

Tarificación Vial por Congestión para la Ciudad de Santiago

Resumen Ejecutivo

Informe Final

Septiembre 2009

Preparado para:

Programa de las Naciones Unidas para el
Desarrollo

Preparado por:

Steer Davies Gleave
Av. Mariano Sánchez Fontecilla 310, P 16
Las Condes
Santiago
Chile

Índice de Contenido	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1-1
1.1 Antecedentes generales	1-1
1.2 Objetivos del estudio	1-1
1.3 Estructura del informe	1-2
2. POLÍTICAS DE TRANSPORTE Y TARIFICACIÓN VIAL POR CONGESTIÓN (TVC)	2-1
2.1 La economía de la congestión	2-1
2.2 El problema: congestión excesiva	2-3
2.3 Políticas de transporte para la reducción de la congestión	2-5
2.4 Fundamentos de la tarificación vial por congestión	2-14
2.5 Experiencias internacionales de tarificación vial	2-21
3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO DE SANTIAGO	3-1
3.1 Antecedentes generales de Santiago	3-1
3.2 La demanda de viajes en Santiago	3-5
3.3 Análisis de la situación histórica de la congestión	3-11
3.4 Conclusiones del diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago	3-16
4. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PRELIMINARES	4-1
4.1 Tipos de esquemas	4-1
4.2 Antecedentes para el análisis	4-3
4.3 Análisis de indicadores para la definición de esquemas preliminares	4-3
4.4 Selección de alternativas para el caso de Santiago	4-17
4.5 Evaluación de alternativas preliminares	4-28
4.6 Conclusiones del análisis de alternativas preliminares	4-36
5. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DEFINITIVAS	5-1
5.1 Selección de alternativas definitivas	5-1
5.2 Descripción de las alternativas definitivas	5-2
5.3 Especificación de las alternativas definitivas	5-8
5.4 Resumen de resultados de alternativas definitivas	5-11
5.5 Conclusiones del análisis de alternativas definitivas	5-26
5.6 Selección de alternativa para análisis detallado	5-27
6. ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DE COBRO	6-1
6.1 Generalidades	6-1
6.2 Descripción de tecnologías de cobro posibles	6-2

6.3	Análisis comparativo de las tecnologías de cobro	6-6
6.4	Evaluación y recomendación de tecnología de cobro para TVC en Santiago	6-9
6.5	Conclusiones del análisis de tecnologías de cobro	6-13
7.	ANÁLISIS COMPLEMENTARIO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	7-1
7.1	Descripción de la alternativa seleccionada	7-1
7.2	Impacto urbanístico	7-2
7.3	Aspectos relacionados a la implementación	7-4
7.4	Anteproyecto	7-9
7.5	Evaluación ingresos netos recaudados	7-14
7.6	Evaluación social actualizada	7-17
8.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA	8-1
8.1	Antecedentes	8-1
8.2	Grupos Focales con usuarios de automóvil y locomoción colectiva	8-1
8.3	Talleres con usuarios de automóvil	8-2
8.4	Talleres con residentes y locatarios	8-4
8.5	Entrevistas a profesionales y académicos	8-6
8.6	Resultados y Conclusiones	8-8
9.	INFORME JURÍDICO	9-1
9.1	Antecedentes	9-1
9.2	Naturaleza jurídica de la tarifa a cobrar por uso de vías congestionadas	9-2
9.3	Vías de consagración normativa	9-7
9.4	Destino y afectación de los recursos	9-12
9.5	Factibilidad de disminuir la carga impositiva de los usuarios de vías afectas a tarificación	9-13
9.6	Limitaciones y aspectos con mayor divergencia a que se han enfrentado las iniciativas legislativas sobre la materia	9-15
9.7	Aspectos que se deben considerar para avanzar en la tramitación del proyecto	9-17
9.8	Vacíos y contradicciones existentes en la actual legislación en relación a la tarificación de vías	9-18
9.9	Indicaciones al Proyecto de Ley sobre Tarificación Vial	9-19
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	10-1
10.1	De la situación de congestión en Santiago	10-1
10.2	De la tarificación vial como medida para solucionar la congestión excesiva	10-1
10.3	De la experiencia internacional	10-2

10.4	Del uso de los fondos	10-3
10.5	De la tecnología de cobro	10-4
10.6	Del análisis técnico-metodológico	10-5
10.7	De los esquemas analizados para Santiago	10-6
10.8	De la perspectiva de Participación Ciudadana	10-13
10.9	De la viabilidad jurídica de una medida de tarificación vial en Chile	10-15

TABLAS

Tabla 2-1	Proyectos de investigación de tarificación vial en la Unión Europea	2-22
Tabla 3-1	Tasas de crecimiento intercensales 1992-2002	3-1
Tabla 3-2	Parque de vehículos en la Región Metropolitana, 2007	3-2
Tabla 3-3	Datos históricos y proyección del PIB de Chile	3-4
Tabla 3-4	Hogares, habitantes y vehículos del Gran Santiago según las EOD	3-5
Tabla 3-5	Evolución habitantes por hogar y tasa de motorización en el Gran Santiago a partir de EOD	3-5
Tabla 3-6	Hogares por tamaño EOD 1991 vs EOD 2001	3-6
Tabla 3-7	Distribución de hogares según ingreso a partir de EOD	3-7
Tabla 3-8	Evolución tasa de generación de viajes 1977, 1991 y 2001 según EOD	3-10
Tabla 3-9	Evolución tasa de generación de viajes motorizados según EOD	3-10
Tabla 3-10	Indicador de velocidad promedio de viaje para modos de transporte privado	3-12
Tabla 3-11	Indicador de saturación ponderada por longitud: 1997, 2001, 2005 y 2010	3-16
Tabla 4-1	Corredores iniciales escogidos	4-18
Tabla 4-2	Esquemas de cordones propuestos y sus límites	4-19
Tabla 4-3	Límites de áreas preliminares	4-22
Tabla 4-4	Tarifas iniciales por periodo para cordones	4-23
Tabla 4-5	Tarifas iniciales para esquemas de áreas	4-25
Tabla 4-6	Arcos tarificados y tarifas en corredores TVCC1 - AM 2007	4-26
Tabla 4-7	Corredores tarificados TVCC2 - AM 2007	4-27
Tabla 4-8	Arcos tarificados y tarifas en corredores TVCC2 - AM 2007	4-27
Tabla 4-9	Comparación partición modal entre escenarios – AM 2007	4-29
Tabla 4-10	Comparación porcentual partición modal escenarios – AM 2007	4-30
Tabla 4-11	Comparación consumos de tiempo en toda la red – AM 2007	4-32

Tabla 4-12	Indicadores de transporte privado – AM 2007	4-33
Tabla 4-13	Indicadores de transporte público esquemas AM 2007, (minutos)	4-33
Tabla 4-14	Flota requerida bus y taxi colectivo esquemas AM 2007	4-34
Tabla 4-15	Etapas de viaje y transbordos AM 2007	4-34
Tabla 4-16	Pasajeros suben-bajan (pax-hr) AM 2007	4-34
Tabla 4-17	Variables comparativas entre escenarios	4-35
Tabla 5-1	Descripción alternativa definitiva TVC2	5-3
Tabla 5-2	Descripción alternativa definitiva TVA1	5-5
Tabla 5-3	Descripción alternativa definitiva TVTC	5-7
Tabla 5-4	Flujos de ingreso y salida al cordón 2 en la base	5-9
Tabla 5-5	Tarifas esquema TVC2 (en CH\$2001)	5-9
Tabla 5-6	Tarifas esquema TVA1 (en CH\$2001)	5-10
Tabla 5-7	Flujos de ingreso y salida al triángulo central en la base	5-10
Tabla 5-8	Tarifas esquema triángulo central (en CH\$2001)	5-10
Tabla 5-9	Tarifas base aplicadas a cada esquema para el análisis comparativo	5-12
Tabla 5-10	Valor subjetivo del tiempo	5-14
Tabla 6-1	Comparación de tecnología frente a atributos técnicos y operativos	6-7
Tabla 6-2	Matriz de evaluación de tecnologías de cobro	6-12
Tabla 7-1	Descripción de alternativa seleccionada	7-1
Tabla 7-2	Estimación de costos de inversión, operación y mantención actualizada para alternativa TVTC	7-13
Tabla 7-3	Estimación de ingresos anuales por tarificación vial en triángulo central, millones de pesos del 2001	7-14
Tabla 7-4	Estimación de ingresos anuales por tarificación vial en triángulo central, millones de pesos del 2008	7-14
Tabla 7-5	Estimación de costos de inversión actualizada para tarificación vial en triángulo central	7-15
Tabla 7-6	Estimación de costos de operación y mantención actualizada para tarificación vial en triángulo central	7-15
Tabla 7-7	Ingresos y costos estimados de tarificación vial en triángulo central (millones de pesos de diciembre 2008)	7-16
Tabla 8-1	Composición y número de grupos focales	8-2
Tabla 8-2	Composición y número de talleres	8-4
Tabla 8-3	Listado de talleres realizados	8-6
Tabla 8-4	Listado de entrevistas realizadas	8-8
Tabla 8-5	Análisis FODA	8-9

Tabla 10-1	Esquemas de tarificación vial analizados para Santiago	10-8
Tabla 10-2	Estimación de costos de inversión, operación y mantención actualizada para alternativa TVTC (Impuestos incluidos)	10-12
Tabla 10-3	Estimación de ingresos anuales por tarificación vial en Triángulo Central (millones de pesos chileno del 2008)	10-12

FIGURAS

Figura 2-1	Determinantes de la congestión	2-1
Figura 2-2	Costos medios y marginales de la congestión	2-3
Figura 2-3	Esquema inicial implementado en Londres	2-24
Figura 2-4	Zona de cobro post extensión a partir de febrero de 2007 en Londres	2-25
Figura 2-5	Impacto en tiempos de viaje LCC en el tráfico de la zona de cobro original de Londres	2-28
Figura 2-6	Aumento de la demanda de pasajeros ingresando a la zona de cobro en la punta mañana en buses en Londres	2-29
Figura 2-7	Cambios en el tráfico por tipo de vehículo en la zona de cobro de Londres	2-30
Figura 2-8	Evolución del tráfico que ingresa al sector añadido a la zona de cobro original en Londres	2-31
Figura 2-9	Mapa de Singapur	2-32
Figura 2-10	Localización de puntos de cobro en Singapur	2-34
Figura 2-11	Esquema propuesto para Edimburgo	2-38
Figura 2-12	Esquema implementado en Estocolmo	2-40
Figura 2-13	Resultados de la implementación piloto del esquema de cobro en Estocolmo	2-42
Figura 2-14	Resultados de la implementación permanente del esquema de cobro en Estocolmo	2-42
Figura 3-1	Evolución del parque de vehículos en la Región Metropolitana	3-3
Figura 3-2	Evolución del Ingreso monetario promedio por hogar, 1990-2006	3-3
Figura 3-3	Variación Hogares por tamaño EOD 1991 vs EOD 2001	3-6
Figura 3-4	Evolución habitantes y viajes EOD 1991 y EOD 2001	3-7
Figura 3-5	Distribución de viajes según propósito a partir de EOD	3-8
Figura 3-6	Distribución de viajes según propósito: EOD 1991 vs EOD 2001	3-8
Figura 3-7	Cambios en la partición modal EOD 1991 – 2001	3-9
Figura 3-8	Cambios en la composición de la Partición modal EOD 1991 – 2001	3-9

Figura 3-9	Tiempo de viaje promedio para modos transporte privado	3-12
Figura 3-10	Partición modal de las corridas 1997, 2001, 2005 y 2010	3-13
Figura 3-11	Comparación de la evolución de la saturación de la red	3-14
Figura 3-12	Arcos saturados (>90%) simulación año 1997	3-14
Figura 3-13	Arcos saturados simulación año 2001	3-15
Figura 3-14	Arcos saturados simulación año 2005	3-15
Figura 4-1	Ventajas y desventajas de cada tipo de esquema de tarificación vial por congestión	4-2
Figura 4-2	Tarifa óptima por KM - periodo AM 2007	4-5
Figura 4-3	Comparación de áreas críticas con base en distintos Niveles de tarifa óptima- AM 2007	4-6
Figura 4-4	Arcos con saturación mayor al 90% - AM 2007	4-7
Figura 4-5	Zoom del sector céntrico de la ciudad, indicador de saturación - AM 2007	4-7
Figura 4-6	Variación del tiempo de viaje de operación y tiempo a flujo libre. periodo AM 2007	4-8
Figura 4-7	Flujo en la red - periodos AM 2007	4-8
Figura 4-8	Capacidad en los arcos (veq/ hr)	4-9
Figura 4-9	Oferta transporte público (pax/ hr) - AM 2007	4-9
Figura 4-10	Suma de tarifa óptima ponderada por flujo - AM 2007	4-10
Figura 4-11	Grado de saturación ponderado - Periodo AM 2007	4-11
Figura 4-12	Variación del tiempo respecto del tiempo a flujo libre. Periodo AM 2007	4-11
Figura 4-13	Densidad de demanda atraída (A-Ch) - AM 2007	4-12
Figura 4-14	Densidad vial modelada - AM 2007	4-12
Figura 4-15	Oferta de transporte PÚBLICO - AM 2007	4-13
Figura 4-16	Accesibilidad del transporte público - AM 2007	4-14
Figura 4-17	Zonas de análisis vs demanda atraída - AM 2007	4-15
Figura 4-18	Zonas de análisis vs densidad vial- AM 2007	4-15
Figura 4-19	Zonas de análisis vs accesibilidad de T. Público - AM 2007	4-16
Figura 4-20	Zonas de análisis vs variación tiempo respecto del tiempo a flujo libre - AM 2007	4-16
Figura 4-21	Zonas de análisis vs recaudación tarifas óptimas - AM 2007	4-17
Figura 4-22	Ejes con transporte público abarcados por esquema de corredores (TVCC)	4-18
Figura 4-23	Cordones seleccionados vs demanda atraída y saturación - Punta Mañana 2007	4-21

Figura 4-24	Puntos de cobro Preliminares definidos para alternativa de cobro en corredores TVCC1	4-25
Figura 4-25	Comparación viajes en modo auto chofer	4-29
Figura 4-26	Comparación viajes en modo auto chofer - Esquemas de cordón	4-30
Figura 4-27	Comparación viajes en modo auto chofer - Esquemas de área	4-31
Figura 4-28	Comparación viajes en modo tpub - Esquemas de cordón	4-31
Figura 4-29	Comparación viajes en modo tpub - Esquemas de área	4-31
Figura 4-30	Comparación consumos - Esquemas de cordón & área (Pax-horas)	4-32
Figura 4-31	VAN social y recaudación anual por alternativa	4-35
Figura 5-1	Alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago	5-2
Figura 5-2	Localización del esquema TVC2	5-4
Figura 5-3	Localización del esquema TVA1	5-6
Figura 5-4	Localización del esquema TVTC	5-8
Figura 5-5	Traspaso de viajes horario 1 a 2 y cambio de modo por esquema	5-13
Figura 5-6	Viajes en auto chofer por nivel de ingreso, TVC2	5-15
Figura 5-7	Viajes en auto chofer por nivel de ingreso, TVA1	5-16
Figura 5-8	Viajes en auto chofer por nivel de ingreso, TVTC	5-18
Figura 5-9	Velocidad media transporte privado por esquema	5-19
Figura 5-10	Velocidad promedio por esquema	5-20
Figura 5-11	Flujos arcos tarificados por esquema	5-21
Figura 5-12	Elasticidad flujos tarificados por esquema	5-22
Figura 5-13	Flujo variable promedio por arco por esquema	5-22
Figura 5-14	Índice saturación por esquema	5-23
Figura 5-15	Ahorros de tiempo por esquema	5-23
Figura 5-16	Consumos distancia por esquema	5-24
Figura 5-17	VAN social	5-24
Figura 5-18	Tasa interna de retorno	5-25
Figura 5-19	Variación de emisiones anuales respecto a la base (tarifas \$2.000)	5-25
Figura 5-20	Variación de emisiones anuales respecto a la base (tarifas \$3.500)	5-26
Figura 7-1	Alternativa seleccionada: triángulo central	7-1
Figura 7-2	Ejemplos de identidades de esquemas de TVC	7-7
Figura 7-3	Ejemplo de secuencia progresiva de señalización	7-8
Figura 7-4	Diseño esquemático de pórtico simple	7-10

Figura 7-5	Alternativa elegida triángulo central para aplicación de esquema de tarificación vial para Santiago	7-12
Figura 7-6	VAN social actualizado, alternativa TVTC	7-17
Figura 7-7	TIR social actualizado, alternativa TVTC	7-17
Figura 8-1	Esquema de TVC evaluado en los talleres	8-5
Figura 10-1	Localización referencial del triángulo central en Santiago	10-10
Figura 10-2	Puntos de cobro alternativa elegida triángulo central	10-11
Figura 10-3	VAN social actualizado, alternativa TVTC	10-12
Figura 10-4	TIR social actualizado, alternativa TVTC	10-13

ANEXOS

A REFERENCIAS CONSULTADAS

1. Introducción

1.1 Antecedentes generales

El Gobierno de Chile, a través del Ministerio de Hacienda, en conjunto con una donación del GEF han financiado el Proyecto: “Transporte sustentable y calidad del aire para Santiago”.

El programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en nombre y a solicitud del Proyecto CHI/03/004 “Transporte Sustentable y Calidad del Aire para Santiago”, cuyo agente de ejecución es la Coordinadora General de Transportes de Santiago (CGTS), dependiente del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT), adjudicó a Steer Davies Gleave a realizar el estudio denominado: “Tarificación Vial por Congestión para la ciudad de Santiago”.

1.2 Objetivos del estudio

El objetivo principal de este estudio es evaluar desde un punto de vista social la factibilidad técnica y económica de un Proyecto de Tarificación Vial por Congestión para la ciudad de Santiago. Dicho objetivo se enmarca dentro del propósito general de incentivar el uso racional del transporte privado y mitigar las externalidades negativas asociadas a su operación.

A partir de este objetivo principal, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- I Analizar y diagnosticar el Sistema de Transporte Urbano (STU) de Santiago - evolución, tendencias y problemas - en la perspectiva de la eventual introducción de mecanismos de tarificación vial.
- I Desarrollar una metodología general de definición y análisis de proyectos de tarificación vial, cuyo objetivo sea ayudar a controlar la congestión vehicular en ciudades.
- I Definir y evaluar alternativas preliminares y especificar y evaluar las alternativas definitivas de proyectos de tarificación vial para Santiago.
- I Proponer tecnologías y métodos de cobro disponibles más adecuados para proyectos de tarificación vial en la ciudad de Santiago. Este proceso se realizará mediante una revisión de las tecnologías existentes, analizando sus potencialidades técnicas, costos y adaptabilidad al contexto chileno.
- I Recoger la percepción de los distintos actores de la sociedad, en relación a la congestión vehicular y a la eventual aplicación de una medida de regulación como la tarificación vial. Se espera cumplir dicho objetivo a través de un proceso de participación ciudadana.

- Estudiar el marco legal vigente relativo al tema de tarificación vial y la factibilidad jurídica de esta institución, así como los procedimientos necesarios para posibilitar su implementación.

1.3 Estructura del informe

El presente documento, correspondiente al Resumen Ejecutivo del estudio "Tarificación Vial por Congestión para la Ciudad de Santiago", ha sido estructurado en diez (10) capítulos.

Además de la presente introducción los contenidos son los indicados a continuación:

- El Capítulo 2 incluye un análisis de las políticas de transporte para controlar la congestión y la tarificación vial en ese contexto
- El Capítulo 3 corresponde al diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago
- El Capítulo 4 se refiere a la selección de alternativas preliminares
- El Capítulo 5 contiene una síntesis del análisis y evaluación de alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago.
- El Capítulo 6 aborda los aspectos de tecnología relevantes para un proyecto de tarificación vial
- El Capítulo 7 corresponde al análisis complementario de la alternativa seleccionada, incluyendo un anteproyecto, el impacto urbanístico, aspectos prácticos de implementación, la recaudación para el uso de fondos, entre otros temas.
- El Capítulo 8 resume la actividad de Participación Ciudadana desarrollada en el marco del presente estudio
- El Capítulo 9 contiene un síntesis del Informe Jurídico
- El Capítulo 10 detalla las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio

2. Políticas de Transporte y Tarificación Vial por Congestión (TVC)

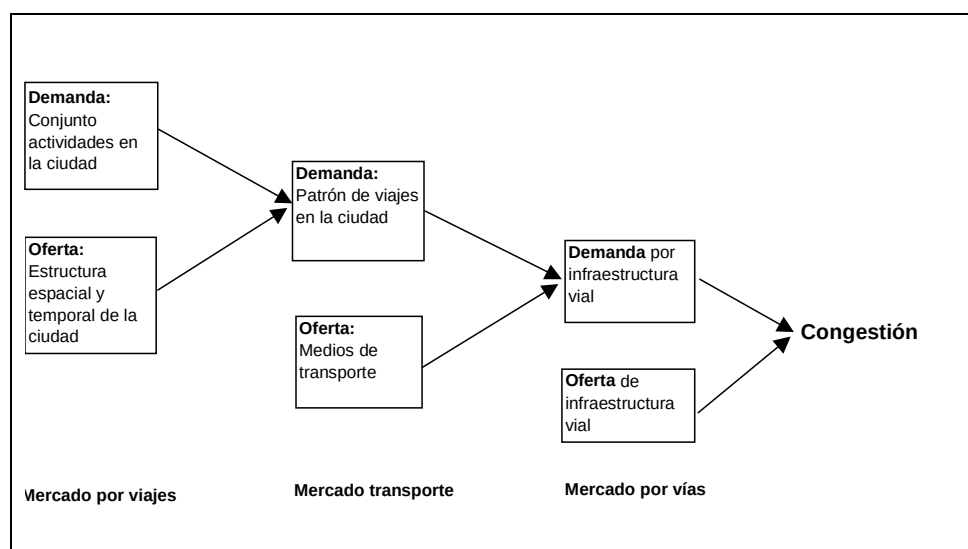
2.1 La economía de la congestión

En esta sección se presentan los principios económicos que sustentan la tarificación vial. En ese sentido, el capítulo es de contenido conceptual y la discusión se apoya en los supuestos habituales del consumidor como Homo Economicus, información perfecta y de costo cero.

Para entender la economía básica de la congestión conviene partir de un par de hechos fundamentales: por una parte las personas necesitan usar las vías urbanas para desplazarse por diferentes motivos y por otra, las empresas trasladan a través de ellas sus insumos y productos desde los lugares de producción y almacenamiento a los de consumo. Por tanto, el uso de las vías dependerá del número de habitantes y de vehículos, de los medios de transporte disponibles, de la ubicación geográfica de las actividades comerciales, de la localización de los establecimientos educacionales y de dónde las personas decidan vivir, trabajar, comprar y estudiar.

Al interior de una ciudad, el volumen y patrón de viajes que se realizan, los modos de transporte que se usan y los requerimientos de vías urbanas son el resultado de distintas decisiones que se toman en tres mercados relacionados: el mercado de viajes, el mercado del transporte y el mercado de los servicios viales urbanos¹. En la figura siguiente se presenta de manera esquemática estos mercados y sus interrelaciones.

FIGURA 2-1 DETERMINANTES DE LA CONGESTIÓN



¹ Esta idea se basa en el modelo conceptual propuesto por la OECD [2002].

En el mercado de los viajes es donde se determina el número y el patrón de viajes que tendrá lugar dentro de la ciudad a lo largo de un día. Este es el resultado de la asignación de las actividades que desean realizar las personas y las empresas entre las distintas alternativas geográficas y horarias disponibles. Existe una demanda que se deriva del número de habitantes y empresas, del lugar donde se encuentran emplazadas, y de las actividades que buscan realizar, cuyo destino específico y ámbito horario están por determinarse. Por otra parte, hay una oferta geográfica y horaria de lugares donde podrían acudir y asociado a ellos, los viajes requeridos.

Los viajes dentro de la ciudad que se derivan del mercado de viajes constituyen la demanda por medios de circulación en el mercado del transporte. Para satisfacer esta demanda por trasladarse, existe una oferta de diversos medios motorizados y servicios de transporte público. Por ejemplo, las personas pueden desplazarse para realizar sus distintas actividades cotidianas utilizando el sistema de transporte público como los buses, taxis, taxis colectivos o el metro, o bien utilizar su automóvil particular. Los beneficios y costos relativos de elegir las distintas opciones para movilizarse al interior de la ciudad definen la manera en que finalmente las personas satisfacen su necesidad de transporte.

La decisión de las personas sobre el número de viajes, el medio de movilización y la hora a la que se trasladan define a su vez la demanda horaria por infraestructura vial urbana en el mercado de servicios viales. Esta demanda es distinta si las personas privilegian el transporte público o el automóvil, o si los viajes se producen espaciados a lo largo del día o bien se concentran en ciertas horas. Por otra parte, en la ciudad existe una oferta de vías urbanas a lo largo del día que está dada por la cantidad y características de las vías disponibles y la gestión de tráfico que se lleve a cabo sobre ellas. El balance entre la demanda y la oferta de servicios viales determina la forma en que se distribuyen los vehículos entre las distintas vías y horas del día.

Si la oferta de infraestructura vial es suficientemente holgada con relación a la demanda, los vehículos pueden circular fluidamente a velocidades normales, sin que el ingreso de un nuevo usuario a la vía disminuya la velocidad promedio de desplazamiento ni aumente el tiempo de viaje de los demás usuarios. La congestión vehicular se produce cuando el ingreso de nuevos usuarios a una vía supera su capacidad de soportar una circulación fluida del tráfico por lo que se estorban unos a otros, y como consecuencia de la impedancia que se imponen los usuarios entre ellos, el mayor flujo vehicular circula a baja velocidad aumentando el tiempo del viaje de los usuarios de la vía². Desde un punto de vista económico, las demoras percibidas por los usuarios son la referencia de valor mediante la cual se racionaliza cuantitativamente un recurso limitado: el espacio para circular por ciertas vías a determinadas horas. Este fenómeno ocurre en forma análoga en otros servicios cuando por ejemplo no es posible conseguir entradas para un evento importante, o acceder a páginas en Internet, entre otros. De hecho, una búsqueda en Google de las palabras “congestion” y “behaviour” entrega más ejemplos de congestión en Internet que en las vías de circulación vial. Una contrapartida de esta congestión es la capacidad ociosa de las vías a otras horas y lugares (asientos vacíos en el cine y

2 Bovy y Salomón (1999) y Dargay y Goodwin (1999).

Una vez definido lo que se entiende por congestión vehicular, es importante destacar que, desde la perspectiva de la eficiencia económica, la congestión en sí misma no es un problema. Ello porque sería gruesamente ineficiente tener la infraestructura vial de una ciudad dimensionada para que el tráfico pueda circular de manera fluida durante todo el día. El problema económico con la congestión surge como consecuencia de que los usuarios de las vías no internalizan la totalidad de los costos que generan al usarlas y el nivel de congestión resultante es superior al nivel socialmente óptimo.

Este fenómeno se puede apreciar en la Figura 2-2 en el que existe una demanda por circular en horas no-punta (Dhnp), una demanda por movilizarse en horas punta (Dhp), una curva de costo medio variable CMeV, que representa los costos variables de movilizarse en que incurre un conductor³, y una curva de costo marginal social CMgs, que refleja no sólo los costos que enfrenta un usuario de la vía sino que también el costo que le impone a los demás usuarios al disminuir la velocidad de circulación promedio y alargar los tiempos de viaje. La curva de demanda resume los beneficios que la gente obtiene por trasladarse a distintas horas del día y representa la disposición a pagar por transitar por una vía a una hora determinada. Los costos de movilizarse están dados por el gasto en combustible, el desgaste del vehículo y el tiempo que toma llegar al destino. Una vez que el flujo vehicular es mayor a F^* , los vehículos comienzan a estorbarse unos a otros, dando inicio a la congestión vehicular, y producto de ello a medida que circulan más vehículos se incrementa el gasto en tiempo y combustible.

Este diagrama ilustra la relación entre el flujo vehicular y los costos marginales. El eje vertical representa el costo (\$) y el eje horizontal representa el flujo vehicular (Veh/hora). Se muestran tres curvas: una demanda horizontal (\$D_{hp}\$), una demanda descendente (\$D_{hp}\$) y una curva de costo marginal (\$CMg_s\$). La intersección de la curva de costo marginal y la demanda horizontal define el flujo óptimo (\$F^*\$). La intersección de la curva de costo marginal y la demanda descendente define el flujo de congestión (\$F_p^{hp}\$). La intersección de la curva de costo marginal y la demanda horizontal define el flujo de congestión (\$F_c^{hp}\$). La intersección de la curva de costo marginal y la demanda descendente define el flujo de congestión (\$F_p^{hp}\$). La intersección de la curva de costo marginal y la demanda horizontal define el flujo óptimo (\$F^*\$). La intersección de la curva de costo marginal y la demanda descendente define el flujo de congestión (\$F_p^{hp}\$).



En este análisis gráfico se supone que todos los conductores perciben los mismos costos variables de movilizarse lo que permite trabajar con un consumidor representativo. En este contexto, los conductores toman sus decisiones de desplazamiento con base en la curva de CMeV que representa el costo privado de cada viaje.

Las personas se trasladan porque quieren cumplir sus objetivos, y al hacerlo obtienen un beneficio pero también incurren en un costo. En este contexto, si cada conductor toma sus decisiones considerando sólo los beneficios y costos privados, el flujo vehicular sería igual a F_{Php} , que es mayor que F^* . Por contraste, si por circular por la vía a esas horas los conductores enfrentaran como costo privado el costo marginal social de su decisión, el flujo vehicular sería F_{shp} que es inferior a F_{Php} .

Una cuestión importante de considerar es que aún cuando los conductores incorporaran en sus decisiones de viajes todos los costos que provocan, igualmente existiría congestión, porque $F_{shp} > F^*$. La gran diferencia radica en que ese nivel de congestión es económicamente eficiente. La razón es que cada uno de los viajes realizados hasta F_{shp} es valorado por los usuarios de la vía en un monto mayor que el costo social, por lo que resulta económicamente conveniente que se realicen. En otras palabras, en las horas punta existe un nivel de congestión que es económicamente eficiente y es distinto de cero.

La situación en las horas no-punta, cuando la demanda por viajes es D_{hnp} en la Figura 2-2, es diferente. A estas horas existe suficiente disponibilidad de espacio en la vía y el ingreso de un nuevo usuario no disminuye la velocidad promedio ni alarga el tiempo de viaje de los demás usuarios, por lo que el costo privado de cada viaje es igual al costo social. El flujo vehicular que se determina en estas condiciones es $F_{hnp} < F^*$ y no existe congestión en la vía.

Un corolario de este análisis es que el objetivo de la política pública no puede ser eliminar la congestión a las horas punta ni minimizar los tiempos de viaje, si no que lograr que los conductores incorporen dentro de sus decisiones la totalidad de los costos que provocan y que con ello el nivel de congestión durante las horas punta sea el económicamente eficiente.

Lo anterior implica que la manera de enfrentar el problema de la congestión en términos económicamente ideales no es imponiendo restricciones cuantitativas al uso de las vías ni a las decisiones personales de dónde vivir, trabajar, estudiar o producir con el objeto de disminuir los tiempos de viaje. Lo que se requiere es que los usuarios de las vías al decidir si utilizan o no una vía tomen en consideración todos los costos que generan, incluyendo el retraso que provocan a los demás.

Por cierto que existen también otros costos y externalidades que deben tomarse en cuenta. Por ejemplo, hay externalidades de localización de actividades que los actores económicos pueden ignorar y que justifican intervenciones que regulen el uso del suelo (por ejemplo la disponibilidad de áreas verdes o no mezclar usos industriales pesados con residenciales). Las externalidades de contaminación y accidentes deberían agregarse a la congestión ya que también dependen del flujo vehicular.

2.3 Políticas de transporte para la reducción de la congestión

Como se analizará, la solución a la congestión excesiva debe sustentarse en un conjunto de medidas de política pública y puede ser abordado de diversas maneras, ya sea interviniendo en el mercado de los viajes, en el mercado del transporte o en el mercado de los servicios viales que es donde se manifiesta.

Para ser económicamente eficientes en el control de la congestión vehicular las políticas que se implementen deben cumplir al menos con cuatro condiciones deseables:

- I La primera es que impacten de manera directa y exclusiva el tráfico que causa la congestión, obligando a quienes usan las vías bajo esta condición a incorporar en sus decisiones de viajar los costos que infligen a los demás usuarios de esas vías. Para lograr este objetivo es deseable que las políticas sean flexibles y adaptadas en la dimensión temporal⁴ y espacial⁵. Las políticas que pretenden controlar el nivel de congestión induciendo cambios de manera directa sobre el número de viajes, los kilómetros recorridos o el tamaño del parque vehicular, sólo tienen un impacto indirecto sobre el nivel de congestión pero pueden inducir efectos socialmente no deseados en las decisiones individuales⁶.
- I El segundo requisito es que las políticas implementadas resulten eficaces y logren un grado de respuesta por parte de los usuarios que circulan por las vías.
- I En tercer lugar, es necesario que las políticas implementadas reduzcan aquellos viajes con menor valoración subjetiva y que una vez implementadas las personas puedan decidir libremente dónde vivir, dónde trabajar, que vehículos usar, qué vías ocupar y a qué hora circular.
- I Finalmente, es deseable que la implementación de las políticas tenga impactos cuantificables en forma objetiva.

A continuación se describen las principales políticas públicas vigentes, alternativas a la tarificación vial, y se analiza en términos cualitativos su grado de funcionalidad para controlar, con criterios de eficiencia económica, la congestión excesiva.

Impuesto a los combustibles

Este es un tipo popular de impuesto al consumo ya que es muy fácil de recolectar y fiscalizar.

El impacto directo de este impuesto es aumentar el costo medio variable de circular a cualquier hora del día, área de la ciudad y época del año. Pero como el consumo de combustible crece en la medida que hay más congestión, el incremento en el

4 Este caso se refiere a distintas horas del día, tipos de día de la semana (Laboral y Fin de Semana) y época del año (normal y verano), en las que la demanda por vías muestra intensidades diferenciadas (SECTRA: EOD-2001).

5 Este caso se refiere a distintas áreas de la ciudad o diferentes vías.

6 Sin embargo, el país que impone restricciones más draconianas a la posesión del automóvil, Singapur, es también uno de los más exitosos social y económicamente en el mundo.

costo de circular es proporcionalmente mayor en las horas punta que en las horas fuera de punta.

El efecto de corto plazo de este impuesto se manifiesta en el mercado de los viajes. Al encarecerse el uso del automóvil se puede responder de diferentes maneras: realizando un menor número de viajes, modificando algunos destinos para reducir las distancias recorridas, compartir el coche con otros usuarios, cambiar el modo de transporte y posiblemente cambiar el coche por uno con mejor eficiencia en el uso del combustible (notar la diferencia entre los coches Europeos y Norteamericanos).

En una perspectiva de mediano y largo plazo un impuesto a los combustibles también influye en las decisiones de localización para favorecer viajes más cortos. El impuesto también tiene efectos sobre el mercado del transporte favoreciendo el uso del transporte público, porque el incremento en el costo por pasajero transportado resulta ser mayor para los automovilistas que para la locomoción colectiva.

Esta sustitución entre el uso del automóvil y el transporte público resulta ser mayor durante las horas punta ya que el consumo de combustible es proporcionalmente mayor en condiciones de congestión y porque los viajes regulares al trabajo son más fáciles de servir por transporte masivo. El menor número de viajes que se produce, unido al uso menos intenso del automóvil, se traduce en una reducción en la demanda por infraestructura vial a todas las horas del día, lo que en parte alivia el problema de congestión.

No obstante lo anterior, el uso de impuestos al combustible como medida para reducir la congestión presenta dos problemas.

- I El primero es que no se trata de una medida directa, y por lo tanto incrementa el costo medio variable de circular de todos los vehículos, independientemente de las vías y la hora en que transitan. Si el costo adicional en horas fuera de punta es muy superior al de la infraestructura esto podría crear una ineficiencia toda vez que dejan de realizarse viajes que no causan congestión y que resulta económicamente eficiente que se realicen. Este mismo problema es extensible a la dimensión espacial, limitándose el uso de vías que es económicamente eficiente que se usen.
- I El segundo problema tiene que ver con su eficacia. En diversos estudios, SECTRA ha cuantificado en forma gruesa el impacto sobre el uso del automóvil derivado de considerar políticas de aumento del costo de operación de los vehículos; los resultados indican que su impacto es limitado.

Sin embargo, y a pesar de estas limitaciones, es interesante notar que para ciertas ciudades de EE.UU. se ha estimado que la elasticidad precio demanda por gasolina por kilómetros recorridos es de -0.2 en el corto plazo y de -0.5/-0.7 en el largo plazo⁷. Las elasticidades en Europa son ligeramente inferiores por la mejor calidad

7 Gomez-Lobo y otros (2003) citan que el instituto “The Mackinac Center for Public Policy” (www.mackinac.org) publica una elasticidad de demanda de corto plazo de -0.2 para EE.UU. En el largo plazo mencionan que esta elasticidad sube a -0.7. Por otra parte, Goodwin (1992) sugiere una elasticidad precio de demanda de corto plazo de -0.16 y de largo plazo de -0.46.

de las alternativas de transporte público y un precio base más alto de los combustibles⁸.

En síntesis, el uso de los impuestos a los combustibles resultaría ser una herramienta ineficiente e ineficaz para abordar el problema de la congestión.

Cobros y restricciones a los estacionamientos de vehículos livianos durante las horas punta

Si el fin de esta política fuese aliviar el problema de congestión solamente, no tendría lógica cobrar o restringir los estacionamientos a las horas fuera de punta, puesto que durante este período no existe el problema de congestión excesiva.

Las restricciones y el cobro por estacionarse en las vías públicas durante las horas punta afectan de dos maneras el uso del automóvil. La primera es por el efecto que tiene sobre la demanda por vías y la segunda es por su efecto en la oferta vial.

El mayor costo que significa restringir los estacionamientos o cobrar por estacionarse tiene un efecto directo en el mercado de los viajes. Al ser más caro estacionarse se induce cambios en el comportamiento, como la sustitución entre el uso de automóvil y el transporte público, lo que en definitiva reduce la demanda por vías en las horas punta.

Sin embargo, el cobro y las restricciones a los estacionamientos como política para enfrentar la congestión también presentan problemas de eficiencia.

- El primero se refiere a que ésta no afecta directamente los viajes que cruzan el sector objeto de cobro sino sólo a quienes deciden estacionarse (salvo que el estacionamiento se ubique en el punto mismo de la máxima congestión).
- El segundo es que se afectan los incentivos a reducir los viajes en toda una zona geográfica, independientemente de las vías por las cuales los vehículos decidan circular para llegar a destino. Ello incrementa el costo de circular, no sólo en las vías congestionadas, sino también en vías descongestionadas reduciendo los incentivos para que el flujo se reasigne entre distintas vías de acceso.

Una adecuada política de estacionamientos también incrementa la oferta vial en las zonas y horarios en que opera. Ello se traduce en una disminución del costo privado y del costo social de circular a esas horas en esa área. Esta baja en el costo de transitar beneficia a todos los vehículos que circulan e incentiva un mayor flujo vehicular. El resultado final será un mayor volumen de tráfico y un menor nivel de congestión, pero distinto del que sería óptimo dado estas nuevas curvas de costo privado y social de circular a las horas punta.

Si los beneficios de restringir los estacionamientos en horas punta resultan ser superiores a los costos, ella resulta ser una política recomendable. Esta política, bien implementada sí puede ser funcional al objetivo planteado, aunque adolece de limitaciones.

8 A diciembre del 2003 el impuesto específico a los combustibles representaba un 42% del precio promedio de venta al público de gasolina y un 15.7 % del precio de venta del petróleo diesel. Si se agrega el IVA, estos porcentajes alcanzan al 50,9% y 28,6% respectivamente.

Permiso de circulación

Los impuestos pagados por concepto de permiso de circulación no tienen ninguna vinculación con el uso de los vehículos⁹. En la práctica es un impuesto al patrimonio que desincentiva la adquisición de vehículos de mayor valor y tiene un impacto casi despreciable en la tenencia de autos más antiguos. Dependiendo de los cargos, el único efecto que puede tener se produce en el mercado del transporte al reducir el tamaño de la flota de vehículos debido a su aumento en los costos de posesión.

Tal como está diseñada en la actualidad, esta política prácticamente no tiene ningún impacto directo sobre el nivel de congestión. Una vez que una persona decide comprar un vehículo, este gravamen no afecta ni el número de viajes, ni las distancias recorridas, como tampoco las horas, vías y zonas de circulación. De hecho también podría argumentarse que ella tiene un impacto en sentido contrario al buscado, ya que los usuarios una vez pagado el costo fijo de circular, lo harán con mayor énfasis.

En síntesis, sería un error procurar controlar la congestión mediante una política de aumento del costo de los permisos de circulación.

Sistemas de información y de gestión de tráfico

Parte de la congestión puede evitarse o reducirse en la medida que exista una adecuada información en tiempo real sobre lo que está sucediendo en las vías y una gestión de tráfico acorde a las condiciones de circulación. La gran virtud de estas políticas es que permiten soluciones ágiles a los problemas de circulación sin afectar el entorno ni demandar mayor espacio público.

Conscientes de estas ventajas, las autoridades crearon a mediados de los años ochenta la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT). Desde entonces se ha venido implementando una serie de medidas de gestión de tránsito con el objeto de optimizar el uso de la infraestructura disponible.

Las medidas de gestión de tránsito desarrolladas hasta ahora pueden ser divididas en tres categorías:

- En primer lugar se encuentran aquellas destinadas a entregar información sobre el uso de las vías en tiempo real.
- En segundo término están aquellas que buscan moderar los efectos negativos de problemas transitorios en la capacidad de transporte de una vía (*incidentes*), ya sea por motivos de accidentes, mantenimiento, construcción y desvíos de tránsito desde otras vías.
- En tercer lugar se encuentran las medidas cuyo objetivo es incrementar la capacidad de las vías en los horarios de mayor congestión. Dentro de estas se destaca el establecimiento de vías exclusivas¹⁰, vías reversibles¹¹, vías

9 Se calculan en Chile multiplicando el avalúo fiscal de los vehículos por una tasa porcentual que es progresiva en función de su valor. En otros países el permiso no depende del valor del vehículo (Gran Bretaña, por ejemplo).

10 Dentro de cierto horario estas vías son de uso exclusivo para diversos modos de transporte público.

segregadas¹², restricción a los estacionamientos de superficie, y restricciones de acceso a camiones de carga (tanto en horarios como en vías específicas).

La experiencia internacional muestra que los primeros dos tipos de medidas han aminorado la congestión por cuanto mejoran los servicios asociados a la oferta de infraestructura vial, ayudando a planificar mejor los viajes en términos de hora, destino y vías a utilizar. Por ejemplo, en la ciudad de Los Angeles en California, EE.UU., los sistemas avanzados de gestión de tráfico han permitido disminuir los tiempos de viaje en 18%, reducir las esperas en intersecciones en 44%, las detenciones en 41% y disminuir las emisiones en 35%¹³.

Las vías exclusivas, reversibles y segregadas comenzaron a ser aplicadas en Santiago durante el año 2001 obteniéndose resultados razonables en términos de facilitar la circulación vehicular. Los beneficios operacionales de estas medidas han sido cuantificadas, demostrando su bondad¹⁴.

El uso de tecnologías de información en conjunto con una adecuada gestión de tráfico implican por una parte una mayor eficiencia productiva, desplazando hacia abajo de las curvas de costo privado y costo social de circular a las horas punta, y por otra un desplazamiento de la demanda por viajes desde vías y horas congestionadas hacia otras menos solicitadas.

Las ganancias que se derivan de la reasignación de viajes y de los menores costos de circular alivian el problema inicial de congestión pero no lo eliminan. Como se puede observar, el problema se desplaza a un nuevo nivel de congestión que está asociado a un mayor flujo de tránsito. Para las nuevas curvas de costos y demanda el óptimo privado continúa difiriendo del óptimo social.

Aún cuando el uso de tecnologías de información y una mejor gestión de tráfico no solucionan el problema de congestión, la evidencia empírica muestra que son de utilidad para facilitar el flujo vehicular. Por este motivo lo recomendable es continuar ampliando su uso, en la medida que el ahorro por menores costos de circulación y los beneficios de la reasignación de viajes sean superiores a los costos de implementación y operación de los sistemas.

Expansión de la infraestructura vial

Es evidente que la oferta vial (infraestructura) no es fija ni debe considerarse como tal cuando se diseñan políticas públicas. Los gobiernos constantemente buscan mejorar las condiciones de la infraestructura con miras a mejorar la eficiencia y calidad de vida de sus ciudadanos. Sin embargo, si los usuarios no perciben los costos reales de circular en la infraestructura vial, incluyendo las externalidades, se generarán niveles de demanda ineficientes económicamente aumentando la presión por mayor capacidad vial.

11 Estas son vías que varían su sentido de tránsito en determinados períodos y horarios.

12 Son aquellas vías donde existe una separación física entre la calzada utilizada por la locomoción colectiva y los vehículos particulares.

