a mayor densificación. Sin embargo, el costo directo de construcción de viviendas es menor para la vivienda en extensión. Dado que las empresas de construcción no internalizan todos los costos de desarrollo, se produce la distorsión anteriormente señalada.

Uno de los costos de desarrollo, que fue ignorado durante un largo período, es justamente la vialidad que debe servir a las nuevas viviendas periféricas.

Como resultado, se acumuló un gran inventario de vías no pavimentadas, que ha sido identificado como una fuente importante de polvo natural.

b) Densidad de edificación

La densidad de edificación se decide en el contexto del mercado de suelos urbanos. Esto es, suelo habilitado mediante obras de infraestructura vial, sanitaria, eléctrica y de comunicaciones.

Existen fuertes diferencias en el costo marginal de desarrollo de la infraestructura urbana en función de la localización y de la densidad planeada. Además, en casos como Santiago, existen áreas importantes dentro de la ciudad tradicional que disponen de infraestructura subutilizada, lo que reproduce una situación que se ha vuelto comente en las ciudades sujetas a procesos de suburbanización. Esta distorsión también se puede explicar por la no internalización de los costos de desarrollo de las áreas nuevas que no corresponden a la ciudad tradicional.

c) Concentración de actividades

La concentración de actividades en un centro (o algunos centros) presenta ventajas para las actividades que tienden a localizarse en ellos. Sin embargo, para el sistema de transporte implica un exceso en la generación de viajes y crea las condiciones para que se produzca congestión.

El exceso en la generación de viajes, ya sea por una cantidad mayor que la necesaria o por viajes más largos que lo deseable, se produce cuando la concentración en centros dominantes previene el desarrollo de subcentros cercanos a las residencias, donde pueden localizarse actividades de empleo, comercio o servicios que no requieren de alta concentración de mercado para desarrollarse.

Las condiciones favorables a la congestión se producen cuando la convergencia de viajes hacia lugares focales concentra vehículos en unas pocas vías de acceso. La congestión se materializa cuando esas vías son tratadas como bien común de uso público y cuando el transporte público comparte la infraestructura en igualdad de condiciones con el automóvil. Este punto será analizado en detalle en el subcapítulo de discusión de políticas de gestión de tránsito para la regulación del sistema de flujos.

3.3. Discusión de políticas

Toda ciudad requiere de una planificación urbana y de un conjunto de instrumentos que desarrollen y complementen dicha planificación. Estos instrumentos pueden ser de regulación directa, expresada en un plan regulador; de incentivos/desincentivos, principalmente a través de las tarifas de servicios públicos, de los permisos de construcción o de los impuestos de bienes raíces, y de combinación entre regulaciones directas con un sistema de incentivos, ambos sujetos a una adecuada coordinación y a un sistema de control eficaz.

Los principales instrumentos de un plan regulador consisten en la zonificación de uso de suelo, la limitación de densidades y la reserva de terrenos para usos exclusivos, tales como vialidad y la definición del límite urbano.

Los resultados obtenidos en los últimos 20 años en Santiago, con una forma muy poco restrictiva de aplicación de este instrumento, demuestran que no ha sido suficiente para evitar las imperfecciones detectadas anteriormente, en particular la sobreexpansión de la ciudad.

La adopción de una regulación directa mediante el plan regulador y el correspondiente sistema de administración del crecimiento urbano, pueden ser complementados con mecanismos de incentivo que apunten a que los agentes internalicen las externalidades asociadas al uso de los recursos urbanos, específicamente el de la infraestructura urbana, relacionado con pavimentación y redes sanitarias.

Una política de incentivos puede ir dirigida a disminuir el exceso en la generación de viajes, producto de las crecientes distancias entre el lugar de trabajo y el de vivienda. La actual tarifa plana (independiente de la distancia) en la locomoción colectiva, se dirige justamente en la dirección contraria.

El caso de la localización industrial en relación a la vivienda de los trabajadores:

Un ejemplo

Si para este caso analizamos la localización de las industrias respecto de la ubicación de la vivienda de los obreros, es fácil constatar distancias importantes que se reflejan en tiempos de viaje elevados,



estimados en el orden de las 2 horas diarias como promedio.⁹ Esta es la consecuencia de tendencias de localización industrial dissociadas de la vivienda. El sistema de tarifas planas de la locomoción colectiva hace posible a un empresario industrial elegir cualquier localización dentro de la ciudad manteniendo el acceso a la totalidad de la oferta laboral.

Una política de incentivos que tienda a corregir este comportamiento puede dirigirse hacia quien causa los viajes (la industria) o quien hace los viajes (los obreros).

La primera alternativa se expresaría en la adopción de una tarificación según distancia para la locomoción colectiva. Sin embargo, esta política no sería suficiente por sí sola, ya que la tarifa de la locomoción colectiva está subsidiada, dado que no se cobra por uso de infraestructura.

La segunda alternativa podría ser aplicada cobrando a la empresa la internalización del costo real de transporte según planilla de trabajadores. El bono por movilización a los obreros, así como el costo de desarrollo y el uso de infraestructura vial, serían financiados con el aporte de las empresas a un fondo común.

Esta opción tiene también las siguientes ventajas: a) genera incentivos para que la industria, en su proceso de selección de personal, tienda hacia aquellos que vivan a una distancia menor; b) puede actuar sobre el mercado de la vivienda de manera de trasladar a los obreros hacia zonas más cercanas, y c) puede decidir la relocalización de las fuentes de empleo hacia una zona con disponibilidad de mano de obra local. En la primera alternativa, en cambio, la influencia de los trabajadores en la localización de la vivienda es relativamente baja.

Otras medidas para disminuir la generación de viajes:
Desincentivar la generación de viajes

Lograr una descentralización de las actividades a través de un mayor grado de sofisticación de los sistemas de transporte y telecomunicaciones incentivando las comunicaciones indirectas tales como teléfono, fax, correo, comercio por catálogo/correo, pago electrónico, telemercados, correo electrónico o centros de servicios locales con transporte propio no contaminante.

⁹ Encuesta origen-destino 1991, *op. cit.*

Lo anterior podría lograrse mediante algún sistema de subsidio que busque compensar las externalidades evitadas, generando en este campo una inversión sobre la «normal», en términos de diseño y construcción, la cual puede provocar hábitos alternativos permanentes. El inconveniente de una política de este tipo es que requiere de una intervención técnica y financiera permanente para el cálculo y manejo de estos subsidios compensatorios.

Se puede concluir que la incorporación de criterios de internalización de externalidades a las políticas de desarrollo urbano requiere considerar medidas tales como la regulación directa de la expansión de la ciudad, criterios de diseño urbano a nivel local que hagan posible el uso de transporte no contaminante tales como caminata, ciclovías y políticas de tarificación de los servicios urbanos que refleje adecuadamente los costos de expansión de la ciudad. El uso de subsidios compensatorios es también posible, con ventajas menos claras.