13 El informe se encuentra en www.sectra.cl/its/sagt/sagt.htm

14 Estudio de Tránsito, Plan de Medidas de Acción Inmediata, Año 2002 (SECTRA).

La actual política de transporte contempla inversiones en infraestructura vial¹⁵ que permitirán superar puntos críticos de congestión. Para el futuro es importante que la expansión de la capacidad de las vías continúe siendo parte de la política de transporte. Parece razonable expandir la capacidad de las vías cuando el beneficio de hacerlo es mayor que los costos de largo plazo, y esto es algo que se debiera continuar evaluando sistemáticamente.

Desde un punto de vista de su impacto sobre la congestión, la inversión en infraestructura vial debe ir acompañada de un cobro que haga incorporar a los usuarios los costos de esta expansión. De lo contrario, la mayor capacidad aliviará en parte el problema que se deriva de la congestión vehicular pero no lo solucionará. Si no existe un cobro por transitar el aumento de oferta de las vías disminuirá las curvas de costos privados y sociales de circular a las horas punta y en principio reducirá la congestión. Cualquier vehículo adicional que se incorpore a transitar en esas horas tendrá un menor impacto sobre la congestión debido al aumento en la infraestructura. Sin embargo, la reducción en costos incentivará el ingreso de más vehículos quienes coparán la capacidad ampliada de las vías generando un nuevo equilibrio donde también existirá el problema de congestión excesiva. El problema radica en que las decisiones continuarán tomándose sobre la base de los costos privados que no incorporan los costos que se provocan sobre los demás usuarios del sistema vial.

Es importante destacar que la literatura demuestra que asociado al tamaño óptimo de las vías en el largo plazo persiste para las horas punta un costo externo asociado a la congestión vehicular. Es decir, la congestión no desaparece totalmente con la expansión en infraestructura vial, quedando un monto óptimo de congestión.

La experiencia de ciudades que han tratado de basar sus sistemas de transporte en la infraestructura vial, como Los Angeles, muestra que es imposible eliminar la congestión. Por una parte la forma urbana resultante es muy poco atractiva y no favorece el bienestar ciudadano; por otra, los peores problemas de congestión parecen concentrarse precisamente en esas ciudades. Los países Europeos han adoptado una política más equilibrada privilegiando al transporte público de mejor calidad, por cierto con un costo importante al contribuyente. Los aspectos de forma y planificación urbana no pueden ignorarse en el estudio de la tarifización vial ya que al cambiar la estructura de precios se crean presiones para modificar la estructura urbana también.

Regulación al transporte de carga urbano

Como todo vehículo, los de carga disminuyen la velocidad del tráfico en la ciudad sin internalizar el costo que significa retrasar a todo el resto de los vehículos. Button y Pearman (1981) identifican tres razones adicionales por las que el transporte de carga urbano agrava la congestión:

15 La principal inversión son las concesiones viales. Existe también otro programa de inversión en vialidad urbana que se está implementando y que mejora las conexiones al interior de la red vial y amplía algunas vías importantes de la ciudad que complementan los ejes troncales del transporte público.

- I Primero demoran el tráfico porque los camiones aceleran lentamente después de haberse detenido.
- I Segundo, los camiones retrasan el tráfico cuando el diseño de los accesos y salidas a las vías no es apropiado para que los camiones viren, o bien no están diseñados adecuadamente para que accedan a zonas de carga y descarga.
- I Por último, el tráfico también se ve demorado cuando las instalaciones de carga y descarga son inapropiadas y los camiones deben estacionarse en la vía.

El costo de la congestión que causa un camión al obstruir una vía de una calle puede ser muy considerable. En un estudio realizado por CITRA (1995) se calculó que este costo es cero en la noche y bastante bajo en horas fuera de punta. Sin embargo, cuando se obstruye una vía en una calle saturada el costo podía llegar a valores cercanos a \$ 1 millón por hora.

Es importante notar que el transporte de carga se concentra en algunas vías principales y fuera de ellas representa sólo una proporción pequeña del tráfico total. De acuerdo al diagnóstico de CITRA (1995), los problemas de congestión y de carga y descarga no se manifestaban en toda la extensión geográfica de la ciudad ni a toda hora, si no que se concentraban en las horas punta y en algunas vías principales de las comunas en que están asentadas la mayor cantidad de industrias y centros generadores y atractores de carga en Santiago¹⁶. Estos problemas se presentaban también en ciertas vías de las comunas situadas en las zonas definidas como zonas habitacionales mixtas en las que coexisten una gran cantidad de industrias y áreas habitacionales¹⁷. Una situación un poco distinta enfrentaban las comunas del sector oriente¹⁸, que si bien no atraen ni generan transporte de carga en grandes volúmenes, pues no hay industrias asentadas en ellas, generan viajes relacionados con el consumo de la población que no provocan grandes problemas de tránsito. Sin embargo, son generadoras de viajes vinculados a la construcción de obras que ocasionan impactos viales significativos, así como importantes conflictos en el tránsito durante la descarga de sus productos, sobre todo en las horas de mayor flujo vehicular en calles principales.

Hasta ahora las políticas implementadas para controlar los costos externos de la congestión que provoca el transporte de carga urbano han consistido en restringir el acceso a determinadas vías y zonas por medio de establecer prohibiciones de tránsito y estacionamiento, imponer límites al tamaño y peso, restricciones a los días y al horario de circulación, establecer vías exclusivas a las que no pueden acceder los camiones, y establecer horarios de carga, descarga y estacionamiento.

-
- 16 Estas corresponden a las comunas situadas próximas a la circunvalación Américo Vespucio, en el sector norte y poniente de la ciudad, como son Renca, Quilicura, Huechuraba, Cerrillos, Conchalí, Lo Prado y otras, que se encuentran localizadas en las áreas definidas como zonas industriales.
- 17 Estas zonas están situadas más próximas al centro de la ciudad y contienen a comunas como La Granja, Estación Central, La Cisterna, San Miguel, El Bosque, Quinta Normal, entre otras y generan grandes flujos de transporte de carga.
- 18 Las Condes, Vitacura, Lo Barnechea, Providencia.

El principal problema de este tipo de medidas radica en que son restricciones cuantitativas que se aplican de manera uniforme y no consideran la diversidad de valoraciones que le asignan las distintas empresas al uso de las vías, a la flexibilidad para elegir la manera de organizar su flota de vehículos de transporte, y a los horarios de operación. Adicionalmente, las restricciones cuantitativas suelen tener efectos secundarios, porque inducen sustitución para evitarlas, y esta sustitución no es, en general, socialmente óptima.

En síntesis, si bien existen eventualmente algunos casos donde lo más eficiente puede ser el establecimiento de prohibiciones o restricciones a camiones extremadamente grandes o pesados, la literatura económica y la experiencia internacional han demostrado que, una vez definidos esos límites máximos, lo más conveniente es cobrar por el costo de usar las vías y luego dejar que las empresas decidan qué tipo de camiones y vías utilizarán.

Planificación de la localización de actividades

En principio se estima que una forma de influir sobre los mercados de transporte y de viajes es a través del diseño de políticas que modifiquen el uso de suelos. En el mercado de los viajes el objetivo es limitar el número de viajes, reduciendo la necesidad de que éstos se realicen y acortando las distancias para minimizar el tiempo de movilización. Estas políticas también debieran buscar un efecto sobre el mercado incrementando el número de viajes en medios de transporte público o en vehículos no motorizados (como por ejemplo caminatas y bicicleta).

Nuestras autoridades deben planificar el desarrollo permitiendo y generando incentivos para ciertos tipos de uso del suelo en cada área y reservando espacios de uso público y comunitario. Mediante estas políticas es posible influir sobre la densidad de residencias y empleo, y apoyar un sistema de transporte urbano que no dependa enteramente del automóvil. Se puede intentar así escapar de la “trampa del desarrollo” que se discutirá junto con los aspectos conductuales de la tarificación vial.

Las ciudades compactas de Europa son mucho más fáciles de servir por transporte público que las dispersas de América del Norte. Puede discutirse qué estructura permite mejores calidades de vida aunque los europeos no parecen aspirar a los niveles de espacio disponibles por los norteamericanos.

Estas políticas pueden tener poca influencia en el corto plazo ya que los cambios en el uso del suelo toman tiempo en implementarse y porque es difícil y costoso alterar la localización de actividades establecidas. Sin embargo, en una perspectiva de más largo plazo, la política urbana sí tiene un rol importante y necesario definir la estructura urbana y tratar de acomodar la demanda por viajes que se generará a partir del desarrollo de nuevos desarrollos inmobiliarios.

Mejoras al transporte público

El Plan de Transporte para Santiago que está llevando a cabo el Gobierno incluye una fuerte expansión del metro¹⁹ y un sistema de buses integrado a él en operación y tarifaria a partir de la puesta en marcha del plan Transantiago en febrero del año 2007. El nuevo sistema debería funcionar en estado de régimen a partir de julio de 2009 después de dos años y medio de modificaciones importantes en su diseño original, el que no pudo responder a las demandas de los viajeros en términos de capacidad, frecuencia y recorridos; generando en los usuarios una mala percepción del servicio de transporte público de superficie en la ciudad.

Si bien el plan Transantiago fomenta una estructura de empresas de mayor envergadura que permitan operar flotas de buses en forma eficiente, con un esquemas de servicios jerarquizados, con servicios troncales que realizan recorridos más largos atravesando varias comunas y servicios alimentadores con buses más pequeños en recorridos más bien locales, los efectos inicialmente esperados en la entrega de un mejor nivel de servicio para los usuarios no se cumplieron y ha sido difícil revertir la mala percepción en la ciudadanía.

Lo anterior cobra especial relevancia ya que el desarrollo de un mejor sistema de transporte público es absolutamente necesario para acomodar las crecientes demandas por viajes, especialmente en un esquema con tarificación vial. En general se esperaría que el efecto de una mejora sustancial en el transporte público sea más bien el de atenuar la velocidad de deterioro de las características operativas del sistema de transporte urbano, en la medida que la ciudad siga desarrollándose como está previsto.

En todo caso, el contar con un sistema de transporte público de mejor calidad puede considerarse como un requisito complementario, y a la vez necesario, en la política de transportes, **antes** de evaluar la implementación de tarificación vial que se orientaría a que usuarios incorporen todos los costos en sus decisiones de viaje en la ciudad de Santiago.

Restricción vehicular

El impacto de esta medida se produce en el mercado del transporte reduciendo la oferta disponible de vehículos para circular. Como consecuencia se reduce la demanda por vías, disminuyendo la congestión vehicular. Esta política fue originalmente diseñada para controlar la contaminación por lo que en principio se aplicaba solo a los autos que no contaban con un convertidor catalítico.

Como era de esperar, con el paso del tiempo la medida ha ido perdiendo relevancia ya que su aplicación incentivó la sustitución hacia vehículos con convertidor; actualmente más del 88%²⁰ de los vehículos particulares que transitan por la ciudad

¹⁹ Al año 2008 la red de metro constaba de 4 líneas y abarcaba 85 km y 92 estaciones que permitían realizar más de 2,3 millones de viajes diarios, correspondientes al 60% de los viajes totales en transporte público de manera pura (25%) o combinada con bus (35%). Durante el año 2009 están en ejecución las extensiones de la línea 1 y 5, con las cuales la red de metro al año 2010 llegaría a unos 104,5 kilómetros con un total de 105 estaciones.

²⁰ Dato INE 2009

de Santiago cuentan con esa tecnología instalada. Para hacer frente a esta disminución en su capacidad de afectar el flujo de tráfico, en el año 2001 las autoridades lograron, después de una fuerte polémica, que en casos justificados por motivos ambientales la restricción vehicular sea extensible también a los autos catalíticos²¹.

Claramente este sistema no resulta eficiente en disminuir la excesiva congestión vehicular. Restricciones cuantitativas de este tipo no permiten en forma práctica distinguir por vías o zonas de circulación, ni entre horas punta o fuera de punta. Tampoco permite racionar el uso de las vías de acuerdo a la valoración y a la disposición a pagar que tengan los usuarios. Un efecto secundario no deseado de esta política es que incentiva la adquisición de más vehículos para evitar la restricción lo cual no es socialmente eficiente.

2.4 Fundamentos de la tarificación vial por congestión

Desde la perspectiva económica

La tarificación vial consiste en cobrar a los vehículos por el uso de las vías, de manera tal que los conductores perciban un costo privado de cada viaje igual al costo social que generan. Con la aplicación de un peaje, el costo privado de cada viaje sería igual a la suma de los gastos en combustible, el desgaste del vehículo, el costo del tiempo asociado al viaje y el costo del peaje.

En términos de la Figura 2-2, como ya se analizó, si cada conductor toma sus decisiones considerando sólo su costo privado, el flujo vehicular sería igual a F_{Php} , que es mayor a F^* que corresponde al nivel de flujo vehicular a partir del cual se genera congestión. Por contraste, si por circular por la vía a esas horas los conductores pagaran, además del costo privado, el costo del retraso que imponen al resto de los usuarios, el resultado sería económicamente eficiente: $F_{shp} < F_{Php}$. La manera de lograr este resultado es cobrándole a cada vehículo que circula por esas vías en esas determinadas horas un peaje igual a la diferencia entre el costo social y el costo privado. La Figura 2-2 permite visualizar que con ese cobro se harían sólo aquellos F_{shp} viajes cuyo beneficio, representando por la curva de demanda, es mayor que el costo privado más el costo de retraso que se produce sobre el resto de los vehículos.

Por medio de un sistema de tarificación se regula el acceso a la infraestructura vial priorizando su uso por parte de quienes más la valoran, asegurándose que a las distintas horas del día transiten sólo aquellos usuarios para quienes el beneficio privado es superior a los costos privados y sociales que provocan. Los usuarios cuya disponibilidad a pagar por usar una vía sea menor que este costo social

21 En principio la extensión de la norma a los vehículos catalíticos fue cuestionada como inconstitucional. Por este motivo se solicitó la intervención del Tribunal Constitucional. El 26 de junio de 2001 este Tribunal emitió una sentencia declarando que la restricción a los vehículos catalíticos se ajustaba a la Constitución.

voluntariamente elegirá otras vías, o bien elegirán para desplazarse por la ciudad otras horas u otros medios de transporte, como por ejemplo el transporte público²².

Así, si el peaje está idealmente bien calculado, es decir refleja la diferencia entre el costo privado y el costo social de cada viaje y los costos de implementar y recaudar el peaje son menores que los beneficios de reducir la congestión al nivel económicamente eficiente en las horas punta (Fshp), la tarificación vial resulta ser una solución económicamente conveniente²³.

Desde un punto de vista ideal, es decir con información perfecta, la persona que teniendo que pagar la tarifa por congestión (peaje) decide vivir más lejos de su trabajo o utilizar su automóvil para desplazarse, lo hace porque los beneficios de su decisión superan los costos sociales que ella genera. En este caso resulta ser socialmente conveniente que utilice las vías urbanas a pesar de que con ello genere congestión. Por el contrario, cuando las medidas de política pública restringen las decisiones individuales de utilizar la red vial con el objeto de disminuir los tiempos de viaje, a pesar de que los beneficios superan los costos sociales se están induciendo decisiones económicamente ineficientes y se disminuye el bienestar social²⁴.

Un aspecto importante a tener en cuenta al momento de diseñar e implementar un esquema de tarificación vial es que en el mundo real no se cumplen las condiciones ideales que supone un modelo teórico. Es decir, en la práctica existen diversas restricciones y barreras que impiden que el regulador pueda fijar los precios que idealmente le gustaría (*first best prices*). Algunas de estas restricciones y barreras pueden deberse a problemas tecnológicos, legales, institucionales, de aceptabilidad ciudadana, de información imperfecta o de distorsiones en otros mercados. Bajo estas condiciones, el regulador debe trabajar en un escenario de precios del tipo “*second best*” que implica establecer el mejor esquema tarifario que se pueda sujeto a las múltiples restricciones que se enfrentan.

Adicionalmente, cuando existe un precio por utilizar una vía congestionada que refleja el costo social, existe una señal de precio que permite realizar una expansión de la oferta del sistema de transporte que sea económicamente eficiente. En la medida que el número de viajes crece en el tiempo, la demanda por servicios de transporte se incrementa y, si ésta no se acomoda, es inevitable que aumente el nivel de congestión y con ello el valor de la tarificación. Cuando ese precio supera

22 Por cierto que la disponibilidad a pagar depende de los niveles de ingreso del individuo los cuales sólo en la teoría económica están directamente ligados a su productividad. Es por ello que el efecto distributivo de la tarificación vial debe tenerse en cuenta en estos estudios.

23 Los costos estarán dados por el valor de los equipos de cobro que se incorporen, los gastos en administración, los gastos de fiscalización y las molestias que se cause a los usuarios de las vías.

24 El supuesto de información perfecta es importante. Se sospecha que a menudo se toman decisiones de localización residencial y de empleo sin considerar efectivamente los costos de tiempo y dinero que implican a futuro. En este tipo de decisiones es difícil experimentar para encontrar un óptimo real. Por ello, estas decisiones no son óptimas y se justifica un cierto nivel de intervención para mejorarlas.

cierto monto, resulta socialmente conveniente expandir la oferta de transporte, lo que reduce la congestión de manera económicamente eficiente²⁵.

Por el contrario, cuando no existe una tarifa por congestión no existe una señal adecuada de precio que determine una expansión de la oferta de transporte económicamente eficiente. De hecho, una regularidad documentada en la literatura es que en un gran número de ciudades los problemas de congestión se agudizan porque la demanda por vías crece a una tasa varias veces mayor que la tasa a la cual se expande la oferta de transporte, y este retraso obedece en gran medida a que no se cobra por congestión. La expansión de los servicios de transporte económicamente eficiente se frustra por la falta de fondos para financiarla.

Efectos distributivos de la tarificación vial

La implementación de un sistema de tarificación vial, sin embargo, no sólo tiene consecuencias beneficiosas en el plano de la eficiencia económica sino que también genera diversos impactos en el ámbito distributivo. Cuando se tarifica una vía existente se pueden distinguir distintos grupos de interés cuyo bienestar se ve afectado por la medida.

En primer lugar se encuentra el público que transita por las vías a las horas punta. Aquí pueden distinguirse cuatro tipos de usuarios que se ven impactados de distintas formas:

- I El primer grupo son aquellos usuarios que debido al alza en el costo de usar una vía se desplazan a otras vías, modifican sus horas de viaje o se cambian de modo de transporte (en mayor medida a transporte público). Estos usuarios, bajo supuestos de información perfecta, pierden una parte de su bienestar.
- I Un segundo grupo está conformado por los conductores que permanecen transitando por esa vía, ya que sus alternativas son aún peores, pero ven reducido su bienestar ya que perciben que el beneficio asociado a la menor congestión (reducción en tiempo de viaje) es menor que el costo del peaje.
- I El tercer grupo está constituido por los usuarios que continúan usando la vía y que se ven beneficiados por cuanto consideran que el ahorro en tiempo de viaje supera al incremento en costo.
- I El cuarto grupo está dado por los usuarios de medios de locomoción colectiva que si bien ganan al ver reducido su tiempo de viaje por la menor congestión vehicular, podrían perder por el mayor número de personas que usarán este medio de transporte si no se aumenta la oferta del mismo.

25 Si bien en este documento el análisis se centrará en las ventajas de la tarificación vial para manejar el problema de congestión, es importante destacar que los objetivos de financiamiento y control de la congestión no se encuentran en conflicto. La literatura económica y la experiencia de otros países muestran que una política de tarificación vial por motivos de congestión de las vías puede ser combinada con una política de inversión en infraestructura vial con el propósito de alcanzar niveles eficientes en la capacidad y utilización de las vías, obteniendo a través de esas mismas tarifas los recursos necesarios para financiar parte o la totalidad de las metas óptimas de inversión.

Salvo casos particulares, al considerar de manera conjunta los efectos en bienestar que se producen sobre los primeros tres grupos de usuarios, la tarificación vial significa un costo neto para aquellos que circulan durante las horas punta. Este resultado no debería extrañar ya que es justamente este menor bienestar el que lleva a la reducción del flujo vehicular en las vías congestionadas a esas horas.

En segundo lugar está el sector residencial y comercial de la zona afectada por la tarificación. Por la intensidad de uso de las vías y la imposibilidad de evitar el cobro, los residentes de la zona afecta a peaje, ya sean personas o empresas, resultan perjudicados por lo que se oponen a un sistema de tarificación vial. Por ello, la tarificación por congestión en Londres por ejemplo, ofrece un tratamiento especial a residentes que pagan sólo el 10% de la tarifa que pagan los no-residentes. Esto no corresponde a la racionalidad económica sino a una necesidad política y pragmática. Por otra parte, muchos comerciantes estimaban que se verían perjudicados como consecuencia del peaje que se impuso a clientes en la zona.

En tercer lugar se encuentra el Estado, que decide aplicar el sistema de tarificación vial, y que ahora puede compensar algunas pérdidas de bienestar aumentando la inversión y los servicios de transporte en las áreas congestionadas.

Aún cuando el efecto final de un sistema de tarificación vial es un incremento en el bienestar de la sociedad (desde el punto de vista redistributivo, y suponiendo que el sector residencial y comercial no se ven altamente afectados, lo que pierden los usuarios de las vías en términos de bienestar, señalado anteriormente, es más que compensado por los beneficios asociados a la recaudación del Estado), es común que los políticos y el público en general miren la tarificación vial con escepticismo.

Una de las razones principales para esta falta de aceptabilidad se encuentra en la redistribución efectiva de beneficios que ésta genera. En la medida que los usuarios de las vías sujetas a peaje no participan directa o indirectamente de los fondos recaudados, su bienestar se verá disminuido por lo que es de esperar que se opongan a la tarificación. Como se analizará más adelante en detalle, para lograr el apoyo de los usuarios de las vías no basta con diseñar un buen mecanismo de cobro, sino que también es crucial diseñar un plan de uso de los fondos recaudados que resulte atractivo para los grupos de personas afectadas.

Medición de la congestión y de los costos externos

Al momento de medir empíricamente el nivel de congestión, es común que se utilicen algunos indicadores agregados como la suma de los tiempos de viaje de los usuarios de la red vial, o bien el tiempo promedio de viaje comparando con lo que se obtendría en condiciones de flujo libre²⁶ (por ejemplo, tiempos de viaje a las 3 AM). Si bien esta métrica resulta simple y apropiada para ciertos fines, hay que ser cuidadoso en su interpretación cuando se trata de cuantificar los costos externos asociados a la congestión ya que estos indicadores no son necesariamente la mejor medida de congestión vehicular en la ciudad.

26 En el cálculo de la velocidad a flujo libre no se considera la restricción de velocidad que impone la normativa de tránsito.

Ambas medidas son, en el mejor de los casos, evaluaciones indirectas del nivel de congestión que utilizan como métrica la magnitud de sus efectos para un conductor promedio en la totalidad o en un segmento de la red vial. Es por ello que no reflejan las condiciones de circulación en una vía en particular en un determinado momento del tiempo para un usuario específico. Este último punto no es irrelevante ya que el nivel de congestión que experimenta un usuario de la vía cambia si la persona decide trasladarse en su automóvil o en microbús, si decide salir más temprano o más tarde, si escoge una u otra ruta y si decide vivir y trabajar en uno u otro lugar.

Los inconvenientes que presentan este tipo de medidas agregadas de congestión no pasarían de ser una limitación de las métricas si ellas no se utilizaran como objetivos de política pública. Sin embargo, muchas veces estas medidas agregadas de los efectos de la congestión resultan ser el foco de las propuestas de política pública para enfrentar el problema de la congestión en la ciudad.

La referencia correcta para evaluar los costos sociales de la congestión no es una situación de flujo libre (F^* en la Figura 2-2) sino que el nivel de congestión económicamente eficiente (F_{shp} en la Figura 2-2).

Es necesario señalar que cuando se establece un sistema de tarificación vial en una ciudad con niveles importantes de contaminación atmosférica, parece apropiado agregar al menos el costo de contaminación del aire proveniente de las emisiones. Podrían ignorarse los costos de contaminación acústica y de accidentes porque éstos pueden tratarse de otra forma y es más difícil asignarlos a tramos específicos y a no-usuarios afectados.

Existen entonces elementos económicos que proponen a la tarificación vial como la medida más eficaz en términos económicos para combatir la congestión (y otras externalidades negativas).

Sin embargo existen otros elementos complementarios que deben ser también estudiados al diseñar una política de tarificación vial. Entre ellos están los aspectos conductuales o de comportamiento de los usuarios del sistema de transporte, y los aspectos de política y diseño del sistema.

Desde la perspectiva conductual

Bajo esta mirada, aunque sin abandonar los principios de la economía se enfatiza el cambio de comportamiento que se requiere de los usuarios y se coloca en una perspectiva más amplia el efecto de este tipo de intervenciones en el transporte de una ciudad.

Frente a la existencia de nuevos cobros (aumento de costos) los usuarios pueden responder de distintas formas en el corto y largo plazo, y la forma en que lo hagan en cada caso, dependerá del contexto del viaje.

Los individuos pueden presentar cambios de comportamiento distintos en el corto y largo plazo. En el corto plazo pueden:

- Cambiar su ruta para reducir costos (tiempos)
- Cambiar la hora de viaje para experimentar menos demora y costos
- Cambiar su modo de transporte

- Cambiar su destino para ciertos viajes (compras, ocio)
- Postergar el viaje para combinarlo con otro (trabajo y compras, por ejemplo)

En el mediano y largo plazo pueden:

- Cambiar de lugar de residencia o trabajo para reducir costos de viaje
- Decidir no hacer algún tipo de viaje (por ejemplo hacer menos viajes de compras pero comprar más en cada uno; o comprar más por Internet)
- Compartir el viaje con otros para reducir costos

Cada una de estas respuestas está condicionada por el contexto del viaje y el mercado que ofrecen distintas alternativas. Algunas de estas decisiones son fácilmente reversibles: la ruta puede cambiarse cada día dependiendo de las condiciones, el modo de transporte también puede cambiarse, así como el lugar de compras. Otras son, sin embargo, más difíciles de revertir, por ejemplo la decisión de cambiar de empleo o residencia.

La economía supone que los individuos toman estas decisiones libremente, ponderando inteligentemente todas las alternativas y conociendo bien qué implica cada una de ellas. Sabemos que la realidad es diferente. Las decisiones se toman con poca información, no se consideran todas las alternativas ni se evalúan con el mismo interés. En particular, decisiones de cambio de residencia y/o empleo tienen muchas ramificaciones e impactos que no pueden evaluarse a fondo.

Vale la pena considerar cómo estos aspectos de comportamiento afectan a las políticas públicas e incluso a la forma urbana. La forma de modificar el comportamiento de usuarios es en sí una tarea compleja.

La tarificación vial es útil en la medida que da mejores señales de precio que promueven un cambio de comportamiento hacia rutas y modos económicamente eficientes. Es bueno mirar brevemente qué se sabe sobre las formas de generar cambios de comportamiento en transporte.

Un estudio reciente para el PNUD y SEREMITT “Estudio de optimización de viajes mediante la promoción de cambios de conducta de la población en apoyo a la implementación de Transantiago” (Steer Davies Gleave, 2005) consideró precisamente ese problema dentro del contexto de medidas que impulsen cambios de comportamiento que reduzca la huella energética y ambiental.

Existe evidencia que sugiere que los cambios de comportamiento se producen en etapas y que el proceso de cambio entre estas etapas no es lineal sino más bien cíclico.

En general, las teorías de cambio de comportamiento en etapas han sido confirmadas empíricamente y serían apropiadas para entender el comportamiento de viajes y para inducir cambios efectivos en los hábitos de viajeros.

Un aspecto importante es que cada una de las etapas de cambio de comportamiento involucra diferentes procesos cognitivos y requiere un tratamiento particular o estrategias de intervención específicas para que todo el proceso de cambio sea exitoso.

La implementación de una medida de tarificación vial conllevará para algunos usuarios del sistema de transporte un cambio de comportamiento en relación a su patrón de viaje actual (horario, ruta, modo, destino) por lo que es importante que la autoridad considere las etapas a las que el usuario se verá enfrentado, para facilitarle esta tarea, y por ende lograr un mayor grado de aceptabilidad de la medida, a través de la provisión de información oportuna, clara y relevante para que los usuarios consideren los aspectos que requieren evaluar según lo indicado en la tabla anterior.

Desde la perspectiva de política y diseño

La perspectiva de política de transporte y de diseño de un sistema, es probablemente el punto más frágil en la implementación de la tarificación vial.

A pesar de las sólidas razones económicas para introducir la tarificación vial, esta ha sido adoptada sólo en pocas ocasiones, los casos más notables son los de Singapur, Estocolmo y Londres con la posible inclusión del cobro por entrar a algunas ciudades en Noruega, en este último caso más que nada para financiar inversiones.

Entre los argumentos que normalmente se esgrimen en la crítica a la TVC se menciona que la tecnología no está suficientemente avanzada, que tiene un impacto regresivo sobre la población, que puede crear un caos en las zonas de borde y, más que nada, que no es aceptable por la población.

En términos de la tecnología, en Santiago existe ya un esquema de cobro electrónico implementado para las carreteras urbanas concesionadas. Este se basa en un tag o transponder instalado en el vehículo, lo que es considerado un método eficiente y confiable para los cobros de la tarificación vial, aunque requiere establecer cámaras para fiscalizar y detectar vehículos y, si el cobro es diferenciado por tipo de vehículo, es necesario tener un sistema independiente de clasificación. En las carreteras de peaje todos estos sistemas se instalan en pórticos que cuentan con un computador y memoria local para luego comunicarse a un sistema central. Estos pórticos son sólo aceptables en grandes arterias urbanas y no lo serían en algunos lugares de valor arquitectónico, si bien existen pórticos de diseño urbano (menos intrusivos visualmente) que pueden soportar esta misma tecnología.

Diversas son las razones que existen para considerar la aceptabilidad como una barrera clave. Primero, porque en una sociedad democrática cualquier innovación debe ser introducida a través del sistema democrático, y para que ello ocurra no puede ser algo contrario a la voluntad de la mayoría. Segundo, los usuarios de las vías y las personas que viven en la zona tarifada esperan ser considerados en la decisión. Tercero, una fuerte resistencia por parte del público en general conllevará a que los políticos no quieran apoyar una medida de este tipo por temor a que esto les afecte las siguientes elecciones. Y, por último, una fuerte resistencia puede derivar en protestas e incluso en sabotajes, como ha sido el caso de algunos proyectos nucleares y medioambientales.

A partir del análisis de la experiencia internacional se concluye que para mejorar la aceptabilidad de un esquema de tarificación vial, tanto a nivel individual como político, es fundamental destinar la recaudación -neta de costos de inversión y de gastos de administración- a beneficiar a las zonas donde se decida cobrar.

El análisis jurídico e institucional realizado en el marco del presente estudio, muestra que es posible lograr estos objetivos a través del financiamiento de obras de desarrollo comunales y destinar la recaudación que se obtenga a fines específicos que beneficien a la zona afectada.

Lo que no sería factible, desde un punto de vista jurídico, administrativo y de política tributaria, es compensar de manera exclusiva a los usuarios de las vías tarifadas por medio de reducir su carga impositiva general, rebajar el valor del permiso de circulación que ellos cancelan, o disminuir el impuesto a los combustibles que deben pagar.

Dentro de las obras comunales que sería posible desarrollar, se sugiere privilegiar aquellas que de acuerdo a la experiencia internacional tienen el mayor impacto sobre la aceptabilidad de la tarificación vial, como por ejemplo la implementación de mejoras en la infraestructura vial y en el transporte público de las zonas tarifadas.

Una posibilidad sencilla, aunque menos atractiva para las entidades de gobierno, es reducir los impuestos a los combustibles compensando los mayores ingresos que resultan por la tarificación por congestión.

La política de transporte de la Comunidad Europea ofrece un ejemplo interesante del pensamiento contemporáneo con respecto a estas ideas, ver el *White Paper: European Commission (2001) "European Transport Policy for 2010: time to decide"*. Este documento reconoce cuatro formas de atacar el problema de la congestión en un contexto global:

- Restricción al tráfico vehicular por medios físicos (incluyendo el número de la patente) y política de estacionamientos.
- El desarrollo de la tarificación vial a costo marginal social.
- La complementación de la tarificación vial con medidas de apoyo a medios de transporte más "eficientes", a menudo el transporte público pero también los modos no-motorizados (caminata, bicicleta).
- Complementar las tres medidas anteriores con inversiones específicas en la red vial para eliminar cuellos de botella y obstáculos a la competitividad global

El White Paper reconoce que no hay solución mágica y que los cuatro tipos de medidas deben ser adoptadas para encontrar soluciones eficientes. Esto requiere un diseño avanzado de políticas de transporte con medidas que se refuercen mutuamente y/o compensen sus efectos concomitantes no-deseados.

2.5 Experiencias internacionales de tarificación vial

Los casos más consolidados de tarificación vial por congestión son los de Londres, Estocolmo y Singapur. Sin embargo, otros países, entre ellos EE.UU., Francia, Italia y Noruega²⁷ han comenzado paulatinamente a aplicar esquemas de tarificación vial

²⁷ En Noruega se ha implementado la tarificación vial en diversas ciudades.

para enfrentar los problemas de financiamiento y deterioro de las vías urbanas, así como las externalidades causadas por la congestión excesiva.

La Unión Europea se ha propuesto decididamente incorporar la tarificación vial urbana dentro de su política de transporte. Sin embargo, reconociendo que se trata de una medida controversial, la Comisión Europea de Transporte inició en el año 2000 siete proyectos de investigación para evaluar los aspectos técnicos, financieros, operacionales, sociales y políticos asociados a la aplicación de diferentes mecanismos de tarificación. La descripción de estos proyectos se presenta en la siguiente tabla. Muchas de las conclusiones de estos proyectos se presentan más adelante, dentro del análisis de lecciones aprendidas.

TABLA 2-1 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE TARIFICACIÓN VIAL EN LA UNIÓN EUROPEA

Proyecto	Descripción
PROGRESS	Éste busca evaluar y demostrar la efectividad y aceptabilidad de aplicar tarificación vial en 8 ciudades de Europa: Bristol (Inglaterra), Copenhague (Dinamarca), Edimburgo (Escocia), Génova (Italia), Gotemburgo (Suecia), Helsinki (Finlandia), Roma (Italia) y Trondheim (Noruega).
CUPID	Este proyecto tiene como objetivo dar a conocer los avances en tarificación vial en aspectos tales como experiencias concretas, estrategias de implementación e investigaciones realizadas.
DESIRE	Éste se centra en el diseño de esquemas tarifarios interurbanos para vehículos pesados.
IMPRINT	IMPRINT tiene por objetivo facilitar el intercambio de experiencias y conocimiento en materia de tarificación, resumir los resultados más relevantes, y ponerlos a disposición de quienes están encargados de diseñar e implementar los sistemas de tarificación.
MC-ICAM	Examina las barreras que existen para implementar un sistema de tarifas de transporte más eficiente, y busca diseñar estrategias de implementación.
RECORD-IT	Busca mejorar la competitividad del transporte de carga intermodal en Europa, por medio de la reducción de las barreras de costos y precios que actualmente impiden su desarrollo.
UNITE	Se concentra en el desarrollo de metodologías para medir costo marginal del transporte.

El Caso de Londres

Antecedentes

Londres es la capital del Reino Unido, con una población de aproximadamente 7,6 millones de personas (2007) en el Gran Londres.

Londres se divide en 2 zonas denominadas Londres interior (Inner London) con 3,0 millones de habitantes y Londres Exterior (Outer London) con 4,6 millones de habitantes.

En un día promedio laboral del año 2007, se realizaban 23,8 millones de viajes diarios en Londres (28 millones considerando múltiples etapas), de los cuales el 38% se realizaban en auto. Esta proporción era 44% el año 2000, lo que indica una

importante caída en el período, mientras la proporción de etapas de viajes que se realizan en transporte público ha subido entre los años 200 y 2007 desde 33% a 40%; ambas tendencias producto entre otras medidas de la tarificación vial que implementó la ciudad en su zona central el año 2003.²⁸

Se estima que 1 millón de personas entraban al centro de Londres en la hora punta mañana en un día laboral normal (otoño) del 2003, y unos 250 mil vehículos ingresaban a la zona tarifada entre las 7:00 y las 18:30.

Al mismo tiempo, es importante destacar que sólo una proporción menor (12%) de los viajeros hacia el centro lo hacían en automóvil, eso ya antes de implementar la tarificación vial, lo que muestra la existencia de varias alternativas para realizar dichos viajes. Lo anterior toma relevancia considerando que un 40% de los hogares de Londres tiene acceso a auto.

Un índice de la dimensión del sistema de transporte público en Londres lo entregan las estadísticas de viajes:

- En el año 2007 se registraron 2.176 millones de viajes (etapas) en la red de buses de Londres
- Por su parte el metro registró 1.072 millones de viajes (etapas) en el mismo periodo.

Detalles del esquema de tarificación vial de Londres (London Congestion Charging, LCC)

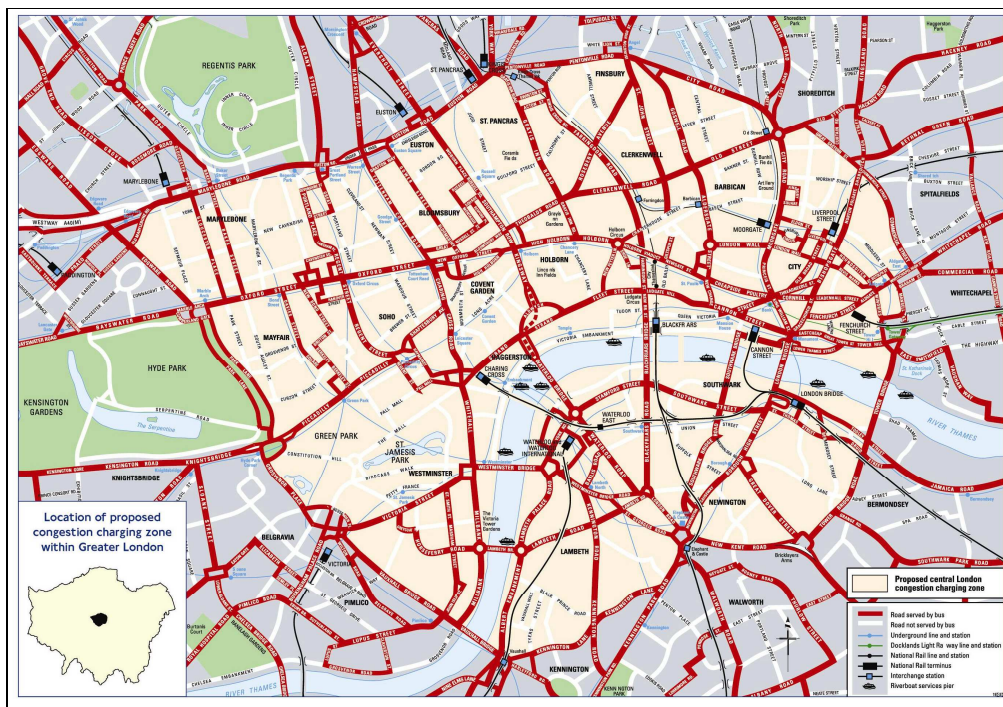
El sistema de tarificación vial de Londres corresponde a uno por área, donde se cobra una tarifa única, actualmente de 8 libras esterlinas^{29,30}, equivalente a 6.993 pesos chilenos, por movilizarse dentro de la zona tarifada. La zona inicial de cobro se presenta en la siguiente figura.

²⁸ Transport for London (TfL), Travel in London, Report N° 1, 2009

²⁹ Una libra esterlina corresponde a 874 pesos chilenos (tasa de cambio al 30/Jun/2009).

³⁰ Originalmente la tarifa era de £5 cuando comenzó a operar el sistema en el mes de marzo del año 2003, siendo incrementada a £8 a partir del 4 de julio del año 2005.

FIGURA 2-3 ESQUEMA INICIAL IMPLEMENTADO EN LONDRES



El área al interior del cordón corresponde a un área de 22 kilómetros cuadrados³¹, es decir sólo un 1,3% del área del Gran Londres (que a su vez es aproximadamente 2,4 veces el área del Gran Santiago), donde se ubican edificios de Gobierno, judiciales, centros de negocios, comercial, financiero y de entretenimiento.

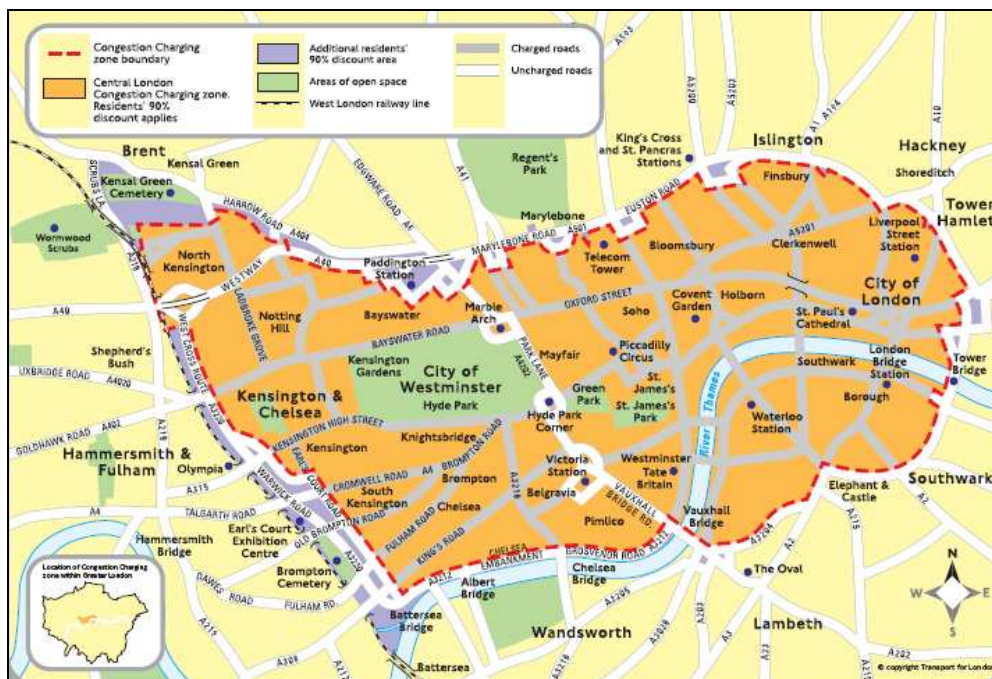
El año 2007, después de un proceso de consulta ciudadana, el Mayor (Alcalde metropolitano) de Londres anunció que a partir del 19 de Febrero del 2007, la zona tarifada se extendía hacia al oeste.

Otros cambios que se realizaron en esa fecha corresponden a:

- Incremento de la zona de residentes, de acuerdo con la extensión de la zona
- Limitar el horario afecto a cobro de 18:30 a 18:00 hrs.
- Pago hasta las 24:00 del día posterior al de circulación en la zona tarifada (hoy es hasta las 24:00 del mismo día)

³¹ Para efectos comparativos, dicha zona es equivalente al área que abarca la Municipalidad de Santiago.

FIGURA 2-4 ZONA DE COBRO POST EXTENSIÓN A PARTIR DE FEBRERO DE 2007 EN LONDRES



Un elemento que resulta interesante de analizar son las medidas que fueron ejecutadas con anterioridad a la implementación de la tarifización vial en Londres, pues ellas jugaron un rol en la buena disposición con que la gente recibió el sistema.

Entre las medidas relevantes se encuentran:

- Se añadieron alrededor de 300 nuevos buses, incluyendo nuevas rutas o reasignaciones a las rutas más cargadas, además de transformar algunas rutas con buses de 1 piso a buses de 2 pisos.
- Además se definió el plan BusPlus para mejorar la confiabilidad, tiempos de viaje y accesibilidad a buses en las rutas más cargadas, proveyendo además mejor información a usuarios, seguridad y confort.
- El mejoramiento de la frecuencia de servicios nocturnos en forma considerable y aumento de la fiscalización en el uso de vías exclusivas.
- El mejoramiento del sistema de señalización de la zona traficada y el entorno de ésta.
- Mejoras en la gestión de tráfico en las rutas de acceso y en el entorno de la zona tarifificada.
- Medidas de gestión específicas en la *via anillo interior*, que es la ruta que delimita la zona tarifificada (prioridades, mejoras en señalización y zonas de carga/descarga, entre otras).

- Implementación de estrategias de gestión de tráfico en tiempo real, mediante un mejoramiento general de la red SCOOT de Londres, para poder reaccionar de manera más ágil a los cambios en el tráfico.

Como se mencionó el cobro es actualmente de £8 al día. Existe un esquema de descuentos para flotas logísticas, a los cuales se les reduce el cobro aunque marginalmente. Los residentes dentro del área tarifada pagan un 10% de la tarifa normal. También aquellos que compran un acceso mensual y anual a la zona tienen un descuento que llega a ser de 15%.

El sistema funciona actualmente con un pago por circular al interior del anillo los días laborales (lunes a viernes), excluidos festivos y el período entre el 25 de diciembre y el 1 de enero ambos inclusive, entre las 07:00 y las 18:00 hrs. Existen 174 puntos de control al acceder a la zona tarifada, más puntos móviles al interior de la zona.