IV. USO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

El tratamiento de la vialidad como un bien común de uso libre representa una imperfección de mercado, que se manifiesta en una sobreutilización de la infraestructura, produciéndose flujos mayores que los socialmente deseables. Como consecuencia, se llega a niveles de congestión también mayores, así como a un exceso de los costos de operación y de consumo de tiempos.

La sobreutilización de las vías conduce también a un exceso de emisión de contaminantes, debido a que, en presencia de congestión, la operación de los vehículos pierde eficiencia. Las mismas causas técnicas que determinan un aumento en el consumo de combustible producen un aumento en la producción de contaminantes atmosféricos.

Con la sola excepción de ciudades que han adoptado políticas correctoras en forma relativamente reciente, la infraestructura vial urbana ha sido tratada universalmente como un bien común de uso público, libre de cargo.

La distorsión se provoca porque las calles son un bien público con capacidad limitada. Para este caso, la libre entrada conduce a una sobre explotación del recurso. Este es un caso en que el monopolio explota mejor el recurso que varios agentes en competencia.

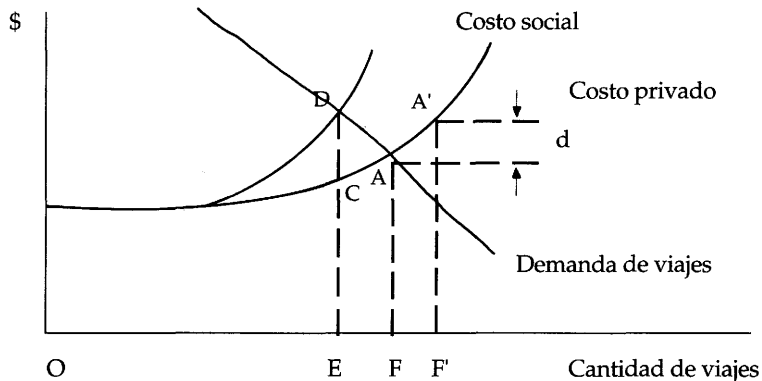
La externalidad por congestión se produce porque al ingre-

sar un vehículo adicional en una corriente de tránsito su entrada provoca una baja en la velocidad de circulación para la corriente completa.

En el Gráfico 7, eso se percibe como un aumento del flujo desde $OF = n$, a $OF' = n+1$. El usuario adicional «ve» un costo de uso del camino igual a FA' , mayor que FA , el costo que «veía» el usuario que ingresó inmediatamente antes a la corriente. Si a esa diferencia $FA'-FA$ le llamamos d , el costo extra para el conjunto de usuarios es $(n+1)d$.

Por esa razón, el costo marginal social se representa como una curva más alta que la de costo marginal privado, al menos a partir del punto donde la congestión empieza a aparecer. La imposición de peaje igual a CD equivale a un desplazamiento hacia abajo de la curva de demanda. El equilibrio «privado» se produce en el punto D , con un flujo OE menor que OF .

GRÁFICO 7



El uso óptimo de la vialidad se logra, teóricamente, al cobrar por el uso de los recursos a quienes los explotan directamente, en lugar de hacerlo a todos los usuarios potenciales, como sería el caso de un impuesto a la propiedad de vehículos o a toda la sociedad, como es actualmente.

La tarificación vial apunta a corregir esta distorsión para el caso del automóvil privado. La restricción vehicular es efectiva solamente en el corto plazo. Una política alternativa y/o complementaria es el subsidio a modos alternos.

En el caso del transporte público, el objetivo anterior se

puede lograr mediante la asignación de cuotas, de manera tal que el total de estas cuotas sea igual a la óptima, principal objetivo de un instrumento como la licitación de recorrido, que se analiza en el subcapítulo «mercado de transporte público».

Discusión de políticas de corrección al uso de la vialidad por el transporte privado

La restricción vehicular es una medida insostenible en el mediano plazo, puesto que provoca un cambio en el comportamiento de los usuarios, quienes optan por tener un vehículo adicional en la familia y, por lo tanto, no supera el problema de largo plazo. Otro tipo de restricción es la prohibición al estacionamiento, que puede utilizarse como herramienta para limitar el uso o acceso de determinadas calles, aunque no provoca los efectos de la restricción vehicular.

La tarificación vial, consistente en un sistema de peaje que pueda distinguir entre horas de punta y no punta, puede lograr el equilibrio en el corto y largo plazo. En efecto, este mecanismo permite llegar a la utilización óptima de corto plazo, desplazando la demanda punta, internalizando de este modo la externalidad negativa de la congestión.

La tarificación podría considerar como criterio adicional una diferenciación entre clases de vehículos «según emisión unitaria» dada por la tecnología del vehículo; específicamente, diferenciar entre aquellos que cumplen con las normas de emisión más estrictas.¹⁰

Por otro lado, lo recaudado debe ir a mejorar el sistema, ya sea ampliando la accesibilidad o el sistema de transporte público, logrando de ese modo también el equilibrio de largo plazo. El concepto que hay detrás es que el objetivo es alcanzar simultáneamente equilibrio en el corto y en el largo plazo.

La tarificación puede lograr el equilibrio de corto plazo mediante una contracción en la demanda de viajes. El equilibrio de largo plazo se puede lograr adicionalmente si los recursos captados se

¹⁰ En Chile, para vehículos livianos nuevos, en el año 1991, se ha adoptado la norma EPA-83 en las regiones Metropolitana, Quinta y Sexta, siendo nacional en tres años más. Para vehículos pesados nuevos está en estudio la adopción de las normas EPA-91.



dirigen adecuadamente a mejorar la calidad y la oferta de servicio, el que debe incluir la infraestructura vial.

Otro tipo de tarificaciones, tales como el *impuesto al combustible*, que tiene la desventaja de no distinguir según sobreutilización de las vías, o un pago por permiso de circulación, que no distingue según circulación, o cobros por estacionamiento que tampoco distingue por circulación, pueden considerarse como políticas de segundo óptimo, aun cuando presentan la ventaja de ser de más fácil implementación.

Otras medidas de gestión que apunten al fomento de la mayor ocupación media de los vehículos pueden definirse como *subsidios a modos alternativos al privado*, el cual en términos de emisiones per cápita y de consumo de combustibles es de 4 a 10 veces mayor que el de transporte público.

Existe bastante experiencia internacional en intentos por modificar esta variable, principalmente programas norteamericanos de fomento a la mayor ocupación mediante exenciones de peaje en carreteras, la reserva de pistas exclusivas para vehículos con alta tasa de ocupación o la organización de instancias para la coordinación de viajes (*car-pool*, *van pool*). Esta experiencia demuestra que la propensión a coordinar viajes es sensible tanto a costo de viaje como al nivel de servicio.

Pero, principalmente, los éxitos se han obtenido en la modificación de las experiencias de los usuarios, al introducir un aumento en la percepción e importancia otorgada a los efectos externos provocados por el uso del automóvil y la posibilidad de mitigarlos mediante cambios en el comportamiento individual de muchas personas.

V. MERCADO DE TRANSPORTE PÚBLICO

La existencia de un cartel en el transporte público, operando sin regulación ni reglamentación por más de una década, ha conducido a una situación en la cual se produjo un acuerdo de tarifas, al mismo tiempo que permitió la competencia por cobertura y frecuencia de servicios.

El acuerdo de tarifas funcionó, en sus años de control consolidado, en condiciones de demanda levemente decrecientes, mientras la flota total experimentaba un rápido crecimiento.

Esta peculiar organización del mercado condujo no solamente a un exceso de vehículos en el parque total de buses, que en su

cúspide fue estimado en el rango del 40%, sino que al desarrollo de políticas de operación/mantenimiento minimizadoras de costo directo y maximizadoras de emisión de humo.

En definitiva, las tarifas de transporte crecientes,¹¹ acompañadas de una despreocupación por la comodidad en esos servicios, durante una época en que aumenta el ingreso de las personas, afectaron el balance relativo entre el transporte público y el privado, con un efecto global que fomentó la adquisición y uso del automóvil particular, efecto ya planteado en el subcapítulo 1.5.

El exceso de oferta de la flota se buscó paliar mediante la imposición de una restricción vehicular consistente en prohibir la circulación del 20% de los vehículos en los días laborales según el último dígito de la patente.

Sin embargo, esta medida provocó una mejora del 5% en la rentabilidad anual, al aumentar el número de pasajeros transportados por vehículo/kilómetro.¹² Por consiguiente, puede aseverarse que la medida de la restricción vehicular, proyectada en el largo plazo, tiende a ser contrarrestada por un mayor crecimiento del parque vehicular, estimulado por la mejor rentabilidad por vehículo que la misma restricción produce.

Para corregir estas imperfecciones podríamos definir, dentro de un esquema de operación privada con regulación estatal, cuatro grandes áreas: fijar cuotas o frecuencias a través de una licitación de recorridos (que debe reemplazar a la restricción vehicular), empresarización para lograr eficiencia en la operación, fijar las tarifas de transporte público, políticas de incentivos a la disminución de las emisiones unitarias por pasajero transportado y la regulación del tamaño y composición de la flota.

¹¹ Entre 1979 y 1990, las tarifas reales crecen en 110%, siendo 1990 el año con la mayor tarifa promedio anual registrada.

¹² Esta mejora se estimó en 5% de mayor rentabilidad anual, considerando el 20% de restricción en los días de semana laborales, en tesis: "La locomoción colectiva en Santiago, un enfoque de organización industrial", Alejandro Cofre, Universidad de Chile, 1991.

5.1. Licitación de recorridos: Instrumento para corregir la sobreutilización de las calles

La licitación de recorridos es una medida que busca asignar cuotas de uso a las vías sobreutilizadas, corrigiendo así esta distorsión, que ya fue explicitada en el punto IV.

Las opciones son básicamente dos: otorgar en concesión el uso de la vía a una sola empresa o fijar la cuota total de explotación y licitarla entre un número limitado de líneas.

Esta segunda opción, por la cual se ha optado, tiene la ventaja de provocar una competencia, otorgando las cuotas respectivas a quienes tengan un mayor puntaje, el que puede depender de la tarifa, capacidad, seguridad del vehículo y niveles de emisiones, entre otros. La licitación se transforma además en una herramienta anticartel.

El sistema de puntaje, en lugar de quién paga más por hacer uso de la calle, se justifica porque hay un subsidio implícito a la tarifa, lo cual ya se expuso en el punto 3.3.

Ahora bien, la licitación de recorridos conduce al óptimo en la medida que sea completa, esto es, que efectivamente fije cuotas en *todas* aquellas calles sobreexplotadas. El problema que presenta es de *tiempo respuesta* para fijar y determinar las cuotas de las calles saturadas, de establecer los contratos, de vencer la inercia de los agentes y del costo de control asociado.

5.2. Empresarización

Provocar una tendencia a la empresarización permite modificaciones en la estructura de propiedad, con lo cual se incorporan en estas nuevas empresas criterios racionales para la determinación del tamaño de flota, de las condiciones de operación y de recorridos.

5.3. Fijar tarifas al transporte público

Mediante esta medida, solamente podrían permanecer en el sistema los vehículos con mayor rendimiento con un efecto positivo en las emisiones unitarias; sin embargo, tiene el costo de ser una medida impopular, cada vez que la autoridad decida el aumento de las tarifas.

También tiene la desventaja de los costos durante el período de ajuste cuando los más ineficientes permanecen en el sistema no incentivando la competencia en precios.

5.4. Políticas de incentivos a la disminución de las emisiones unitarias por pasajero transportado

Deben considerarse políticas de transporte que puedan aumentar la participación modal del transporte público en desmedro del privado o incentivar servicios con menor emisión tales como Metro, trolebuses y recorridos troncales con pista exclusiva.

Para lograr aumentar la participación modal de transporte público se debe tender a:

Restaurar el concepto de transporte colectivo como servicio público, sujeto a diseño y administración a nivel de sistema, cuyos componentes son entregados en concesión como negocio privado sujeto al cumplimiento de objetivos sociales.

Incentivar una competencia en precios y en calidad si se incluyen variables de niveles de servicio fácilmente reconocibles por el público. Premiar otras características deseables, como la buena mantención y el cumplimiento consistente de los estándares de emisión.

Crear así condiciones institucionales que permitan el desarrollo de servicios de alta calidad, que puedan aspirar a altas tasas de ocupación.

Finalmente, abrir la posibilidad de cambiar los criterios de diseño a aspectos como la participación modal del transporte público a través del fomento de centros de transbordo, a recorridos alimentadores, a estructurar una red vial dedicada para recorridos troncales-tecnología commensurada a la densidad de tráfico.

5.5. Regulación del tamaño y composición de la flota

Aun cuando el debilitamiento del cartel ha conducido a una mantención de la tarifa nominal de los buses en Santiago por más de dos años, esto es, una baja real del orden del 25%, persiste en el mercado una masa de máquinas antiguas, con costos de operación relativamente altos debido a su bajo rendimiento energético. Los vehículos nuevos tienen rendimientos de combustible del orden del 60 al

80% superiores, lo cual por sí solo constituye un diferencial de costo en el rango de 30%.

La operación y consolidación de empresas de transporte de tamaño mediano, con una gestión más eficiente en la adquisición de insumes, les permite una mejor rentabilidad de un orden del 5%.