Entre los vehículos exentos de cobro están:

- Motos, bicicletas con motor y a pedal
- Taxis registrados
- Vehículos de emergencia
- Vehículos de ciertas autoridades locales y militares y de la Agencia Real de Parques
- Vehículos usados por personas con discapacidad
- Vehículos que transportan a pasajeros discapacitados
- Vehículos con nueve o más asientos registrados con conductor
- Vehículos con licencia autorizada de bus.
- Vehículos eléctricos o de combustible que permitan bajas emisiones (gas, alcohol).
- Vehículos que entregan asistencia en ruta de organizaciones acreditadas

El sistema de cobro se basa en los siguientes elementos:

- Una red de cámaras de control
- Un sistema de comunicaciones
- Un procesador central

La red de cámaras graba imágenes del tráfico y las envían a un procesador central para revisar las placas patentes leídas en forma automática y compararlas con las base de datos de vehículos que han pagado (o están exentos) por circular en la zona. Si bien se puede pagar con antelación por uno o más viajes, o hasta las 24:00 del día del viaje, se permite también el pago hasta las 24:00 hrs. del día siguiente de cobro pero pagando un costo extra de £2.

Los métodos de pago son varios, desde Internet hasta vía mensaje de texto del celular, como también en puntos de retail determinados y estaciones de carga de combustible. También están disponibles los pagos por correo y por teléfono.

Para quienes prepagan una carga mensual, es decir 20 viajes consecutivos pagan £136 (ahorran £24 = 3 días gratis) y quienes prepagan una carga anual, es decir 252 viajes consecutivos pagan £1.696 (ahorran £320 = 40 días gratis)

La multa por no pago asciende actualmente a £120, la cual se reduce a £60 si se paga en los primeros 14 días, pero si la morosidad es sobre 28 días sube a £180. No pagar esta última suma implica un registro de la deuda en el “County Court” elevada a £185. Si esta no se paga, una orden judicial será requerida para recuperar la deuda. Después de 3 multas el vehículo se elimina de los permisos del área del Gran Londres.

Los costos estimados para la implementación del sistema alcanzaron unos £172 millones, con una estimación de aproximadamente £380 millones para la operación de los primeros 6 años, los cuales habrían sido mayores en la realidad.

Por otro lado, al analizar los resultados del período 2007-2008, se aprecia que los ingresos netos del sistema ascendieron a £137 millones (£268 millones de ingresos menos con £131 millones de costos operacionales).

Los ingresos netos esperados originalmente eran de £161 millones al año, muy por sobre lo realmente recaudado, lo que se debe a que la tarificación vial tuvo un efecto de reducción de accesos a la zona tarifada mayor que lo esperado. Se han propuesto varias explicaciones para esto, siendo una de las más plausibles es que las técnicas de Preferencias Declaradas utilizadas para apoyar la modelación no pudieron incorporar el efecto disuasivo de tener que tomar una acción específica para pagar, más allá de la tarifa misma.

El detalle de cómo se han gastado los fondos recaudados (del último período 2007/08) por se presenta a continuación:

I Mejoras de buses	: 82%
I Mejoras de accesos peatonales	: 9%
I Seguridad vial	: 3%
I Promoción bicicleta & caminata	: 3%
I Otras	: 3%

Ello demuestra la prioridad de la autoridad en invertir los fondos recaudados en mejoras de transporte público.

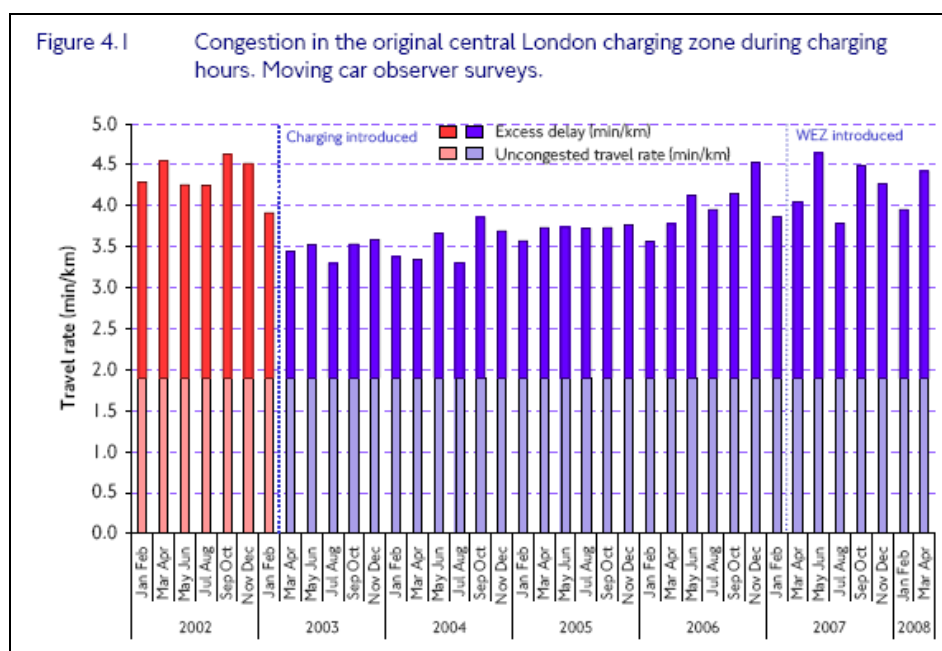
Resultados

Los resultados de la aplicación del sistema se pueden resumir en la siguiente forma:

- I La tarificación vial fue introducida exitosamente y sin muchos de los problemas anticipados por comentaristas, transformándose rápidamente en un elemento habitual de la manera de moverse en Londres.

- Después de algunos detalles iniciales con la operación y fiscalización, el sistema funciona bastante bien en la actualidad. No hubo ninguna falla tecnológica catastrófica.
- Nuevos patrones de viaje se establecieron a partir de la implementación, los que se han mantenido estables hasta ahora.
- El tráfico total al interior de la zona se redujo en un 21% entre los años 2002 y 2007 y la congestión (medida como tiempo adicional respecto del tiempo de viaje en condiciones sin congestión) se redujo en 30%.
- La Figura 2-5 muestra como cambia el tiempo de viaje por kilómetro en el tiempo, así como también respecto del tiempo de viaje en horario nocturno (sin congestión).

FIGURA 2-5 IMPACTO EN TIEMPOS DE VIAJE LCC³² EN EL TRÁFICO DE LA ZONA DE COBRO ORIGINAL DE LONDRES



Fuente: Congestion Charging, Sixth Annual Monitoring Report, Julio 2008.

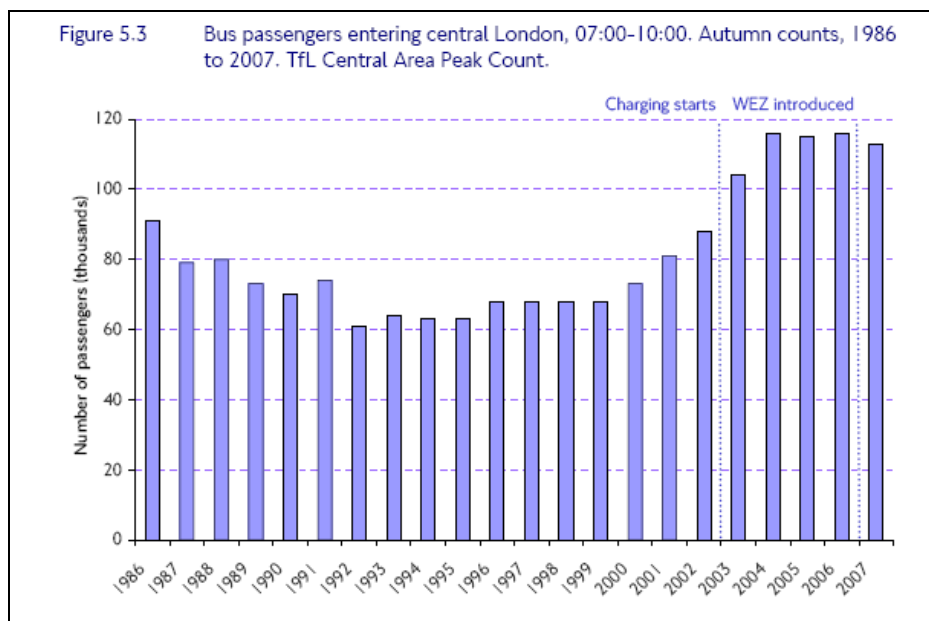
- El sistema de buses fue el más beneficiado: la irregularidad de su servicio cayó en 30% y las interrupciones por demoras se redujeron en un 60%, aumentando las velocidades de los buses en un 6% y también la demanda de pasajeros. A este respecto, se aprecia que durante el primer año de aplicación de la medida el crecimiento fue muy fuerte para luego mantenerse estable.
- La mayor parte de la demanda de vehículos suprimida en un inicio se cambió a buses, con un 30% de aumento en el horario de operación de la LCC y un 38% de

³² LCC: siglas para London Congestion Charging, tarificación por congestión de Londres.

aumento de pasajeros en la hora punta, la mitad debido a la tarifa de la tarificación vial. La Figura 2-7 muestra como ha cambiado el tráfico que accede a la zona tarifada en el tiempo, se aprecia que la principal disminución proviene de los automóviles; mientras que los aumentos más importantes se dan en taxis, motos y bicicletas, todos exentos de cobro.

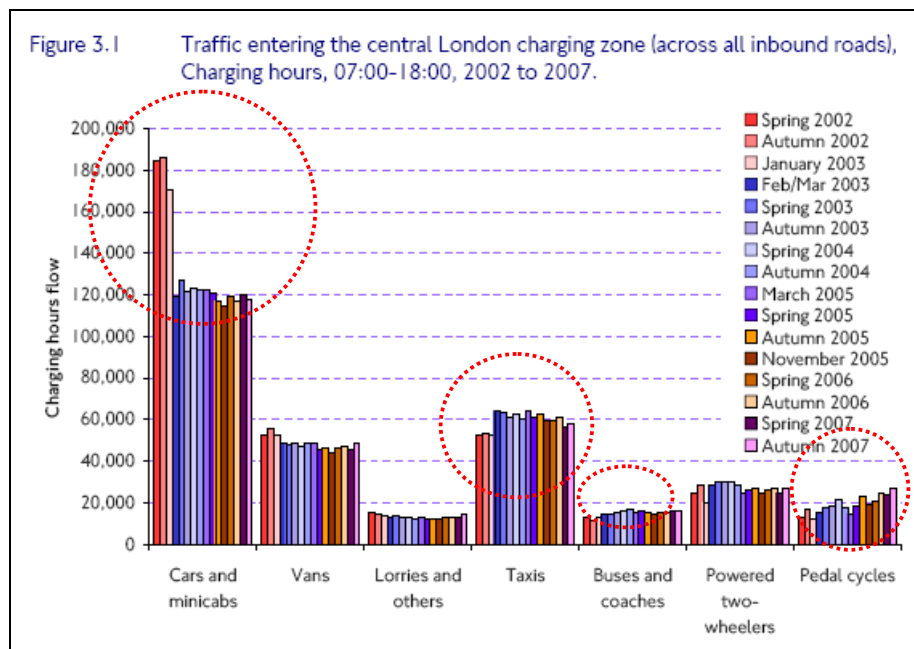
- El tráfico en trenes suburbanos se ha mantenido sin cambios y el sistema de metro ha visto una pequeña reducción, más bien derivado de otras influencias (trabajos en algunas líneas que obligaron a cerrar temporalmente servicios).
- De los ~70.000 viajes que se dejaron de hacer a la zona tarifada, aproximadamente el 55% se transfirió a transporte público (38.500), ~25% se desvió para evitar la zona tarifada (17.500) y un ~20% modificó la hora de viaje, frecuencia o destino (14.000).
- Existe percepción de beneficios medioambientales y el perjuicio a la economía local parece ser mínimo, a pesar de algunos cambios que podrían estarse dando en propiedades cercanas al límite de la zona tarifada y que son monitoreados.

FIGURA 2-6 AUMENTO DE LA DEMANDA DE PASAJEROS INGRESANDO A LA ZONA DE COBRO EN LA PUNTA MAÑANA EN BUSES EN LONDRES



Fuente: Congestion Charging, Sixth Annual Monitoring Report, Julio 2008

FIGURA 2-7 CAMBIOS EN EL TRÁFICO POR TIPO DE VEHÍCULO³³ EN LA ZONA DE COBRO DE LONDRES

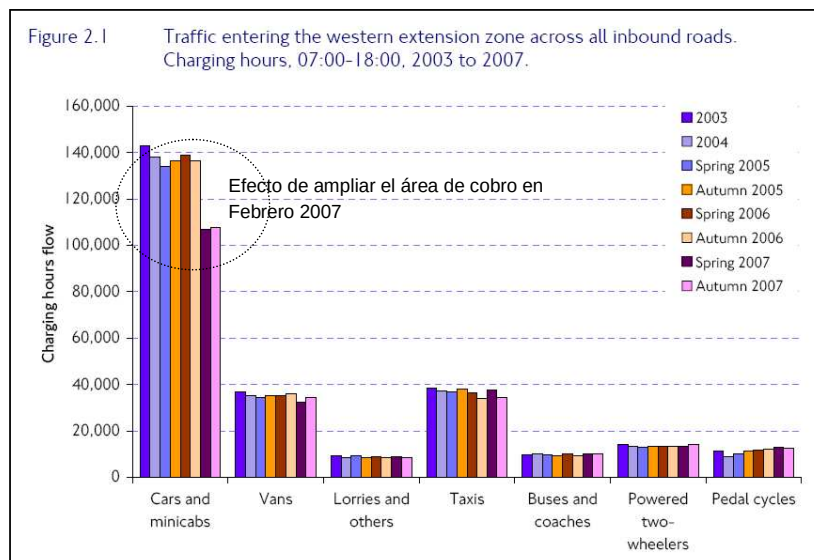


Fuente: Congestion Charging, Sixth Annual Monitoring Report, Julio 2008.

- El impacto de la extensión al oeste de la zona de cobro en Febrero del año 2007 se aprecia en la figura siguiente donde se observa una reducción importante de los autos.

³³ Cars: autos; Lorries: camiones; Coaches: Buses; Powered 2-wheelers: motos o bicicletas con motor; Pedal Cycles: bicicletas.

FIGURA 2-8 EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO QUE INGRESA AL SECTOR AÑADIDO A LA ZONA DE COBRO ORIGINAL EN LONDRES



Fuente: Congestion Charging, Sixth Annual Monitoring Report, Julio 2008.

Una de las preocupaciones previas a la implementación del proyecto provenía de los sectores comerciales y de negocios en la zona tarifada. Si bien muchos de estos impactos podrían no manifestarse en el corto plazo, hasta el momento al menos no se han identificado impactos en el análisis de los datos económicos disponibles.

En términos de ingresos, un resultado interesante ha sido la menor recaudación obtenida respecto de los pronósticos, como se mencionó anteriormente, evidenciando que una mayor proporción de usuarios decidió cambiar su modo, ruta o viaje. Ello a pesar de haberse basado en buenas prácticas de modelación y adecuados ejercicios de Preferencias Declaradas (PD) para analizar la elasticidad de los usuarios a la aplicación de la tarifa.

Análisis preliminares indican que los modelos habrían minimizado el efecto de la “dificultad de pagar”. Si bien el sistema permite pagar de distintas formas y hay bastantes formas accesibles de realizar el pago, se requiere de una acción, incluso si es sólo enviar un texto por teléfono celular. Un efecto que al parecer los ejercicios de PD no capturaron.

El futuro: eliminar la extensión hacia el oeste e implementar cobro electrónico

En noviembre del año 2008, el Mayor de Londres anunció la eliminación de la extensión al oeste de la zona de cobro por congestión, acogiendo el resultado de la consulta ciudadana que se realizó entre el 1 de septiembre y el 5 de octubre de dicho año. En todo caso, esta eliminación no será posible antes de la primavera del año 2010.

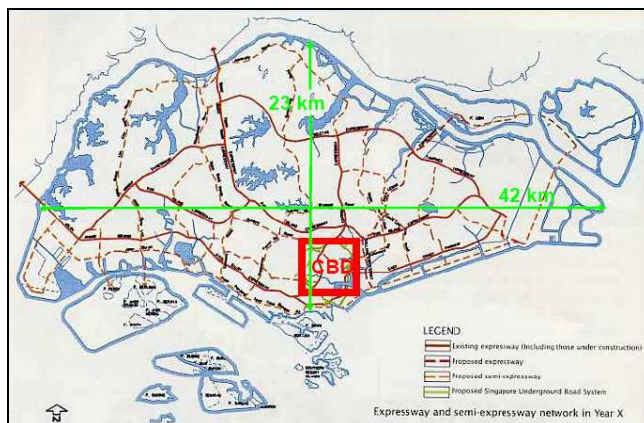
Igualmente, dentro de los planes de la autoridad está contemplada a futuro la introducción de un sistema de cobro electrónico mediante el uso de transponders.

El Caso de Singapur

Antecedentes

El área total de Singapur se estima en 710,2 km², siendo la densidad de población de aproximadamente 6,8 personas por km². La siguiente figura muestra la isla, señalando además la zona céntrica (CBD).

FIGURA 2-9 MAPA DE SINGAPUR



Fuente: Singapore Land Transport Authority (LTA)

La población del Estado de Singapur a junio de 2008 era aproximadamente 4,84 millones de personas³⁴. Los residentes permanentes se estiman en unos 3,64 millones con un crecimiento anual estimado en 1,7%. Además se estima que más de 10 millones de personas ingresaron como visitantes a Singapur en el año 2008. El ingreso (GDP) per capita estimado a 2008 era de US\$ 37.597.

La tasa de motorización basada en residentes, es de aproximadamente 107 autos por 1.000 habitantes, con un parque vehicular aproximado de 850.000, de los cuales algo más de 450.000 corresponden a vehículos privados según datos al año 2007.

Singapur tiene una política de fuerte restricción a la adquisición de automóviles y a su uso en áreas congestionadas. Adquirir una licencia para poder comprar un automóvil cuesta a veces más que el vehículo mismo y hay una cuota fija de permisos disponibles cada año³⁵.

Cada día laboral se realizan cerca de 5,5 millones de viajes en transporte público. Los modos disponibles son³⁶:

³⁴ Departamento de Estadísticas de Singapur: www.singstat.gov.sg

³⁵ Vehicle Quota System (VQS). Este sistema más bien complementario a la tarificación vial, restringe la cantidad de permisos de circulación para vehículos nuevos cada año, cantidad que se calcula según las condiciones de tráfico y categoría de vehículo

³⁶ Land Transport Authority (www.lta.gov.sg), Singapore Land Transport Statistics in Brief 2008. Basado en datos del año 2007.

- Sistema de transporte masivo (MRT), con alrededor de 1,5 millones de viajes diarios, una extensión de 109,4km y 66 estaciones.
- Sistema de transporte liviano (LRT), con alrededor de 80 mil viajes diarios, una extensión de 28,8km y 33 estaciones.
- Buses y taxis, con alrededor de 3,88 millones de viajes diarios y una flota de 3.255 buses distribuidos en 325 líneas. Además existen cerca de 22 estaciones de intercambio de buses y 15 terminales, unas 4.560 paradas de buses y 210 de taxis.

Detalles del esquema de tarificación vial de Singapur

A causa del poco espacio disponible y el rápido crecimiento económico, Singapur fue pionero en implementar nuevas técnicas para limitar el crecimiento del nivel de motorización de la población y el uso del automóvil.

En particular se implementó en 1975 un esquema de cobro manual por área, denominado Area License Scheme (ALS), sistema que restringía el acceso a una zona definida por un cordón de puntos de chequeo (denominada Restricted Zone o RZ). El área fue luego expandida para incluir las principales autopistas.

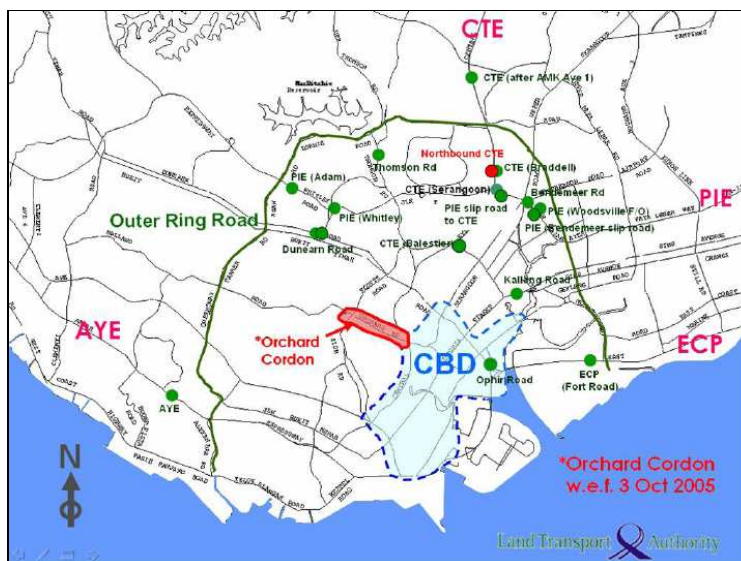
Luego en 1998 se actualizó el sistema de cobro con la implementación de un sistema electrónico (denominado Electronic Road Pricing o ERP) en 33 puntos de cobro. El ERP abarca una zona de aproximadamente 7km², como referencia eso es aproximadamente un tercio del área que ocupa la municipalidad de Santiago.

El sistema de cobro ERP funciona realizando un cobro cada vez que se atraviesa un pórtico, deduciéndolo automáticamente de una unidad ubicada al interior del vehículo donde se inserta una tarjeta inteligente de prepago con saldo positivo. La ubicación de los puntos de cobro actuales se aprecia en la figura más abajo.

A Junio 2008 se disponía de 48 pórticos, 19 de los cuales se encontraban dentro del sector céntrico (CBD), 18 en corredores y el cordón externo (ORR o Outer Ring Road) y 11 sobre el cordón Orchard, que en general cobran entre las 7:30 a las 9:30 o entre las 17:30 y las 22:30, mientras que en el CBD el horario es más amplio (8:00 y las 20:00).

La agencia Land Transport Authority (LTA) analiza las condiciones de tráfico en las carreteras y vías al interior de la RZ, donde el ERP está operando, trimestralmente y durante las vacaciones escolares de Junio y Diciembre. A partir de esta revisión se definen nuevas tarifas, de tal forma de mantener la velocidad de 45-65 kph en autopistas y de 20-30 kph en las principales arterias.

FIGURA 2-10 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE COBRO EN SINGAPUR



Fuente: Singapore Land Transport Authority (LTA)

Las tarifas actuales (válidas entre mayo y agosto 2009) van desde 0.5 a 4.00 Dólares de Singapur (S\$ ó SGD³⁷), valor que depende de la ubicación, sentido y periodo del día. Esto es equivalente aproximadamente a un rango entre 185 y 1.473 pesos chilenos. No se aplican tarifas en los períodos fuera de punta.

En caso de no pagar la tarifa, porque la tarjeta está descargada o en mal estado, se dispone de dos semanas para pagar el saldo pendiente más un cargo administrativo de 10 SGD. La multa por no pago es de S\$ 70 (aproximadamente Ch\$ 25.800).

La tecnología del ERP³⁸ fue escogida entre otras cosas por ser una tecnología activa, evitando de esta forma la existencia de un sistema centralizado de cobro. La selección de la tecnología para pasar del sistema manual al ERP fue a través de un largo proceso (2 años) que entre otras actividades incluyó³⁹:

- I Análisis de tecnologías
- I Definición de requerimientos funcionales
- I Adquisición de tecnologías, lo que incluyó una serie de pilotos para probar las ofertas de los proveedores, para asegurar que las tecnologías cumplieran con los requerimientos especificados⁴⁰.
- I Contratación del proveedor definitivo

³⁷ Tasa de cambio al 30/Jun/09 es de 1 Dólar de Singapur (S\$ o SGD) = 368,25 pesos Chilenos (Ch\$)

³⁸ Este sistema utiliza una onda corta de radio (DSRC), con una frecuencia de 2.54 GHz.

³⁹ The making of Singapore's ERP System (1998), Menon A. P. G. and Dr Chin Kian keong (LTA)

⁴⁰ A cada proveedor se le ofreció \$1,5 millones para crear un sistema piloto con un pórtico y una mini central de control del sistema.

■ Periodo de prueba del sistema

El sistema está configurado por los siguientes elementos:

- La unidad instalada en el vehículo (In-Vehicle Unit o IU). Dicha unidad permite insertar la tarjeta de prepago, denominada cashcard, la cual es recargable y un visor (pantalla LCD) ubicado en éste permite leer el saldo cada vez que se inserta o se realiza un cargo sobre la tarjeta. La IU se carga directamente de la batería del vehículo. Las tarjetas las emite una empresa de la cuál es dueña un consorcio de 7 bancos locales, y permite una carga máxima de 500 SGD (aprox. Ch\$ 185.000) y un mínimo de 20 SGD (Ch\$ 7.400). Esta tarjeta también puede ser utilizada para otras transacciones (por ejemplo supermercados y estaciones de servicio).
- Los pórticos (2 por punto), se ubican a 6m. de altura sobre la calzada. Poseen dos antenas de radio por pista para comunicarse con la unidad al interior de los vehículos mediante frecuencias de radio. El pórtico posee un conjunto de detectores ópticos para detectar el paso de vehículos y cámaras para captar las patentes de los vehículos infractores o con fallas. El sistema de control del pórtico (outstation) se encuentra cercano al pórtico, transmitiendo con cierta regularidad información a una central mediante una línea de teléfono digital arrendada.
- La central de control recibe los registros de todas las transacciones, errores en los equipos e imágenes de infractores o vehículos con errores en los equipos.

El funcionamiento de la tecnología se puede resumir en los siguientes pasos:

- Acercamiento del vehículo. El primer pórtico identifica la presencia de una unidad IU en el vehículo.
- Cobro: identificada la IU se cobra de acuerdo a una tabla predeterminada.
- Cargo a la cuenta: el cobro asociado al tipo de vehículo se carga a la cuenta y se genera el nuevo saldo.
- Verificación: Si la operación anterior es exitosa, el segundo pórtico lo confirma y procede a cargar el nuevo balance.
- Fotografía (infractores): si existe un error o infracción en el sistema (por falta de tarjeta, defectuosa o balance menor al requerido) se instruye a las cámaras para que le tomen una foto al vehículo (patente). La fotografía además se le asocia el evento que generó la orden de tomar dicha fotografía.
- Cada cierto tiempo las estaciones en los pórticos (outstations) envían la información a la central.
- Los datos de infractores se almacenan en la central de control sólo mientras se resuelve el tema del pago.

Una de las ventajas de este sistema, es que genera la percepción de realizar el gasto por parte del usuario (al mostrar el cargo en la pantalla y generar un bip), que es uno de los aspectos fundamentales de la selección del sistema de cobro.

Existen varios canales para la adquisición/carga de las tarjetas que se insertan en la IU, como sucursales bancarias (también para pagar multas), tiendas y estaciones de servicio (también para recargar tarjetas). Además, se puede recargar la tarjeta en terminales AXS (terminales públicos multiservicios vía internet).

El pago de multas puede realizarse en algunos de los puntos anteriores, y otras formas a través de la agencia LTA.

Una de las desventajas de este sistema es que obliga a los usuarios a tener siempre las tarjetas con cupo, pues de otra forma se puede caer en la categoría de infractor, incurriendo al menos en pagos administrativos dependiendo del plazo de recarga.

En general detrás del respaldo a esta tecnología había un objetivo mayor del Gobierno de Singapur, de incrementar el uso del pago mediante tarjetas y transformar a la sociedad en una libre de ‘pago en efectivo’⁴¹.

El sistema actualmente en operación registra un total aproximado de 280.000 transacciones diarias.

Entre los vehículos exentos se encuentran: vehículos de bomberos, ambulancias y vehículos de policía. Ellos portan también la IU, de otra forma aparecerían como infractores al sistema.

El costo de implementación física más instrumentos a bordo, que fueron repartidos gratuitamente alcanzó los 150 millones de euros (aprox. Ch\$ 115 mil millones).

Además, su implementación coincidió con la reducción en 30% de los costos del permiso de circulación del auto en que se instalaba la unidad.

Resultados

La introducción del ERP en 1998 significó una reducción importante en los volúmenes de tráfico, en particular:

- Reducción de un 17% del tráfico en la hora punta mañana al interior del área tarifada, y en total unos 25.000 vehículos en las horas punta.
- Aumento de las velocidades en ~ 22%
- Reducción de un 13% de tráfico en toda la jornada al interior del área tarifada, de 270 a 235 mil vehículos.
- También aumentó el hábito de compartir vehículo, y la dispersión de la hora punta, señalando un cambio en el comportamiento de los usuarios.

Por otro lado algunos elementos de cuidado que se han identificado incluyen:

- Se ha generado una disminución de velocidades en periodos pre y post implementación del ERP, donde los usuarios esperan los cambios de tarifa.
- Hay evidencia de tráfico reasignado a rutas alternativas, lo que ha generado la necesidad de añadir nuevos pódicos, tratando de “perseguir la congestión”

⁴¹ The making of Singapore’s Electronic Road Pricing System, Menon APG & Dr Keong, C K, from LTA (1998)

- Los usuarios han comenzado a solicitar formas de post pago (cobros mensuales)

- Hay escasez de taxis en la zona céntrica en las tardes.

A Julio 2008, cerca del 24% del total de 850.000 vehículos que circulan en la ciudad, pagaba ERP diariamente. El sistema ha permanecido prácticamente sin cambios desde su introducción en 1998. Como el volumen de tráfico es hoy muy diferente que al de hace una década, son necesarias algunas mejoras para asegurar que el sistema ERP continúe siendo efectivo para el control de la congestión.

Como parte de Land Transport Review, la LTA implementó los siguientes tres cambios para mejorar el sistema ERP con efecto a partir de Julio de 2008 comenzando con los pórticos en el área de la ciudad:⁴²

- **Uso del método de medición de velocidad en el percentil 85.** El umbral de velocidad (45 km/hr en autopistas y 20 km/hr en vialidad local) estaba basado en promedios lo que implicaba en ocasiones que esta situación no era experimentada por muchos conductores. LTA introdujo un método más representativo para medir las condiciones del tráfico que corresponde a que un 85% de las veces la velocidad que se mida corresponderá a la situación que experimenten los conductores.

- **Aumento de la tarifa inicial de ERP y de la tasa de crecimiento.** Se detectó que los conductores eran cada vez menos sensibles a la estructura tarifaria de ERP. Para influenciar cambios de comportamiento, LTA elevó el cargo incremental de tarifa de 0,50 a 1 SGD. Además, la tarifa base de ERP se elevó de 1 a 2 SGD. Como ya se mencionó anteriormente las tarifas son reajustadas con base en los análisis de la autoridad cada 6 meses.

- **Gestión de la congestión en el área de la ciudad.** Para manejar la congestión en el área de la ciudad, LTA introdujo el Singapore River Line en Julio de 2008 que comprende cinco nuevos pórticos que corren a lo largo del Río Singapur. Igualmente se introdujo un cobro localizado (en algunos pórticos y horarios solamente) durante los días sábados.

Es importante mencionar que junto con el aumento de las tarifas en el tiempo, ha habido una tendencia progresiva a basar los impuestos en el uso del auto en vez de la propiedad, ya que conjuntamente a las medidas anteriores a partir de Julio de 2008 se redujo en un 15% el impuesto a la tenencia de auto.

La autoridad realizó estas modificaciones conjuntas para destacar entre la población que el objetivo de cobro por congestión ERP no corresponde a una medida cuyo fin principal sea el recaudo: el aumento en la recaudación por ERP se previó en 70 millones SGD al año, mientras que la reducción de impuesto a la tenencia de autos se estimó que equivaldría a un costo para el gobierno de 110 millones SGD al año.

⁴² Singapore Land Transport Authority - Transcending Travel: A Macro View. Annual Report 2007/2008

El Caso de Edimburgo

Detalles del esquema de tarificación vial de Edimburgo

El caso de Edimburgo, Escocia, ofreció una interesante iniciativa, porque intentó introducir un esquema más refinado de cobro respecto del de Londres, y ofrecía un acercamiento mucho más interesante en términos de integración de la política de transporte, con importantes mejoras al transporte público derivadas de los mayores ingresos obtenidos del esquema de tarificación.

La propuesta consideraba un doble cordón concéntrico alrededor del centro de la ciudad, como se aprecia en la figura siguiente con 30 puntos de cruce. El cordón exterior poseería 19 puntos de cobro y en general se ubicarían en el interior del libramiento (bypass) de la ciudad.

El sistema consideraba una tarifa de £2,0 (aproximadamente Ch\$ 1.800 actuales). Este cobro era diario, independiente del número de veces que se cruzara el cordón. La propuesta consideraba la operación de Lunes a Viernes, con los siguientes horarios de operación:

- Cordón exterior : funcionando entre 07:00 y 10:00
- Cordón interior : funcionando entre 07:00 y 18:30

FIGURA 2-11 ESQUEMA PROPUESTO PARA EDIMBURGO



Fuente: City of Edinburgh Council

Existía una variedad de métodos de pago, desde la posibilidad de pagar en negocios, máquinas expendedoras de tickets, vía internet y por vía telefónica, y con efectivo, debito o tarjetas de crédito.

Algunas exenciones incluían: vehículos de emergencia, vehículos de deshabilitados, motocicletas, buses, taxis registrados y grúas de organizaciones registradas. Los residentes se excluían de cobro, pues como el sistema se basa en un cordón y en el cobro por entrar al cordón, entonces no se consideró necesario. El esquema también establecía que los residentes de fuera del cordón debían pagar por acceder a las zonas céntricas.

Medidas complementarias

La aprobación del esquema implicaba un paquete adicional de medidas, entre las cuales se encontraban:

- Mejoramiento de la conectividad entre Edimburgo y la región, además de mejorar la conectividad al interior de la ciudad
- Provisión de un sistema de transporte público en el Bypass de la ciudad
- Inversiones en vías prioritarias o exclusivas de buses, y estaciones de intercambio
- Una tercera línea de tranvía para la ciudad
- Mejoramiento de los servicios de buses, expandiendo además los esquemas de Park & Ride
- Subsidios para reducir emisiones de taxis y buses
- Medidas para beneficiar el sector céntrico, en particular el comercio, mitigando algunos potenciales impactos negativos de la medida.

El paquete en total consideraba £760-780 millones para Edimburgo y las municipalidades vecinas.

Resultados

En el mes de octubre del año 2005 se llevó a cabo un plebiscito para apoyar o rechazar la tarificación vial como se planteaba en la estrategia de transportes de la ciudad. En dicho proceso votaron aproximadamente 290.000 residentes.

El resultado de la votación fue de un 74% en rechazo de la medida, lo que representa un fuerte impacto en la estrategia de transporte de la ciudad, en términos de recursos futuros, así como aproximadamente £8 millones gastados en el proceso de planificación del esquema.

Análisis preliminares del resultado del referéndum apuntan a diversas causas para el rechazo, entre las cuales destacan⁴³:

- A la gente le disgustaba la idea de pagar por algo que actualmente pueden utilizar gratis, y una votación de este tipo (referéndum) tiende a mostrar esto.
- Algunos políticos apoyaron el argumento de rechazo local, a pesar de apoyar la idea de ratificar nacionalmente la idea de cobrar por congestión.
- En tercer lugar, los límites administrativos estaban muy cercanos, permitiendo que autoridades de localidades vecinas participaran activamente en el rechazo a la medida.

⁴³ Begg, D. (2005). The Parliamentary Monitor, Comission for Integrated transport (CfIT),

El Caso de Estocolmo

Detalles del esquema de tarificación vial de Estocolmo

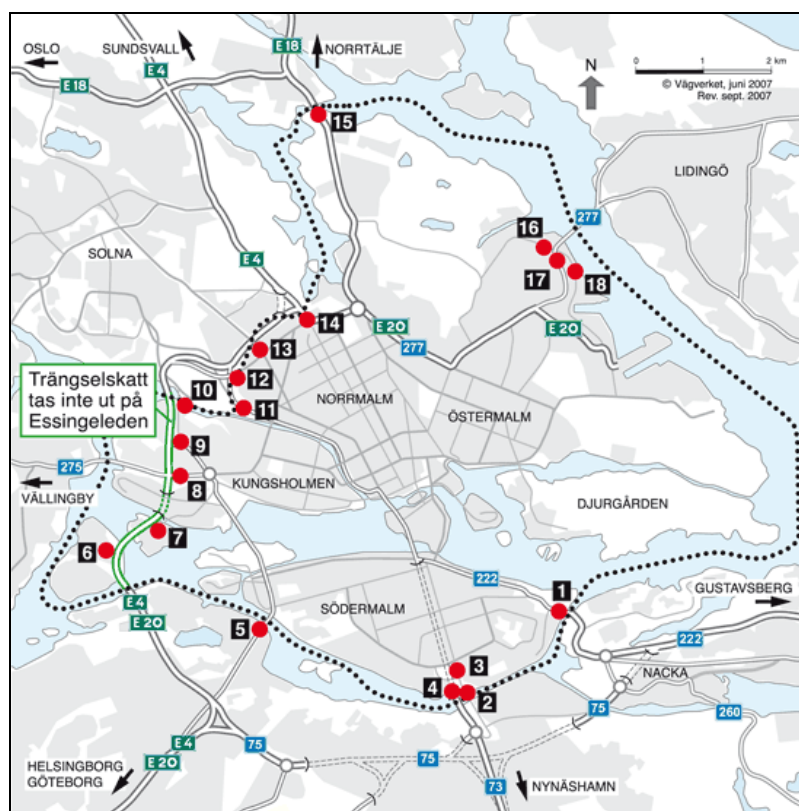
El esquema implementado en Estocolmo, Suecia, corresponde a un impuesto a la congestión y la contaminación. Su objetivo principal es reducir la congestión de tráfico y mejorar las condiciones ambientales en el área céntrica de Estocolmo.

El sistema se implementó a modo de prueba entre el 3 de enero y el 31 de julio del año 2006. Un referéndum en septiembre del 2006 a los residentes de Estocolmo tuvo lugar para decidir si el esquema implementado debería mantenerse permanentemente o no resultando ganadora la opción de mantenerlo; así el esquema empezó a operar nuevamente de manera permanente desde el 1 de Agosto del año 2007.

Es decir, en este caso, a diferencia de Edimburgo, el referéndum se realizó *ex post* de un período de implementación.

En la figura siguiente se aprecia el detalle del esquema implementado que corresponde a uno del tipo cordón con 18 puntos de control en el que todos los vehículos pagan la misma tarifa al cruzarlo, tanto a la entrada como a la salida, si bien las tarifas varían según el horario y sentido de circulación.

FIGURA 2-12 ESQUEMA IMPLEMENTADO EN ESTOCOLMO



Fuente: SRA, <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Trangselskatt/Betalstationernas-placering---karta1/>

El sistema opera desde las 6:30 AM hasta las 18:30 hrs en días laborales (sólo lunes a viernes no festivos ni víspera de uno) durante todo el año a excepción del mes de julio, si bien la tarifa es variable durante el período de cobro, con los valores más altos en los períodos Peak (de 7:30 a 8:30 y de 16:00 a 18:30) en que la tarifa es de 20 coronas suecas (SEK por la abreviación de Kronor de Suecia)⁴⁴, el equivalente a 1.360 pesos chilenos. En todo caso, el sistema considera un cobro máximo diario de 60 SEK (4.080 pesos chilenos).

Los vehículos exentos del impuesto corresponde a:

- Vehículos de servicios de emergencia
- Buses con un peso total mínimo de 14 toneladas
- Vehículos registrados como parte de cuerpos diplomáticos
- Vehículos de servicio de transporte de discapacitados
- Vehículos militares
- Autos usados por personas que han obtenido un permiso de estacionamiento para personas con discapacidad.
- Autos ambientales — aquellos que funcionan en parte o enteramente con electricidad, alcohol u otro combustible aprobado
- Motos y bicicletas con moto
- Vehículos registrados en el extranjero

Los vehículos que cruzan un punto de cobro son fotografiados por el sector delantero y trasero. Sus placas patentes son leídas por un sistema de reconocimiento automático. Opcionalmente los vehículos pueden hacer uso de un transponder (tag) para ser identificados y acceder al cobro electrónico. Igualmente las imágenes son guardadas como evidencia.

La manera más fácil de pagar es vía el transponder, que puede ser adquirido gratis en la Administración de Caminos de Suecia (SRA por sus siglas en inglés). Quienes no usen transponder pueden pagar en puntos habilitados (estaciones de servicio), con tarjeta de crédito, en bancos o por Internet.

El pago se definió desde un inicio como retroactivo, es decir el pago podía hacerse hasta 14 días después de haber pasado por un punto de cobro. A partir del 1 de Agosto de 2008 se emiten facturas mensuales a los usuarios registrados. En caso de no pago, las multas alcanzan a 500 SEK (34.000 pesos chilenos).

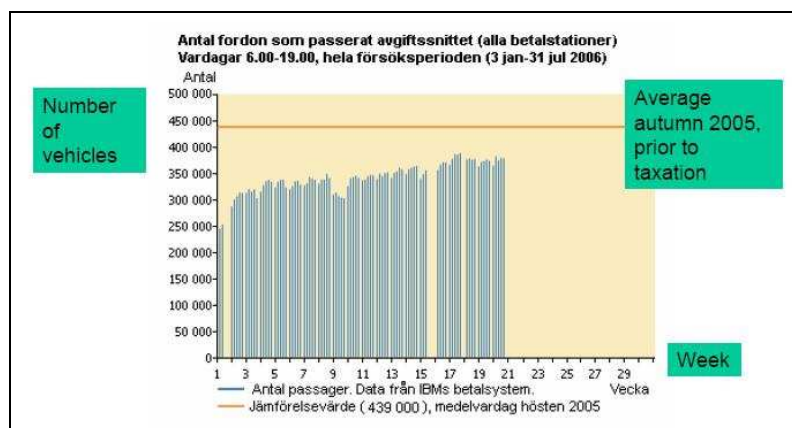
Resultados

La figura siguiente muestra los resultados obtenidos durante la implementación piloto en términos del número de vehículos diarios (media semanal) que cruzaron los puntos de cobro en relación al volumen que lo hacía previo a la implementación

⁴⁴ Tasa de cambio al 30/Jun/09 es de 1 Corona Sueca (SEK) = 68 pesos Chilenos (Ch\$)

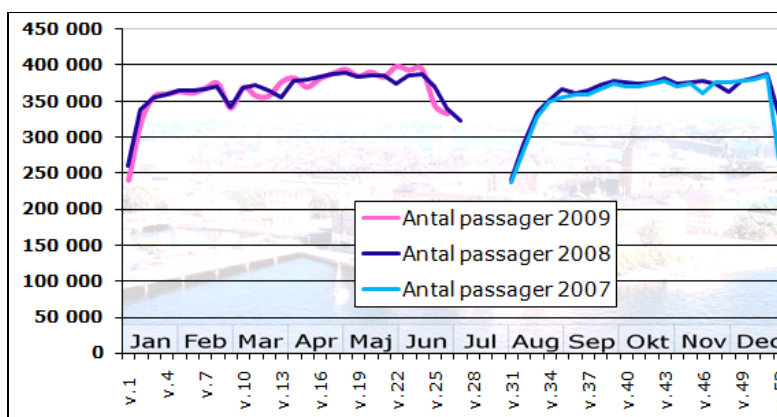
(439.000). Adicionalmente podemos mencionar que en este período se registro una disminución de 30% promedio en los tiempos de viaje.

FIGURA 2-13 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PILOTO DEL ESQUEMA DE COBRO EN ESTOCOLMO



La figura siguiente muestra los resultados obtenidos durante la implementación permanente (a partir del 1 de agosto del año 2007 hasta junio del año 2009) en términos de vehículos diarios (media semanal), en el que se aprecia que el peak no supera los 400.000.

FIGURA 2-14 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PERMANENTE DEL ESQUEMA DE COBRO EN ESTOCOLMO



Fuente: SRA, <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Trangselskatt/Statistik-trangselskatt2/>

Lecciones aprendidas de la experiencia internacional

A continuación se rescatan, de la experiencia internacional, algunos elementos comunes (y/o diferencias) que permitirían lograr un mayor grado de aceptación

ciudadana y que vale tener en cuenta para el caso de su implementación en Chile^{45, 46}.

- I Que la congestión (y/o la contaminación en el caso de Santiago) sea considerada como un problema importante por los usuarios de las vías y que el plan de tarificación vial sea percibido como un instrumento eficaz para resolverlo
- I Que la tarificación vial sea presentada como parte de una estrategia más amplia de medidas para mejorar las condiciones de tráfico en una determinada zona
- I Que los ingresos que se obtengan sean invertidos en la zona en que se recauden y que las inversiones que se realicen sean adicionales a las ya programadas
- I Que los precios que se cobren por el uso de las vías sean aceptados como correctos y con una base sólida
- I Que el esquema de cobros sea simple de entender, predecible con anticipación y flexible en el tiempo
- I Que el sistema que se implemente sea técnicamente confiable y que garantice el respeto a la privacidad de los usuarios de las vías
- I Que tanto en la etapa previa como una vez implementado el sistema de tarificación vial se diseñe una estrategia comunicacional que explique los beneficios esperados y efectivos
- I Que la implementación considere o no un plebiscito y si es el caso que procure generar una experiencia previa de uso

45 Para más detalles ver European Commission (2000), Jones (2003), Schade (2003) y Eliasson, J. and Lundberg, M. (2003).

46 Para más detalles ver Cupid, Deliverable 3 (2000), Jordbakke (2002), Jones (2002), Schade (2002) y T&E (2002).

3. Diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago

En este capítulo se analiza la congestión en Santiago y los cambios de ésta en el tiempo. Para ello se analizan variables que generalmente se reconoce tienen efecto en la congestión. Luego se presentan simulaciones del sistema de transporte de Santiago (realizadas a través del modelo ESTRAUS), que ilustran cómo ha ido variando la relación de la oferta con la demanda, mediante el análisis de indicadores generales normalmente utilizados para representar la congestión.