Por lo tanto, las empresas que han logrado consolidar flotas relativamente nuevas y eficientes cuentan con los recursos y los incentivos para justificar su expansión. A esto se puede añadir la creciente preocupación del público por la calidad del servicio y por los impactos ambientales producidos por los buses.

Estas condiciones de mercado indican que, si se produce una competencia creciente, las pequeñas empresas tradicionales dueñas de los buses más antiguos podrían ser desplazadas por las empresas emergentes con buses de mejor nivel tecnológico.

Dado un exceso de oferta en la flota pública, es necesario «corregir esta distorsión» apuntando a disminuir el tamaño y modificar la composición de ella, lo cual justifica medidas directas de reducción del número de la flota para complementar medidas tales como la licitación de recorridos, que tienen un mayor tiempo-respuesta.

La licitación de recorridos implícitamente afecta el tipo y el número de máquinas. Si solamente se opta por instrumentos de mercado como el mencionado, que al generar mayores grados de competencia fuerzan la salida a los más ineficientes, sin recurrir paralelamente a medidas de regulación directa del tamaño de la flota, debe considerarse el mayor tiempo de respuesta; por lo tanto el mayor costo social de transición, en términos de niveles de contaminación y de inseguridad laboral.

Debido a esto, una regulación directa, eliminando los vehículos de mayor antigüedad, permitiría una transición rápida con menores costos sociales.

Así, si se opta por disminuir mediante regulación directa el tamaño de la flota, el parámetro a intervenir puede ser la edad máxima o un criterio de obsolescencia técnica: el retiro de máquinas según antigüedad puede considerarse como tercero mejor, siendo de segundo mejor el retirar según obsolescencia, dentro del cual un parámetro importante puede ser el no cumplimiento de las normas de emisión. Sin embargo, esta alternativa es de menor tiempo de respuesta, puesto que necesita de más sofisticación técnica, ya que requiere de un mayor esfuerzo de control.

VI. TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DE LA FLOTA PRIVADA

6.1. Funcionamiento del mercado

El balance, entre los subsistemas de transporte público y el privado, está, en gran medida, determinado por la tasa de motorización, que es una de las variables que caracterizan el entorno del sistema de transporte.

A su vez, la motorización es influida en el largo plazo por la estructura y funcionamiento del sistema de transporte, como lo demuestra el caso de ciudades como Los Angeles o Caracas, donde fuertes inversiones en infraestructura vial y el desarrollo de una red orientada al automóvil fueron seguidas de fuertes desarrollos del parque de autos. En el corto plazo existen otros factores con influencia aún mayor, de manera que se considera que la motorización es determinada en el mercado automotor, en conjunto con las características de los vehículos nuevos que se integran al parque.

En este mercado automotor se determina tanto la tasa de crecimiento bruta del parque, constituida por los vehículos nuevos que ingresan a la flota, como la tasa de retiro de vehículos obsoletos.

En la demanda automotriz participan todas las familias con ingreso suficiente para adquirir y operar un vehículo. La existencia de este umbral de ingreso es un hecho caracterizado en la literatura del campo, constituyendo un factor de gran importancia en un caso como el chileno, donde existe una proporción muy alta de la población que está debajo del nivel crítico, pero en un rango donde los procesos de crecimiento y distribución del ingreso pueden inducir el traspaso del umbral para bloques significativos de consumidores.

En la oferta automotriz participan tanto los proveedores de vehículos nuevos como el comercio de vehículos usados. La oferta de vehículos nuevos en Chile es una de, las más variadas del mundo, ya que participan en ella más de 30 marcas, que comercializan alrededor de 400 modelos diferentes.

Para todos los efectos prácticos, esta oferta puede ser considerada como completamente ligada al comercio internacional, a pesar de dos marcas que integran localmente un número limitado de modelos, con protección del Estatuto Automotriz. El comercio de vehículos usados, con apoyo de una profusa red de talleres de mantención, capaz de mantener la actividad de los vehículos para una vida media de 20

años, asegura un abastecimiento de productos de bajo precio a los nuevos demandantes que ingresan a la parte baja del mercado.

La muerte de los vehículos en Chile, dada la ausencia de normas técnicas efectivas en cuanto a la calidad y seguridad, se produce casi exclusivamente por accidentes, falla catastrófica o por robo-desguaces destinado a generar repuestos por canibalización. La tasa de retiro de automóviles viejos es del orden del 2% anual, existiendo un contingente de 32% de vehículos mayores de 12 años, nivel relativamente alto, que se fundamenta en la existencia de una amplia oferta de servicios de mantención y reparación que, aunque no ofrece garantía de calidad, permite mantener a los vehículos obsoletos en operación a un costo muy bajo.

La entrada de automóviles nuevos al parque se explica casi completamente por aumentos en el ingreso. La correlación entre la incorporación anual de automóviles al parque y la tasa de crecimiento del producto per cápita en ese año es superior al 80%.

El aumento sostenido de esta variable durante los últimos 14 años, 1977 a 1991, explica en gran medida el aumento del 95 % de la flota de autos en el mismo período.

Causa importante en ese crecimiento ha sido la mantención de los precios en niveles bajos, debido a la política arancelaria general, a la rebaja paulatina de los impuestos específicos, a la revalorización del peso y a la completa apertura del comercio internacional, que ha permitido niveles de competencia crecientes en este sector.

El comportamiento del tamaño y composición de las flotas y, muy especialmente, el de la tecnología de los vehículos, se dan en el contexto del funcionamiento del mercado automotor. La oferta automotriz, que tiene un componente importado preponderante, presenta influencias determinantes de la política de comercio exterior. Se trata, además, de uno de los pocos sectores que tienen en Chile un tratamiento diferenciado, tanto en términos arancelarios como impositivos. En forma reciente, los aspectos tecnológicos de la flota han pasado a quedar dentro del ámbito de influencia directa de la política ambiental.

6.1 Identificación de imperfecciones

El crecimiento de la flota de autos ha significado un aumento en la demanda por transporte privado, lo que ha provocado un

incremento en los niveles de congestión y generado una externalidad negativa por contaminación, lo cual ya fue planteado.

El aumento de la demanda por vivienda en zonas periféricas provoca mayores requerimientos de infraestructura y viajes más largos.

El no cobro de las externalidades por emisión fomenta una sobre expansión de la flota.

Los automóviles, a medida que envejecen, se hacen más propensos a fallas que implican: mayor consumo de combustible (con un efecto global en el comercio exterior), mayor emisión, mayor riesgo de accidentes y mayor riesgo de fallas que pueden dar lugar a obstrucciones de tránsito con externalidades negativas en congestión y contaminación.

63. Discusión de políticas

Para disminuir el aumento del parque, se deben considerar medidas que desaceleren la tasa de entrada de vehículos nuevos o que aceleren la salida de los antiguos. Se pueden establecer medidas indirectas que desincentiven el uso, obteniendo resultados en el mediano plazo, o directas, tales como revisiones técnicas más exigentes.

- i) Políticas de precios: Los actuales impuestos y aranceles al automóvil tienen un carácter redistributivo. Otros elementos que pueden ser balanceados son el cobro por mantención y ampliación de la infraestructura vial, lo cual se puede tarificar según su uso, y por externalidades asociadas a la posesión del vehículo específicamente en términos de emisiones, lo que puede justificar el diseño de una tarificación que castigue a los vehículos con mayor emisión, expresable en una variable observable como la edad del vehículo.

Es factible tanto aumentar los precios absolutos como cambiar los precios relativos mediante patentes diferenciadas, de modo que sea más caro mantener vehículos antiguos, a los cuales se les pueden asociar mayores niveles de emisión compensando así las externalidades crecientes con la edad por emisión. Este instrumento permite además racionalizar el consumo.

Una política de aumento de aranceles permite desincentivar la entrada de vehículos nuevos al sistema.



Aumentar los costos de operación, tal como el impuesto a los combustibles, puede ir orientado a cubrir al menos los costos de desarrollo de la infraestructura, incluyendo el cobro por la expansión de oferta vial; es discutible, si además se utiliza como instrumento redistributivo.

- ii) Política de regulación directa: Otra medida es mediante una revisión técnica de mayor exigencia con la edad, estableciendo en ella criterios de obsolescencia técnica; por ejemplo, reparaciones mandatorias a sistemas relacionados con seguridad y emisiones. Regular directamente la edad máxima de los vehículos es una medida de más fácil aplicación, pero presenta mayores problemas de equidad. Imponer criterios de obsolescencia técnica soluciona el problema de equidad, pero tiene un mayor costo de aplicabilidad.
- iii) Favorecer la ventaja competitiva de los modos alternos: asegurar la disponibilidad de transporte público que constituya alternativa real al automóvil, en cuanto a disponibilidad, cobertura, comodidad, seguridad, velocidad y confiabilidad.

VII. EMISIONES UNITARIAS

Las emisiones que dependen propiamente del vehículo se definen a tres niveles diferentes: las características constructivas o tecnología base; el estado de mantenimiento, y la operación misma o hábitos de manejo.

Las características constructivas se definen en el diseño y fabricación del vehículo. La oferta automotriz presenta una amplia variedad de niveles y calidades, que se agrupan básicamente en tres: los vehículos de máxima tecnología, que son admisibles en el estado de California; los vehículos de alta tecnología, admisibles en EE. UU. (pero no en California), y en los países que han adoptado normas de emisión exigentes y los vehículos convencionales o «no emitidos», que se comercializan en los países sin exigencias especiales. Las dos primeras categorías están sujetas a homologación y garantías de sus fabricantes.

Dada la importancia de los países que han adoptado normas de emisión, en términos de su participación en el consumo mun-

dial de vehículos, la industria automotriz transnacional tiende a favorecer la producción de alta tecnología, quedando la producción convencional relegada a plantas en proceso de obsolescencia.

Por este motivo, en forma creciente, los vehículos «emisionados» son más eficientes en relación a los «no emisionados».

Para la discusión de políticas es necesario recordar que los vehículos livianos son en su gran mayoría bencineros y, por lo tanto, la política que a este sector se aplica apunta a la reducción del CO y el NO_x y COV, que son contaminantes de un nivel de prioridad menor que las partículas que provienen de los vehículos pesados, que en su mayoría funcionan con combustible diesel. Estos antecedentes aconsejan que estos sectores sean analizados separadamente.

CUADRO 5 FACTORES DE EMISIÓN (GR/KM) POR TIPO DE VEHÍCULOS

	Diesel	Bencinero
CO	7,4	26,2
NO _x	5,4	1,2
COV	1,4	1,0
PTS	2,4	0,1

FUENTES: Universo de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos e inventario real de emisiones para Santiago. IRM/Cade Idepe, 1989.

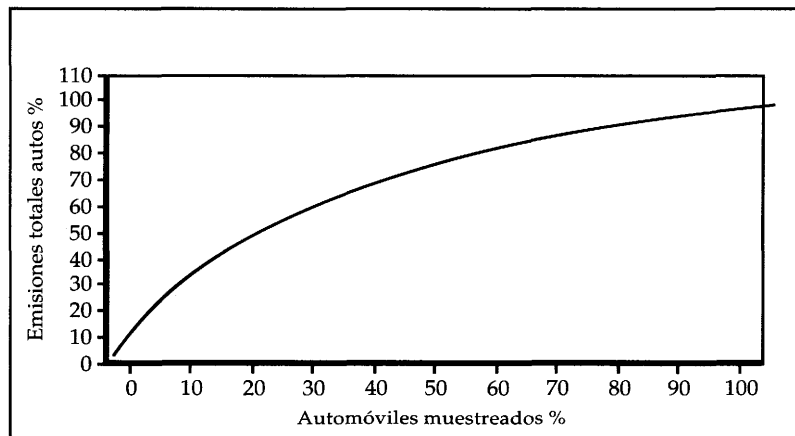
7.1. Vehículos livianos

En el caso de los vehículos livianos, las mayores exigencias en cuanto a emisión han sido logradas, en forma prácticamente universal, por la adopción de un paquete tecnológico compuesto por: inyección electrónica gobernada por microprocesadores; convertidor catalítico de tres vías, esto es, con capacidad para oxidar el monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles, así como de reducir los óxidos de nitrógeno; sonda lambda, esto es, un sistema de monitoreo de las emisiones que informa a los microprocesadores que regulan la inyección; «canister», que es un dispositivo de captación y recuperación de los vapores de combustible que se producen en el tanque y sistema de alimentación. Este paquete tecnológico requiere imprescindiblemente de combustibles y lubricantes especiales, libres de plomo y otras sustancias capaces de destruir el catalizador.

La relación entre paquete tecnológico y gasolina sin plomo es unívoca, tanto en cuanto a necesidad como a efecto: el convertidor catalítico es efectivo sólo en vehículos alimentados exclusiva y permanentemente con combustibles y lubricantes especiales; la gasolina sin plomo permite el funcionamiento del catalizador y no produce rebaja de emisiones al ser usada en vehículos sin catalizador.¹³

La influencia del estado de mantención sobre las emisiones de los vehículos livianos en uso es de gran importancia. El Gráfico 8 muestra la distribución porcentual acumulada de las emisiones unitarias de CO de automóviles, medidas durante la realización del Inventario de Emisiones de Santiago. Se puede apreciar que el 50% de las emisiones de monóxido provienen del 25% de vehículos en peores condiciones. Una característica de capital importancia para efectos de selección de política es que el dueño o conductor del vehículo no tiene una manera directa e intuitiva de reconocer la existencia de estos problemas, los que son detectables solamente por medición del rendimiento del vehículo o por mediciones instrumentales de los gases de escape.