3.1 Antecedentes generales de Santiago

Santiago es la capital de Chile y de la Región Metropolitana. Administrativamente, la Región Metropolitana está dividida en 6 provincias, que se componen de 52 comunas. Sin embargo, para los alcances del presente estudio, resulta más relevante considerar el Gran Santiago, que está compuesto de la Provincia de Santiago, más las comunas de San Bernardo y Puente Alto, es decir un total de 34 comunas. En la medida de lo posible se ha utilizado dicha definición administrativa, o en su defecto la Región Metropolitana que tiene una superficie de 15.403 km² y una población de 6,32 millones de habitantes de acuerdo al censo de 2002 del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

TABLA 3-1 TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSALES 1992-2002

División administrativa	1992	2002	Crecimiento promedio anual
Región Metropolitana	5.395.32	6.318.299	1,6%
Provincia de Santiago	4.357.66	4.810.766	1,0%
Comunas con mayor población:			
Puente Alto	304,105	545,260	6,0%
Maipú	299,940	537,944	6,0%
La Florida	335,074	387,889	1,5%
San Bernardo	202,103	263,676	2,7%
Las Condes	213,860	258,876	1,9%
Peñalolén	187,233	226,728	1,9%
Comunas con mayor crecimiento de población:			
Quilicura	59,108	144,559	9,4%
Maipú	299,940	537,944	6,0%
Puente Alto	304,105	545,260	6,0%
Lampa	28,185	45,215	4,8%
Calera de Tango	13,163	20,106	4,3%
Lo Barnechea	55,097	82,193	4,1%
Colina	58,082	85,867	4,0%

Fuente: Elaboración propia con base en datos INE

Se puede apreciar que las comunas de Maipú y Puente Alto aparecen tanto entre las comunas con mayor población, como entre aquellas con mayor crecimiento en la Región Metropolitana. Se trata de comunas en un anillo sur de la ciudad. Por otro lado Quilicura, Lampa y Colina muestran que la zona norte ha estado creciendo en forma importante, siendo normalmente considerada entre las áreas con mayor potencial de aumento de población. Ambas situaciones implican crecimiento en zonas más bien de carácter residencial, lo que ha generado que inevitablemente aumente el número de viajes más largos en el tiempo.

Finalmente, respecto a la población proyectada, el escenario base del INE define para la Región Metropolitana una tasa de crecimiento de 1,04% anual que se puede apreciar es menor aún que el crecimiento intercensal anterior (1,6% para el 1992-2002).

Se espera que gran parte de este crecimiento se localice en las provincias de Talagante, Chacabuco y Melipilla.

Flota vehicular y tasas de motorización

Otro antecedente relevante de analizar es la flota vehicular actualmente existente en la ciudad de Santiago, así como su evolución histórica. La siguiente tabla presenta un resumen de estadísticas relevantes del parque vehicular, indicando las comunas con mayor cantidad de vehículos livianos inscritos.

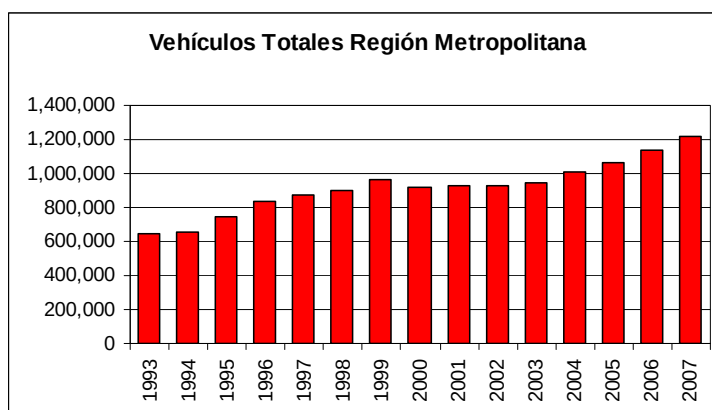
TABLA 3-2 PARQUE DE VEHÍCULOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA, 2007

Zona Geográfica		Livianos	Total
Región Metropolitana		1.091.863	1.217.938
Gran Santiago		939.517	1.039.191
Provincia de Santiago		875.055	967.222
Comunas relevantes	Providencia	75.745	79.936
	Las Condes	81.477	83.577
	Santiago	57.043	60.553
	Vitacura	82.429	83.315
	Maipú	55.160	61.089
	La Florida	44.884	48.543

Fuente: INE

Se aprecia que las comunas del sector oriente de Santiago junto a Maipú (poniente) y La Florida (sur oriente) son las más relevantes respecto al número de vehículos registrados.

Al mirar la evolución del parque de vehículos en la Región Metropolitana en la Figura 3-1, se puede apreciar el fuerte crecimiento experimentado entre los años 1993 y 1999 el cual es coincidente con periodos de alto crecimiento del país. Entre los años 2000 y 2003 se observa que las cifras del parque vehicular tienden a estabilizarse lo que coincide con un período en que el crecimiento de la economía del país fue bajo y luego a partir del año 2004 en que el país retomó tasas de crecimiento del producto superiores al 4% hasta el último registro disponible a la fecha, se observa nuevamente un repunte en el crecimiento del parque vehicular.

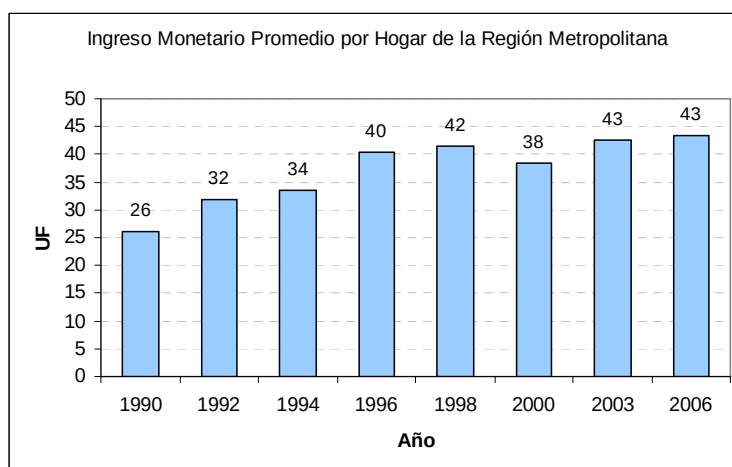
FIGURA 3-1 EVOLUCIÓN DEL PARQUE DE VEHÍCULOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Fuente: INE

Con el parque vehicular existente y las estimaciones de población al 2007, se llega a tasas de motorización de 165 autos por cada 1.000 habitantes⁴⁷, que están en un nivel bajo en comparación con países de Europa o EE.UU. En 1993 dicha tasa era de 100 autos por cada 1.000 habitantes, es decir que la tasa de motorización ha crecido a una tasa promedio anual de 3,3%, muy por sobre la población. El crecimiento de la tasa de motorización considerando sólo los vehículos livianos en ese mismo período es incluso ligeramente superior (3,6%).

Niveles de ingreso (CASEN)

Para analizar los cambios en los niveles de ingreso en el tiempo, se ha estudiado la información entregada por la encuesta CASEN. La evolución del ingreso promedio por hogar en el periodo 1990-2006 se presenta en la siguiente figura.

FIGURA 3-2 EVOLUCIÓN DEL INGRESO MONETARIO PROMEDIO POR HOGAR, 1990-2006

Fuente: Elaboración propia con base en CASEN-Mideplan

⁴⁷ Considerando la flota completa las tasas para el 2007 llegan a 184 vehículos por cada 1.000 habitantes.

Dicha figura muestra el crecimiento de los ingresos, con la excepción del período post desaceleración económica del año 2000. Se puede apreciar el efecto de la crisis económica el año 1999-2000 donde existió una reducción en el ingreso real promedio, que recién se recupera en 2003.

Producto interno bruto (PIB)

Finalmente, otra variable agregada que generalmente está asociada con el crecimiento del tráfico (demanda) es el crecimiento económico, en general representado a través de la variación del Producto Interno Bruto.

En la siguiente tabla se presentan los datos históricos (1997-2008) y las proyecciones para el corto y mediano plazo (2009 al 2019).

TABLA 3-3 DATOS HISTÓRICOS Y PROYECCIÓN DEL PIB DE CHILE

Año	Crecimiento anual (%)
1997*	6,6
1998*	3,2
1999*	-0,8
2000*	4,5
2001*	3,4
2002*	2,2
2003*	3,9
2004*	6,2 (6,0**)
2005*	6,3(5,6**)
2006**	4,6
2007**	4,7
2008**	3,2
2009***	-1,3%
2010***	3,7%
2011***	4,4%
2012***	4,8%
2013***	4,8%
2014***	4,6%
2015-19***	4,6%

*Fuente: Banco Central datos con base 100 en 1996

**Fuente: Banco Central datos con base 100 en 2003

***Fuente: Proyecciones del Latin American Consensus Forecasts Julio 2009

Se observa que las proyecciones económicas, después del crecimiento que se proyecta para el presente año 2009, predicen una variación promedio del PIB de 4,5% anual en los

próximos 10 años (2010 a 2019), lo que podría tener importantes efectos en la adquisición de vehículos.

En resumen y de acuerdo con el análisis anterior, se espera que tanto el volumen total viajes, como la distancias recorridas sigan aumentando en el futuro, esto debido al crecimiento económico esperado y al crecimiento de la población que se verá concentrado en las zonas más periféricas de la Región Metropolitana.

3.2 La demanda de viajes en Santiago

Dado que la congestión se produce por un desbalance entre la demanda y la oferta, interesa conocer como han variado ambos elementos en el tiempo, y como se relacionan con los cambios que ha experimentado la congestión en el tiempo.

Para analizar la demanda, interesa conocer la evolución de los viajes en el Gran Santiago en los últimos años, información que es obtenida a partir de una comparación de los resultados de las Encuestas Origen Destino (EOD) de viajes realizadas los años 1991 y 2001.

La Tabla 3-4 muestra el crecimiento de la población y de los vehículos en el Gran Santiago entre los años 1991 y 2001.

TABLA 3-4 HOGARES, HABITANTES Y VEHÍCULOS DEL GRAN SANTIAGO SEGÚN LAS EOD

Año	Hogares	Habitantes	Vehículos
1991	1.162.845	4.502.099	421.419
2001	1.484.927	5.389.957	683.546

Fuente: EOD 2001, 1991

La Tabla 3-5 muestra la evolución del tamaño de hogares (número de habitantes por hogar), y la tasa de motorización de los hogares.

TABLA 3-5 EVOLUCIÓN HABITANTES POR HOGAR Y TASA DE MOTORIZACIÓN EN EL GRAN SANTIAGO A PARTIR DE EOD

Año	Hab. / hogar	Veh. / hogar	Veh. / 1000 hab.
1991	3,87	0,36	93,61
2001	3,63	0,46	127

Fuente: EOD 2001, 1991

Según las encuestas EOD 1991 y EOD 2001, el número total de hogares ha aumentado de 1.162.845 a 1.484.927, considerando las 34 comunas del Gran Santiago, lo que corresponde a una tasa de crecimiento anual del 2,5%.

Realizando un análisis respecto al número de vehículos de la ciudad, se observa en la Tabla 3-4 que entre los años 1991 y 2001 ha aumentado de 421.419 a 683.546, lo que se traduce en una tasa de crecimiento anual de 5%.

El tamaño de los hogares es también un factor que ha sufrido cambios entre los años 1991 y 2001, como lo muestra la Tabla 3-6.

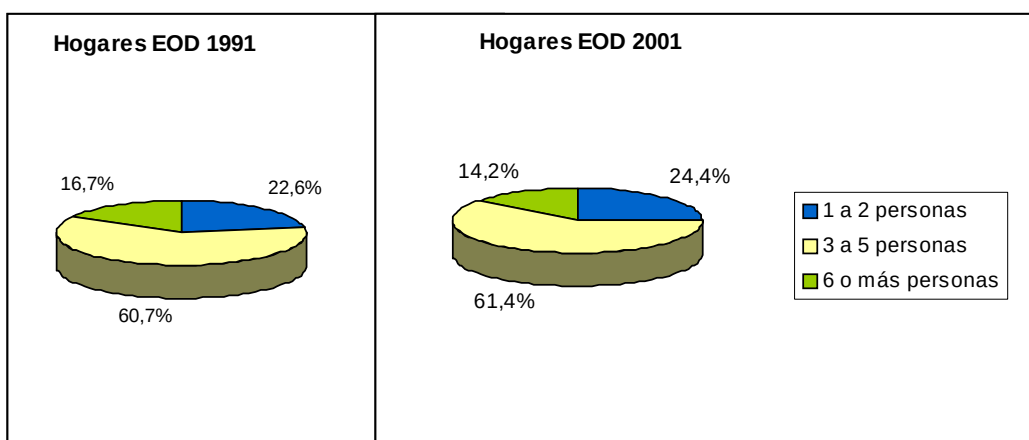
TABLA 3-6 HOGARES POR TAMAÑO EOD 1991 VS EOD 2001

Personas por hogar	Hogares	Hogares	%	%
	EOD 1991	EOD 2001	EOD 1991	EOD 2001
1 a 2 personas	262.963	362.237	22,6%	24,4%
3 a 5 personas	706.112	912.003	60,7%	61,4%
6 ó más personas	193.770	210.687	16,7%	14,2%
Total	1.162.845	1.484.927	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

En la Figura 3-3 se observa que los hogares con 1 ó 2 habitantes son aquellos que más han aumentado entre los años 1991 y 2001, lo que significa que, en promedio, el tamaño de los hogares va disminuyendo en el tiempo.

FIGURA 3-3 VARIACIÓN HOGARES POR TAMAÑO EOD 1991 VS EOD 2001



Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

En la Tabla 3-7 se presenta la distribución de hogares por estrato de ingreso para los años 1991 y 2001, donde se aprecia como ha decrecido el valor absoluto y proporcional de los hogares de estrato bajo, mientras que aumentan en forma notable los de estrato medio y alto. Esta es parte importante de la explicación del aumento de las tasas de motorización por hogar, lo que está asociado también al periodo de crecimiento económico del cual disfrutó el país en el periodo 1991-1999.

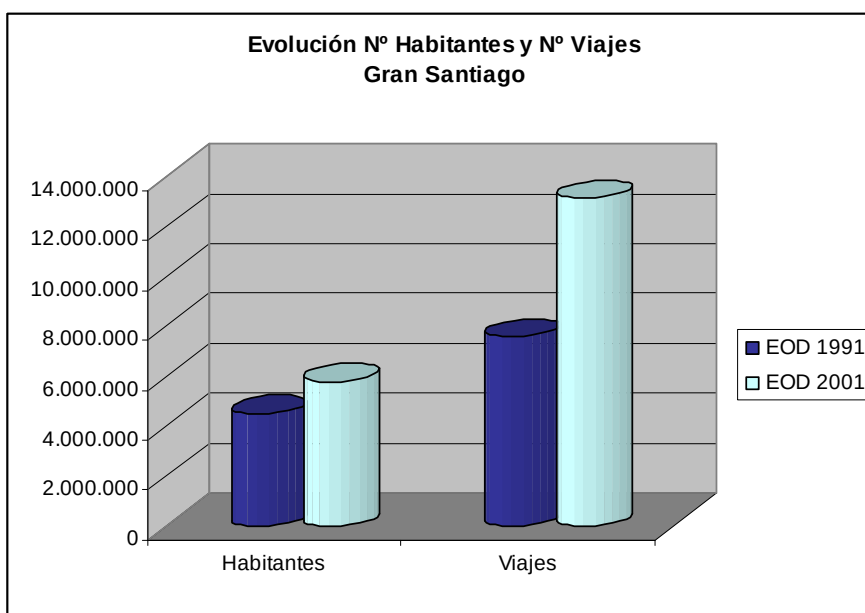
TABLA 3-7 DISTRIBUCIÓN DE HOGARES SEGÚN INGRESO A PARTIR DE EOD

	Estrato BAJO	Estrato MEDIO	Estrato ALTO
EOD 1991	798.846	245.873	44.756
	73%	23%	4%
EOD 2001	490.026	772.162	222.739
	33%	52%	15%
Variación 91-01	-39%	+214%	+398%

Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

El número total de viajes diarios, considerando las 34 comunas del Gran Santiago, corresponde a 7.599.673 según la EOD 1991, aumentando a 13.103.554 de acuerdo a la EOD 2001.

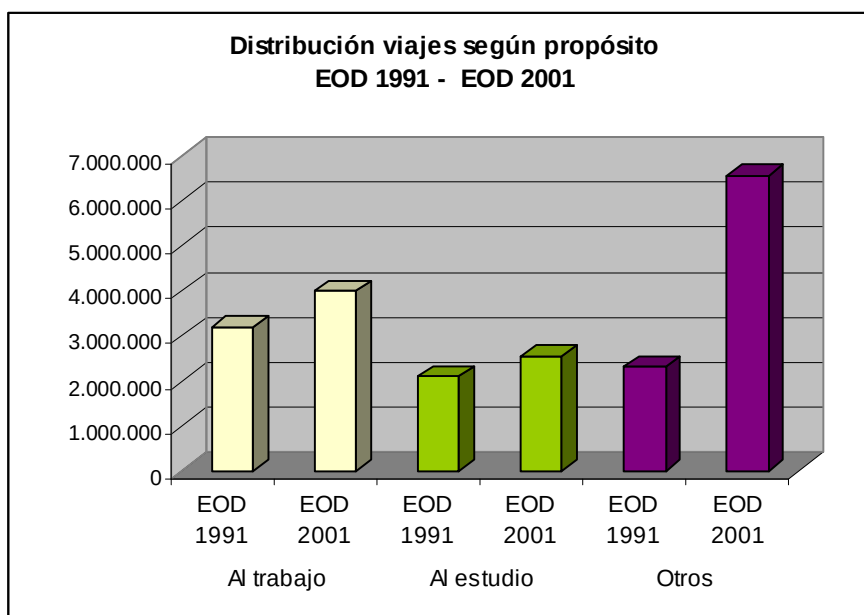
En la Figura 3-4 se observa cómo los viajes han aumentado en mayor proporción que los habitantes entre los años 1991 y 2001, lo que se explica probablemente por el aumento de los hogares de estratos medio y alto.

FIGURA 3-4 EVOLUCIÓN HABITANTES Y VIAJES EOD 1991 Y EOD 2001

Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

En la Figura 3-5 se observa que el aumento de más de 5,5 millones de viajes entre 1991 y 2001 se debe fundamentalmente al crecimiento de viajes no obligados.

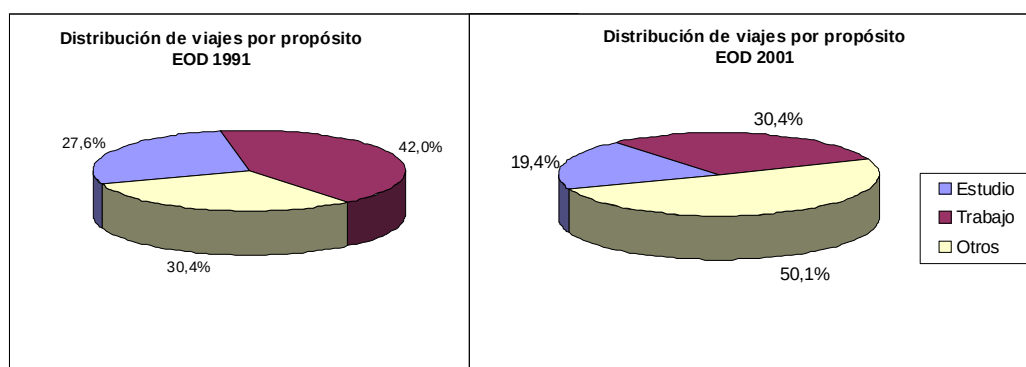
FIGURA 3-5 DISTRIBUCIÓN DE VIAJES SEGÚN PROPÓSITO A PARTIR DE EOD



Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

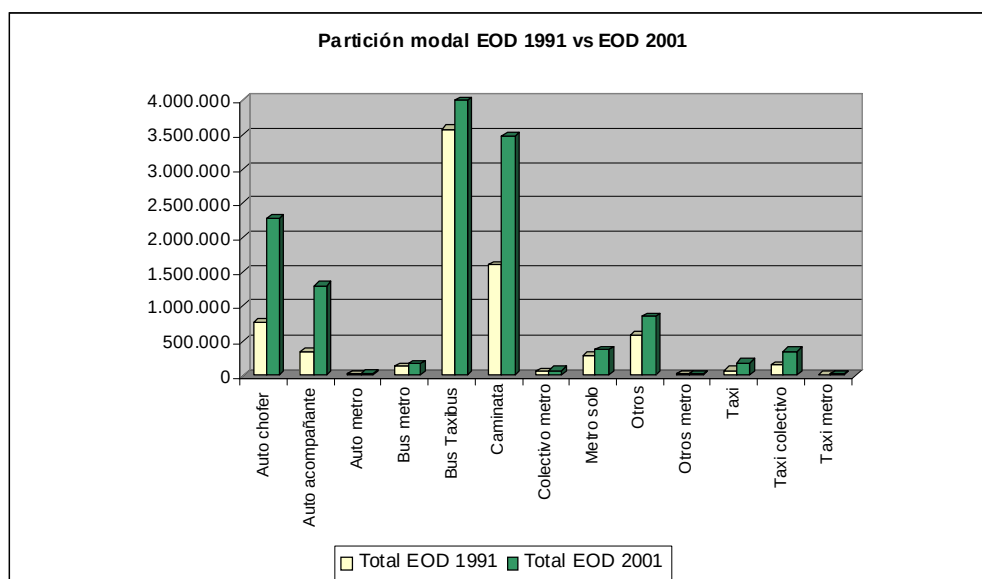
Cuando se analizan en las EOD, las proporciones de viajes por propósitos, se observa que nuevamente los viajes con propósitos distintos a Estudio o Trabajo, representan el mayor porcentaje.

FIGURA 3-6 DISTRIBUCIÓN DE VIAJES SEGÚN PROPÓSITO: EOD 1991 VS EOD 2001



Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

Observando la partición modal en la siguiente figura, se deduce el aumento de los viajes en el Gran Santiago se ha producido principalmente en los modos caminata, auto chofer y auto-acompañante.

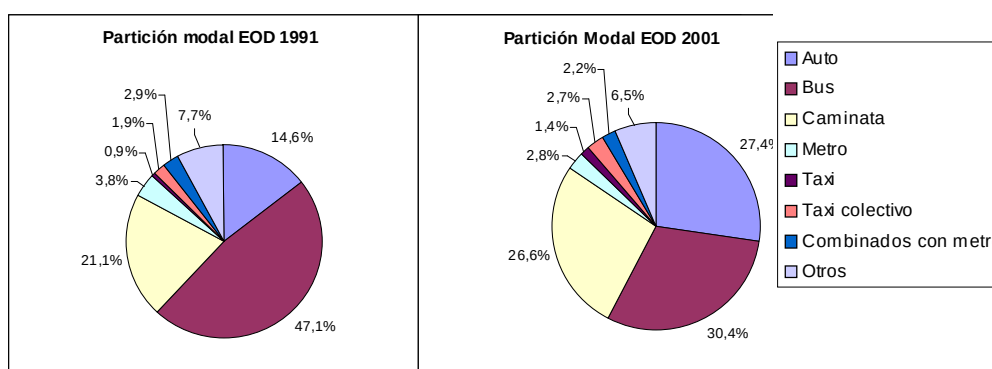
FIGURA 3-7 CAMBIOS EN LA PARTICIÓN MODAL EOD 1991 – 2001


Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

En la Figura 3-8 se muestra la partición modal de forma porcentual para ambos años. En ella se aprecia que la proporción de viajes realizados en modo Bus-Taxibus se ha reducido de forma significativa, en casi 17 puntos, pasando de un 47,1 % de los viajes diarios, a sólo un 30,4%.

Esta reducción se refleja en aumentos de la proporción de viajes realizados en modo Caminata, Auto Chofer y Auto Acompañante. La caminata aumenta de 21,1% a 26,6% y los viajes en auto aumentan de 14,6% a 27,4%.

Este es un resultado esperable de un aumento en la tasa de motorización por hogar, como el que ha ocurrido en el Gran Santiago entre los años 1991 y 2001, pero al mismo tiempo preocupante desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema de transporte en la capital, con un efecto negativo sobre el sistema de transporte público.

FIGURA 3-8 CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE LA PARTICIÓN MODAL EOD 1991 – 2001


Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

Al analizar los viajes totales y motorizados diarios generados por comuna para los años 1991 y 2001 destaca el explosivo crecimiento de las comunas de Maipú, Puente Alto, Quilicura y Lo Barnechea, lo cual es consistente con el aumento de población con tasas sobre el 6,0% y Lo Barnechea, aunque con tasas de crecimiento de población del 4,0% pero con población de ingreso más alto.

El fuerte crecimiento experimentado por estas comunas impacta más fuertemente el sistema de transporte al ser comunas periféricas localizadas en los cuatro extremos de la ciudad.

Las comunas que han aumentado más significativamente los viajes que generan, corresponden a Maipú y Puente Alto, que son de las que han aumentado en forma importante su población y número de hogares. Estas dos comunas, generan más del triple de los viajes que generaban en el año 1991.

Si analizamos sólo el período más cargado del día, los viajes totales y motorizados en la punta mañana generados por cada comuna del Gran Santiago para los años 1991 y 2001, nuevamente se repite la situación expuesta en el punto anterior donde las comunas de Lo Barnechea, Maipú, Puente Alto y Quilicura son las que muestran una variación mayor en el número de viajes generados.

La Tabla 3-8 muestra la evolución de la tasa de generación de viajes a través de los años 1977, 1991 y 2001. Se puede ver que entre los años 1991 y 2001 el número de viajes por persona ha aumentado de 1,69 a 2,39, mientras que el número de viajes por hogar lo ha hecho de 6,54 a 8,89.

TABLA 3-8 EVOLUCIÓN TASA DE GENERACIÓN DE VIAJES 1977, 1991 Y 2001 SEGÚN EOD

Año	Viajes por persona	Viajes por hogar
1977	1,04	5,56
1991	1,69	6,54
2001	2,39	8,89

Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

Considerando ahora sólo viajes motorizados, se observa en la Tabla 3-9 que los viajes motorizados por persona han aumentado de 1,29 a 1,75 entre los años 1991 y 2001, mientras que los viajes motorizados por hogar lo han hecho de 4,99 a 6,34.

TABLA 3-9 EVOLUCIÓN TASA DE GENERACIÓN DE VIAJES MOTORIZADOS SEGÚN EOD

Año	Viajes por persona	Viajes por hogar
1977	0,87	4,65
1991	1,29	4,99
2001	1,75	6,34

Fuente: Elaboración propia con base en EOD 1991 y 2001

Respecto de los viajes atraídos, se encontró que no existen diferencias tan significativas en los viajes diarios atraídos por comuna entre los años 1991 y 2001, como para el caso de

viajes generados, aunque se registran cambios importantes en comunas como Maipú, La Florida, Puente Alto y Las Condes.

En resumen, en la Región Metropolitana se observa un fuerte crecimiento tanto en el número de hogares como en la población, particularmente en las zonas más periféricas y por lo tanto aumentando la longitud del viaje, lo que sumado a una tasa de generación de viajes por hogar creciente, al aumento de las tasas de motorización y a un desarrollo de la infraestructura vial a tasas sensiblemente inferiores a este ritmo de crecimiento, producen en conjunto condiciones que son desfavorables al sistema de transporte de la ciudad y por lo tanto inducen al aumento de la congestión vehicular.

3.3 Análisis de la situación histórica de la congestión

Para poder analizar cómo han ocurrido los cambios en la oferta y la demanda en la red de transporte de Santiago, se ha procedido a revisar una serie de antecedentes de simulaciones del funcionamiento de la red.

Para ello se han seleccionado una serie de corridas del modelo ESTRAUS⁴⁸ que van desde cortes temporales del año 1997 hasta el año 2010. Estas son:

- I “baseam97”
- I “baseam2001”
- I “plan4_ot3_am05”
- I “plan4_ot3_am10”

Las dos primeras corresponden a escenarios base, mientras que las otras dos corresponden a escenarios futuros modelados.

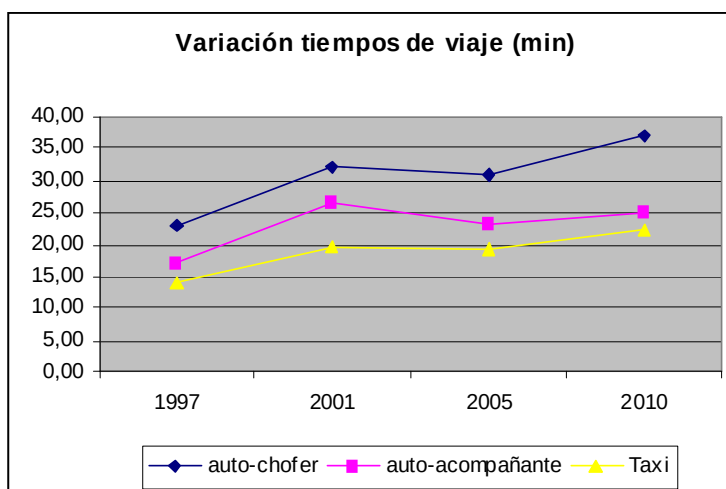
Se entregan algunos resultados respecto de la demanda, indicando el número de viajes inter e intrazonales, para cada tipo de propósito de viaje.

Se exponen resultados respecto de los niveles de congestión en la situación base de cada corte temporal.

Resultados de las corridas en el tiempo

A continuación se presentan algunas características relevantes respecto de los viajes realizados en modos privados: auto chofer, auto acompañante y taxi.

⁴⁸ Modelo de simulación utilizado como herramienta para la planificación estratégica del transporte en la ciudad de Santiago. Las corridas de ESTRAUS tienen implícitos escenarios de desarrollo del sistema de transporte, asociados a escenarios de uso del suelo y crecimiento de la población y el ingreso.

FIGURA 3-9 TIEMPO DE VIAJE PROMEDIO PARA MODOS TRANSPORTE PRIVADO

Fuente: Elaboración propia

La caída en los tiempos medios de viaje en transporte privado en el año 2005 se debe a la gran cantidad de proyectos de envergadura que fueron incorporados en las redes, como son los proyectos de concesiones viales y trenes suburbanos.

También se presentan los cambios en las velocidades promedio viajadas en la siguiente tabla. Así como en los tiempos de viaje, nuevamente se ve el efecto de mejoramiento de la operación del sistema el año 2005, producto de los cambios en la oferta vial y de transporte.

TABLA 3-10 INDICADOR DE VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE PARA MODOS DE TRANSPORTE PRIVADO

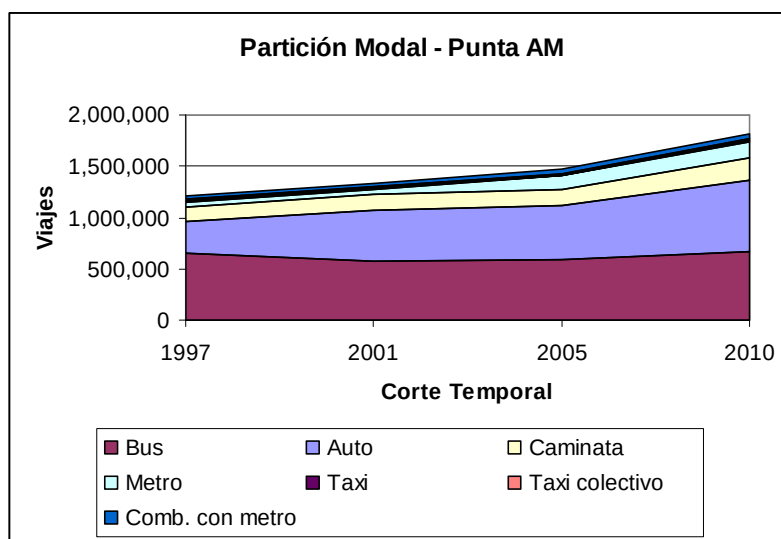
Modo	Velocidad (km/hr)			
	1997	2001	2005	2010
Auto-Chofer	25.87	20.45	21.22	18.81
Auto-Acompañante	26.76	21.60	22.65	21.39
Taxi	25.84	21.39	22.13	20.50

Fuente: Elaboración propia

A nivel más agregado, se puede observar la participación modal resultante de cada corrida del modelo. Según se aprecia en la siguiente figura, aumenta la participación del automóvil principalmente del año 1997 al 2001.

En el 2005 el salto más importante está dado por el Metro, al abrirse una serie de líneas nuevas, lo que incluso opaca el crecimiento del uso del automóvil, a pesar de entrar en operaciones también las concesiones urbanas (de acuerdo a lo modelado). El principal perdedor es el bus que reduce en forma permanente participación.

FIGURA 3-10 PARTICIÓN MODAL DE LAS CORRIDAS 1997, 2001, 2005 Y 2010



Fuente: Elaboración propia

En relación con el propósito de los viajes, el principal aumento se produce en los viajes con propósito estudio entre los años 2005 y 2010, en el período punta de la mañana. Esto se explica por la incorporación de la Jornada Escolar Completa, donde una proporción importante de los viajes que en el 2005 se hacían en la tarde, en el 2010 pasan a la punta mañana.

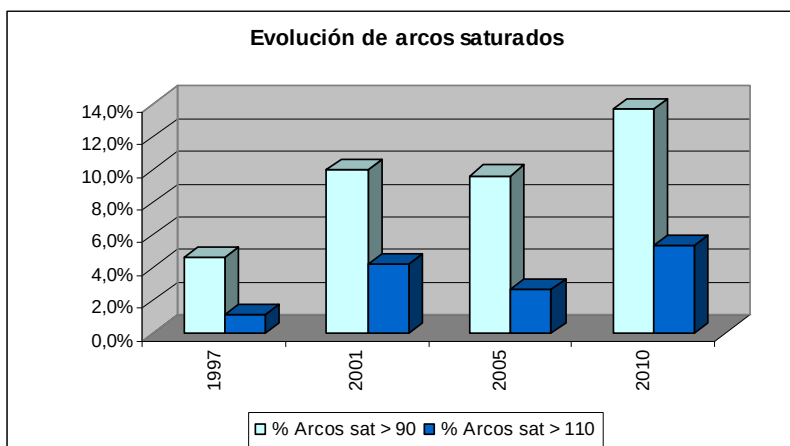
Análisis de la congestión en el tiempo

Una forma de estudiar la evolución de la congestión en el Gran Santiago, es a través de algún indicador de saturación de la red.

En el contexto de la tarificación vial, es interesante analizar cómo se relaciona la saturación de la red con el crecimiento de los viajes, y en particular, con los viajes realizados en modos privados (auto chofer, auto-acompañante y taxi).

La forma en que aquí se ha realizado dicho análisis es a través de la medición del porcentaje de arcos saturados sobre el total de arcos modelados (midiendo la saturación como la razón entre el flujo equivalente modelado y la capacidad del arco). La ventaja de este indicador es que es independiente del número total de arcos que como se mencionó anteriormente cambia en el tiempo.

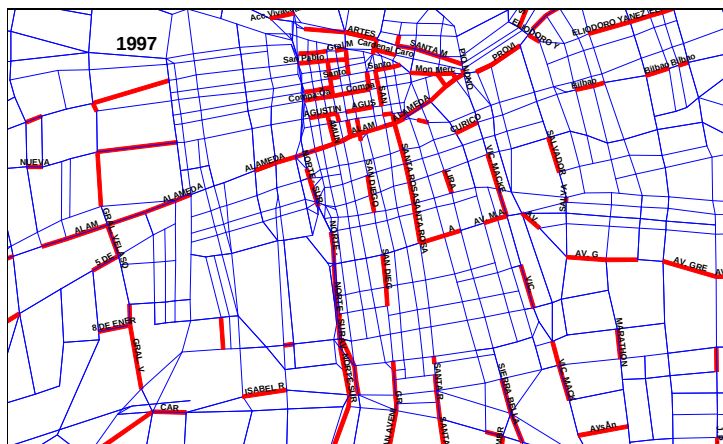
En la figura siguiente se muestra esta información para las cuatro simulaciones estudiadas.

FIGURA 3-11 COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA SATURACION DE LA RED

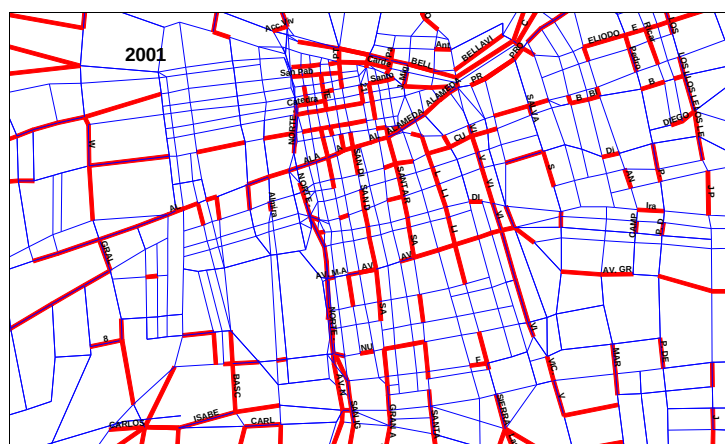
Fuente: Elaboración propia

Se observa claramente que el porcentaje de arcos con saturación por sobre el 90% presenta una tendencia creciente, aunque con una caída en el año 2005 donde se incorpora gran cantidad de proyectos viales en las redes.

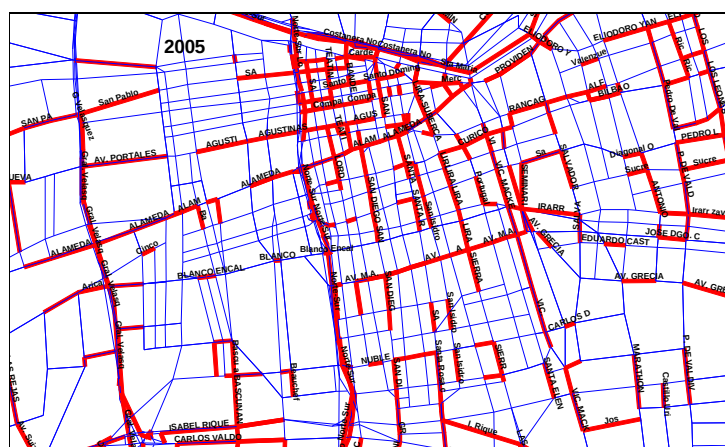
Para analizar la evolución de la congestión en forma más detallada, se muestra a continuación los arcos con saturación igual o mayor al 90% dentro de la comuna de Santiago, de 1997 a 2005.

FIGURA 3-12 ARCOS SATURADOS (>90%) SIMULACIÓN AÑO 1997

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3-13 ARCOS SATURADOS SIMULACIÓN AÑO 2001


Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3-14 ARCOS SATURADOS SIMULACIÓN AÑO 2005


Fuente: Elaboración propia

Las figuras anteriores demuestran, en forma consistente con otros resultados de las simulaciones, el aumento de la congestión en el sector central del Gran Santiago.

En particular se observa que ciertos ejes como Alameda o la Panamericana Sur se encuentran congestionados en prácticamente toda su longitud dentro de la zona analizada. Sin embargo, a este nivel de análisis y como veremos después a nivel de toda la ciudad, existen áreas congestionadas dispersas en toda la red.

Otra manera de medir niveles de congestión en la red en forma más adecuada, es estudiar su relación con la longitud de los arcos congestionados, con lo cual se evita el sesgo por el cambio en los tamaños de las redes de modelación en el tiempo. Un indicador útil es uno que entrega una medida del porcentaje de longitud saturada en la red, es decir:

$$I_c = \frac{\sum_{i \in Ar \cos_sat > 90\%} longitud_i}{\sum_{\forall i} longitud_i}$$

Donde el numerador de la expresión anterior corresponde a la suma de la longitud de todos los arcos cuyo nivel de saturación supera el 90%, y el denominador es la suma de la longitud de todos los arcos de la red.

Este indicador se calculó para los cuatro cortes considerados en el análisis; con los resultados que se presentan en la tabla siguiente.

TABLA 3-11 INDICADOR DE SATURACION PONDERADA POR LONGITUD: 1997, 2001, 2005 Y 2010

Base	Longitud total red	Longitud arcos :sat > 90%	% red saturada
1997	3.008.439	163.312	5,43 %
2001	3.016.146	396.085	13,13 %
2005	3.399.792	396.837	11,67 %
2010	3.590.238	623.136	17,36 %

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente se aprecia la caída en los niveles de saturación en el año 2005, pero rápidamente vuelve a aumentar en forma importante el año 2010, a pesar de todos los cambios en la oferta vial implementados el 2005.

3.4 Conclusiones del diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago

Los antecedentes anteriores, en particular de las EOD de 1991 y del 2001, muestran como han aumentado los viajes de 7,6 a 13,0 millones de viajes diarios en un día normal laboral. También muestra el aumento de la participación modal del auto pasando de 14,6% a 27,4%, mientras que los modos bus-taxibus han bajado de un 47,1% de los viajes a un 30,4%.

Por otro lado el crecimiento económico (reflejado en altas variaciones del PIB y tasas crecientes de ventas de automóviles) y el decrecimiento de las tasas de natalidad, auguran un aumento acelerado de la tasa de motorización. Si a eso añadimos el constante crecimiento en las tasas de generación de viajes por hogar, podemos esperar un escenario de alta demanda futura.

En los últimos años la construcción de las concesiones urbanas y las extensiones de Metro han generado una expansión importante de la oferta de transporte en la ciudad, lo que agregado a la desaparición de restricciones de capacidad producto de las obras mismas, permite una reducción temporal de la congestión.

Esto también se pudo apreciar en las corridas del modelo ESTRAUS presentadas anteriormente, donde se producía una caída de los indicadores que podrían asociarse a la congestión en el año 2005. Sin embargo, rápidamente en 2010 los indicadores volvían a indicar un fuerte aumento de los tiempos de viaje y reducción de las velocidades, pasando por ejemplo la velocidad de auto chofer de 21.2 a 18.8 kilómetros por hora en sólo 5 años (2005-2010). La partición modal sigue aumentando en favor del auto y en desmedro del modo bus.

4. Síntesis del Análisis y Evaluación de Alternativas Preliminares

En este capítulo se analiza el resultado de la selección y análisis de alternativas preliminares, que posteriormente dio origen a las alternativas definitivas y a la que finalmente fue elegida para un análisis más detallado.

4.1 Tipos de esquemas

En primer lugar resulta necesario presentar esquemas clásicos de tarificación vial, aunque ello no debe ser una limitación para restringir la posibilidad de generar esquemas mixtos posteriormente, a partir de combinaciones de los más conocidos.

Entre las alternativas clásicas, ya existentes en algunas experiencias internacionales, se encuentran:

- I Esquemas de **áreas tarificadas**, en los cuáles se cobra por estar dentro del área, como es el caso de Londres.
- I Esquemas en **cordón** o dobles cordones, en los cuáles se cobra cada vez que se cruza ingresa y/o accede a un sector delimitado específico, como han sido los casos de Estocolmo y Edimburgo. Generalmente se ha cobrado sólo por entrar a las zonas acordonadas, pero ello no representa necesariamente una restricción.
- I Esquemas de cobros en **corredores**, como es el caso de los carriles de alta ocupación y peaje (*HOT lanes*) en EE.UU. Parte del esquema de Singapur puede interpretarse de esta forma también.
- I Esquemas **mixtos** en que se cobra en parte en cordón y en parte en arcos/tramos congestionados. Este es realmente el esquema de Singapur, donde además de existir un cordón, se cobra en otra serie de puntos en la red para combatir la congestión en sectores específicos.

No es posible definir a priori cuál de estos esquemas es el más adecuado para una ciudad específica, pero se pueden analizar algunas ventajas y desventajas de cada uno de ellos. En la siguiente tabla se intenta resumir algunas de éstas, teniendo en cuenta aspectos tales como:

- I Cuánto se puede aproximar el sistema a la tarificación óptima de la teoría económica. En la medida que esto es posible los beneficios de la TVC debieran ser mayores.
- I El costo de implementar el sistema de TVC y sus costos operacionales. Estos costos reducen los beneficios de la tarificación vial por congestión y por tanto son relevantes.
- I El costo de fiscalizar el pago y evitar evasiones. Estrictamente esto es parte de los costos de operación del sistema, pero es conveniente mostrarlos separadamente, pues en algunos casos puede ser una limitación importante.

- Legibilidad del sistema, cuán fácil es comprenderlo y recordarlo para que los usuarios se adapten a los puntos de cobro y modifiquen su comportamiento.
- Cuán fácil es inducir cambios de modo de transporte dependiendo del esquema de tarificación.
- La existencia de impactos negativos a la economía y comercio local.
- La existencia de impactos negativos a residentes, y cuáles son los afectados.
- La necesidad de ofrecer privilegios a los residentes que también reducen los beneficios del esquema.