GRÁFICO 8 DISTRIBUCIÓN EMISIONES AUTOMÓVILES
(Monóxido de carbono)



¹³ Salvo la eliminación del plomo mismo de las emisiones, dicho metal no ha sido encontrado en proporciones peligrosas en la atmósfera de Santiago ni en el organismo de sus habitantes. El uso de gasolina sin plomo en vehículos no dotados de canister puede llevar a un aumento en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

La influencia de las condiciones de operación es también significativa, dado que el género de las emisiones se produce durante los ciclos de aceleración-desaceleración, asociados a la congestión de tránsito. Esta materia cae en el dominio de la gestión de tránsito y no será discutida aquí.

Discusión de políticas

La selección por parte de un comprador del nivel tecnológico de su próximo vehículo nuevo, puede ser influida por dos caminos: una norma de emisión que imponga requerimientos estrictos o un régimen de incentivos a la selección de tecnologías limpias. De otro modo, el comprador tenderá a eludir su responsabilidad por las externalidades que causan sus emisiones, lo cual permite ignorar esta variable al decidir qué vehículo comprar.

La norma de emisión tiene como principales ventajas su rápida aplicación y seguridad en cuanto al logro de las mejoras especificadas, dado que se está adoptando uno de los estándares existentes en el mercado mundial, donde ellos han estado presentes dos décadas. Las principales desventajas son: i) la necesidad de asegurar simultáneamente la disponibilidad de combustible de mayor tecnología, y ii) la imposición de un sobrecosto al comprador, independiente de la cuantía y oportunidad del uso que tendría el vehículo. En el caso chileno, también ha constituido un obstáculo considerable la necesidad de asegurar la disponibilidad de servicios de mantenimiento especializado, cuyos costos de inversión en equipos y recursos humanos representan una barrera de entrada.

La ventaja teórica del enfoque de incentivos es la antítesis del punto ii) anterior. Sin embargo, las posibilidades de poner en práctica un incentivo proporcional a las emisiones constituyen un desafío no resuelto. Una sobretasa impositiva a la compra o al permiso de circulación anual de los vehículos con mayores emisiones castiga por igual a los vehículos de alto y bajo recorrido.

Un subsidio a la compra de vehículos de alta tecnología fomenta el incremento de la tasa de motorización. Un impuesto al combustible toma en cuenta el recorrido, pero no la tecnología del vehículo; el impuesto diferenciado a las gasolinas convencionales (con plomo) sólo produciría trasvasijos de autos de baja tecnología hacia



gasolina sin plomo, sin lograr su objetivo de reducir emisiones; la separación por reglamentos de ambos mercados se traduciría en mercado negro y corrupción.

La única alternativa teórica más eficiente que ha sido planteada en la discriminación entre autos de alta y baja tecnología es un esquema de peajes proporcionales al uso. Desafortunadamente, la tecnología para hacer practicable esa posibilidad está a algunos años de distancia, sin contar las dificultades para lograr la aceptación social de un sistema de peaje de cualquier tipo.

Las opciones de política para influir sobre el estado de mantención de los automóviles son limitadas. El enfoque represivo convencional, basado en inspecciones técnicas periódicas y obligatorias, ya sea en plantas revisoras o en la vía pública, contribuye a acentuar la preocupación de los conductores por el estado de sus vehículos. Sin embargo, el uso prolongado de esta herramienta se ha demostrado insuficiente a la luz de los resultados, dada la no transparencia de esta variable para el conductor. Como alternativa para aumentar la eficacia de este esfuerzo se ha discutido un enfoque disuasivo, basado en el uso de publicidad y la amplia disponibilidad de instrumentos analizadores de gases, por ejemplo en estaciones de servicio y talleres, con funciones nuevamente informativas.

7.2. Vehículos pesados

En el caso de los vehículos pesados, que son mayormente movidos por motores diesel, la tendencia tecnológica es menos unánime.

Por una parte, las grandes marcas transnacionales están empezando a producir una nueva generación de motores más eficientes y con un mayor control de proceso de combustión. Esta tecnología también requiere combustibles especiales, recayendo en este caso las exigencias sobre el contenido de azufre y sobre la «curva de destilación», es decir, la distribución de densidades en la mezcla de hidrocarburos que componen el combustible. En este caso los efectos son yuxtapuestos: los vehículos de alta tecnología logran su máxima rebaja de emisiones con el combustible especial, pero obtienen resultados parciales con los combustibles convencionales. Otro tanto ocurre con la relación recíproca: los vehículos convencionales pueden obtener algunas rebajas en las emisiones utilizando combustibles de mejor calidad.

Por otro lado, existe una segunda tendencia, no siempre ligada a la industria automotriz, hacia la producción de dispositivos depuradores de efluentes. Dichos dispositivos caen en varias categorías: purificadores que trabajan en forma muy similar al convertidor catalítico de los vehículos livianos; filtros regenerativos, que capturan el material particulado hasta el momento en que una intervención externa permite quemar el hollín acumulado; trampas catalíticas, que combinan los efectos de las dos anteriores.

A pesar de existir numerosos dispositivos depuradores de efluentes en niveles de desarrollo desde las etapas de laboratorio hasta las de prueba piloto, no existe información de ninguno que haya llegado hasta el nivel de distribución comercial y que sea capaz de llevar un motor convencional a los niveles de exigencia de la norma norteamericana. Sin embargo, en el futuro previsible, tales dispositivos no son descartables, dada la actividad que existe actualmente en este tema.

Se puede concluir, por lo tanto, que existen alternativas disponibles que permitirán reducir en forma drástica (al menos 50%) las emisiones de motores pesados nuevos, respecto de los límites idealmente alcanzables con tecnologías convencionales. El sobreprecio de la nueva tecnología esta en el rango de 30 a 50%, sobre la base del valor del motor nuevo. En el futuro cercano es esperable la aparición de tecnologías intermedias, en términos de eficacia y precio.

Los motores de nueva tecnología, que están llegando al mercado chileno a nivel de demostración, están en un rango de potencia algo mayor al de los motores convencionales que usa actualmente la locomoción colectiva urbana, de donde su uso va aparejado a la introducción de modelos mayores, similares a un *maxibús* de 100 pasajeros.

El mantenimiento de los motores tiene una incidencia fundamental, tanto en el rendimiento energético como en las emisiones. Los resultados de programas experimentales llevados a cabo en Chile entre 1987 y 1989 muestran emisiones de material particulado del orden de siete veces mayores en el promedio de un grupo de buses con mantención cuidada al mejor nivel alcanzable, a tecnología base constante y condiciones de operación comparables.

Los rubros de mantenimiento más sensitivos son: la regulación del sistema de inyección y la reparación por desgaste del motor. En el caso específico del transporte público de Santiago, ha sido posible constatar (y suponer una extensión parcial a otros vehículos pesados) la existencia de tres fenómenos que colaboran en la producción de niveles

de mantenimiento pobres: la utilización de talleres insuficientemente equipados y capacitados; la utilización de motores de recambio como sustituto barato a la mantención preventiva y correctiva, corrientemente mediante motores obsoletos importados como chatarra, y la intervención del sistema de inyección para obtener potencia adicional, con sacrificio en cuanto a rendimiento y emisiones.

Existe, por lo tanto, un mercado muy complejo para la mantención. Los dos primeros aspectos muestran la existencia de al menos tres tipos de oferentes: talleres modernos adecuadamente dotados, talleres precarios y comerciantes de motores de recambio. El funcionamiento de este mercado está distorsionado tanto por asimetrías de información como por externalidades. Las primeras surgen de la incertidumbre en cuanto a la calidad y duración de la mantención adquirida por las tres vías alternativas, frente al conocimiento cierto del precio pagado en los tres casos. La segunda corresponde nuevamente a la externalidad por contaminación, que no es adecuadamente incorporada a la decisión, aunque las diferencias en este caso son aparentes a simple vista. La incidencia de estos aspectos en el problema global es muy significativa: se ha estimado que el aceite lubricante vaporizado por los motores desgastados podría constituir dos tercios del particulado emitido por los buses de Santiago.¹⁴

La intervención de la bomba inyectora es un resultado de las distorsiones que afectan al mercado de transporte. La competencia por frecuencia y cobertura, anteriormente identificada como característica estructural del funcionamiento del cartel que gobierna la locomoción colectiva de Santiago, exige un estilo de conducción agresivo, para llegar antes que el competidor al grupo de pasajeros que espera en la próxima esquina. Dicho estilo es fuertemente demandante de potencia, lo cual se hace crítico cuando ella proviene de un motor desgastado hasta el extremo de su vida útil. Parte del mismo fenómeno es la forma de remunerar a los conductores: muy bajo salario base más una participación significativa en las ventas brutas de pasajes, sin influencia de los costos de operación. Como consecuencia, en la mayoría de los casos, es el propio conductor el que interviene la bomba y luego la exige hasta producir rutinariamente sus peores efectos.

¹⁴ Véase Weaber, Siena Research 1988. Presentado a la Comisión Nacional de Energía. «Usos alternativos de combustibles en vehículos».

El estilo de conducir mismo, a características constantes de la tecnología base y del nivel de mantención, tiene su propia influencia. El programa de demostración de técnicas de conducir conservativas que ofrece con regularidad una gran firma automotriz en diversos países, logra habitualmente diferencias del orden del 15% en términos de consumo de combustibles. Toda esa diferencia equivale a emisiones de contaminantes atmosféricos, calor y ruidos disipados al medio ambiente.

Al igual que en el caso de los automóviles, las normas de emisión, la inspección técnica, la disuasión y la disponibilidad de instrumentos de diagnóstico pueden contribuir a forzar la consideración de las emisiones en las decisiones de selección de tecnología de buses nuevos y mantenimiento de buses en uso. Los argumentos son enteramente paralelos, con la única diferencia que, en este caso, las emisiones son visibles. Esto último hace más fácil la fiscalización y puede justificar el uso de un enfoque represivo más duro.

Existen diferencias, sin embargo, en las posibilidades de usar incentivos para el caso del transporte público. Gran parte de las anomalías detectadas en ese sector, en materias tales como las políticas de mantención y operación, derivan de la organización tipo cartel con acuerdo de precios y libertad de entrada, hacia un régimen de competencia regulada a través de un esquema de licitación de recorridos, anteriormente discutida, y abre la posibilidad de hacer de las emisiones un factor explícito de competencia. Variables tales como las emisiones de diseño de las máquinas, los resultados de las inspecciones técnicas obligatorias y el historial de infracciones pueden pasar a constituir puntaje para futuras licitaciones.

La justa ponderación de estos parámetros, frente a las diferencias en tarifa y nivel de servicio, constituye un desafío técnico mayor, aunque dentro del estado del arte vigente.

La historia muestra que el solo anuncio de la intención de otorgar estos tipos de incentivos ha creado una actividad sin precedentes en la experimentación con nuevas tecnologías en este sector, mostrando así la variabilidad del enfoque.

VIII. CONCLUSIONES

La presencia de niveles de contaminación atmosférica muy por encima de lo que se considera socialmente deseable se explica, en



gran medida, por la existencia de numerosas imperfecciones en los mercados donde se determinan los niveles de actividad de procesos que, sin intentarlo, provocan la contaminación.

En lo que se refiere a la parte del problema atribuible a los vehículos, la principal imperfección es el tratamiento que la sociedad da a la atmósfera, como un bien público de uso libre, al cual se pueden descargar emisiones sin pagar por ello. Por lo tanto, los emisores tienen la posibilidad de obligar a la sociedad a incurrir en costos (en este caso, por daño a la salud de otras personas), sin tener que responder por ello.

Algo similar ocurre en el uso de infraestructura vial, donde se producen externalidades por congestión de tránsito.

En el caso de Santiago de Chile, a los dos tipos de externalidades señaladas, que han sido reconocidas como tales y enfrentadas mediante política pública en muchas ciudades, se añaden algunas otras imperfecciones. Las más relevantes son externalidades en el mercado de suelo urbano, insuficiente transparencia en el mercado de reparación y mantención, una estructura tipo cartel en el mercado de transporte público. Todas ellas se traducen en:

- i) Exceso en el consumo de vehículos, de lo que resultan flotas sobredimensionadas.
- ii) Viajes más largos que lo socialmente deseable,
- iii) Emisiones unitarias innecesariamente altas por parte de los vehículos públicos y privados que componen las flotas.

Las externalidades en el mercado de suelo urbano, que inciden principalmente en el largo de viaje y, a plazos mayores, en el tamaño y composición de la flota, son enfrentadas actualmente mediante herramientas de planificación urbana, principalmente planes reguladores. La prescripción de límites urbanos, densidades residenciales y zonificación de usos del suelo se han probado insuficientes y por lo tanto requieren ser complementadas por mecanismos de incentivos-desincentivos, los más importantes de los cuales son:

- La correcta tarificación de los servicios urbanos, principalmente mediante cobro para financiar pavimentación e infraestructura sanitaria, a todos los proyectos de urbanización tanto pública como privada.
- La tarificación, a las industrias y otros centros atractores de

viaje, de los costos transporte completos en que incurren sus empleados. Estos recursos podrían financiar un fondo capaz de pagar su justo aporte al desarrollo de infraestructura vial, así como reembolsar a los empleados la tarifa plana (independiente de la distancia) que actualmente les cobra el sistema de transporte público.