FIGURA 4-1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA TIPO DE ESQUEMA DE TARIFICACIÓN VIAL POR CONGESTIÓN

Tipo de Tarificación Vial	Aproximación a Tarifa Optima	Costo normal de cobrar	Costo Fiscalización	Legibilidad	Cambio de modo	Impacto a la economía y comercio local	Impacto en residentes	¿Privilegios a residentes?
Zona única	Pobre, un precio dentro por día, cero fuera	En cada entrada a la zona	Alto, necesita fiscalización móvil interna	Muy buena	Posible	Lo + negativo	Negativo	Si, a resid. Zona
Zonas (2+)	Mejor que sólo una zona	Doble/triple del anterior	Alto, necesita fiscalización móvil interna	Buena	Posible	Negativo	Negativo	Si, a resid. Zonas
Cordón único	Pobre, pero mejor que zona, cobra por uso (pasada)	En cada entrada al cordón	Bajo, no necesita control fuera de puntos de cobro	Muy Buena	Posible	Cerca de cordón	Negativo menor	A resid. cerca cordón
Cordones (2-3)	Mejor que sólo un cordón	En cada entrada a cada cordón	Bajo, no necesita control fuera de puntos de cobro	Buena	Posible	Cerca de cordones	Negativo menor	A resid. cerca cordones
Corredores gestionados	Mejor	En puntos claves del corredor	Bajo, no necesita control fuera de puntos de cobro	Buena	Posible	En corredor	Menor	Posib. No
Corredores congest. y buen TP	Mejor si el corredor está congestionado	En puntos claves del corredor	Bajo, no necesita control fuera de puntos de cobro	Buena	Más probable	Menor por modo alternat.	El menor	Posib. No
Sistemas mixtos cordón, arcos	La mejor	Mixto	Bajo, no necesita control fuera de puntos de cobro	Menor	Posible	Mixta	Variable	Posib. No

Dada la distinta naturaleza de los esquemas, parece razonable diseñar en la etapa de análisis preliminar uno o dos de cada tipo genérico a menos que alguno pueda descartarse a priori.

Es posible detectar una tendencia a evitar la tarificación por zonas, cuya mayor ventaja es la simplicidad. En primer lugar aísla efectivamente la zona tarifada haciendo que cada movimiento, interno o a través de sus fronteras, sea tarifado. Esto hace que el impacto sobre residentes y comercio interno pueda ser fuerte, y que por lo tanto haya argumentos importantes para otorgarles privilegios a los primeros.

La concesión de privilegios hace la zona tarifada más aceptable pero reduce el impacto de la tarifa discriminando a favor de quienes viven dentro del área. La fiscalización y control de evasión son más caros y complejos, pues no basta con usar cámaras en los puntos de entrada/salida. Es necesario contar con sistemas móviles que cambien de lugar constantemente y controlen el pago de quienes se mueven dentro de la zona, posiblemente sin cruzarla durante el período de tarificación. Tampoco hay experiencia de pruebas de un sistema de dos o más zonas (*celdas*).

Estas razones han hecho preferir en la actualidad diseños de cordones, por ejemplo en Estocolmo (cordón simple) y Edimburgo (doble cordón). El sistema de Singapur es mixto, con dos cordones (el segundo incompleto) y en parte con corredores internos que es deseable mantener fluidos.

4.2 Antecedentes para el análisis

Modelo ESTRAUS

Para analizar las bondades técnicas de los proyectos preliminares de la tarificación vial se utilizó el modelo ESTRAUS, considerando como punto de partida la simulación “Plan4_ot3_am10_h” y “Plan4_ot3_am05” facilitados por SECTRA. Este modelo contiene dos períodos de modelación representativos de la Punta Mañana (AM) y de horas Fuera de Punta (FP).

Al momento de realizar estas tareas de evaluación preliminar, se decidió en conjunto con la contraparte desarrollar un Escenario Base para el año 2007 (en vez del 2006 como se había planteado originalmente), pues se creyó que sería más realista en términos de lo que sucedía con la oferta, especialmente con la operación en régimen de Transantiago, y porque el estudio ya se había adentrado bastante en el año 2006 al momento de realizar esta tarea. Para generar este corte temporal (2007) se debió analizar los elementos existentes de los cortes modelados para los años 2005 y 2010.

4.3 Análisis de indicadores para la definición de esquemas preliminares

Una vez generada la simulación base 2007 de ESTRAUS, en sus períodos punta mañana y fuera de punta, se procedió a estimar indicadores de operación del sistema de transporte requeridos para el análisis y la selección de esquemas de tarificación.

Estos indicadores son de dos tipos:

- Indicadores basados en corrida con consideración de costos marginales de congestión.
- Indicadores estimados directamente de la corrida base.

Para los indicadores que requieren la incorporación de costos marginales de congestión, se utilizó un proceso simplificado de estimación, el cual se describe a continuación:

- Primero se realizó una estimación de los costos marginales sobre flujos de equilibrio⁴⁹, de la corrida base sin tarificación, para cada arco.
- Luego, se aplicaron dichas tarifas estimadas en cada arco y se realizó una nueva corrida del modelo completo (4 etapas).
- A partir de ello, se entró a un proceso iterativo, donde se recalculaban los costos marginales después de cada corrida completa, con base en los nuevos flujos de equilibrio que los costos de la corrida anterior determinaban.

⁴⁹ Es decir sin realizar una corrida donde se estimase los costos marginales óptimos a nivel de asignación.

- I De esta forma, nos quedamos con los valores de la cuarta y tercera iteración para los periodos punta mañana y fuera de punta, respectivamente. El criterio de parada, más que sobre la base a indicadores específicos de convergencia, se dio por limitaciones de tiempo, aunque considerando que los indicadores globales de la corrida no mostraran divergencia.
- I Los valores de flujos y tarifas de salida del proceso anterior fueron utilizados como base para la posterior estimación de tarifas óptimas para cada esquema (cordón, área o corredores).
- I Con base en posteriores discusiones con la contraparte, se definió “incorporar en la metodología” un proceso alternativo como base para estudios futuros.

Si bien esta metodología no es la definitiva, para facilitar la lectura de este capítulo, a las tarifas determinadas mediante el procedimiento anterior se les denominará en general *tarifas óptimas*.

El resto de los indicadores propuestos según la metodología utilizada, se calcularon sobre las simulaciones base (AM y FP), y fueron también utilizados en el proceso de análisis y selección de sectores y arcos críticos.

A continuación se presentan los indicadores analizados para los procesos de selección de esquemas preliminares para el período punta mañana.

Análisis de sectores y arcos críticos

Este proceso es relevante de la etapa de diseño, pues es donde se analizan las áreas y arcos de Santiago con altos niveles de congestión, para definir qué sectores o corredores son críticos como para ser candidatos a incorporarse en los esquemas de tarificación.

Los indicadores estimados en el nivel de arco y zonas en el modelo, para efectos de simplificar y apoyar el proceso de análisis, se representaron en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

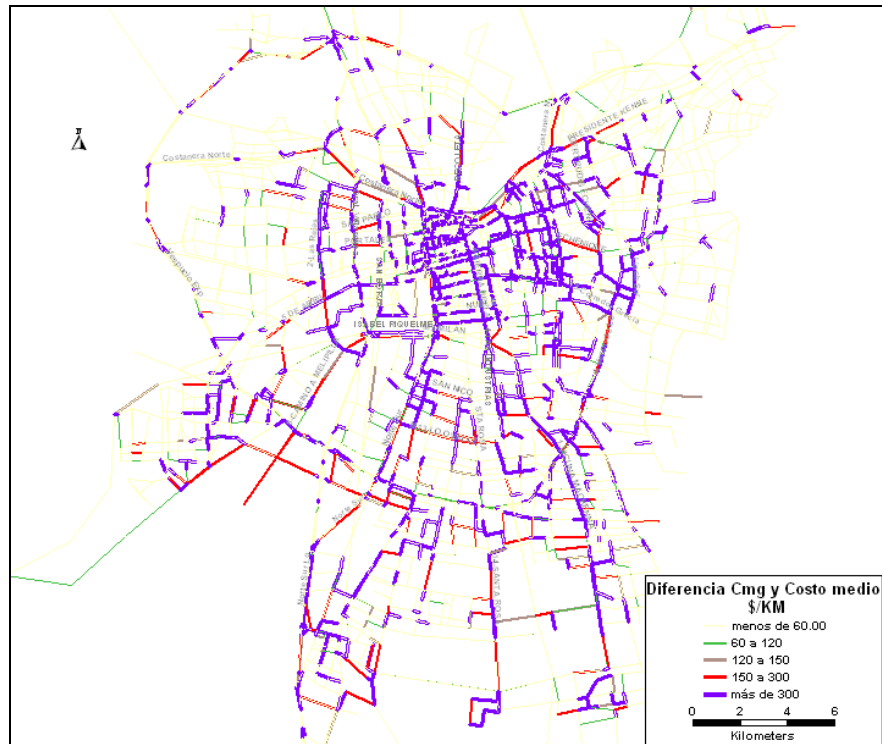
Además se analizaron separándolos en dos grupos: análisis de arcos y de zonas. Estos últimos en general corresponden a agregación de datos en el nivel de arcos.

Indicadores de arcos

La principal variable a considerar en este caso es la denominada *tarifa óptima (entendida como la diferencia entre el costo marginal y el costo medio)*, la que al ser aplicada en teoría permitiría a los usuarios internalizar los costos de la congestión. Para esta etapa se consideró una metodología preliminar de estimación de dicha tarifa óptima, según lo descrito anteriormente.

Para el análisis de este indicador, se graficaron los valores de tarifa óptima por kilómetro para cada arco de la red. La figura siguiente presenta este indicador en el nivel de arco, donde se puede identificar aquellas vías que presentan mayores niveles de externalidad de la congestión a través de diferentes colores.

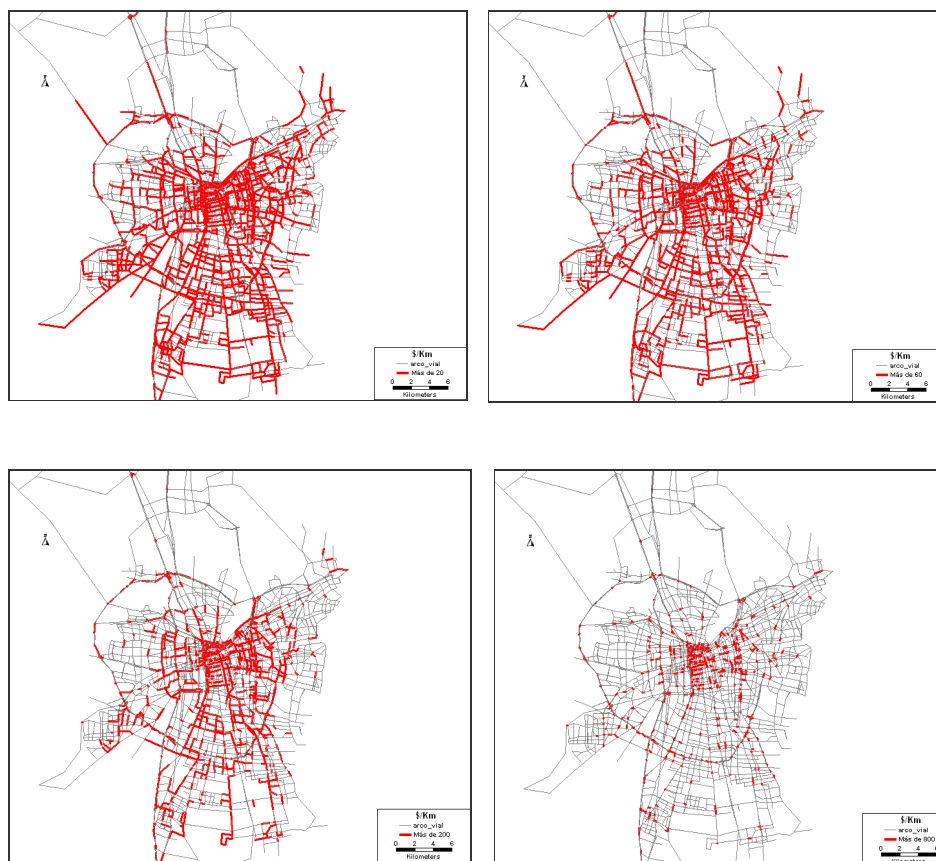
FIGURA 4-2 TARIFA ÓPTIMA POR KM - PERIODO AM 2007



Si bien no existe un criterio específico para definir el nivel que se considera crítico en el nivel de arcos, una referencia interesante a considerar es la de \$60 por kilómetro (pesos de 2006), pues ello es similar a la *tarifa de saturación* utilizada en el diseño de las concesiones de peaje urbano en Santiago.

En este caso se evaluaron distintos niveles de tarifa óptima para efectos de identificar una zona crítica. Las siguientes figuras presentan distintos niveles analizados (20\$/km, 60\$/km, 200\$/km y \$800/km), donde se aprecia que en la medida que se incrementa el umbral de tarifa óptima, el número de arcos va disminuyendo y concentrándose en arcos del área centro y centro-oriente.

FIGURA 4-3 COMPARACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS CON BASE EN DISTINTOS NIVELES DE TARIFA ÓPTIMA- AM 2007



Se puede observar que si bien existen arcos con valores muy por sobre los \$60/km, valor considerado para el análisis de sectores críticos, éste permite identificar áreas y sectores críticos en forma más continua.

El sector céntrico de Santiago presenta valores de tarifa óptima muy superiores a los 60\$/Km., al igual que algunos ejes que cruzan de norte a sur la ciudad, como es el caso de la Ruta 5, General Velásquez, Américo Vespucio, Av. Pedro de Valdivia y Av. Tobalaba entre otros.

Por otro lado, hacia el norte de la ciudad se identifica al Río Mapocho como límite importante de la congestión, evidenciándose una disminución de ésta en los arcos al norte del río.

Otro indicador comúnmente utilizado, y que ayudó a identificar arcos y zonas con mayor congestión, es el de **Grado de Saturación**.

Un umbral tradicionalmente utilizado para definir niveles importantes de congestión en estudios de tráfico, es 90% de saturación.

A continuación se presentan los arcos de la red coloreados de acuerdo al nivel de saturación, diferenciado en las categorías 90-100%⁵⁰, 100-110% y superior a 110%, para el periodo Punta Mañana.

Se aprecia en esta figura que además del núcleo central, existen una serie de ejes dispersos en la ciudad donde la saturación es importante. La periferia en general se muestra más descongestionada, salvo algunos ejes radiales, especialmente en sentido sur-centro y sur-norte.

FIGURA 4-4 ARCOS CON SATURACIÓN MAYOR AL 90% - AM 2007

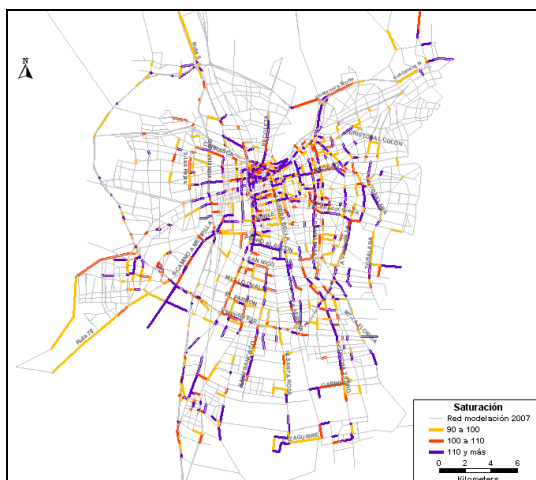
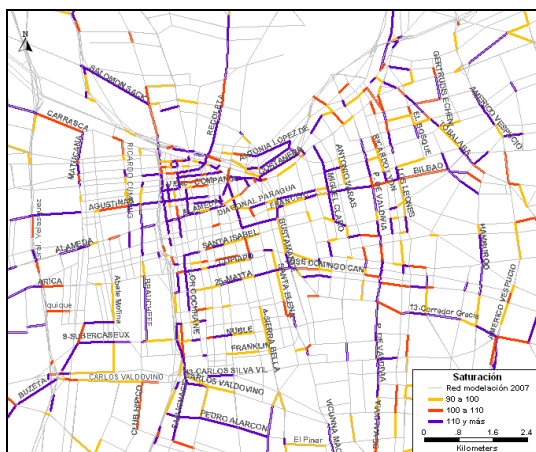


FIGURA 4-5 ZOOM DEL SECTOR CÉNTRICO DE LA CIUDAD, INDICADOR DE SATURACIÓN - AM 2007

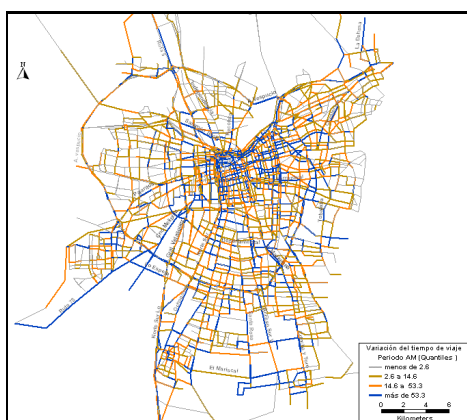


Otro indicador asociado a la congestión es la **variación del tiempo de viaje en operación respecto del tiempo a flujo libre**, que representa la forma en que aumenta el tiempo de viaje respecto de las condiciones sin congestión. Mientras mayor es el indicador, mayor es la diferencia respecto del tiempo de flujo libre, y por ende mayor es la congestión.

⁵⁰ 90% es el límite normalmente utilizado para definir que un arco está saturado.

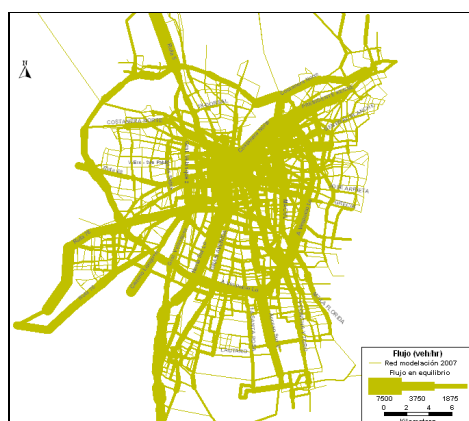
Las siguientes dos figuras presentan el valor de este indicador a nivel de arco, para los dos periodos modelados. Los arcos en azul presentan importantes aumentos de tiempos de viaje respecto al tiempo a flujo libre⁵¹. Dicha selección muestra aumentos por sobre el 50%. En el caso de FP dichos cambios pueden deberse más bien a la vialidad representada en la red, que en las afueras de la ciudad es menos densa respecto de la realidad.

FIGURA 4-6 VARIACIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE DE OPERACIÓN Y TIEMPO A FLUJO LIBRE. PERIODO AM 2007



En el nivel de arcos, otra información que es importante analizar, más allá de su relación con el costo marginal de congestión, son los flujos vehiculares. La Figura 4-7 presenta el flujo en la red (veq-hora) para el periodo punta mañana.

FIGURA 4-7 FLUJO EN LA RED - PERIODOS AM 2007

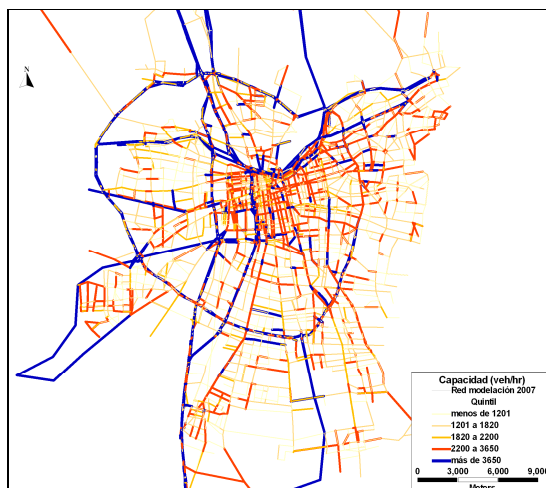


En cuanto a la oferta vial, esta puede ser fácilmente representada por la capacidad de los arcos viales. Esto permite tener una visión espacial de los ejes más relevantes, para determinar zonas con alta/baja capacidad, como se aprecia en la siguiente figura.

⁵¹ El tiempo a flujo libre podría ser entendido fácilmente por ejemplo como el tiempo de viaje en la madrugada, donde existe la interacción de semáforos y del diseño vial, pero no de otros vehículos.

En este caso el indicador más obvio de utilizar es la oferta vial (capacidad del arco C_i en veq/hr) en la red. Este indicador es un antecedente para identificar ejes de alta capacidad en la ciudad.

FIGURA 4-8 CAPACIDAD EN LOS ARCOS (VEQ/ HR)

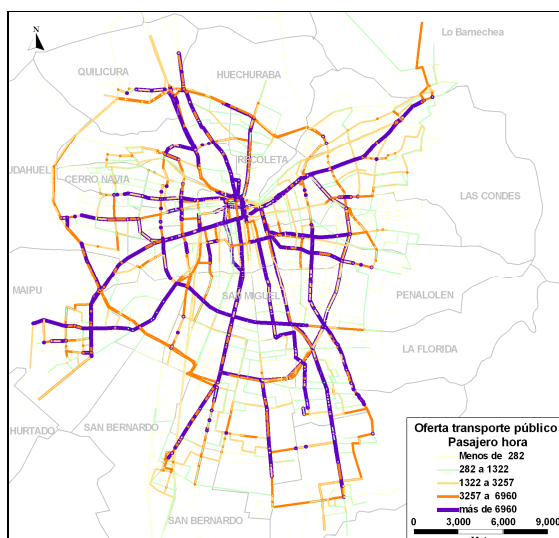


Para analizar la disponibilidad/oferta de transporte público en el nivel de ejes (arcos) se ha utilizado directamente los antecedentes de pasajeros hora que pueden transportar los modos buses, metro y taxi-colectivo, obtenidos del modelo.

Este antecedente es sólo ilustrativo; más relevantes serán los análisis de transferencia modal asociados a posibles esquemas de tarificación.

La figura siguiente muestra la oferta de transporte público para el periodo punta mañana.

FIGURA 4-9 OFERTA TRANSPORTE PUBLICO (PAX/ HR) - AM 2007



Indicadores de áreas

Los indicadores presentados anteriormente han sido agrupados a nivel de zonas Etraus (modelo que considera Santiago en 618 zonas). Para el caso de los indicadores de saturación, variación de tiempo de operación y flujo libre, los valores de cada arco se han ponderado por flujo.

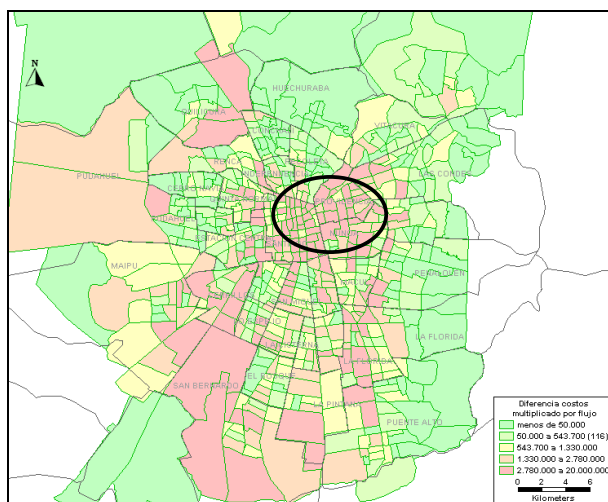
Se han determinado tanto para la punta mañana como para el periodo fuera de punta y se ha cuidado de utilizar las mismas escalas para los indicadores de ambos periodos para facilitar la comparación.

A continuación se presentan gráficamente estos indicadores para el periodo punta mañana, lo que nos entrega una visión general de la distribución espacial de la congestión en la ciudad de Santiago.

En primer lugar se presenta la **recaudación de tarifa óptima**, generada de la multiplicación de los flujos por las *tarifas óptimas* en cada arco y agregadas a nivel de zona.

Los resultados de esta agregación, muestran concentraciones importantes de tarifas optimas (que deben entenderse por costo marginal ponderado y agregado) en las comunas de Ñuñoa, Providencia y Santiago según se destaca en la figura siguiente.

FIGURA 4-10 SUMA DE TARIFA ÓPTIMA PONDERADA POR FLUJO - AM 2007

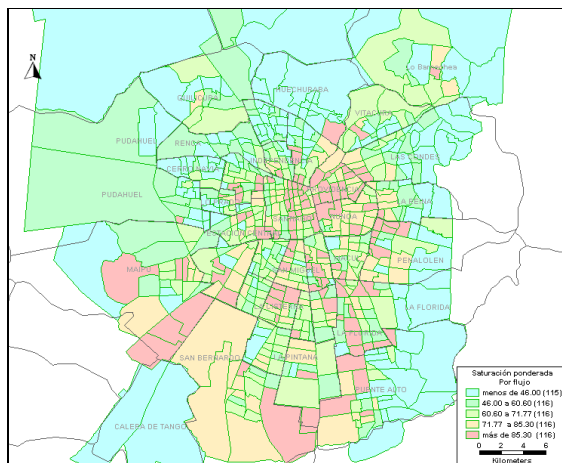


Algunos sectores en los bordes más externos de la red se aprecian con altos niveles de concentración de tarifas optimas (recaudación), lo que puede deberse principalmente a la poca densidad de vialidad modelada, por ende unos pocos arcos congestionado pueden generar altos niveles de recaudación a nivel de zona. Este indicador, si bien no muestra donde hay más congestión, señala donde dicha congestión tiene mayor peso relativo (en términos del flujo que afecta).

El indicador de **grado de saturación** llevado a zonas, se calculó a través de un promedio ponderado por los flujos cada arco que pertenece a la zona. La siguiente figura muestra dicho indicador, que en la punta mañana (AM) nos permite visualizar sectores con mayor congestión en dicho periodo, coincidentes de alguna manera con los valores de

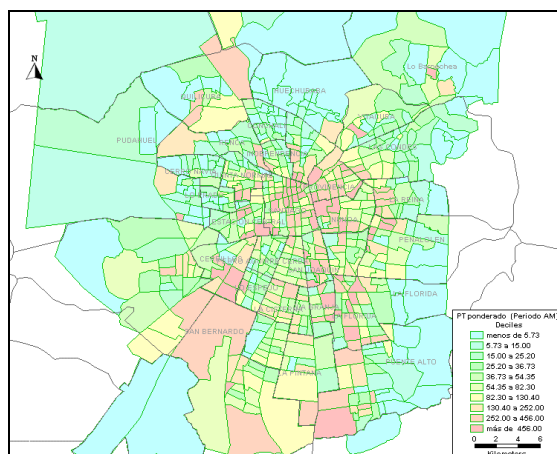
recaudación óptima, donde las comunas de Ñuñoa, Providencia y Santiago presentan mayores valores promedio, junto con algunos sectores del área sur.

FIGURA 4-11 GRADO DE SATURACIÓN PONDERADO - PERIODO AM 2007



Al igual que para el análisis a nivel de arcos, existe un indicador estimado a partir de la **variación del tiempo de viaje respecto del tiempo a flujo libre**. En este caso también se ponderará por tráfico el valor de cada arco para obtener un valor promedio ponderado para la zona. A continuación, las figuras despliegan el indicador $PTpf_j$. Nuevamente, consistente con lo que ocurre con la saturación.

FIGURA 4-12 VARIACIÓN DEL TIEMPO RESPECTO DEL TIEMPO A FLUJO LIBRE. PERIODO AM 2007

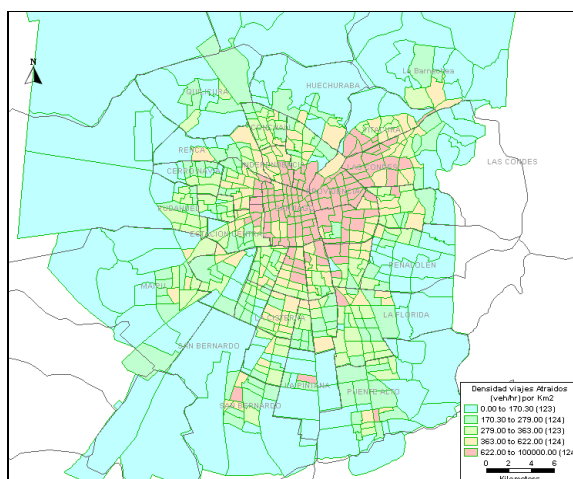


Un indicador interesante por su significado es el de atracción de viajes, que en este caso representamos como la **densidad de demanda atraída**, es decir corresponde a la demanda atraída en cada zona dividida por el área de ésta. Por simplicidad se considerará la demanda de automóviles (viajes auto-chofer). Esto corresponde a una tasa de atracción de viajes por unidad de área.

La siguiente figura presenta este indicador de densidad de demanda atraída en el periodo Punta Mañana. Donde se aprecia claramente en que la mayor atracción de viajes se produce en las comunas de Santiago, Providencia, Ñuñoa y Las Condes, además se de las

comunas de Ñuñoa, Macul, Vitacura, Recoleta, junto a otras aledañas a éstas también tienen sectores en el porcentaje más alto de atracción de viajes por Km².

FIGURA 4-13 DENSIDAD DE DEMANDA ATRAÍDA (A-CH) - AM 2007

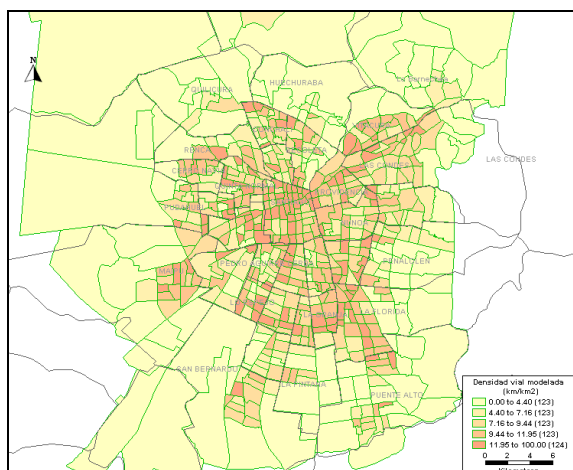


En la siguiente figura se analiza la **densidad vial** en Santiago, indicador que puede calcularse como la razón entre los kilómetros de vías modeladas (distancia) y la superficie de la zona (km²). Se entenderá por kilómetros de vías modeladas a la suma de las longitudes de cada uno de los arcos de cada zona.

Como se aprecia en la siguiente figura, este valor está de alguna forma relacionado con los corredores de viajes (zonas a lo largo de la Norte-Sur, Vespucio, La Florida).

También se aprecia que existe menor densidad de infraestructura vial hacia la periferia de la ciudad, lo cual no es necesariamente esperable, pero debe considerarse que la red de modelación no considera necesariamente toda la vialidad de la ciudad en el modelo, especialmente en estos sectores donde existe mucha vialidad local no incorporada.

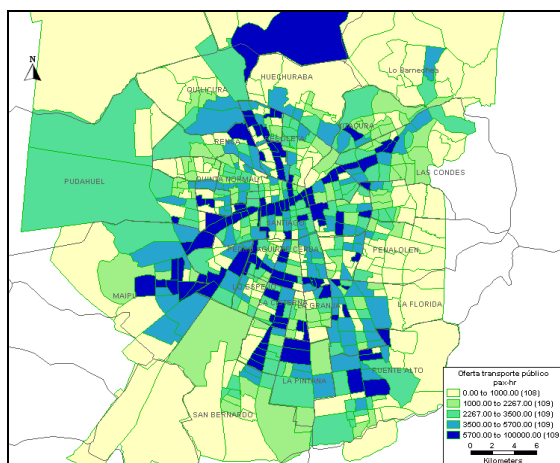
FIGURA 4-14 DENSIDAD VIAL MODELADA - AM 2007



Por otro lado, junto con analizar la presencia de red vial, es importante conocer la presencia de **oferta de transporte público**, de tal manera de identificar aquellas zonas que presentan niveles más bajos de oferta.

Para ello se calculó como indicador la oferta promedio de transporte público (TP) por zona, que corresponde a un promedio de la oferta de TP a nivel de arcos, estimado como la suma de la oferta en todos los arcos, dividida por el número de arcos con TP. La siguiente figura presenta este indicador, expresado en pasajeros por hora, para el periodo Punta Mañana.

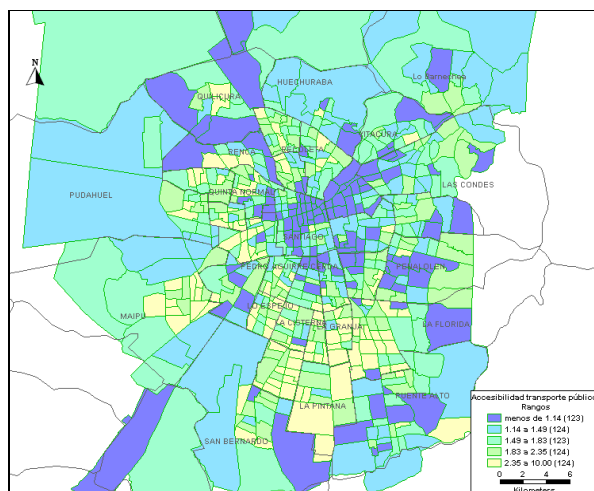
FIGURA 4-15 OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO - AM 2007



El segundo indicador asociado al transporte público corresponde a una medida simple de **accesibilidad**, definida como el promedio ponderado del tiempo generalizado de viaje en transporte público hacia cada zona de la ciudad, utilizando como ponderador el número de viajes atraídos en cada zona.

Mientras mayor es el valor de este indicador, debiera ser menor la accesibilidad de cada zona pues tiene mayor costo promedio acceder a ella. Lamentablemente, al no incorporar el motivo del viaje el indicador pasa a ser menos relevante, pues la decisión del viajero tiene como elemento importante el propósito de hacer este viaje a una zona específica (más allá del costo de llegar a ella). Se presentan a continuación los gráficos que contienen la representación de los indicadores estimados.

FIGURA 4-16 ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO - AM 2007



Análisis de zonas críticas

El análisis de los indicadores relevantes recién analizados, ya sea en forma independiente o mediante la superposición de ellos, ha permitido identificar arcos y zonas **críticas**.

Dicho proceso se ha realizado de la siguiente manera:

- Se presentaron gráficamente las tarifas óptimas en la red para el periodo Punta Mañana, con tres niveles y considerando el valor de \$60/km como el umbral para identificar arcos que están en un nivel crítico (es decir > 60 \$/km definía arcos críticos).
- Dicho análisis inicial permitió identificar áreas/sectores que integraban arcos en nivel crítico.
- Para dichas áreas se identificaron una serie de **bordes naturales**, por ejemplo vías importantes como la Avenida Norte Sur o General Velásquez por el poniente y el Río Mapocho por el norte. Por el oriente y por el sur en cambio había más alternativas de borde.
- Posteriormente dichas áreas y bordes se cruzaron con el resto de los indicadores, para poder identificar aquellas que mejor capturaban zonas críticas a partir de indicadores específicos - por ejemplo viajes atraídos - o descartando otros sectores a partir de los resultados de otros indicadores - por ejemplo por la densidad de vialidad.
- Finalmente, una vez seleccionados los bordes, se utilizaron éstos para definir alternativas de áreas y cordones definitivos, los que fueron refinados considerando después otros elementos pragmáticos.

Algunos ejemplos de análisis de cruces entre indicadores y definiciones iniciales de bordes para zonas críticas, son presentados a continuación. En la Figura 4-17, se presenta la concentración de demanda auto-chofer atraída por zona y se identifican algunos de los potenciales bordes analizados para la definición de zonas (o cordones), marcados por líneas segmentadas.

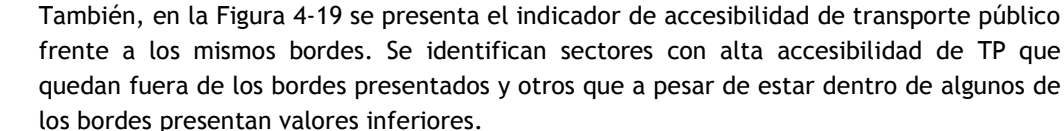
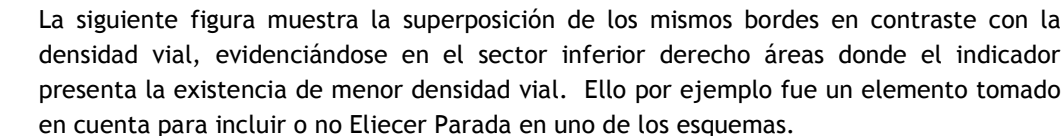
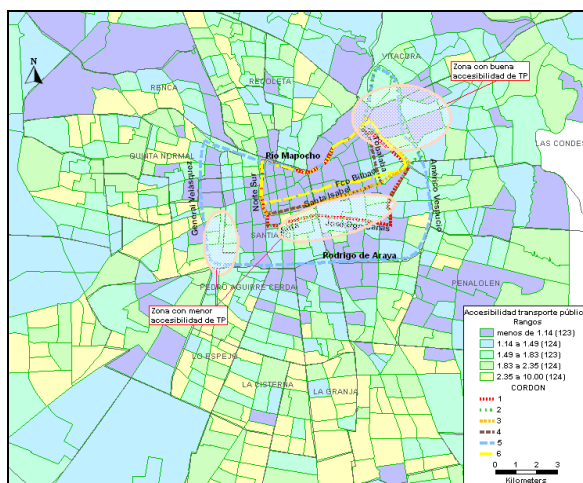


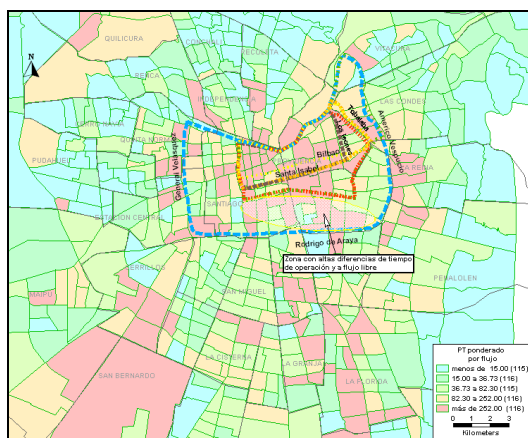
FIGURA 4-19 ZONAS DE ANÁLISIS VS ACCESIBILIDAD DE T. PÚBLICO - AM 2007



La zona entre Rodrigo de Araya y Santa Isabel muestra una zona de baja accesibilidad, la cual de alguna manera actúa como una restricción para extender esquemas más hacia el sur.

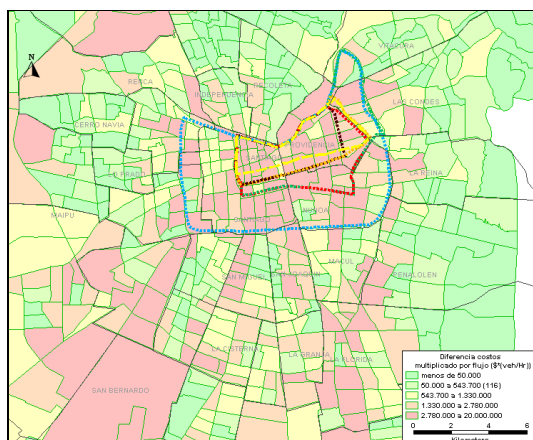
El indicador de diferencia de tiempo de viaje de operación respecto del tiempo a flujo libre es más disperso espacialmente en términos de sus resultados (ver Figura 4-20), así el sector sur muestra sectores críticos respecto de esta variable.

FIGURA 4-20 ZONAS DE ANÁLISIS VS VARIACIÓN TIEMPO RESPECTO DEL TIEMPO A FLUJO LIBRE - AM 2007



En la Figura 4-21 el esquema de recaudación óptima muestra que los bordes seleccionados capturan *recaudación óptima* en diferentes magnitudes (es decir costos marginales menos costos medios ponderados por el flujo en cada arco).

FIGURA 4-21 ZONAS DE ANÁLISIS VS RECAUDACION TARIFAS OPTIMAS - AM 2007



Luego de realizado este proceso y analizados los indicadores tanto a nivel de arcos, como de zonas, y habiendo realizada una serie de cruces entre variables, se definió una serie de límites que podrían abarcar distintos grupos de arcos y zonas críticas.

Es importante recordar que las zonas, cordones y corredores que se seleccionen, están definidos por vías que permitan dar cierta coherencia y continuidad a los esquemas, los que idealmente deben referirse a hitos reconocibles que den factibilidad técnica y práctica a los esquemas.

4.4 Selección de alternativas para el caso de Santiago

Dado que no es posible cobrar el óptimo teórico en cada arco de la red, por razones prácticas se estableció una serie de esquemas que nos permitan acercarnos a dicho óptimo con otros formatos de mayor probabilidad de aceptación.

Si bien no disponemos de evidencia empírica para sugerir que el mejor rendimiento (medido a través de la relación beneficio-costos) se obtiene con un esquema de área, cordón o corredor, creemos es relevante escoger esquemas que sean distintos entre sí para poder evaluar el comportamiento de los usuarios frente a ellos.

Considerando que cada tipo de esquema tiene ventajas y desventajas y además se debía seleccionar al menos 6 alternativas preliminares, definimos esquemas de distinto tipo que resultan de combinaciones entre:

- Esquemas de **cobro en corredores**.
- Esquemas de **cordones únicos y/o cordones dobles**.
- Esquemas en **zonas**

Selección inicial de corredores

A partir de las gráficas de tarifas óptimas (por kilómetro) y recaudación por zona, además del análisis de la ubicación de los principales corredores Troncales de Transantiago y líneas de METRO existentes, se definieron potenciales corredores que uniesen arcos y

cubrieran sectores críticos en términos de congestión. De esta forma se han seleccionado los siguientes:

TABLA 4-1 CORREDORES INICIALES ESCOGIDOS

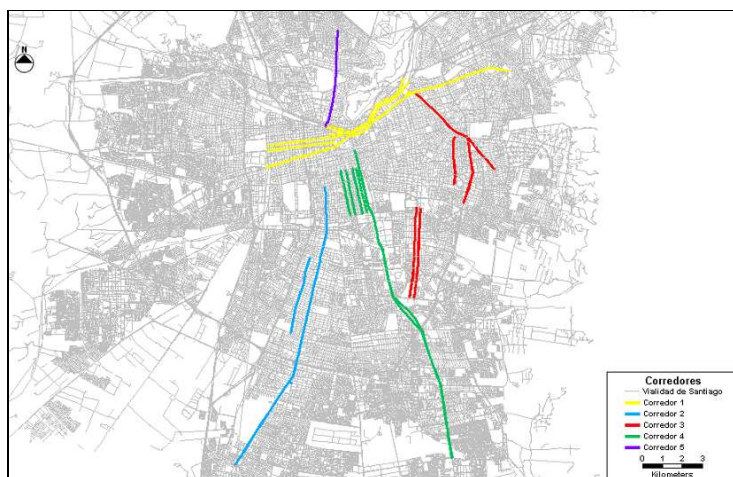
Corredor	Vías	Extensión
1	Apoquindo - Providencia - Alameda	Cubre desde Escuela Militar hasta Pajaritos
2	Gran Avenida	Desde Américo Vespucio a Alameda
3	Tobalaba - Vespucio	Desde Apoquindo hasta la Rotonda Grecia
4	Vicuña Mackenna	Desde Plaza Italia hasta Américo Vespucio
5	Recoleta	Desde Américo Vespucio Norte hasta el Río
6	Centro	Merced / Agustinas

El corredor denominado Centro (6), corresponde a una serie de tres puntos de cobro:

- Compañía entre M. Rodríguez y San Martín
- Agustinas entre Tucapel Jiménez y San Martín
- Monjitas entre EE.UU. y Namur.

La siguiente figura muestra los corredores considerados sobre la red vial de Santiago.

FIGURA 4-22 EJES CON TRANSPORTE PÚBLICO ABARCADOS POR ESQUEMA DE CORREDORES (TVCC)



Para que un esquema de cobro en corredores pueda cumplir su objetivo de producir el deseado traspaso de vehículos al modo TP, evitando la resignación de viajes en el entorno de los puntos de cobro, requiere la aplicación de cobros también en algunas vías paralelas.

Luego, se seleccionó una serie de puntos adicionales a aquellos sobre los corredores de Transporte Público mismos, para tarificar vías paralelas competitivas, de tal forma de evitar que se produzca una reasignación excesiva de viajes a estas vías y lograr el efecto deseado en el corredor.

Los corredores Centro y Recoleta no consideran cobros en alternativas, pues en el primer caso varias de ellas ya están tarifadas como parte de los otros esquemas, y en el segundo caso no existen vías alternativas importantes.

Selección inicial de cordones

Los análisis previos permitieron definir áreas críticas a partir de una combinación de indicadores. A partir de estas zonas preseleccionadas, se definió un conjunto de límites y bordes formados por vías que representaran una barrera natural fácilmente identificable por potenciales usuarios.

En el mismo análisis se pudo apreciar que muchas de las vías de borde seleccionadas, aparecen ya congestionadas, por lo tanto si se dejaran como vías canalizadoras de tráfico que potencialmente evadiese la zona a través de ellas, podría terminar desvirtuando los esquemas de TVC seleccionados por una mayor congestión en dichos ejes.

Ello nos llevó a optar por dejar dichos bordes al interior de la zona tarifada, siendo la excepción la vía (local) de la concesión Autopista Central, principalmente por un criterio de aceptabilidad, pues en principio parece poco recomendable cobrar a vehículos que vienen de pagar en la concesión.

Sobre la base de los análisis anteriores y habiendo considerado en el camino varios posibles esquemas iniciales de cordón contra los indicadores descritos en la metodología, se han seleccionado los 3 esquemas que se describen en la siguiente tabla.

TABLA 4-2 ESQUEMAS DE CORDONES PROPUESTOS Y SUS LÍMITES

Cordón	Nombre	Límites	Vía / Hito
1	Interior menor (TVC1)	Norte	Río Mapocho
		Oriente	Tobalaba / El Bosque
		Sur	Bilbao / Diego de Almagro / Santa Isabel
		Poniente	Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)
2	Interior mediano (TVC2)	Norte	Río Mapocho
		Oriente	A. Vespucio (inclusive)
		Sur	Bilbao / E. Parada / J. D. Cañas / Av. Matta
		Poniente	Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)
3	Doble Cordón (TVCD)	Externo	
		Norte	Río Mapocho
		Oriente	A. Vespucio (inclusive)
		Sur	Rodrigo de Araya
		Poniente	General Velásquez (excluida)
		Interno	
		Norte	Río Mapocho
		Oriente	Tobalaba-Sánchez Fontecilla / El Bosque
		Sur	Bilbao / Diego de Almagro / Santa Isabel
		Poniente	Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)

La elección de cada esquema se basa en los análisis antes descritos, donde además de identificar la zona más crítica en términos de congestión, se realizaron cruces con otras variables definidas como relevantes en la metodología de selección de esquemas.

El **cordón 1 (TVC1)** a pesar de no cubrir necesariamente toda la zona más crítica en términos de tarifas óptimas y congestión, posee características importantes:

- Adecuada oferta y accesibilidad de transporte público: en general los indicadores de oferta de transporte público son los mejores en éste sector.
- Es una importante zona atractora de viajes, incluso en el período Fuera de Punta, lo cual se reflejó en los indicadores de demanda atraída (para el modo Auto-Chofer).
- Cubre ejes importantes, los cuales además trasladan gran cantidad de viajes hacia las zonas más congestionadas.
- Posee buenos indicadores de densidad vial, en consecuencia no incluye sectores en que la congestión se deba sólo a una infraestructura muy básica.
- Tiene bordes legibles: vías de fácil reconocimiento y en las cuáles es fácil implementar un esquema de cordón ó área tarifada, con un número limitado de puntos de acceso.

Por otro lado, el **cordón 2 (TVC2)** abarca una mayor cantidad de arcos congestionados y con altas tarifas optimas, cumpliendo además con varios de los criterios anteriores. Quedan incluidos ejes relevantes como Av. Matta e Irarrázaval. Sin embargo, dado su mayor tamaño debe comprometer otros elementos como por ejemplo:

- Existe una mayor cantidad de viajes dentro del cordón (internos) que no serían afectados por el cobro.
- Tiene sectores al sur de la zona con menos oferta/accesibilidad de transporte público.
- La red vial hacia el sur-orienté tiene sectores menos densos y con una trama más compleja.
- Los bordes son menos legibles que los del cordón TVC1.

Luego, el **doble cordón** conceptualmente como esquema debiera aproximarse mejor a una tarifación optima, pues permite cobrar en más puntos y con ello cubrir mejor más arcos y zonas críticas.

En este caso, después de analizar algunas posibilidades de cordón, se optó por seleccionar un semi-doble cordón, en el sentido que en el norte hay una sección donde el límite es el mismo para ambos cordones.

Este esquema abarca una porción mayor de los arcos congestionados y con tarifa optima sobre el umbral crítico, respecto de otros esquemas menores considerados. Además impone una mayor tarifa a los viajes más largos que deben cruzar ambos cordones.

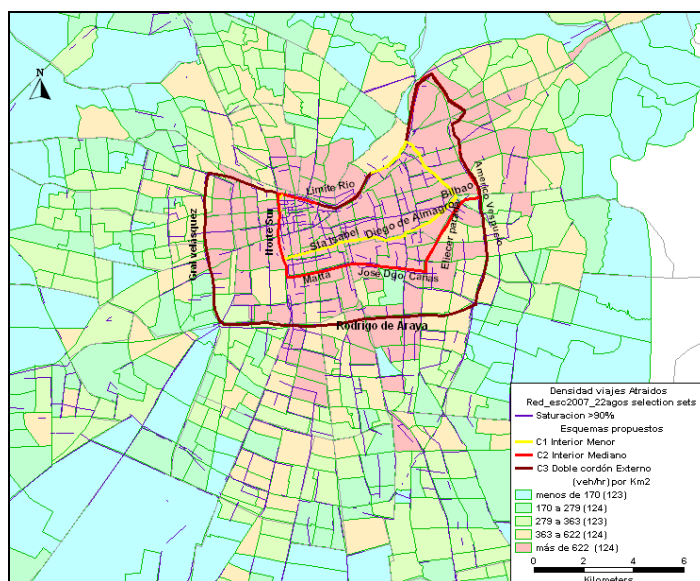
Al mismo tiempo compromete otros criterios:

- Abarca zonas con baja densidad vial y oferta de transporte público, especialmente en el sector sur.

- Integra zonas que no son necesariamente grandes atractoras de viajes (densidad de demanda).
- Dado el tamaño se capturan sectores donde la congestión o tarifas no necesariamente están en un nivel crítico, especialmente para vehículos que salen de la zona.

La siguiente figura presenta los esquemas de cordón seleccionados inicialmente, a modo de ejemplo contrastados frente a los indicadores de demanda atraída (zonas) y saturación (arcos) en la Punta Mañana.

FIGURA 4-23 CORDONES SELECCIONADOS VS DEMANDA ATRAÍDA Y SATURACIÓN – PUNTA MAÑANA 2007



Por una petición expresa de la contraparte se evaluó un esquema menor, que abarca el comúnmente denominado “triángulo central”, el que abarca la zona determinada por las vías Alameda, Norte-Sur y Río Mapocho.

Desde el punto de vista de la congestión/tarificación óptima creemos que esta zona tan pequeña, además de ser fácil de evadir, podría tener beneficios limitados a escala de ciudad (no captura parte importante de la congestión que se aprecia en todo Santiago), sin embargo también tiene la ventaja del posible escalamiento en el tiempo. Por otro lado dado su tamaño, solo vale la pena considerarla como esquema de cordón, y no en los esquemas de área que se ven a continuación.

Diseño espacial de áreas tarificadas

Los esquemas de cobro en áreas, se basarían en las mismas definidas por los cordones 1 y 2 de la tabla anterior, aunque el esquema de cobro sería distinto.

TABLA 4-3 LÍMITES DE ÁREAS PRELIMINARES

Área	Límites
1 Interior menor (TVA1)	
Norte	Río Mapocho
Oriente	Tobalaba / El Bosque
Sur	Bilbao / Diego de Almagro / Santa Isabel
Poniente	Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)
2 Interior mediano (TVA2)	
Norte	Río Mapocho
Oriente	Tobalaba-Sánchez Fontecilla / El Bosque
Sur	Bilbao / Diego de Almagro / Santa Isabel
Poniente	Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)

Los criterios para seleccionar los esquemas de áreas han sido los mismos descritos en la sección anterior para los cordones. La salvedad en este caso, dado que hay que fiscalizar los viajes internos de la zona, es que interesa mantener las áreas de tamaños razonables y por ende no hemos incluido un cordón exterior como en el externo del caso del doble cordón.

Tarifas para los esquemas preliminares

Como criterio general, es necesario recordar que todo método que no cobre la tarifa óptima (a nivel de arco) es imperfecto por definición. Su nivel de imperfección dependerá del esquema de tarificación a adoptar. En algunos casos se le cobrará más que la tarifa óptima a algunos, en otros casos se les cobrará menos e incluso nada a otros.

Idealmente, las tarifas reales a cobrar se deberían aproximar tanto como sea posible al efecto de cobrar la tarifa óptima a todos, a mejor aproximación mejor razón beneficio-costos, dependiendo en todo caso de la magnitud de los costos de cobrar.

Para el cálculo de tarifas óptimas se han considerado en esta etapa los siguientes pasos:

- Se simuló la situación base inicial para generar las matrices de transporte privado
- Se asignó la matriz de transporte privado a costo marginal, generando flujos óptimos
- Luego, se calcularon las tarifas óptimas, definidas como la diferencia entre el costo marginal y el costo medio en cada arco, usando los flujos “óptimos” es decir aquellos flujos en los arcos después de varias iteraciones en las cuáles se incorporaba dicha diferencia.

En la etapa de análisis para las alternativas definitivas finalmente se llevó a cabo un análisis de sensibilidad de las tarifas (barrido tarifario), lo que independiza el análisis del cálculo de tarifas óptimas.

Tarifas para cordones

Bajo el esquema de cordón se ha definido cobrar sólo por los cruces del cordón, en ambas direcciones, lo que además afectaría doblemente a los viajes que atravesasen el cordón completo (entrando y saliendo, es decir viajes de paso).

Se calcularon tarifas iniciales para cada esquema, las que básicamente consideran como base el método de sumar la **recaudación de tarifas óptimas** en la zona definida, esto es la suma de las ponderaciones de tráfico por diferencia entre el costo marginal y costo medio en cada arco.

Luego, dicho monto global se divide por los flujos que cruzan el cordón (entrante y saliente en este caso).

Luego, se diferencian las tarifas de salida y entrada, siendo las primeras proporcionales a los flujos de salida y las de entrada al flujo correspondiente, es decir en la Punta Mañana la tarifa de entrada es mayor que el de salida.

Dado que la congestión es diferente en distintas horas del día, en el periodo Fuera de Punta corresponde considerar una tarifa distinta a la del periodo Punta Mañana. Para estimar esta tarifa (FP), por lo tanto, se ha utilizado la misma metodología preliminar.

Además, se ha considerado la tarificación sólo de vehículos particulares, pues se ha considerado no cobrar a buses y taxis colectivos. Tampoco se ha considerado el efecto en camiones.

Los resultados del cálculo de tarifas para los distintos cordones, en ambos periodos cuando corresponde, se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 4-4 TARIFAS INICIALES POR PERIODO PARA CORDONES

Esquema	Tarifas (\$) AM	Tarifas (\$) FP
Cordón TVC1		
Entrada	\$1.300	\$150
Salida	\$700	\$150
Cordón TVC2		
Entrada	\$1.700	\$200
Salida	\$900	\$200
Doble cordón (TVCD)		
Interior		
Entrada	\$1.300	\$150
Salida	\$700	\$150
Exterior		
Entrada	\$1.350	\$200
Salida	\$750	\$200
Borde compartido ambos cordones (Rio Mapocho)		
Entrada	\$1.900	\$200
Salida	\$1.100	\$200
Cordón Triángulo Central (TVTC)		
Entrada	\$700	*
Salida	\$280	*

*: Al momento de evaluar este esquema ya se había descartado analizar los periodos Fuera Punta.

Se puede apreciar que los valores de las tarifas que resultan para el periodo fuera de punta son muy inferiores a las correspondientes a períodos punta.

No se ha considerado en el caso de los cobros en esquemas de cordón, descuentos a residentes de la zona. En primer lugar porque en los esquemas de cordón se pueden

realizar movimientos al interior de la zona (salvo que se viva en el borde del sistema). En segundo lugar, existe una complejidad de modelación importante, pues no es posible identificar en el cordón, al cobrar, aquellos viajes que se generan al interior de la zona en la punta mañana versus aquellos que están atravesando la zona vienen de fuera. Finalmente, por definición los residentes que salgan en la Punta Mañana del área tarifada pagarán una tarifa menor (la de salida).

Por otro lado los análisis de exenciones creemos deben realizarse por fuera del modelo en base a porcentajes de viajes que no serán afectados por la tarifa.

Para la representación del periodo pre-punta mañana, se ha definido una tarifa proporcional al volumen de demanda de viajes entre este periodo y la punta mañana, el que es de aproximadamente un tercio en el modelo ESTRAUS.

Tarifas para áreas tarifadas

Las tarifas para los esquemas de área tienen algunas complejidades que la diferencian de la tarifa que se cobra en un esquema de cordón. El cobro en este caso está asociado a **estar en una zona**, por lo tanto no se deben hacer diferenciaciones dependiendo de cuánto tiempo está en la zona.

Por ejemplo un vehículo que es detectado en la punta mañana y luego en el periodo fuera de punta, no se le debiera cobrar nuevamente, pues entonces el cobro dependería más bien de cuántas veces es capturado en la zona, que en el sólo hecho de estar en el área.

Por ello, a estas alturas se ha recomendado cobrar una tarifa única y uniforme durante el período de cobro, por ejemplo desde la Punta Mañana hasta el fin de la Punta Tarde, o también podría ser aplicable sólo a los periodos punta.

Para modelar las tarifas y aproximarse a la forma de cobro real, en este caso debe considerarse el flujo que entra a la zona y aquel flujo generado dentro de la zona. No se cobra a los vehículos que salen porque, o los estaremos capturando al entrar, o bien al generar su viaje desde el interior de la zona (en términos prácticos en el *conector*⁵² del modelo de redes).

Los residentes, que en el caso de nuestra modelación corresponderían a los viajes que se generan al interior de la zona, serían claramente más afectados por la tarifa que en el caso de los esquemas de cordones, pues acá el cobro se realiza por “moverse dentro del área”.

Esto lleva a pensar en algún esquema de descuento para estos usuarios. Este debe ser equilibrado de tal forma que no sea tan bajo como para que se transforme en un incentivo a los residentes para moverse dentro del área, eventualmente llegando a aumentar el uso de automóvil ante una reducción en la congestión al interior.

Otra consideración, es que dado que existirá una tarifa única, esta debe de alguna manera considerar no sólo la congestión que se genera en la mañana, sino también aquella derivada del resto del día (en el caso que se cobre una vez solamente). Luego, se ha aplicado un factor a la tarifa, de tal forma que considere el pago de más de un viaje,

⁵² Arco que permite acceder desde la matriz de viajes a la red vial.

reconociendo que algunos viajes en la zona congestionada tendrán su viaje de regreso en otro periodo congestionado, como por ejemplo durante la Punta Tarde.

Tomando en cuenta dichas consideraciones, y los mismos principios de estimación de la tarifa representativa a partir de la recaudación de tarifas óptimas, se llega a valores de \$2.400 (tarifa única) para el TVA1 y de \$2.900 para el TVA2.

El descuento definido para los viajes que se generan al interior de la zona, en principio corresponde a un 75% de la tarifa, es decir pagarían un 25% de ésta (en este caso serían \$600 para el TVA1 y \$750 para el TVA2).

TABLA 4-5 TARIFAS INICIALES PARA ESQUEMAS DE ÁREAS

Esquema	Tarifa general (\$)	Tarifa Residentes (\$)
Área TVA1	\$ 2.400	\$ 600
Área TVA2	\$ 2.900	\$ 750

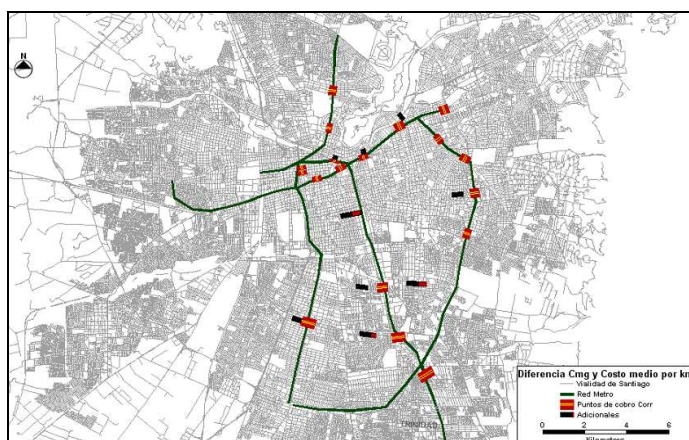
Tarifas para corredores

En el caso de los corredores la tarea de definición de tarifas representativas es más compleja, pues el área de influencia de cada corredor es menos clara y la tarifa depende además del número de puntos de cobro que se instalen en el corredor.

Luego, la tarifa representativa se ha calculado para cada corredor en forma independiente. Los puntos de cobro representan un tramo del corredor y se suman las tarifas óptimas de los arcos de ese tramo seleccionado, asignando la suma a los puntos de cobro definidos.

Además, en aquellos puntos donde se consideró existía una alta posibilidad de reasignación, se consideró el cobro en algunas vías alternativas. El resumen de la distribución espacial de los puntos de cobro se presenta en la siguiente figura.

FIGURA 4-24 PUNTOS DE COBRO PRELIMINARES DEFINIDOS PARA ALTERNATIVA DE COBRO EN CORREDORES TVCC1



Las magnitudes de las tarifas resultantes para dichos corredores y puntos de cobro en alternativas se presentan en la siguiente tabla. Estas son distintas por punto, pues dependen de la distancia que abarquen y del nivel de congestión en cada sección de cada corredor.

TABLA 4-6 ARCOS TARIFICADOS Y TARIFAS EN CORREDORES TVCC1 - AM 2007

Eje	Tramo	Tarifa (\$)			
		SN	NS	OP	PO
Apoquindo	Américo Vespucio y Alcántara			100	
Apoquindo	Alcántara y Américo Vespucio				250
Providencia	Suecia y Ricardo Lyon			100	
11 de Septiembre	Ricardo Lyon y Suecia				500
Providencia	Salvador y Seminario			400	
Providencia	Seminario y Salvador				100
Alameda	San Francisco y Morandé			500	
Alameda	Morandé y Arturo Prat				500
Alameda	EEUU Namur y Portugal			500	
Alameda	Portugal y EEUU Namur				200
Santa María	Los Leones y Av. El Carro				400
Santa María	Pío Nono y Calle del Arzobispo				100
Santa María	Loreto y EEUU Namur				400
Card José María	EEUU Namur y Loreto			100	
Costanera	Calle del Arzobispo y Pío Nono			400	
Costanera	Tajamar y Los Leones			300	
Gran Avenida	Departamental y San Nicolás	700			
Gran Avenida	San Nicolás y Departamental		700		
Gauss	Departamental y San Nicolás	700			
Américo Vespucio	Corredor Grecia y Los Orientales	400			
Américo Vespucio	Irrazábal y Simón Bolívar	400			
Tobalaba	Américo Vespucio y Hamburgo	400			
Tobalaba	Pocuro y Cristóbal Colón	400			
Exequiel Fernández	Quilín y Camino Agrícola	700			
J. P. Alessandri	Quilín y Camino Agrícola	700			
Vicuña Mackenna	Gerónimo de Alderete y Walker Martínez	700			
Vicuña Mackenna	Walker Martínez y Gerónimo de Alderete		100		
Vicuña Mackenna	Mirador y Departamental	700			
Vicuña Mackenna	Departamental y Mirador		200		
Vicuña Mackenna	Camino Agrícola y Carlos Valdovinos	700			
Vicuña Mackenna	León Prado y Matta	650			
Sierra Bella	Victoria y Matta	650			
Santa Elena	León Prado y Matta	650			
Las Industrias	Sebapost y Departamental	700			
Las Industrias	P. Alarcón y C. Valdovinos	700			
Recoleta	México y Lircay	100			
Recoleta	Lircay y México		400		
Recoleta	Santa Filomena y Dominica	100			
Compañía	Manuel Rodríguez y San Martín				800
Agustinas	Tucapel Jiménez y San Martín				800
Monjitas	EEUU Namur y J.M de la Barra			500	

También se consideró un esquema de cobro en corredores, con un esquema más parecido a uno de cobro por distancia (TVCC2), pero considerando los mismos ejes de la alternativa de corredores anterior (TVCC1).

TABLA 4-7 CORREDORES TARIFICADOS TVCC2 - AM 2007

Corredor	Tramo	Sentido
Américo Vespucio	Entre Av. Grecia y Príncipe de Gales	SN y NS
Exequiel Fernández	Entre Departamental y Las Encinas	NS y SN
J. P. Alessandri	Entre Departamental y Las Encinas	NS y SN
Tobalaba	Entre Larrain y Apoquindo	NS y SN
Apoquindo	Entre Chesterton y Tobalaba	PO y OP
Providencia	Entre Tobalaba y Vicuña Mackenna	PO y OP
Santa María	Entre Recoleta y Puente Lo Salles	PO
Card. José María Caro	Entre Isidora Goyenechea y Recoleta	OP y PO
Alameda	Entre Vicuña Mackenna y San Borja	OP y PO
Compañía	Entre Matucana y EEUU-Namur	PO
Agustinas	Entre Matucana y Santa Lucía	PO
Monjitas	Entre Vicuña Mackenna y Mac Iver	OP
Vicuña Mackenna	Entre Bilbao y Gabriela	NS y SN
Sierra Bella - Lira	Entre Franklin y Diez de Julio	SN
Portugal	Entre Diez de Julio y Franklin	NS
Carmen	Entre Diez de Julio y Franklin	NS
Santa Elena	Entre Franklin y Diez de Julio	SN
Recoleta	Entre Zapadores y Cardenal José María Caro	NS y SN
Las Industrias	Entre Yungay y Bio Bio	NS Y SN
Gran Avenida	Entre Matta y Santa Marta	NS Y SN
Gauss - Tercera Transversal	Entre El Parrón y Salesianos	SN

Las tarifas de este esquema se presentan a continuación.

TABLA 4-8 ARCOS TARIFICADOS Y TARIFAS EN CORREDORES TVCC2 - AM 2007

Corredor	Tramo	Tarifas (\$/km)	
		OP	PO
Alameda 1	Entre San Borja y Mac Iver	230	600
Alameda 2	Entre Mac Iver y Bustamante	880	140
Alameda 3	Entre Bustamante y Santa Beatriz	230	10
Compañía	Entre Matucana y EEUU-Namur		250
Agustinas	Entre Matucana y Santa Lucía		470
Monjitas	Entre Vicuña Mackenna y Mac Iver	760	
Providencia 1	Entre Antonio Varas y Tobalaba	0	10
Providencia 2	Entre Tobalaba y Tomás Moro	20	510
Costanera 1	Entre El Bosque y Santa Beatriz	320	10
Costanera 2	Entre Santa Beatriz y Pío Nono	130	
Cardenal Caro	Entre Pío Nono y Recoleta	10	
Santa María 1	Entre Santa Beatriz y El Bosque		200
Santa María 2	Entre Pío Nono y Santa Beatriz		10
Santa María 3	Entre Recoleta y Pío Nono		350
Recoleta 1	Entre Zapadores y Valdivieso	70	1.270
Recoleta 2	Entre Valdivieso y Cardenal Caro	10	700
Vespucio 1	Entre Av. Grecia y Arrieta	950	50

Corredor	Tramo	Tarifas (\$/km)	
Vespucio 2	Entre Arrieta y Príncipe de Gales	200	5
Tobalaba 1	Entre Irarrázaval y Bilbao	230	10
Tobalaba 2	Entre Bilbao y Apoquindo	760	5
Las Industrias 1	Entre Yungay y Ureta Cox	350	5
Las Industrias 2	Entre Ureta Cox y Franklin	630	10
J. P. Alessandri	Entre Departamental y Las Encinas	600	5
Exequiel Fernández	Entre Departamental y Las Encinas	330	20
Sierra Bella	Entre Franklin y Diez de Julio	790	
Portugal	Entre Diez de Julio y Franklin		10
Carmen	Entre Diez de Julio y Franklin		20
Santa Elena	Entre Franklin y Diez de Julio	1.090	
Tercera Transversal	Entre El Parrón y Salesianos	380	
Vicuña Mackenna 1	Entre Gabriela y Vespucio	570	100
Vicuña Mackenna 2	Entre Vespucio y Ureta Cox	510	90
Vicuña Mackenna 3	Entre Ureta Cox y Rodrigo de Araya	270	10
Vicuña Mackenna 4	Entre Rodrigo de Araya y Bilbao	0	10

Análisis de periodos

Con el objeto de comparar los esquemas preliminares se aplicarán las tarifas en sus respectivos periodos modelados, excepto en el caso de las áreas donde se modelará principalmente el periodo Punta Mañana (dado el esquema de tarifa considerado).

En resumen, se supondrá:

- I** Esquemas de cordones: se cobra en ambos periodos, con los factores de expansión respectivos, donde la punta mañana estará representando lo que sucede en la Punta Tarde (pero en sentido inverso).
- I** Esquemas de áreas: Como este esquema se ha planteado con tarifa única, se considera la expansión de la punta de la mañana para efectos de beneficios (factores de expansión ajustados), no para efectos de recaudación, donde sólo se considerará la recaudación de dicho, con ciertos ajustes para considerar nuevos usuarios sólo de otros periodos no punta mañana.
- I** Esquemas de corredores: se cobra en los periodos Punta y se calculan los beneficios con los factores de expansión respectivos, donde la punta mañana estará representando lo que sucede en la Punta Tarde.

Más adelante en la etapa de evaluación, se generan los factores de expansión de los datos modelados en cada período. Allí además se discute la cobertura de los esquemas en términos diarios, semanales y anuales.

4.5 Evaluación de alternativas preliminares

En esta sección se resumen los análisis comparativos entre las alternativas preliminares descritas anteriormente.

Comparación de partición modal

Al tratarse de simulaciones ESTRASUS realizadas con elección de horario, el número total de viajes que resulta en cada una de ellas en el horario 1 es diferente, por lo cual, todos los valores han sido normalizados al total de viajes de la situación base, a fin de permitir la comparación entre ellos.

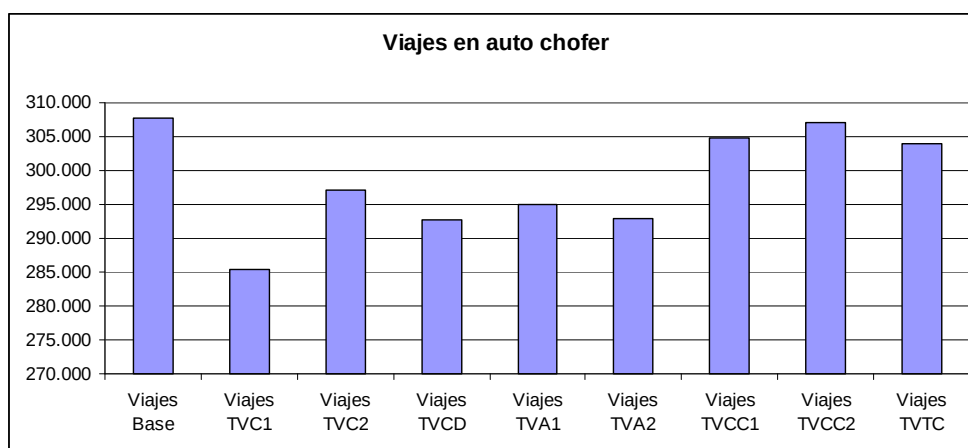
En la tabla siguiente se muestra la partición modal obtenida para los distintos esquemas, en el horario 1 del período punta mañana modelado, considerando el total de viajes de cada alternativa normalizado con respecto a la situación base.

TABLA 4-9 COMPARACIÓN PARTICIÓN MODAL ENTRE ESCENARIOS – AM 2007

Modo	Viajes Base	Viajes TVC1	Viajes TVC2	Viajes TVCD	Viajes TVA1	Viajes TVA2	Viajes TVCC1	Viajes TVCC2	Viajes TVTC
Caminata	183.081	185.428	182.885	183.489	182.947	182.718	182.381	178.328	182.748
Auto-chofer	307.741	285.444	297.132	292.623	295.085	292.820	304.752	307.159	304.034
Auto-acompañante	300.938	276.070	288.856	285.552	287.799	285.458	298.608	304.677	296.592
Taxi	9.074	7.692	8.528	8.121	8.428	8.472	8.812	9.042	8.907
Taxi colectivo	31.922	34.474	33.372	33.921	33.207	33.428	32.338	33.146	32.625
T. Público	677.272	720.919	699.254	706.321	702.562	707.131	683.136	677.675	685.121
Total	1.510.027	1.510.027	1.510.027	1.510.027	1.510.027	1.510.027	1.510.027	1.510.027	1.510.027

En la figura siguiente se muestran los viajes en modo auto chofer correspondientes al horario 1, resultantes de la simulación de cada alternativa.

FIGURA 4-25 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO AUTO CHOFER



A continuación se puede ver la partición modal en términos de composición porcentual por modo. Se observa que el esquema TVC1 es el que muestra una mayor proporción de

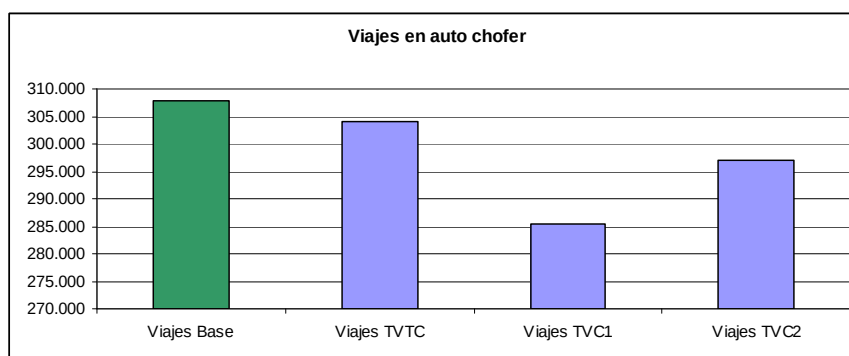
viajes en transporte público y la menor proporción de viajes en auto (auto chofer+auto acompañante).

TABLA 4-10 COMPARACIÓN PORCENTUAL PARTICIÓN MODAL ESCENARIOS – AM 2007

Modo	% Base	% TVC1	% TVC2	% TVCD	% TVA1	% TVA2	% TVCC1	% TVCC2	% TVTC
Caminata	12.13	12.28	12.11	12.15	12.12	12.10	12.08	11.81	12.10
Auto-chofer	20.38	18.91	19.68	19.38	19.54	19.39	20.18	20.34	20.14
Auto- acompañante	19.93	18.28	19.13	18.91	19.06	18.91	19.78	20.18	19.64
Taxi	0.60	0.51	0.56	0.54	0.56	0.56	0.58	0.60	0.59
Taxi colectivo	2.11	2.28	2.21	2.25	2.20	2.21	2.14	2.20	2.16
T. Público	44.86	47.75	46.31	46.78	46.53	46.83	45.25	44.88	45.38
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En la Figura 4-26 se han graficado los viajes en modo auto chofer de los tres esquemas de tipo cordón, en orden ascendente según el área que abarcan, es decir, triángulo central (TVTC), cordón 1 (TVC1) y cordón 2 (TVC2).

FIGURA 4-26 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO AUTO CHOFER - ESQUEMAS DE CORDÓN



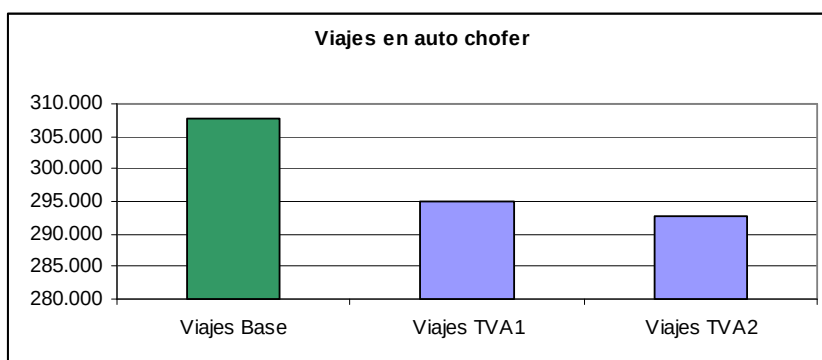
Se observa que no existe una tendencia clara asociada al tamaño del esquema. Esto se puede deber a dos razones, la primera y más obvia es que aumentar el área no siempre reducirá los viajes de auto chofer, es decir, podría existir un tamaño de cordón “óptimo” a tarificar, que podría estar ubicado entre el cordón 1 y 2.

Esto puede explicarse en que al aumentar el tamaño del cordón, lo pueden hacer también los viajes que tienen origen y destino al interior de éste (viajes internos), que no se ven afectados por la tarificación.

Sin embargo, dado que todos los cordones tienen tarifas distintas, dicho elemento también podría configurarse en uno de los causantes de las diferencias en el impacto no lineal con el tamaño.

En la Figura 4-27 se han graficado los viajes en auto chofer para los esquemas de área. En este caso se observa que al aumentar el área tarifcada los viajes en modo auto chofer dentro del período se reducen, aun cuando las diferencias son marginales. Nuevamente se podría esperar que el efecto provenga del tamaño de la zona, pero también podría provenir de las tarifas, pues la zona mayor (TVA2) tenía tarifas por sobre la TVA1.

FIGURA 4-27 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO AUTO CHOFER - ESQUEMAS DE ÁREA



Ahora comparando los viajes en transporte público mayor (*tpub*= bus+metro) se obtiene algo consistente con lo anterior, que indica el traspaso de viajes desde auto-chofer a transporte público. Se observa que en todos los esquemas los viajes en tpub aumentan al aplicar la tarificación.

FIGURA 4-28 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO TPUB - ESQUEMAS DE CORDÓN

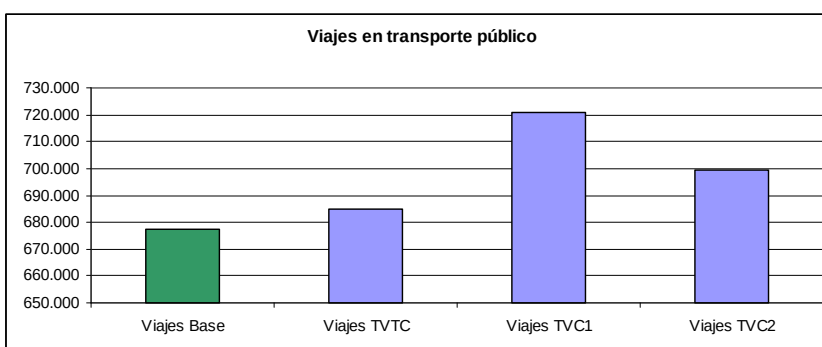
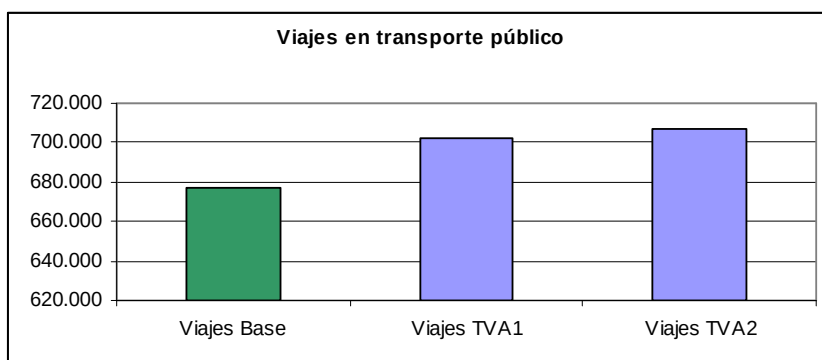


FIGURA 4-29 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO TPUB - ESQUEMAS DE ÁREA



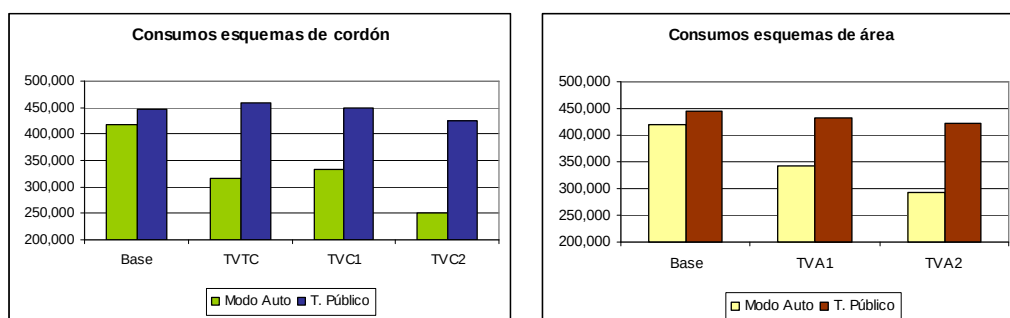
En la siguiente tabla se comparan los consumos globales de tiempo en la red para los distintos modos, en cada escenario.

TABLA 4-11 COMPARACIÓN CONSUMOS DE TIEMPO EN TODA LA RED – AM 2007

Consumos (pax-hr) por modo	Base	TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
Modo Auto	418.864	333.638	251.536	356.877	341.273	292.944	297.186	302.487	315.007
Modo Bus	337.232	328.954	310.918	353.387	315.759	307.666	343.878	320.014	343.652
Modo Metro	63.376	69.117	68.599	68.079	67.455	66.964	65.901	65.901	69.003
Modo TxC	45.258	51.914	46.485	50.261	48.803	48.789	47.593	45.877	46.877
Total	864.730	783.623	677.537	828.604	773.290	716.363	754.557	734.278	774.539
Var. r/Base		-9,4%	-21,6%	-4,2%	-10,6%	-17,2%	-12,7%	-15,1%	-10,4%

Se puede apreciar que los esquemas TVC2 y TVA2 son los que generan las mayores reducciones en consumos de tiempo en el sistema. En la figura siguiente se comparan los consumos para los esquemas de cordón y de área.

FIGURA 4-30 COMPARACIÓN CONSUMOS - ESQUEMAS DE CORDÓN & ÁREA (PAX-HORAS)



Comparación de indicadores de transporte privado

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los indicadores relativos al transporte privado.

Los indicadores de transporte privado son consistentes con los resultados mostrados anteriormente y se observa que el esquema TVC2 es aquel que genera el menor consumo de tiempo y distancia, y por ende el que generan las velocidades promedio mayores.

TABLA 4-12 INDICADORES DE TRANSPORTE PRIVADO – AM 2007

Escenario	Base	TVC1	TVC2	TVC3	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
Veh-horas modo auto (veh-hr)	211.773	169.604	127.544	180.621	172.769	142.618	185.957	151.857	159.455
Velocidad promedio ponderada (kph)	24,3	25,2	26,1	25,1	25,0	25,9	24,7	25,3	25,1
Flujo variable promedio por arco (veh/hr)	1.145	1.080	1.044	1.067	1.101	1.045	1.122	1.083	1.110
Millones Veh-km modo auto obtenido de arcos del área	3,95	3,97	3,77	3,82	3,87	3,73	3,96	4,03	3,89

Comparación de indicadores de transporte público

En la tabla siguiente se muestra los indicadores de transporte público obtenidos a partir de variables de servicio y de redes cargadas, para los distintos esquemas.

TABLA 4-13 INDICADORES DE TRANSPORTE PÚBLICO ESQUEMAS AM 2007, (MINUTOS)

Variables de servicio	Base	TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
Tiempo de viaje TPUB	48,98	47,04	47,79	47,24	47,14	46,72	47,72	45,59	47,34
Tiempo de viaje TXC	32,62	31,27	31,88	31,23	31,80	31,05	32,05	30,41	31,63
Redes Cargadas	Base	TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
Tiempo de viaje TPUB	50,42	48,11	48,44	48,80	48,95	47,64	48,89	46,34	48,23
Tiempo de viaje TXC	33,02	31,12	32,04	31,28	31,95	31,17	32,32	30,42	31,70

Los tiempos de viaje totales del transporte público (*tpub* y *txc*) mejoran en todos los esquemas de tarificación analizados. Se observa que el esquema de corredores alternativa 2 es aquel que entrega los menores tiempos de viajes para el transporte público, lo cual era esperable en la medida que se cobra sobre ejes con transporte público, y por lo tanto se elimina congestión de dichos corredores.

La flota requerida de buses y taxi colectivo en cada esquema se muestra en las tablas que siguen para las simulaciones de Punta Mañana.

TABLA 4-14 FLOTA REQUERIDA BUS Y TAXI COLECTIVO ESQUEMAS AM 2007

	Base	TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
Flota Troncal	4.000	3.875	3.755	3.725	3.905	3.659	3.981	3.529	3.767
Flota Alimentador	2.101	2.248	2.073	2.067	2.088	2.002	2.092	1.891	2.035
Flota BUSES	6.101	6.123	5.828	5.792	5.993	5.661	6.073	5.420	5.802
Flota TXC	14.836	11.856	12.067	11.707	12.209	11.735	12.794	11.228	12.125

Se observa que el esquema que requiere menor flota de buses y taxis colectivos corresponde al que se tarifica en los corredores según la longitud de los arcos, TVCC2, seguido por el esquema TVA2. Cabe destacar que todos los esquemas requieren menor flota que la base, lo que ocurre por las mayores velocidades en el sistema. Se muestra a continuación la comparación de trasbordos en los esquemas.

TABLA 4-15 ETAPAS DE VIAJE Y TRANSBORDOS AM 2007

	Base	TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
Etapas viaje txc	1,84	1,85	1,85	1,86	1,85	1,86	1,85	1,85	1,85
Transbordos txc	26.871	28.962	28.294	28.927	28.007	28.727	27.422	28.433	27.757
Etapas viaje tpub	2,44	2,34	2,34	2,36	2,34	2,32	2,38	2,35	2,36
Transbordos tpub	972.344	961.646	931.865	953.386	935.888	928.796	941.484	922.359	929.091

A continuación se muestra un resumen de los pasajeros que suben y bajan del modo TPUB, para cada esquema de tarificación.

TABLA 4-16 PASAJEROS SUBEN-BAJAN (PAX-HR) AM 2007

	Base	TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC1	TVCC2	TVTC
suben	1.635.339	1.677.794	1.628.132	1.656.808	1.635.445	1.631.491	1.624.433	1.603.580	1.612.904
bajan	1.635.320	1.677.765	1.628.117	1.656.802	1.635.445	1.631.490	1.624.433	1.603.561	1.612.906

Comparación de resultados de la evaluación social

Con base en los beneficios estimados para el primer año y una proyección de 20 años (con un crecimiento de un 1% de los beneficios y costos anuales), se han estimado indicadores de rentabilidad para cada uno de los esquemas preliminares.

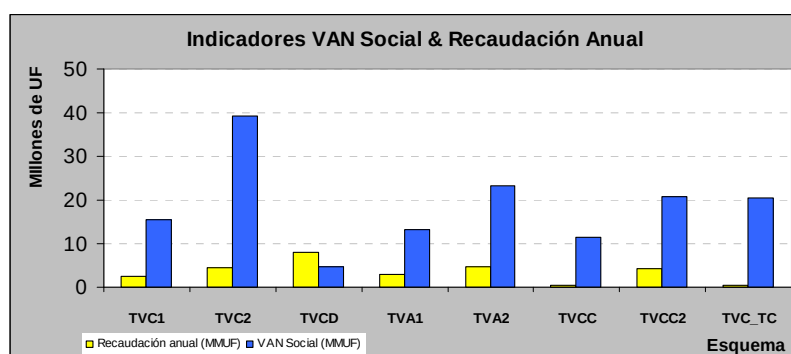
La tasa de descuento considerada es aquella recomendada en el momento del análisis por MIDEPLAN para los procesos de inversión pública del 8%. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 4-17 VARIABLES COMPARATIVAS ENTRE ESCENARIOS

Escenario		TVC1	TVC2	TVCD	TVA1	TVA2	TVCC	TVCC2	TVTC
Costos de Inversión social	UF	820.893	970.679	1.712.475	1.127.597	2.178.033	464.261	2.568.694	514.921
Costos sociales Operación y Mantenimiento	UF/año	315.510	382.909	601.208	453.019	731.070	162.196	769.056	173.486
Beneficios Anuales	Millones de UF/año	1,86	4,19	1,22	1,81	4,61	1,29	2,98	2,16
Recaudación Anual	Millones de UF/año	2,62	4,39	7,89	3,06	4,74	0,51	4,35	0,42
TIR	%	168%	357%	27%	105%	159%	219%	73%	350%
VAN Social (@ 8%)	Millones de UF	15,5	39,2	4,9	13,2	38,8	11,46	20,70	20,42

Se puede apreciar que los beneficios son bastante mayores que los costos asociados, excepto para el caso del doble cordón (TVCD), lo que resulta en altas rentabilidades sociales asociadas a los proyectos.

La siguiente figura muestra un gráfico comparativo con las recaudaciones anuales (2007) y el VAN social para cada alternativa.

FIGURA 4-31 VAN SOCIAL Y RECAUDACIÓN ANUAL POR ALTERNATIVA


Si bien algunos de los esquemas evaluados consideran el periodo FP, ello tiene bajo impacto, principalmente derivado de la baja tarifa estimada, la que en general tiene impactos menores a nivel del sistema.

Por otro lado, analizando los resultados, se puede apreciar que el cobro en el cordón TVC1 tiene mejores resultados que el área TVA1, aun cuando genera una menor recaudación. Lo mismo ocurre al comparar los escenarios TVC2 con el cobro en área TVA2. Ello en gran medida se da por los mayores costos de inversión asociados a los

esquemas de cobro en área, donde se requiere una mayor cantidad de pórticos para aumentar la fiscalización al interior de éstos, además de fiscalización móvil.