El primer mecanismo señalado tiene la ventaja de ser de rápida implementación; sin embargo, sus efectos son diferidos en el tiempo. También puede presentar dificultades técnicas en el cálculo, pero subsanables por un pequeño grupo tecnificado, lo que es acorde dentro de un sentido de administración pública moderna. Otro atributo positivo de este instrumento es que entrega señales correctas, aunque su alcance es limitado por cuanto por sí solo no asegura obtener los resultados deseados.

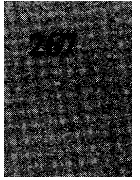
El segundo mecanismo tiene los mismos atributos que el primero, aunque su alcance es aún más limitado, ya que puede dirigirse solamente a segmentos específicos de la sociedad.

Las externalidades por congestión y contaminación derivadas del uso de la infraestructura vial inducen consumos mayores que los deseables en todos los mercados relevantes a la emisión vehicular: una ciudad más extendida, centros de actividad más concentrados que se traducen en distancias de viaje mayores, vialidad sobreutilizada, flotas sobredimensionadas y emisiones unitarias mayores producto de las menores velocidades asociadas a la mayor congestión.

En el enfoque imperante, el sobreuso de las vías es enfrentado a través de regulaciones directas, principalmente la restricción vehicular (que es una forma de racionamiento), en menor medida el retiro de vehículos antiguos de la locomoción colectiva y normas de emisión apoyadas por inspección técnica periódica.

Las alternativas de regulación indirecta se basan, principalmente, en la tarificación del uso de vías y, en menor medida, al tamaño y composición de la flota pública y privada.

El primer enfoque, dependiendo de la sofisticación del sistema de cobro, puede acercar los costos percibidos por el usuario a los costos marginales sociales. En un esquema ideal de *tarificación vial* el cobro puede distinguir el tipo de vehículo (tecnología convencional vs. tecnología limpia) y de vía (calles o zonas congestionadas vs. las que no lo son), así como las condiciones de tránsito imperantes (horas punta y no punta).



En esquemas subóptimos de «impuestos o subsidios», el cobro puede estar restringido a subconjuntos de usuarios (por ejemplo, cuando se aplica por impuesto al estacionamiento), puede igualar los cobros a diferentes tipos de usuarios (por ejemplo, peaje sin distinguir tipo de vehículo), puede extenderse a vehículos que contribuyen muy poco a los problemas de congestión y contaminación (por ejemplo, un impuesto a los combustibles o un arancel a la importación de autos, que tendrían efectos nacionales).

Por otro lado, *la restricción vehicular* provoca efectos perniciosos en el largo plazo por cuanto induce mecanismos para eludirla al incentivar un aumento de flota y a la permanencia de vehículos más antiguos.

Si bien un mecanismo de tarificación vial es de mayor eficiencia al de restricción, por cuanto no provoca efectos como los señalados, presenta el problema de requerir de una implementación más compleja y de implicar altos costos de operación (serán más altos a mayor grado de sofisticación adoptado) que deben ser cubiertos por los propios usuarios, lo que implica que no todo lo recaudado pueda ir a financiar la reparación del daño.

La imposición de normas de emisión es una medida de regulación directa no abandonable, por cuanto interviene en mercados en los cuales existen indivisibilidades tales como: la tecnología que cumple con las normas, el sistema de mantención que posibilita el uso de tecnologías más sofisticadas y el abastecimiento de combustible asociado a la nueva tecnología.

Además, es un mecanismo que posibilita obtener resultados con menor tiempo de respuesta, puesto que permite establecer plazos perentorios para el cumplimiento de las normas respectivas, obteniendo tecnología limpia para la entrada de vehículos nuevos o provocando mejora de tecnología o retiro para los vehículos que no cumplan con las normas dirigidas al parque antiguo. Todo lo anterior no significa desechar el uso de mecanismos de incentivos que pueden servir como complemento para lograr menores emisiones unitarias y una acción del Estado que tienda a «mejorar la transparencia de información» en los mercados de tecnología, mantención y de combustibles.

La regulación directa del tamaño y composición de la flota pública es una medida que conviene analizar desde una perspectiva más amplia que considere el sistema de transporte público.

Las imperfecciones que afectan al transporte público son el resul-

tado de una política de transporte, denominada en su momento «de libertad de recorridos», qué desreguló y desreglamentó este sector. El extremo opuesto es el enfoque de sobreregulación, donde los recorridos, tarifas y otros parámetros de servicio son determinados y en algunos casos administrados por la autoridad. Dicho enfoque fue también probado con anterioridad en Santiago, con resultados no deseables.

La alternativa de regulación con mínima intervención, denominada «de recorridos licitados», consiste en asignar cuotas de uso de las arterias congestionadas a quienes ofrezcan y garanticen un mejor nivel de servicio en un concurso abierto. Este esquema permite, al mismo tiempo, introducir competencia debilitando el cartel, mientras, por otra, impulsa criterios de calidad de servicio que reflejen las preferencias sociales.

Esta licitación es un mecanismo de incentivos-desincentivos que presenta una implementación compleja y mayor según grados de sofisticación, con costos permanentes de vigilancia, aun cuando permite flexibilidad para ajustar el grado de intervención según lo imprescindible. Además induce al equilibrio de mercado pero en un tiempo que puede resultar mayor al deseable.

Complementariamente, por lo tanto, se justifica utilizar una medida de «regulación directa al tamaño y composición de la flota», por cuanto es de más fácil implementación y permite resultados inmediatos que hacen posible reducir los costos transitorios de la alternativa primero mejor. Esta regulación es de segundo óptimo y más eficaz como medida complementaria y no sustituta a la licitación, por cuanto por sí sola no resuelve los problemas de cartel e incluso los puede agravar si se considera un esquema de cupos limitados para el total de la flota, lo que aumenta las barreras de entrada.

En síntesis, el adoptar un conjunto de políticas debe apuntar a corregir las imperfecciones de cada uno de los mercados identificados mediante la internalización de las externalidades respectivas, haciendo uso de uno o más de los tipos de instrumentos que pueden definirse en estructurales, de incentivos, de regulaciones directas y normas, y de corrección de asimetrías de información.

Además, estos mecanismos pueden ser tan efectivos o inefectivos dependiendo de la coherencia del conjunto de las medidas, ya que los mercados están interrelacionados entre sí, pudiéndose afectar indeseadamente a más de uno de ellos.

Una estrategia de primer orden considera todas las varia-

bles factibles de modificar. Sin embargo, dado el carácter temporal de determinadas políticas, en el corto y mediano plazo, es necesario recurrir a políticas de segundo y hasta de tercer o cuarto óptimo, cuando es necesario incorporar criterios de tiempo de respuesta, eficacia y costos de control.