El doble cordón si bien genera la mayor recaudación, no es una alternativa más rentable socialmente, pues los beneficios anuales son los menores del grupo y la inversión no es la más baja.

El escenario TVCC1 dado que considera una cantidad menor de pórticos de cobro (aproximadamente 45) presenta bajos niveles de inversión, lo que redundaría en una importante rentabilidad social. Sin embargo, dados los altos niveles de evasión de pórticos (por reasignación de flujos), implica bajos niveles de recaudación. Por el contrario, el esquema TVCC2, que considera un número mayor de pórticos para tratar de parecerse a un esquema de cobro por distancia lo largo de los corredores (más de 300 puntos de cobro), requiere mayores niveles de inversión. Ello redundaría en una reducción de la rentabilidad, pero al mismo tiempo menores niveles de evasión y mayor recaudación.

4.6 Conclusiones del análisis de alternativas preliminares

Las comparaciones anteriores representan resultados preliminares para seis esquemas seleccionados, más dos esquemas adicionales propuestos por la contraparte. Ellos, en la medida de lo posible, han sido evaluados sobre una base similar, para permitir su comparación, pero debe considerarse que las tarifas en su génesis representan distintos conceptos si el esquema es cordón, área o corredor.

A partir de lo anterior, y basados sólo en la rentabilidad social, los esquemas TVC2 y TVA2 serían candidatos a pasar a la siguiente etapa de análisis detallado, lo cual se confirma incluso cuando se realizaron análisis marginales de viajes afectados, beneficios por unidad de tarifa cobrada, beneficios por número de hogares, entre otros.

Sin embargo, hay un elemento práctico importante a considerar para el caso de la tarifación por área: el de Fiscalización y Gestión de descuentos de residentes (~120.000 hogares en el área 2) los que podrían hacer muy complejo el proceso de implementación de este esquema. Por lo tanto, y dado que el esquema de área 1 es también rentable, creemos más conveniente avanzar con un esquema de **área menor TVA1** a la siguiente etapa.

También pasaría a la siguiente etapa el esquema de **cordón TVC2** considerando que es el que presenta mejores indicadores entre las opciones basadas en los cordones.

Originalmente, también se consideró que el tercer esquema fuese uno de corredores, sin embargo los niveles de evasión que anticipamos en dichos esquemas por reasignación a vías paralelas hacen menos aconsejable este esquema, no sólo por su poca eficiencia, sino por los impactos que podría generar a lo largo del recorrido, al no poder separar los corredores (al menos en las alternativas analizadas en esta ocasión).

Finalmente, usando un criterio más pragmático asociado a la posterior etapa de implementación y sobre los resultados obtenidos del análisis preliminar, junto a la contraparte se ha decidido mantener entre las alternativas definitivas el esquema menor (**Triángulo Central TVTC**), pues presenta buenos indicadores de rentabilidad (principalmente derivado de la baja inversión directa).

5. Síntesis del Análisis y Evaluación de Alternativas Definitivas

5.1 Selección de alternativas definitivas

En una etapa preliminar se analizaron 8 alternativas, entre las que se encontraban:

- I Cuatro (4) escenarios de cordones:
 - I Un cordón de tamaño menor denominado TVC1
 - I Un cordón de tamaño intermedio, denominado TVC2
 - I Un cordón pequeño, comúnmente conocido como triángulo central (TVTC)
 - I Un esquema con un doble cordón, donde como cordón interior se encontraba el cordón menor (TVC1) y como cordón exterior se ubicaba un cordón mayor, aun más amplio que el cordón intermedio.
- I Dos (2) escenarios de áreas:
 - I Un área de tamaño menor (similar al cordón menor) denominada TVA1
 - I Un área de tamaño intermedio (similar al cordón intermedio) denominada TVA2
- I Dos (2) escenarios de corredores.
 - I Uno que correspondía a un híbrido que consideraba el cobro a lo largo de los principales corredores de Metro, y en otros corredores donde pudiese existir evasión excesiva a los puntos de cobro.
 - I Además se realizó una corrida con un esquema que consideraba los mismos corredores anteriores, pero que cobrase por kilómetro a lo largo de estos en vez de cobrar en puntos específicos.

De dichas propuestas se seleccionaron inicialmente dos, que correspondían al cordón único intermedio **TVC2 o Cordón 2** y un escenario con el área menor **TVA1 o Área 1**. Quedó pendiente la selección de un escenario adicional para conformar los tres escenarios de análisis definitivo.

Los principales criterios para seleccionar las alternativas de entre los esquemas preliminares fueron:

- I En primer lugar la **eficiencia económica**, medida a través de la rentabilidad social, pues TVC2 tenía la mejor rentabilidad social. El VAN obtenido en la evaluación preliminar de alternativas, con una tasa de descuento del 8%, para la alternativa TVC2 fue de 39,2 MM UF y la TIR de 357%. para la alternativa de área TVA1, el valor de VAN social obtenido fue 13,2 MM UF y la TIR de 105%.
- I **Practicidad**, esto fue un elemento importante para seleccionar TVA1 en vez de TVA2, aun cuando tenía menor rentabilidad social. Un esquema más pequeño permite

fiscalizar de mejor forma un esquema de cobro complejo como es el de área, especialmente si existe un esquema de descuento, lo que requiere fiscalizar un alto número de hogares.

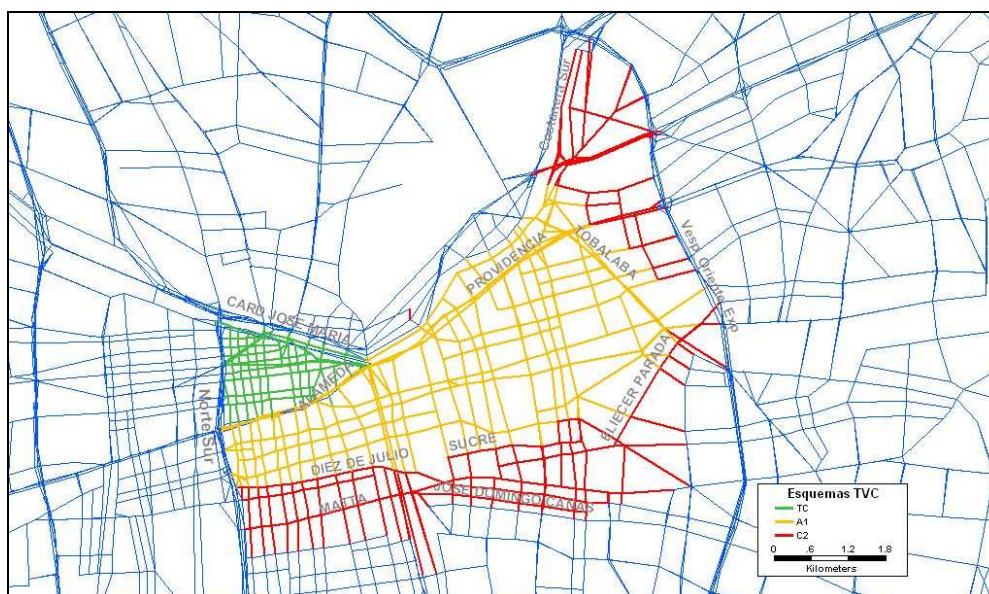
Posteriormente se analizó a solicitud de la contraparte un esquema, que consideraba un área menor en el centro de Santiago. Dicho escenario, dados los resultados obtenidos en la etapa preliminar, se incluyó como una de las tres (3) alternativas a ser analizadas en el caso definitivo. Esta alternativa se denominó TVTC o Triángulo Central.

5.2 Descripción de las alternativas definitivas

Las alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago corresponden entonces a las tres siguientes cuya ubicación espacial se muestra en la figura siguiente.

- TVC2 o Cordón 2
- TVA1 o Área 1
- TVTC o Triángulo Central

FIGURA 5-1 ALTERNATIVAS DEFINITIVAS DE TARIFICACIÓN VIAL PARA SANTIAGO



Descripción detallada del esquema TVC2

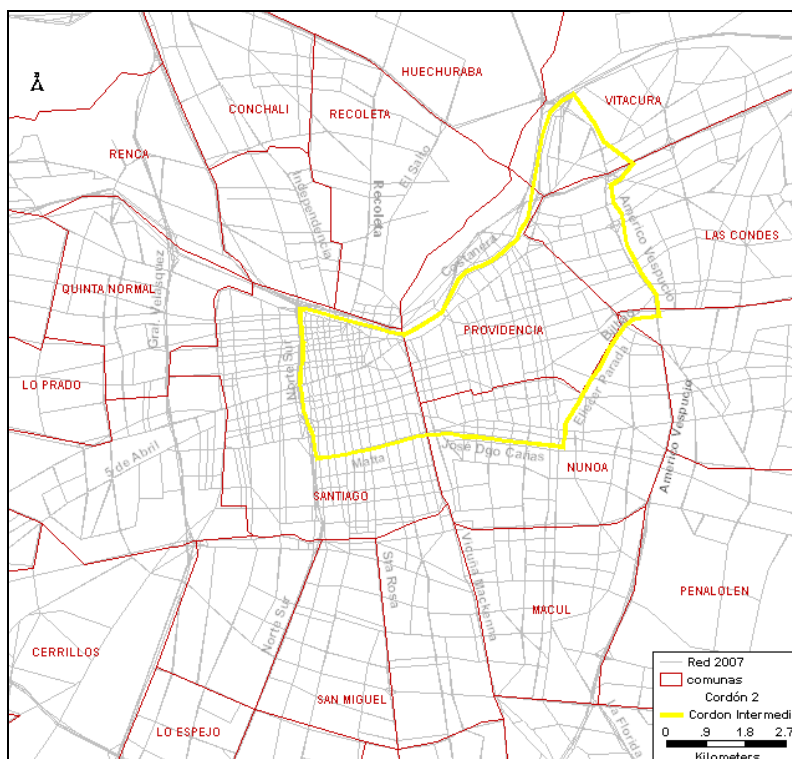
Las principales características del esquema de cordón intermedio TVC2, se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 5-1 DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA DEFINITIVA TVC2

	Elementos	Características
Límites físicos	Norte: Río Mapocho	Puntos de cobro se ubican en el puente, es decir Santa María queda fuera del cordón.
	Oriente: Av. A. Vespucio	Puntos de cobro se ubican al oriente de A. Vespucio, por lo tanto A. Vespucio queda al interior del cordón.
	Sur: Av. Fco. Bilbao	Puntos de cobro se ubican al Sur de Av. Fco. Bilbao por lo tanto esta vía queda al interior del cordón.
	Sur: Av. Eliécer Parada	Puntos de cobro se ubican al Sur de Av. Eliécer Parada por lo tanto éste queda al interior del cordón.
	Sur: Av. José Domingo Cañas	Puntos de cobro se ubican al Sur de José Domingo Cañas por lo tanto esta vía queda al interior del cordón.
	Sur: Av. Matta	Puntos de cobro se ubican al Sur de Av. Matta por lo tanto esta vía queda al interior del cordón.
	Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)	Puntos de cobro se ubican al Poniente de la Caletera Poniente, por lo cual esta queda fuera del cordón.
Área y Hogares	Área al interior de TVC2	29,6 km ²
	Hogares al interior de TVC2	122.145
Límites Horarios	Periodo Punta Mañana	7:30 - 10:00
	Periodo Punta Tarde	18:00 - 20:00

La siguiente figura muestra la ubicación del cordón dentro de Santiago, indicando las fronteras de cada comuna y principales ejes viales.

FIGURA 5-2 LOCALIZACIÓN DEL ESQUEMA TVC2



Como se describió anteriormente, se tarificaron los arcos de ingreso al cordón y los arcos de salida.

Es importante destacar que el cobro está ubicado en el lado externo de las vías de borde de los esquemas (A. Vespucio, Eliecer Parada, entre otras), lo que obedece al hecho que en algunos casos dichas vías aparecían saturadas y dejarlas como vía de borde podría hacerlas colapsar aún más, por lo cual se han dejado dentro del sistema.

El esquema de cordón TVC2 abarca un área bastante extensa de Santiago, y tarifica los viajes que ingresan y/o salen del cordón. Perciben la tarifa solamente los vehículos que cruzan el cordón tarificado, ya sea ingresando, donde pagan una tarifa más alta, o saliendo, donde pagan una tarifa más baja.

Todos los viajes que se realiza al interior del cordón, sin cruzar los límites, no pagan tarifa. Al tratarse de un área extensa, son muchos los viajes de este tipo, que se realizan sin pagar. Este es uno de los defectos de este esquema cuando se aplica en un área de extensión mayor.

Los viajes de paso que cruzan el cordón, ingresando y saliendo, es decir, viajes con origen y destino fuera del cordón, pero que utilizan una ruta que pasa por arcos al interior del cordón, deben pagar doble tarifa: tarifa de ingreso y de salida del cordón.

Cuando el cordón abarca un área extensa, no todos los viajes de paso podrán modificar fácilmente su ruta para evitar el cobro. Existirán muchos casos en los que el tiempo de viaje adicional de la ruta requerida para evitar el cobro es muy alto y no compensa el ahorro.

Por lo anterior, al aplicar este esquema de tarificación se espera un impacto en términos de cambios de ruta de los viajes de paso, cambios de modo y cambios de horario de los viajes que obligadamente deben cruzar el cordón para llegar a su destino. Estos son los viajes con origen dentro del cordón y destino fuera de él o viceversa.

Descripción detallada del esquema TVA1

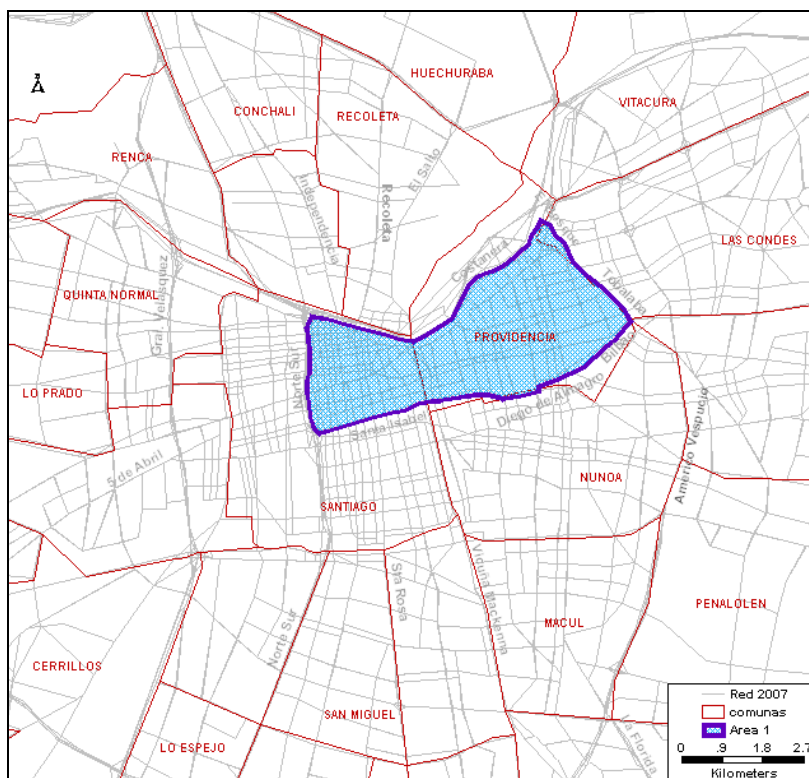
Las principales características del esquema TVA1 se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 5-2 DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA DEFINITIVA TVA1

	Elementos	Características
Límites físicos	Norte: Río Mapocho	Puntos de cobro se ubican en los puentes, es decir Santa María queda fuera del área.
	Oriente: El Bosque	Puntos de cobro se ubican al Oriente de Av. El Bosque, por lo tanto ésta vía queda al interior del área.
	Oriente: Av. M. Sánchez Fontecilla	Puntos de cobro se ubican al Oriente de ésta vía, por lo tanto queda al interior del área.
	Sur: Bilbao	Puntos de cobro se ubican al Sur de Av. Fco. Bilbao, por lo tanto ésta queda al interior del área.
	Sur: Diego de Almagro	Puntos de cobro se ubican al Sur de Av. Diego de Almagro, por lo tanto ésta queda al interior del área.
	Sur: Santa Isabel	Puntos de cobro se ubican al Sur de Av. Santa Isabel por lo tanto ésta queda al interior del área.
	Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)	Puntos de cobro se ubican al Poniente de la Caletera Poniente, por lo cual esta queda fuera del cordón.
Área y Hogares	Área al interior de TVA1	15,1 km ²
	Hogares al interior de TVA1	69.337
Límites Horarios	Periodo Punta Mañana	7:30 - 10:00
	Periodo Punta Tarde	18:00 - 20:00
Alcances	Descuento a Residentes	75%

La siguiente figura además muestra la ubicación del área incluida por este esquema en Santiago.

FIGURA 5-3 LOCALIZACIÓN DEL ESQUEMA TVA1



Como se describió anteriormente, se tarificaron los arcos de ingreso al cordón y los arcos de acceso desde cualquier zona a algún nodo ubicado al interior del área delimitada por el cordón.

En este caso, el cobro también se realiza en el extremo exterior de las vías de borde de los esquemas, con excepción de la Av. Norte -Sur, es decir A. Vespucio, Bilbao, Diego de Almagro y Santa Isabel. Ello obedece a que dichas vías aparecían saturadas en la base y dejarlas como vías de borde podría hacerlas colapsar aún más una vez que se cobrase, por lo cual se han dejado dentro del sistema.

El esquema de cobro área 1 también abarca un área extensa de la ciudad, aunque un poco menor que el área del cordón 2. Estos dos esquemas son muy parecidos, pero difieren en el sector oriente, donde el cordón 2 llega hasta Américo Vespucio, mientras que el área 1 llega sólo hasta Tobalaba.

El esquema de área 1 tarifica los viajes que ingresan al área 1 y los viajes que se inician dentro del área 1. Por lo tanto, perciben la tarifa todos los vehículos que se mueven dentro del área, ya sea ingresando a través del límite, donde pagan una tarifa más alta, o iniciando el viaje desde el interior, con lo cual pagan una tarifa más baja definida para los residentes.

A diferencia de los esquemas de cordón, todos los viajes que se realizan al interior del área, sin cruzar los límites, pagan tarifa (tarifa rebajada). En un área como la definida para este esquema son muchos los viajes de este tipo.

A diferencia de los esquemas de cordón, los viajes de paso que cruzan el área, ingresando y saliendo, es decir, viajes con origen y destino fuera del área, pero que utilizan una ruta que pasa por arcos al interior del ella, deben pagar solo la tarifa de ingreso.

Por una limitación de la modelación, no es posible aplicar la tarifa a los viajes que se inician dentro de área sólo en el horario 1 (7:30-8:30), sino que esta tarifa queda aplicada en los dos horarios del período punta mañana (6:30-8:30). Esto se debe a que esta tarifa debe ser incorporada en los arcos de acceso que van desde las zonas a los nodos de la red, y estos arcos se codifican en un archivo que es único para los dos horarios del período punta mañana.

Por lo anterior, al aplicar este esquema de tarificación se espera un impacto menor que en el esquema de cordón en términos de cambios de ruta, ya que los viajes de paso pagan sólo tarifa de ingreso. El impacto en los cambios de modo de los viajes que obligadamente deben cruzar el cordón para llegar a su destino debería ser similar al del esquema de cordón, sin embargo el impacto debería ser mucho menor en términos de cambio de horario, ya que esta no es una alternativa para evitar la tarifa en el caso de los viajes que se inician al interior del área.

Descripción detallada del esquema TVTC

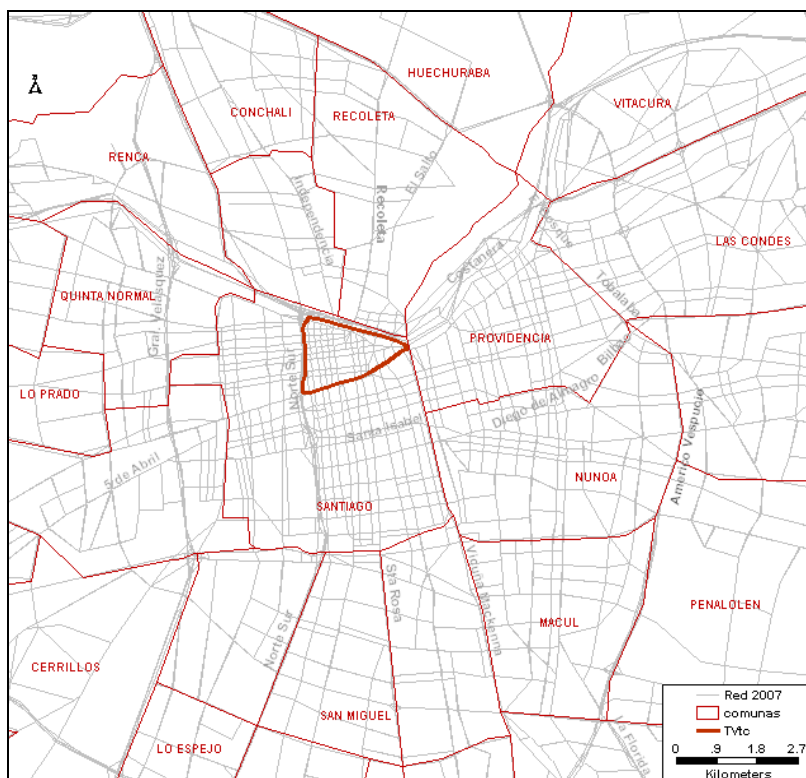
Las principales características del esquema TVTC se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 5-3 DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA DEFINITIVA TVTC

	Elementos	Características
Límites físicos	Norte: Río Mapocho	Puntos de cobro se ubican en los puentes, es decir Santa María queda fuera del cordón.
	Sur: Av. Alameda	Puntos de cobro se ubican al Norte de Av. Alameda B. O'higgins, por lo tanto ésta queda fuera del cordón
	Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)	Puntos de cobro se ubican al Poniente de la Caletera Poniente, por lo cual ésta queda excluida del cordón
Área y Hogares	Área al interior de TVTC	2,4 km ²
	Hogares al interior de TVTC	10.767
Límites Horarios	Periodo Punta Mañana	7:30 - 10:00
	Periodo Punta Tarde	18:00 - 20:00

La siguiente figura presenta la ubicación del cordón dentro de Santiago.

FIGURA 5-4 LOCALIZACIÓN DEL ESQUEMA TVTC



Como se describió anteriormente, se tarificaron los arcos de ingreso al cordón y los arcos de salida.

En este esquema de cordón el área tarifada es muy pequeña. Por lo tanto, los viajes con origen y destino al interior del cordón, que no pagan tarifa son muy pocos. También son pocos los viajes de paso y el cambio de ruta para evitar el cobro es más fácil, por tratarse de un área reducida.

Se espera un impacto mucho menor que en el caso de los otros dos esquemas por la diferencia en los tamaños de las áreas tarifadas.

5.3 Especificación de las alternativas definitivas

Una vez definidas las alternativas, se procedió a afinar cada escenario, de tal forma de modelar con mayor detalle cada uno de los esquemas.

Tarifas

Se realizó un barrido tarifario para cada esquema, con tarifas que van de \$500 hasta \$6.000, con el objetivo de analizar el comportamiento de los indicadores relevantes para comparar entre alternativas.

Todas las simulaciones con el modelo ESTRAUS 2015 (y también 2010) se realizaron en la modalidad de Partición modal - Asignación, dejando la distribución de los viajes fija. Esto

tiene por objetivo eliminar el efecto de los cambios debidos a la distribución de los viajes, lo que permite analizar los cambios de horario, los impactos en la partición modal, y la reasignación de los viajes.

Se supone que en el corto y mediano plazo, la distribución de los viajes no cambia significativamente, en particular en lo que se refiere a los viajes que se realiza en la punta mañana, donde un gran porcentaje corresponde al propósito trabajo o estudio.

Se espera que en el corto y mediano plazo, sean pocos los cambios de lugar de residencia, cambio de trabajo o cambio de lugar de estudio por efecto de la tarificación de un sector de Santiago. Por otra parte, mantener fija la distribución de los viajes en la modelación, permite aislar este efecto y analizar con mayor detalle los impactos en la partición modal, en el cambio de horario y en la asignación de los viajes.

Consideraciones para la alternativa TVC2

Las tarifas aplicadas son diferentes en los arcos de ingreso al cordón y en los de salida, y están definidas en la misma proporción en que el modelo considera los flujos de ingreso y salida de la situación base.

Los flujos de ingreso representan a los vehículos que están ingresando al sector más congestionado y por lo tanto deben pagar la tarifa más alta.

Los flujos de salida, si bien se están alejando del área más congestionada, vienen de circular por ella y por lo tanto también deben pagar una tarifa, pero inferior a la tarifa de ingreso.

En un análisis simplificado se puede decir que la congestión en el sector tarificado se debe a la suma de los vehículos que ingresan y los que salen del área (sin considerar a los que se mueven en el interior porque no pagan tarifa). El impacto que cada tipo de viaje genera en la congestión del sector es proporcional a la relación entre los flujos y por lo tanto, la tarifa que deben pagar por la congestión ocasionada también debe estar en la misma relación. Estos flujos se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 5-4 FLUJOS DE INGRESO Y SALIDA AL CORDÓN 2 EN LA BASE

Tipo de arco	Flujo
Arcos de ingreso	121.081
Arcos de salida	71.724
Factor	0,59

Se modeló entonces un barrido tarifario, con esta misma relación entre la tarifa de ingreso y la de salida. Los valores considerados se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 5-5 TARIFAS ESQUEMA TVC2 (EN CH\$2001)

Entrada	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	6.000
Salida	230	650	900	1.200	1.500	1.800	2.100	2.400	3.600

Consideraciones para la alternativa TVA1

Las simulaciones correspondientes al esquema de tarificación del área 1 para el año 2015, con las diferentes tarifas modeladas, se basan en la misma situación base de los demás esquemas, es decir, utilizan las mismas redes viales de transporte privado y público.

Las tarifas modeladas para este esquema son las que se muestra en la siguiente tabla. Se aprecia que para los residentes se considera una tarifa equivalente a un 25% de la tarifa total. Este descuento debería ser aplicado sólo a los residentes y no a todos los viajes que se inician dentro del área tarifada, sin embargo en el modelo no es posible hacer esta distinción. Por lo tanto, el descuento se aplica a todos los viajes que se inician dentro del área tarifada durante el período punta mañana, bajo el supuesto de que la mayoría de ellos corresponde a viajes de residentes que inician su viaje desde el hogar.

En este esquema no existe la tarifa de salida. Los que inician el viaje dentro del área y luego salen, pagan en el arco de acceso la tarifa de residentes. Los que inician el viaje fuera del área tarifada, ingresan y salen, pagan la tarifa de ingreso.

TABLA 5-6 TARIFAS ESQUEMA TVA1 (EN CH\$2001)

Entrada	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	6.000
Residentes	125	250	400	500	650	750	900	1.000	1.500

Los valores que aparecen en la tabla como tarifa de residentes son aplicados a todos los viajes que se inician al interior del área tarifada.

También debe recordarse que en este caso las tarifas son diarias, es decir al usuario se le permite estar en la zona por tiempo ilimitado una vez que se paga la tarifa.

Consideraciones para la alternativa TVTC

Las simulaciones correspondientes al esquema de tarificación del Triángulo Central para el año 2015, con las diferentes tarifas modeladas, se basó en la misma corrida de los esquemas anteriores, tanto para transporte privado como público.

TABLA 5-7 FLUJOS DE INGRESO Y SALIDA AL TRIÁNGULO CENTRAL EN LA BASE

Tipo de arco	Flujo (veh-hora)
Arcos de ingreso	39.092
Arcos de salida	17.205
Factor	0,44012

Las tarifas modeladas para este esquema son las que se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 5-8 TARIFAS ESQUEMA TRIÁNGULO CENTRAL (EN CH\$2001)

Entrada	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.500	6.000
Salida	220	440	660	880	1.100	1.300	1.550	2.000	2.650

Horarios de cobro

Los horarios de cobro considerados para la operación de las alternativas definitivas son:

- I** Punta Mañana : 7:30 a 10:00
- I** Punta Tarde : 18:00 a 20:00

Para poder analizar dichos horarios se ha modelado el periodo Punta Mañana de ESTRAUS y mediante factores de expansión calculados específicamente para cada esquema se estiman los resultados en términos de beneficios y recaudación de cada esquema para el día y el año.

La Punta Mañana se modela además en dos sub-periodos (6:30-7:30 y de 7:30-8:30), aunque sólo se cobra en el segundo, y el primer sub-periodo cumple con el objetivo de dar una alternativa a algunos usuarios para adelantar su viaje y evitar el cobro.

Es importante destacar que no existe periodo de modelación Punta Tarde en ESTRAUS, por lo cual con base en las estimaciones de la Punta Mañana, se expandirán los beneficios para incluir este periodo.

Tecnologías y métodos de cobro

- I** Se realizó una estimación de costos de las tecnologías asociadas a cada esquema. En este punto, es importante volver a destacar que la implementación de cualquier esquema que considere un sistema de cobro basado en transponders (tags) y pórticos, presenta una ventaja para su implementación en la ciudad de Santiago.
- I** Existe más de un millón de tags distribuidos en Santiago y además dicha tecnología es compatible con lo que se requeriría para un esquema de tarificación vial por congestión. Además, el sistema en términos de funcionamiento técnico no ha tenido mayores problemas, a pesar de los complejos esquemas de integración de sistemas que se ha requerido (diversos proveedores de tags, equipos de lectura, entre otros).

Con base en lo anterior, en el análisis y la estimación de costos del sistema se ha asumido que dicha integración es factible, más aún que los mismos *tags* pueden ser utilizados por el sistema y que por lo tanto no hay un costo importante asociado a la partida del sistema y distribución de nuevos equipos para los vehículos del parque de Santiago.

Se ha ajustado la estimación de costos asociados a cada esquema. En particular, se ha realizado un catastro detallado de los puntos de cobro de cada esquema, revisando el número de intersecciones en los bordes del cordón y área seleccionados, y el número de pistas de entrada y salida en cada punto.

5.4 Resumen de resultados de alternativas definitivas

Generalidades

En esta sección se reporta un resumen de los resultados del análisis de las alternativas de tarificación vial para Santiago que han sido definidas en las etapas previas de este estudio. En particular, se presenta una comparación entre las simulaciones del año 2015 de los tres esquemas de tarificación analizados, cordón 2 (TVC2 ó C2), área 1 (TVA1 ó A1) y triángulo central (TVTC) realizadas con diferentes tarifas según el siguiente detalle.

TABLA 5-9 TARIFAS BASE APLICADAS A CADA ESQUEMA PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO

TVC2	TVA1	TVTC
\$ 500	\$ 500	\$ 500
\$ 1.000	\$ 1.000	\$ 1.000
\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500
\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
\$ 2.500	\$ 2.500	\$ 2.500
\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 3.500
\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.500
\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 6.000

Recordemos que las simulaciones se realizan sin modificar la etapa de distribución, considerando solamente partición modal y asignación. Esto significa que, al aplicar un esquema de tarificación dado, los usuarios del sistema pueden cambiarse de horario, de modo o de ruta, pero la distribución de los viajes totales no cambia.

Los tres esquemas analizados difieren en muchos aspectos, lo que es importante tener en cuenta como contexto en las comparaciones. Las principales diferencias se indican a continuación:

- **Quiénes pagan tarifa.** En los esquemas de cordón pagan tarifa quienes atraviesan el cordón (en ambos sentidos), pero no pagan tarifa quienes circulan en su interior. En el esquema de área pagan tarifa todos los usuarios que circulan dentro del área.
- **Valor de la tarifa.** Si bien las tarifas aplicadas coinciden para alguno de los tipos de viajes, esto no ocurre para todos ellos. En los esquemas de cordón se tomó como base la tarifa de ingreso, pero la tarifa de salida es una fracción de ésta, estimada según la misma proporción entre flujos de ingreso y salida del cordón considerado. El valor de \$2.000 en TVC2, se trata de la tarifa de ingreso, y la de salida corresponde a \$1.200. En cambio los \$2.000 en el TVTC corresponden a tarifa de ingreso, y la tarifa de salida del triángulo es de \$880. En el caso del área, se tomó como tarifa base la de ingreso al área desde el exterior. Los viajes con origen en el interior del área pagan un 25% de este valor, debido a que la mayoría de ellos son realizados por personas que residen dentro del área. Así, los \$2.000 en TVA1, representan la tarifa que pagan los que ingresan al cordón, y los que inician su viaje al interior pagan \$500.
- **Tamaño del área tarifada.** Todos los esquemas son aplicados en áreas de diferente tamaño, siendo el más pequeño TVTC, luego TVA1 y finalmente TVC2 de mayor tamaño.
- **Forma del área tarifada.** Todos los esquemas analizados tienen formas diferentes, incluyen vías diferentes y por lo tanto son área de paso de viajes diferentes.

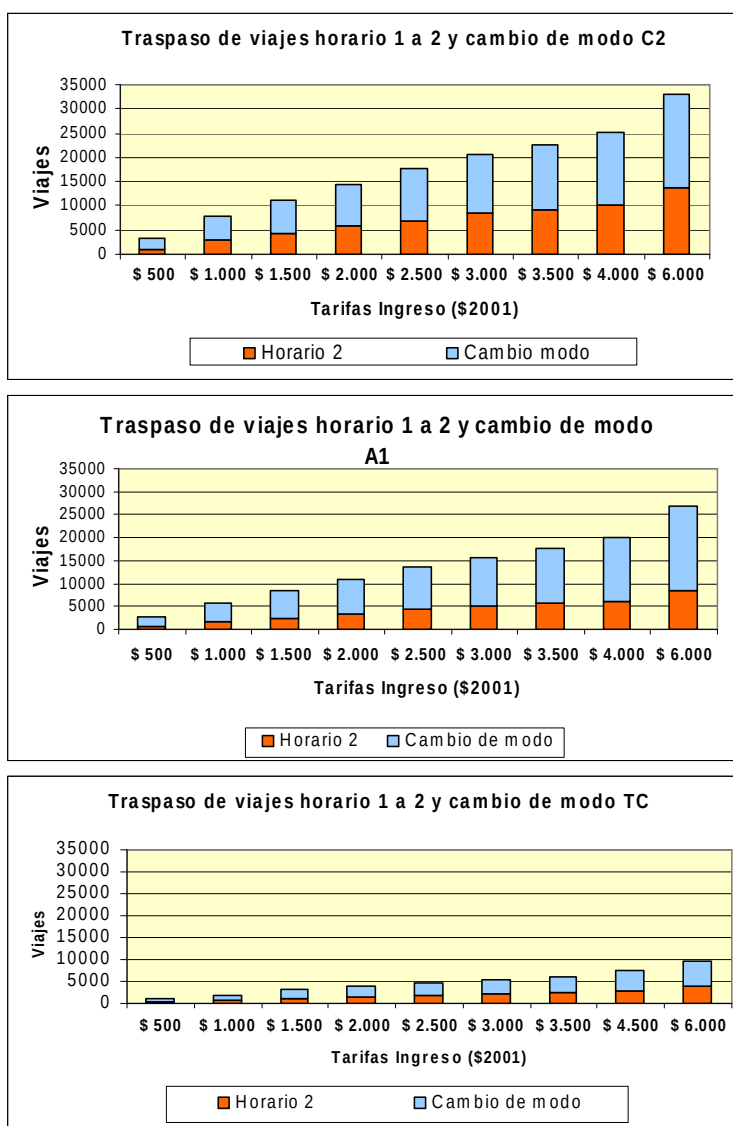
Viajes en auto que dejan de hacerse en el horario 1

Como primera variable a comparar, se presentan los viajes en auto que dejan de hacerse en el horario 1. Parte de ellos se traspasan al horario 2 y otra parte se cambian de modo.

Al revisar los tres esquemas se aprecia que la alternativa TVC2 es la que reduce una mayor cantidad de viajes del horario 1, debido principalmente a que se trata del esquema que abarca la mayor superficie tarifada.

Además se puede apreciar que la proporción de viajes que cambian de horario y de modo es diferente en los tres esquemas. En el esquema TVC2, del total de viajes que sale del horario 1, la mayoría se cambia al horario 2. En los otros dos esquemas en cambio, la mayoría de los viajes que salen del horario 1 se cambia de modo. En el caso del esquema de área 1, esto se debe a que el horario 2 también está tarifado para los viajes que se inician al interior del área.

FIGURA 5-5 TRASPASO DE VIAJES HORARIO 1 A 2 Y CAMBIO DE MODO POR ESQUEMA



Viajes en auto que permanecen en el horario 1

Se hizo un análisis por nivel de ingreso de los viajes en auto chofer que permanecen en el horario 1 para cada esquema analizado. En todas las simulaciones fueron considerados 5 niveles de ingreso, cuyos rangos se muestran a continuación (en CL\$ de 2001):

■ Nivel 1:	0	-	148.226
■ Nivel 2:	148.227	-	296.452
■ Nivel 3:	296.453	-	592.904
■ Nivel 4:	592.905	-	1.185.808
■ Nivel 5:	1.185.809		o más

El valor del tiempo considerado en las simulaciones realizadas, por nivel de ingreso es el que se indica a continuación.

TABLA 5-10 VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO

Nivel ingreso	VST (\$/min)	VST (\$/hr)
1	7	422
2	16	935
3	30	1.782
4	59	3.529
5	154	9.231

CL\$ en moneda de 2001

Esquema TVC2

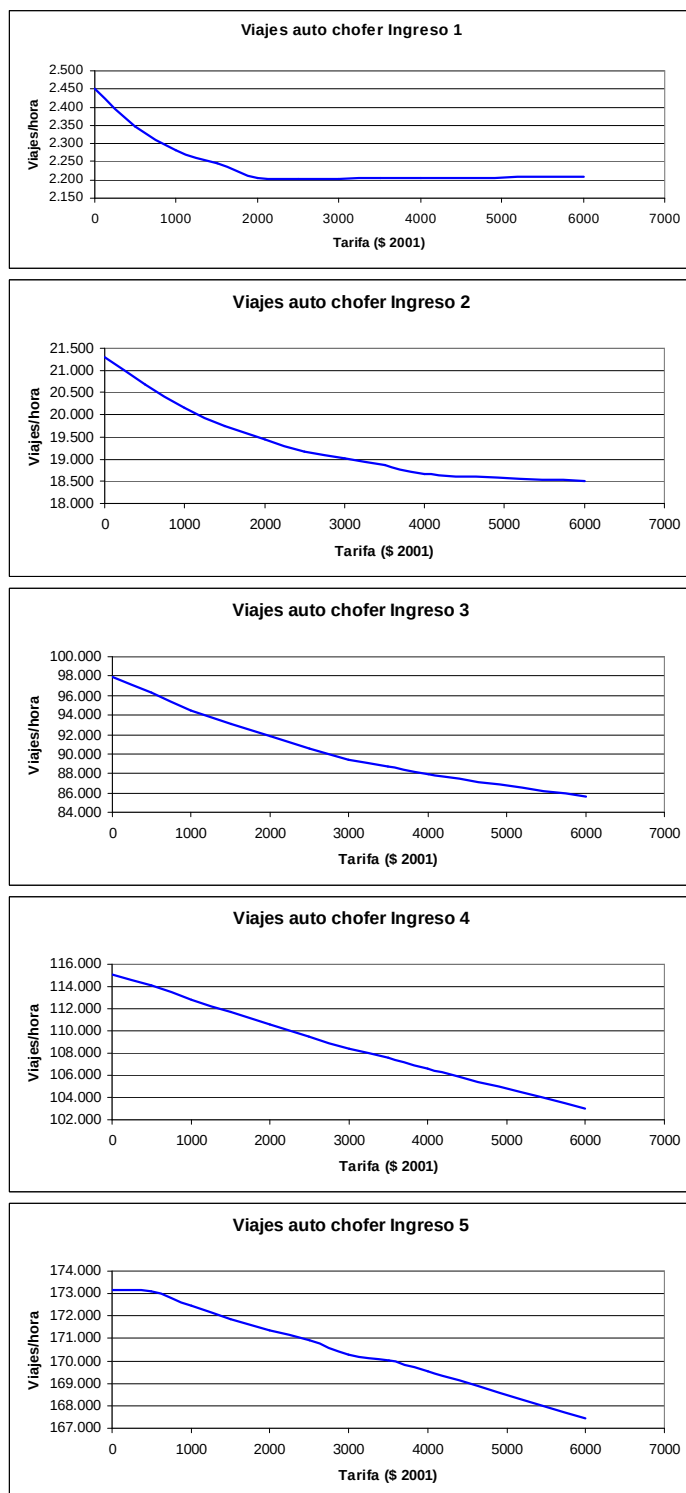
La figura siguiente muestra los viajes en auto chofer, por nivel de ingreso, que permanecen en el horario 1 al aplicar las tarifas del esquema de cordón 2, TVC2.

En la figura se aprecia que los usuarios de nivel de ingreso más bajo dejan de viajar en el horario 1 con las menores tarifas aplicadas. Al llegar a la tarifa de \$2.000, ya han salido del horario 1 todos los usuarios del nivel de ingreso 1. Tarifas superiores a \$2.000 ya no tienen efecto en estos usuarios de menores ingresos, puesto que ellos ya no viajan en el horario 1.

En el caso del nivel de ingreso 2, el segundo nivel de ingreso más bajo, también ocurre lo mismo que en el esquema de área 1. Tarifas superiores a \$4.000 ya no tienen impacto sobre los usuarios de este nivel de ingreso, ya que todos ellos ya han dejado de viajar en auto en este horario al llegar a la tarifa de \$4.000.

En este caso también, en los niveles de ingreso 3 o superiores, se requiere tarifas mayores a \$6.000 para que todos los usuarios de niveles más altos hayan dejado de viajar en auto en este horario.

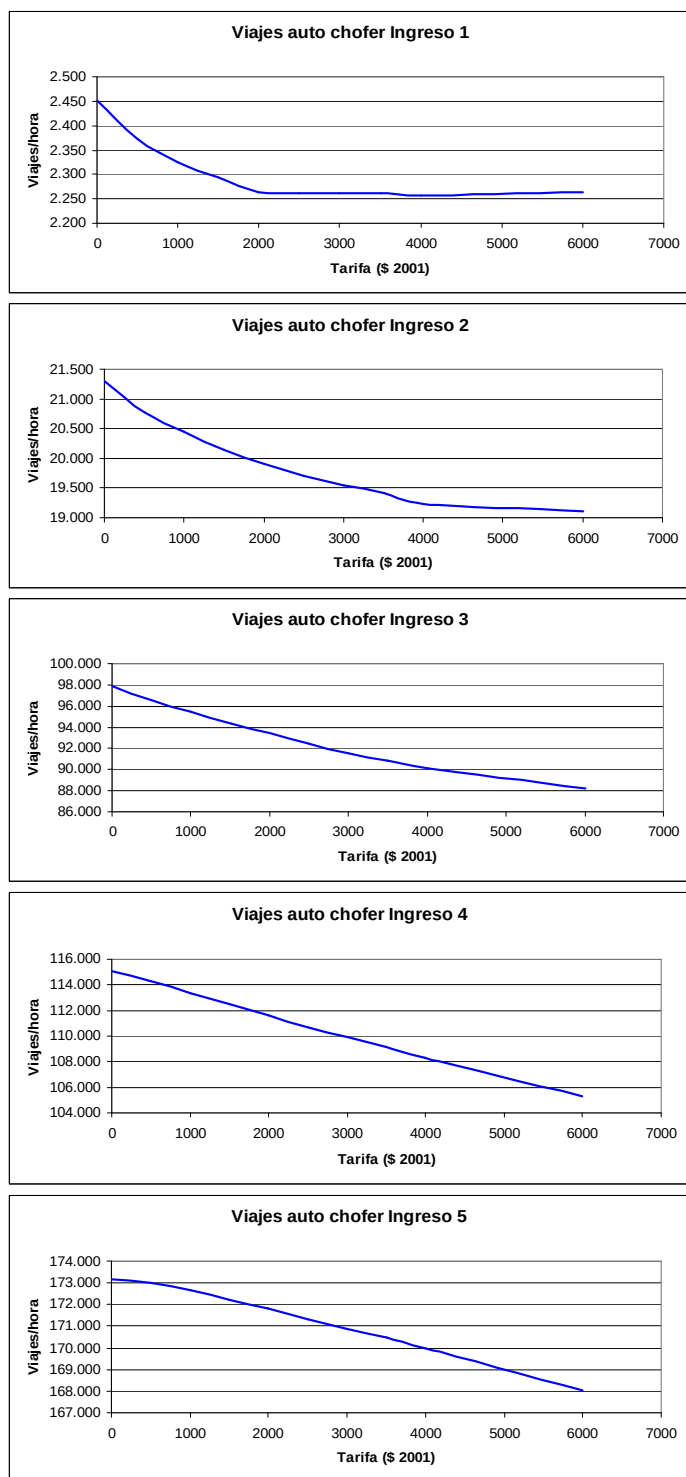
FIGURA 5-6 VIAJES EN AUTO CHOFER POR NIVEL DE INGRESO, TVC2



Esquema TVA1

La figura siguiente muestra los viajes en auto chofer, por nivel de ingreso, que permanecen en el horario 1 al aplicar las tarifas del esquema TVA1.

FIGURA 5-7 VIAJES EN AUTO CHOFER POR NIVEL DE INGRESO, TVA1



En la figura anterior se aprecia que los usuarios de nivel de ingreso más bajo dejan de viajar en el horario 1 con las menores tarifas aplicadas. Al llegar a la tarifa de \$2.000, ya se han salido del horario 1 todos los usuarios del nivel de ingreso 1. Tarifas superiores a \$2.000 ya no tienen efecto en estos usuarios de menores ingresos, puesto que ellos ya no viajan en el horario 1.

La figura muestra todos los viajes en auto del nivel de ingreso 1 en la red, por lo tanto, los viajes que permanecen en el horario 1 para tarifas superiores a \$2.000 son los que no se ven afectados por la tarificación aplicada.

En el caso del nivel de ingreso 2, el segundo nivel de ingreso más bajo, ocurre algo similar, pero la tarifa máxima que algunos de estos usuarios están dispuestos a pagar es del orden de los \$4.000. Tarifas superiores a \$4.000 ya no tienen impacto sobre los usuarios de este nivel de ingreso, ya que todos ellos ya han dejado de viajar en auto en este horario al llegar a la tarifa de \$4.000.

En los niveles de ingreso 3 o superiores, probablemente ocurre lo mismo, pero con tarifas superiores a los \$6.000, por lo cual esto no queda reflejado en las figuras.

En el caso del nivel de ingreso más alto, se aprecia que las tarifas menores tienen poco impacto (la tarifa de \$500 prácticamente no tiene efecto) y a partir de tarifas superiores a \$1.000 recién se empieza a notar un impacto.

Las figuras anteriores muestran que el impacto de un aumento marginal en la tarifa es decreciente, debido a que el universo de afectados es cada vez menor, ya que los usuarios de niveles más bajos dejan de viajar en auto en el período tarificado con los precios más bajos, y al ir aumentando el valor a pagar, sólo permanecen algunos usuarios de los niveles más altos.

Esquema TVTC

La figura siguiente muestra los viajes en auto chofer, por nivel de ingreso, que permanecen en el horario 1 al aplicar las tarifas del esquema de cordón Triángulo Central, TVTC.

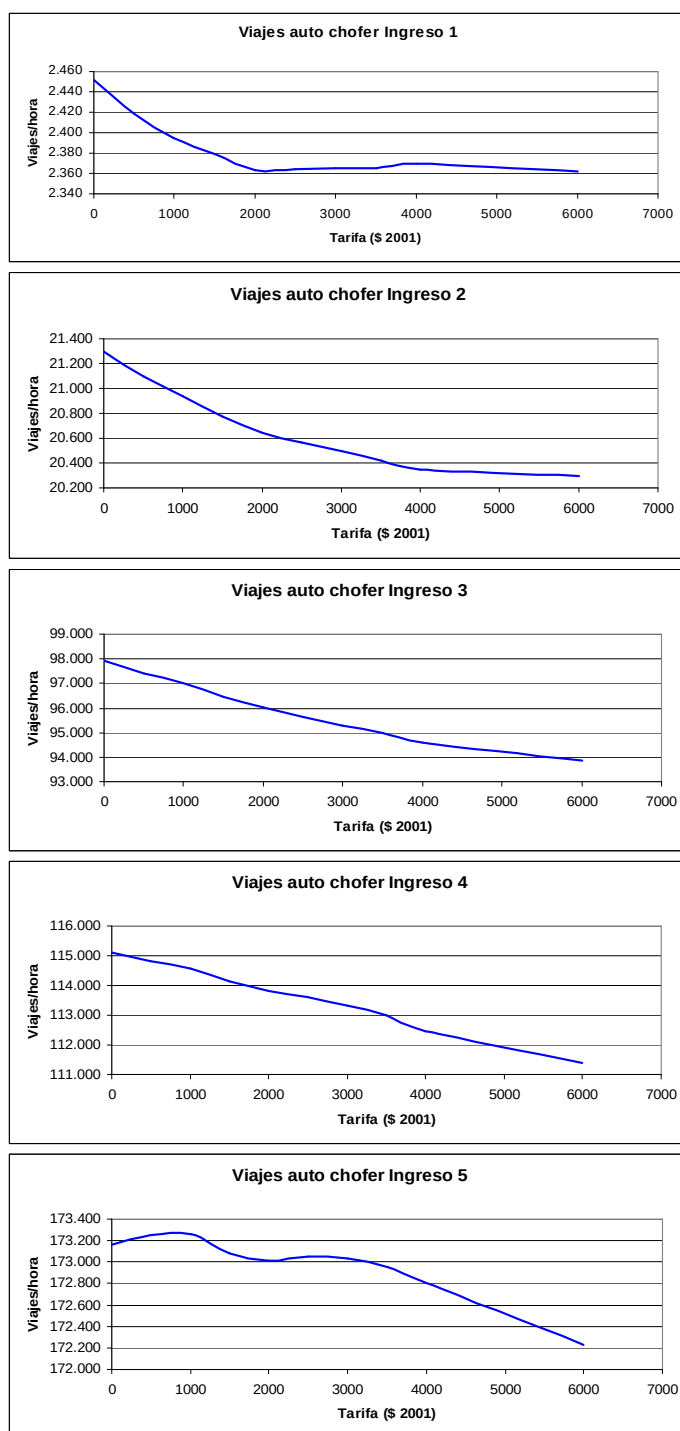
En la figura se aprecia el mismo efecto que en el esquema de área: los usuarios de nivel de ingreso más bajo dejan de viajar en el horario 1 con las menores tarifas aplicadas. Al llegar a la tarifa de \$2.000, ya han salido del horario 1 todos los usuarios del nivel de ingreso 1. Tarifas superiores a \$2.000 no tienen efecto en estos usuarios de menores ingresos, puesto que ellos ya no viajan en el horario 1.

En el caso del nivel de ingreso 2, el segundo nivel de ingreso más bajo, también ocurre lo mismo que en el esquema de área 1. Tarifas superiores a \$4.000 no tienen impacto sobre los usuarios de este nivel de ingreso, ya que todos ellos dejan de viajar en auto en este horario al llegar a la tarifa de \$4.000.

En este caso también, en los niveles de ingreso 3 o superiores, se requiere tarifas mayores a \$6.000 para que todos los usuarios de niveles más altos hayan dejado de viajar en auto en este horario.

En el caso del esquema de triángulo central, se aprecia que para los usuarios del nivel de ingreso más alto, tarifas inferiores a \$3.000 tienen muy poco impacto. Estos usuarios empiezan a evitar el pago de manera importante, recién con tarifas superiores a los \$3.000.

FIGURA 5-8 VIAJES EN AUTO CHOFER POR NIVEL DE INGRESO, TVTC

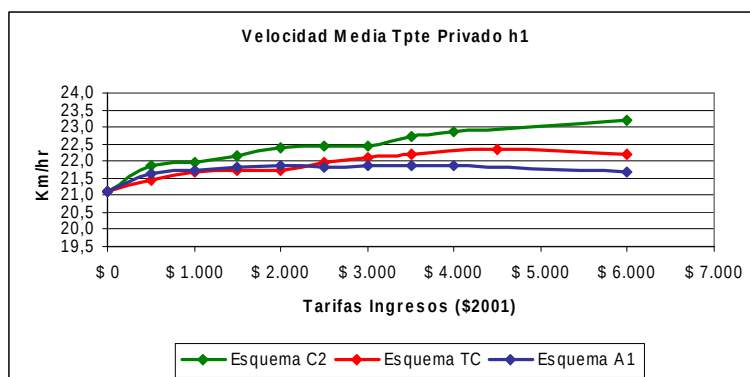


Velocidad media en transporte privado

En el esquema TVC2, la velocidad media del transporte privado sigue aumentando a medida que se incrementa el valor de la tarifa, mientras que para los otros dos esquemas,

la velocidad pareciera haber llegado a un valor máximo donde no puede seguir mejorando. Esto se muestra en la figura siguiente.

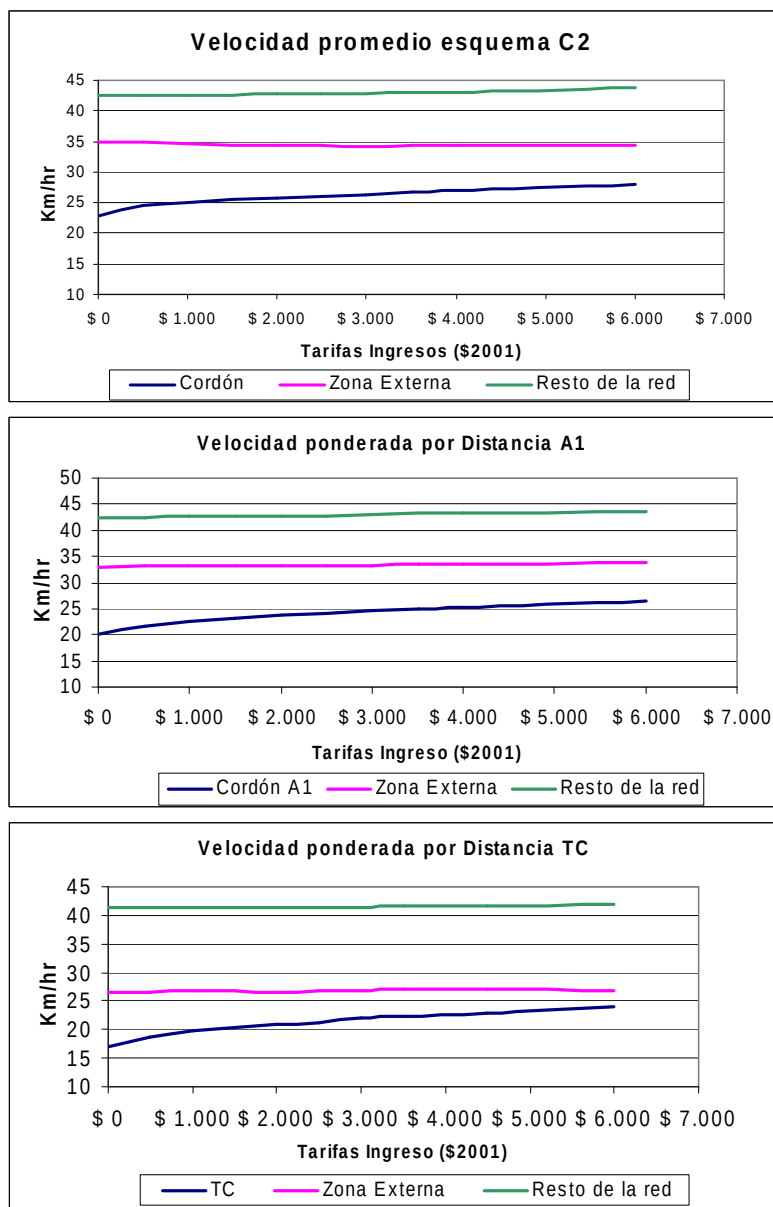
FIGURA 5-9 VELOCIDAD MEDIA TRANSPORTE PRIVADO POR ESQUEMA



La velocidad promedio en este caso se calcula como la velocidad ponderada por la longitud de cada arco que compone el área considerada, para darle mayor peso a los arcos más largos. A continuación se entregan las velocidades por sector, en cada esquema analizado.

En los esquemas de cordón 2 y área 1, la velocidad de la zona externa es mucho mayor que la velocidad al interior del área tarifada. En el esquema de triángulo central en cambio, con la tarifa de \$6.000, la velocidad media al interior del cordón se acerca mucho a la velocidad media en la zona externa.

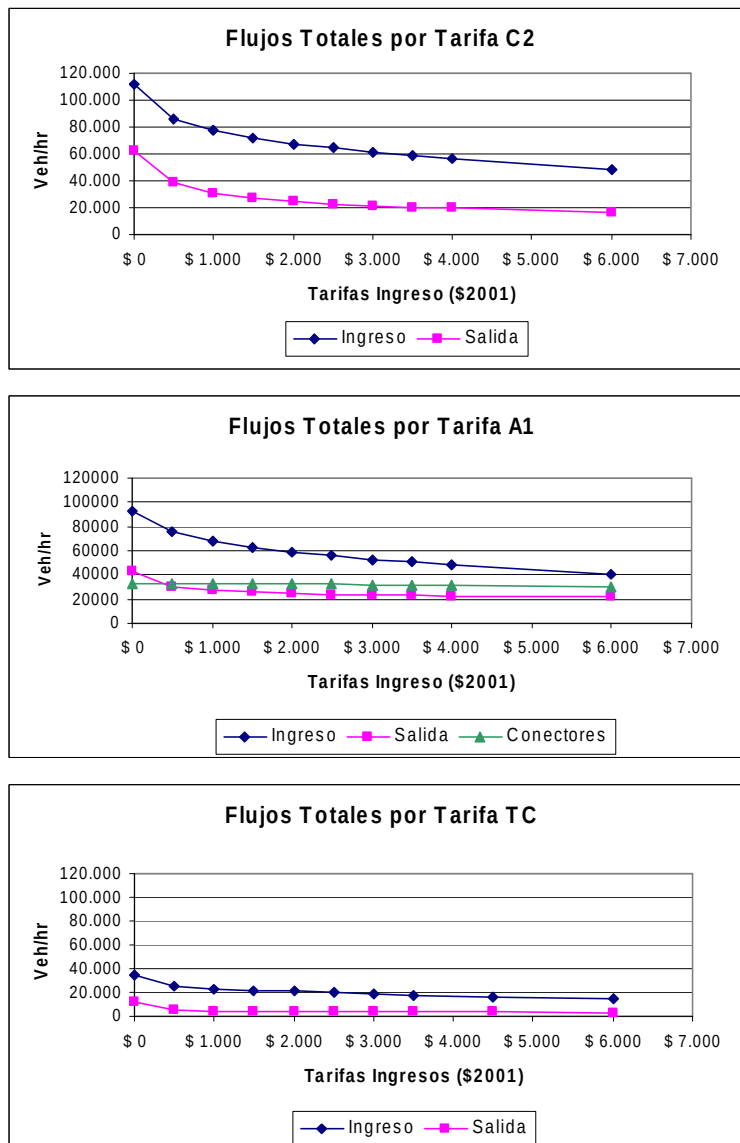
FIGURA 5-10 VELOCIDAD PROMEDIO POR ESQUEMA

**Flujos en arcos tarificados**

En este punto se muestra el flujo total que pasa por todos los arcos tarificados de un esquema.

El TVC2 es el que presenta el mayor flujo en los arcos tarificados debido principalmente, al gran tamaño que posee este esquema, lo que se traduce en un mayor número de arcos tarificados.

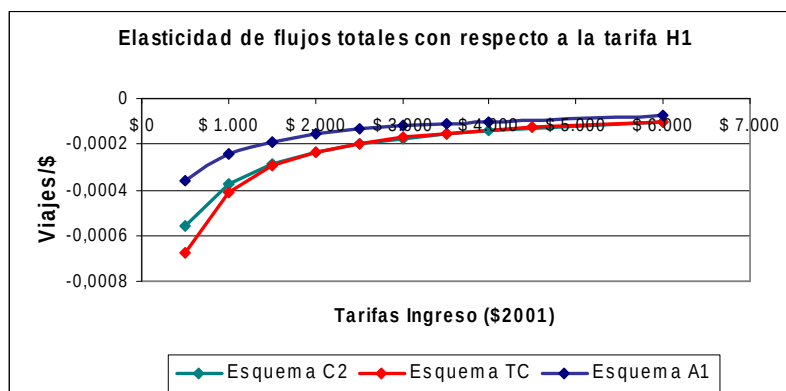
FIGURA 5-11 FLUJOS ARCOS TARIFICADOS POR ESQUEMA

**Elasticidad de los flujos en arcos tarifcados**

A continuación se muestra la elasticidad del flujo total en todos los arcos tarifcados con respecto a los aumentos de tarifa. En cada esquema se tomó la suma de los flujos que pasan por todos los arcos tarifcados, y se calculó la elasticidad de este valor con respecto a las variaciones de tarifa.

Se debe tener presente al analizar esta figura que la suma de los flujos que pasan por todos los arcos tarifcados es diferente en cada esquema. Por esta misma razón, no todas las curvas parten del mismo punto.

FIGURA 5-12 ELASTICIDAD FLUJOS TARIFICADOS POR ESQUEMA



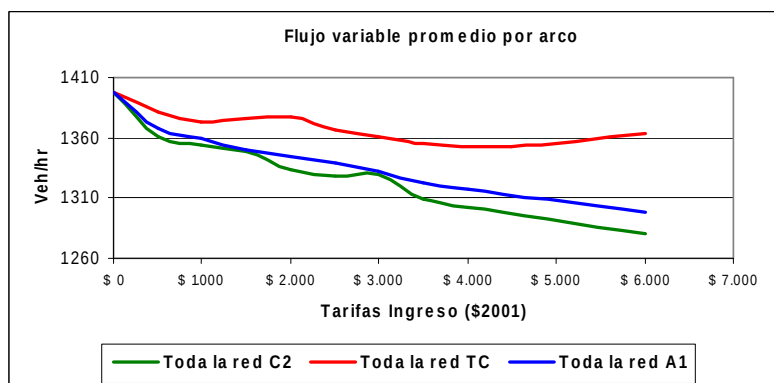
Se observa que tanto TVC2 como TVTC presentan un comportamiento bastante similar desde los \$1500 de tarifa en adelante, en términos de la elasticidad. El esquema TVA1 presenta una elasticidad mucho menor en magnitud. Esto se debe probablemente a la gran cantidad de viajes que quedan con tarifa rebajada y que además no pueden evitar cambiándose de horario.

En las tres curvas se aprecia el mismo comportamiento, importantes cambios hasta los \$2.000-\$3.000, a partir de lo cual la curva se estabiliza.

Flujo variable promedio por arco

Se estimó el flujo de autos promedio por arco, en todos los arcos de la red. Estos se muestran en la figura siguiente, para los tres esquemas considerados.

FIGURA 5-13 FLUJO VARIABLE PROMEDIO POR ARCO POR ESQUEMA

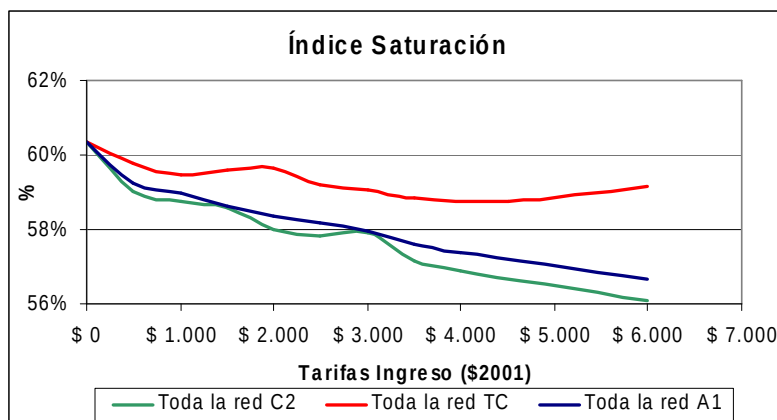


La disminución del flujo variable promedio por arco que se muestra en la figura incluye los viajes que cambian de ruta, los que cambian de horario y los que cambian de modo.

TVC2 presenta la mayor disminución a lo largo del barrido tarifario simulado, le sigue TVA1 y finalmente TVTC, con la menor disminución. Esto es consistente con el tamaño de los sectores tarifcados.

Índice de saturación

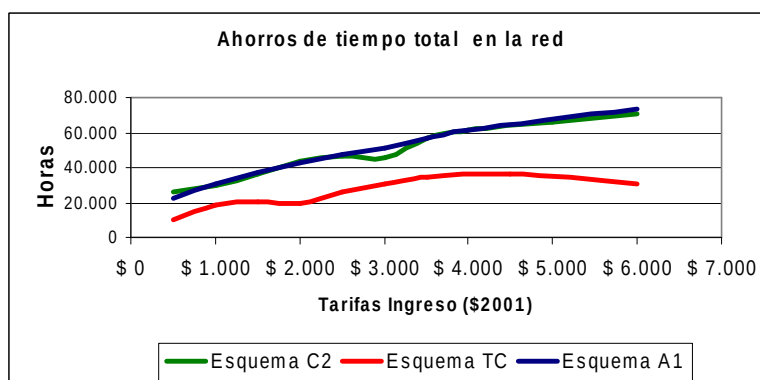
Se calculó un indicador de saturación promedio en todos los arcos de la red, como el flujo total del arco dividido por la capacidad.

FIGURA 5-14 ÍNDICE SATURACIÓN POR ESQUEMA

Al revisar el índice de saturación generado por cada esquema en toda la red de simulación, no se ven grandes impactos. TVC2 presenta el mejor rendimiento disminuyendo desde más de un 60% a 56% para la tarifa de \$6.000. TVC2 y TVA1 presentan un efecto similar con respecto a este indicador.

Ahorros de tiempo

Los ahorros totales de tiempo por esquema corresponden a la suma de los ahorros en transporte público y privado en toda la red.

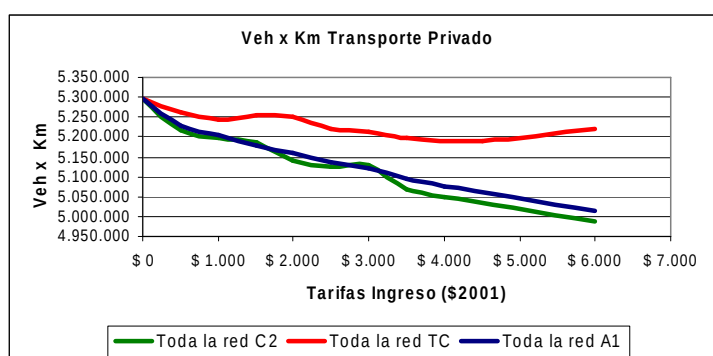
FIGURA 5-15 AHORROS DE TIEMPO POR ESQUEMA

Nuevamente, los esquemas TVC2 y TVA1 tienen un impacto muy parecido en términos de ahorros de tiempo en toda la red. Para tarifas altas, los ahorros con estos dos esquemas llegan a ser cerca del doble del ahorro con el esquema TVTC.

Consumos de distancia

Se estimaron los consumos de distancia en transporte privado como los vehículos por kilómetro recorridos en toda la red durante el período punta analizado. Estos son importantes porque están directamente relacionados con los costos de operación del transporte privado. Los costos de operación del transporte público se suponen constantes debido a que no se hicieron ajustes de frecuencias.

FIGURA 5-16 CONSUMOS DISTANCIA POR ESQUEMA

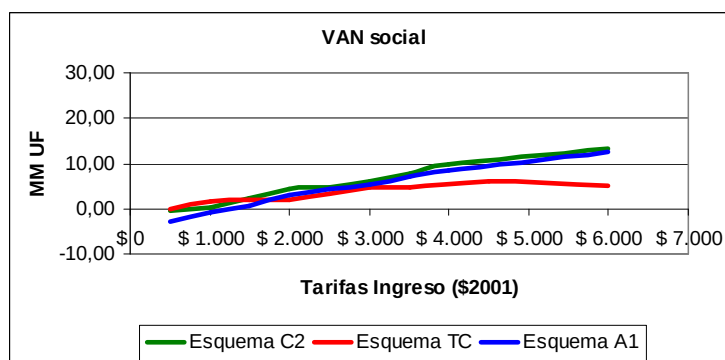


Los esquemas TVC2 y TVA1 se comportan de manera muy parecida con respecto a los consumos de distancia. El efecto en los veh-km del esquema TVTC es mucho menor.

Valor social actualizado neto

Se estimó un VAN para cada esquema. Considerando una vida útil de 20 años con simulaciones en dos cortes temporales (2010 y 2015).

FIGURA 5-17 VAN SOCIAL

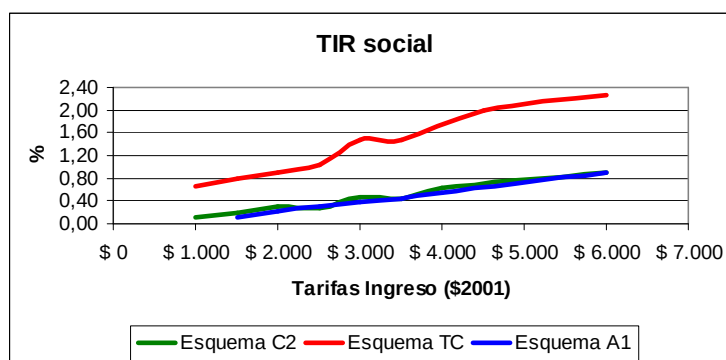


Se puede ver que los esquemas TVC2 y TVA1 muestran valores de VAN similares. Para tarifas inferiores a \$3.000 el VAN es parecido para los tres esquemas. Para tarifas mayores que \$3.000, el esquema TVTC entrega valores mucho menores que los otros dos esquemas.

Tasa interna social de retorno

A continuación se estima la tasa interna de retorno de cada esquema, para todas las tarifas analizadas.

FIGURA 5-18 TASA INTERNA DE RETORNO



En todo el rango de tarifas analizadas, el esquema con mayor TIR es TVTC. Los esquemas TVA1 y TVC2 muestran valores de TIR muy cercanos en todo el barrido tarifario.

Estimación de reducción de emisiones de contaminantes

Sobre la base de los resultados de flujos y velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos en la red de Santiago, que entrega el modelo ESTRASUS, se hizo una estimación de la emisión de contaminantes en cada alternativa de tarificación simulada, así como de la situación base.

El cálculo de emisiones se realiza mediante un modelo de emisiones denominado MODEM, el cual se basa en la metodología empleada por la Comisión Nacional de Medio Ambiente para determinar los Inventarios de Emisión en la Región Metropolitana.

En las figuras a continuación se reportan las variaciones obtenidas para el año 2015 para cada escenario de tarificación considerando dos niveles tarifarios: \$2.000 y \$3.500 respecto a la situación base (sin tarificación vial).

FIGURA 5-19 VARIACIÓN DE EMISIONES ANUALES RESPECTO A LA BASE (TARIFAS \$2.000)

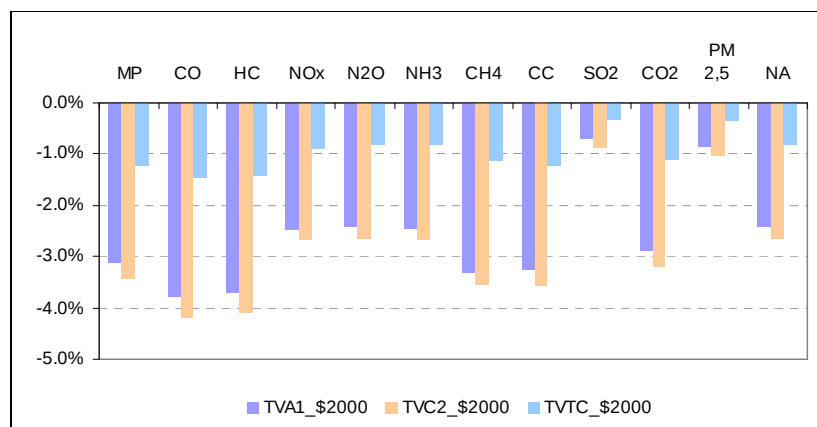
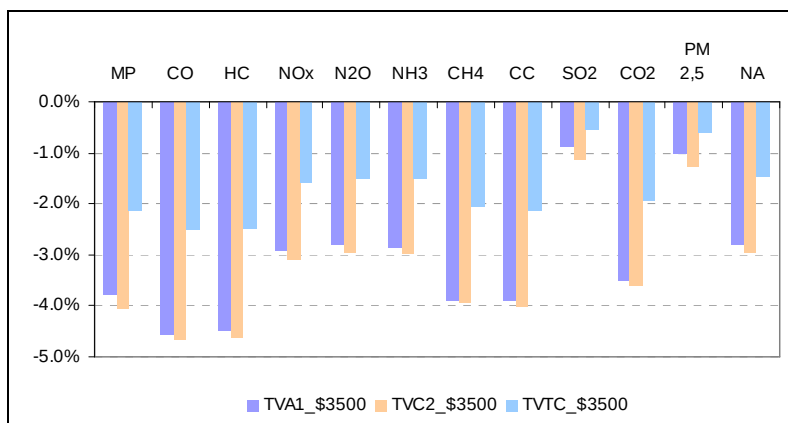


FIGURA 5-20 VARIACIÓN DE EMISIONES ANUALES RESPECTO A LA BASE (TARIFAS \$3.500)



Los resultados muestran que el esquema mayor (TVC2) es el que tiene mayores efectos en la reducción de emisiones, aunque muy parecidos al impacto del esquema de área TVA1, mientras que el esquema de tamaño menor (triángulo central) es el que produce el menor impacto.

Por otro lado, a mayor nivel tarifario, mayor es el impacto en todos los escenarios.

En todos los casos los proyectos de tarificación reducen las emisiones. Los esquemas de tamaño mayor tienen un impacto más importante y el efecto es muy parecido entre los esquemas TVA1 y TVC2.

5.5 Conclusiones del análisis de alternativas definitivas

Se realizaron análisis técnicos, que consideraron la simulación de esquemas de Tarificación Vial por Congestión para la ciudad de Santiago. Éstos se realizaron utilizando el modelo estratégico ESTR AUS, en la modalidad de Partición Modal - Asignación, manteniendo fija la etapa de Distribución de los viajes, según lo acordado con la contraparte técnica. Dicho modelo, permite simular el funcionamiento del sistema de transporte urbano en Santiago, considerando las variables más relevantes y facilita la evaluación del impacto que cambios en la oferta pueden producir en los patrones de demanda. En este caso se midió el impacto que tiene sobre los usuarios del sistema de transporte de Santiago, la aplicación de distintos esquemas de tarificación de vías.

Para cada uno de los esquemas se analizó el impacto que tenía una serie de tarifas (barrido tarifario) sobre distintas variables que permiten medir la efectividad y eficiencia del sistema.

Los resultados en general muestran que las tarifas tienen un efecto importante y creciente a medida que se aumenta la tarifa.

Aunque el esquema TVC2 consigue el mayor aumento en la velocidad media en toda la red, la mayor disminución del flujo variable promedio por arco y la mayor reducción del grado de saturación de la red, los resultados que logra son muy parecidos a los del esquema TVA1.

Los ahorros de tiempo y los consumos de distancia en el nivel de toda la red son prácticamente los mismos con los esquemas TVC2 y TVA1.

En términos de VAN social, TVA1 y TVC2 muestran valores también muy parecidos. La TIR es prácticamente la misma para todo el rango de tarifas analizadas.

Al mismo tiempo el esquema del triángulo central (TVTC), si bien muestra resultados positivos, estos son de un carácter más bien local.

La elección de TVA1 por sobre TVC2 tiene en consideración también los aspectos mencionados por académicos y profesionales entrevistados, en el sentido de privilegiar la aplicación de la medida en los lugares donde se perciba alta congestión para no afectar a mayor número de residentes y locatarios innecesariamente.

Igualmente, los especialistas privilegiaban un esquema de área por sobre el cordón, cuando se trataba de implementar la medida en sectores amplios como es el caso de las áreas A1 y C2, por la mayor equidad en tarificar también movimientos internos que generan igualmente congestión.

Por su parte, los especialistas también preferían TVA1 por sobre TVTC dado que el esquema menor tendría solo impactos locales y de ciudad, lo cual se condice con los resultados de análisis. Luego, la selección del esquema más pequeño sería solamente recomendable como prueba piloto o implementación gradual de un esquema de tarificación, probablemente en conjunto con otros esquemas pequeños.

Creemos recomendable considerar un elemento recogido en las entrevistas a líderes de opinión, respecto de la recomendación de incluir dentro del área de cobro el sector de El Golf, por lo cual el esquema consideraría el TVA1 ampliado, adicionándole el sector entre las vías: Tobalaba- El Bosque, Bilbao, A. Vespucio, Río Mapocho.

5.6 Selección de alternativa para análisis detallado

En síntesis, a partir del análisis de las tres alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago fue posible establecer las siguientes conclusiones:

- En términos de rentabilidad social (VAN) la alternativa Tarificación Vial en Área 1 (TVA1), es la que muestra los mejores resultados
- Los ahorros de tiempo y consumos de distancia a nivel de toda la red son prácticamente los mismos en TVA1 y en la alternativa Tarificación Vial en Cordón 2 (TVC2).
- Si bien TVC2 consigue el mayor aumento en la velocidad media en toda la red, la mayor disminución de flujo variable promedio por arco, la mayor reducción del grado de saturación de la red, los resultados son muy similares a los que se consiguen con TVA1
- TVA1 es de menor cobertura geográfica que TVC2 (con menos locales comerciales y residentes en su interior) pero por su esquema de área tarifica movimientos internos que también congestionan.
- Aunque Tarificación Vial en Triángulo Central (TVTC) muestra resultados positivos, estos son de carácter más bien local

A partir de lo anterior, la recomendación inicial del Consultor fue la selección de la alternativa TVA1, dejando la alternativa TVTC sólo como recomendación en el caso que se quisiese privilegiar una prueba piloto o implementación gradual, según fue recomendado por algunos especialistas consultados (ver entrevistas a académicos y profesionales en Volumen Participación Ciudadana).

Con estos antecedentes, la Contraparte Técnica privilegió los conceptos de gradualidad e implementación piloto que permite la alternativa TVTC.

Cabe destacar que si bien la alternativa TVTC es la más pequeña y con impacto menor en el nivel total de la ciudad, los impactos son importantes en su entorno local, mostrando una reducción importante de los niveles de saturación en la zona tarifada.

Es importante mencionar también que otras ventajas de la alternativa TVTC dicen relación con temas de carácter institucional, dada la mayor facilidad de implementar la medida en la jurisdicción de una sola comuna de la ciudad.

6. Análisis de Tecnologías de Cobro

6.1 Generalidades

En el presente capítulo se describen las distintas opciones de tecnologías para el cobro de peajes en forma electrónica, resumiendo sus características operativas.

Luego, se realiza un análisis comparativo general de las tecnologías de cobro electrónico identificadas frente a distintos atributos de interés, tales como flexibilidad para operación de distintos esquemas de cobro, exactitud, infraestructura necesaria, etc.

Posteriormente se realizará un análisis crítico de cada tecnología frente a la operación en distintos esquemas de tarificación por congestión, numerando las ventajas y desventajas en cada caso.

Finalmente se realiza una evaluación de las tecnologías de cobro para el esquema seleccionado de tarificación por congestión para Santiago en el desarrollo del presente estudio, de manera tal de establecer una recomendación.

En forma esquemática un sistema de cobro necesita de varios elementos, los que pueden ser tratados con una sola tecnología o con una combinación de ellas. Estos elementos incluyen:

- I Un mecanismo de detección que permite descubrir que un vehículo se encuentra en una zona tarifada o que está cruzando un punto de cobro.
- I Un mecanismo de identificación que permite conocer exactamente qué tipo de vehículo ha sido detectado.
- I Una forma de fiscalizar el uso, de modo de identificar infractores y reducir la evasión al pago.
- I Una serie de procesos que permiten asignar el cobro a cada usuario, procesar sus cuentas (si las hay), multas a infractores, etc. Estos procesos reciben el nombre de “**Back Office**” o trastienda.
- I Una interfaz (o varias) con los usuarios para establecer contratos, enviar estados de cuenta, atender reclamos, reponer equipos, etc. Esto recibe el nombre de “**Front Office**” y las interfaces pueden incluir locales comerciales, centros de llamadas, Internet, mensajes de texto de celular, entre otros.

No todos estos elementos se requieren en cada sistema, pero dan una idea de las funciones que es necesario satisfacer con una o varias tecnologías de cobro.

Estos componentes contienen elementos de tecnología pura (hardware), programas computacionales (software), formas de uso (especialmente los Front Office pero también calidad y actualidad de la base de datos de vehículos, proporción de usuarios infrecuentes, eficiencia del sistema legal) y aspectos culturales (respeto por la ley, tendencia a la evasión).

En ese sentido, puede definirse una tecnología en una forma un poco más amplia que de costumbre: como una combinación de hardware, software y formas de uso que opera dentro de un contexto cultural particular.

6.2 Descripción de tecnologías de cobro posibles

Existen varias tecnologías de cobro que han sido utilizadas de una u otra forma en sistemas de carreteras de peaje y/o tarificación vial. Dos de estas tecnologías son muy sencillas: el peaje manual y el uso de etiquetas de papel para el cobro de una licencia complementaria por zona.

El **peaje manual** se ha utilizado en Chile por muchos años y se emplea en los sistemas de tarificación vial de las ciudades noruegas como Oslo y Trondheim. Es muy sencillo pero tiene dos dificultades fundamentales: requiere que los vehículos se detengan para pagar (y a veces recibir vuelto) y por ello las plazas de peaje deben tener múltiples canales o casetas de cobro. Esto requiere de una gran cantidad de espacio público lo que las hace imprácticas en el contexto urbano donde ocurre la mayor parte de la congestión. En el caso de Noruega se cobra en los accesos a las ciudades. El reservar algunas pistas para peaje electrónico permite un mejor uso del espacio y disminuye demoras, pero no elimina el problema. En el peaje manual la detección, clasificación, cobro y fiscalización (con barreras) se hace en el mismo lugar. Por su naturaleza, no requiere de Front ni Back Office, ni la identificación del vehículo o su conductor.

Singapur introdujo un exitoso sistema de Licencia Complementaria para entrar al centro de la ciudad usando simplemente **etiquetas de papel**, con codificación de color, que se fijaban al parabrisas del coche. Esta licencia diaria permitía acceso al centro en un día en particular a ciertas horas (el resto era gratuito). La fiscalización era mediante guardias que inspeccionaban el color y tipo de vehículos en puntos claves de entrada al centro. Los vehículos de alta ocupación quedaban originalmente exentos al pago. La detección, clasificación y fiscalización eran visuales. La Front Office eran diferentes puntos de venta y la Back Office relativamente sencilla, similar a la venta de estampillas o números de lotería. Por sus limitaciones Singapur reemplazó el sistema de etiquetas de papel por uno electrónico en 1997.

Los dos sistemas mencionados no podrían considerarse seriamente para Santiago. Por ello, las tecnologías a analizar son todas más avanzadas. Nuestra revisión internacional ha identificado dos tecnologías que podrían ser candidatas. Estas son las siguientes:

- Cámaras con sistema de reconocimiento automático de placas (OCR)
- Transponders y pórticos con sistema dedicado de corto alcance

Para cada una de estas tecnologías se realizará en la presente sección una descripción de los elementos que la componen, sus características técnicas y procesos de operación.

Otro tipo de tecnología de cobro, como es el caso de GNSS (Global Navigation Satellite System) fue extensamente analizado durante el desarrollo del estudio

llegando a la conclusión de descartarlo entre las alternativas a considerar para Santiago por entre otros, problemas de bloqueo satelital.

Cámaras con sistema de reconocimiento automático de placas

Las cámaras de video para capturar imágenes (equivalente a tomar fotos) de las patentes de los vehículos se instalan sobre cada vía de circulación o en forma adyacente a ésta a aproximadamente 5 metros de altura, instaladas sobre un pórtico o “puente” o en postes al costado de la vía en el caso de calles con una o dos pistas.

Junto a las cámaras se instala un dispositivo de iluminación infrarrojo, ya sea continuo o tipo “flash”, para operar de día y noche, y mejorar la tasa de éxito de las imágenes capturadas.

Estos dispositivos tienen una amplitud de captura de 5 metros a una distancia de entre 25 y 30 metros de la cámara. En general las cámaras se instalan con el propósito de capturar la patente delantera de los vehículos. Adicionalmente es posible instalar otra cámara con una amplitud de campo mayor para capturar la imagen del vehículo completa, necesaria para el seguimiento de infractores.

El sistema de cámaras no requiere la instalación de dispositivos adicionales en el interior de los vehículos, sólo se requiere que posea una placa patente, sobre la cual se tomará una fotografía digital.

La imagen capturada es enviada a un sistema de lectura automática de caracteres de la placa (OCR) para la identificación del vehículo. Este procesamiento puede ser realizado en el mismo lugar junto a la cámara o en un centro de operaciones a varios kilómetros de donde están ubicadas las cámaras. El sistema completo recibe a veces el nombre de Automatic Number Plate Recognition (ANPR). El procesamiento en terreno tiene la ventaja de eliminar todas aquellas imágenes que no sea necesario guardar y, por lo tanto, reducir el envío de imágenes que pesan mucho, evitando potenciales demoras o saturación de la red de comunicaciones.

El software para el reconocimiento automático de patentes es en general desarrollado por los proveedores de la tecnología, sin embargo, existe software disponible en el mercado para operar en cualquier computador personal. El algoritmo consiste en extraer de la foto la parte que contiene los datos de la patente para luego pasar por un algoritmo de reconocimiento óptico o de forma de los caracteres y así entregar un arreglo de letras y números posible. La exactitud en la identificación puede mejorarse al incorporar en los algoritmos algunas reglas de sintaxis asociadas a los tipos de patentes más comunes que se pueden encontrar, como por ejemplo, dos letras y cuatro números en Santiago. La práctica general implica un proceso de revisión manual (confirmación de lectura del OCR) de parte de los operadores del sistema.

El archivo generado con la identificación automática de la placa es comparado con la base de datos de clientes para verificar si el cliente ha prepagado o tiene activada una cuenta para la posterior facturación. En caso de éxito, el archivo con las imágenes es descartado y se registra la transacción.

Toda la información enviada a través de la red de comunicaciones (imagen de patente, imagen del vehículo, información de patente identificada con software de lectura automática, hora y fecha de fotos) es comprimida y encriptada por razones de seguridad.

En caso que no sea posible leer automáticamente la placa-patente o no se pueda calzar la patente identificada con algún registro en la base de datos de clientes, el proceso continúa manualmente con un operador que verifica en primer lugar si la patente fue identificada correctamente utilizando la imagen obtenida. Luego, si ingresada la patente correcta se vuelve a comparar con la base de datos de clientes. Si la patente se ha identificado correctamente pero no se encuentra en la base de datos, el operador envía el archivo con las imágenes incluidas al proceso de seguimiento de infractores.

El número de datos que deben ser verificados manualmente es proporcional al número de usuarios que no desean pagar (infractores) e inversamente proporcional a la tasa de éxito del sistema de identificación automática de patentes.

Los errores en la lectura automática de patente son producto de una diversidad de razones, entre a las cuales se encuentran:

- Mala ubicación de cámara
- Mantenimiento de cámaras (limpieza de lentes)
- Malas condiciones de luminosidad (amanecer o atardecer)
- Estado de las patentes en los vehículos (sucias, rotas)
- Gran cantidad de tipo de patentes (combinación de letras y números)
- Manipulación de las patentes en los vehículos por parte de los usuarios para tratar de representar caracteres distintos (Ej. convertir una 'I' en 'T')

Los errores de lectura se estiman entre el 10% y 30%. En el caso de la tarificación por congestión de Londres el sistema de cámaras tiene una exactitud de entre 80% y 90% y puede alcanzar el 95% bajo condiciones especialmente favorables.

Como se mencionó, el mantenimiento de las cámaras puede incidir en los errores de captura de imágenes. Las cámaras requieren limpieza cada cierto tiempo, dependiendo principalmente de la contaminación ambiental, situación que puede ser de importancia en algunas zonas de Santiago. Típicamente una o dos limpiezas al año son suficientes. Además, el sistema de iluminación infrarrojo requiere ser reemplazado cada cierto tiempo. En particular la versión con “flash” tiene una vida útil de 3 a 5 años. Se requieren además ajustes regulares debido a impactos sobre la infraestructura de montura de cámaras.

En términos generales la implementación de un sistema de cobro mediante cámaras y lectura automática de patentes es interoperable con otros sistemas, ya que sólo se requiere que el vehículo tenga una patente, lo cual es obligatorio para circular. Sin embargo, su uso podría tener algunos problemas menores en Santiago donde se permite circular sin contar con la patente definitiva (patente provisoria) o al menos existe poca fiscalización respecto de este elemento.

Como puede verse, en un sistema basado en la lectura automática de patentes la detección, clasificación e identificación del vehículo se hace a través de cámaras digitales y software apropiado. La fiscalización se realiza al comparar la patente con la base de datos de clientes y se necesita por tanto una extensa Front y Back Office.

Como no hay una señal en el vehículo que indique una transacción, es conveniente indicar sobre el pavimento o mediante portales que se está cruzando un punto o borde de pago.

No se recomienda usar esta tecnología si se trata de cobrar detectando dos o más puntos, por ejemplo si se cobra por distancia entre dos portales. Esto porque dado el nivel de error relativamente alto, éstos se multiplican con el número de observaciones requeridas haciendo el cobro muy ineficiente. El sistema, aún así, es caro de operar por la necesidad de validación manual de infractores y las tasas de falla del ANPR.

Tag y pórtico

El sistema está compuesto por dispositivo llamado “tag”, “transponder” u “OBU” (On Board Unit o unidad a bordo), que se requiere instalar en cada vehículo, para que pueda comunicarse con otro dispositivo instalado sobre la vía o a un costado de ella, llamado “baliza”, “lector” o “RSE” (Road Side Equipment o equipo en la vía). Estos dos equipos se comunican a corta distancia, entre 5 y 30 metros, a pesar que el tag se encuentre en un vehículo que transita a alta velocidad.

Un lector se instala idealmente sobre cada carril de la vía, y se ubica para cubrir una zona de comunicaciones equivalente al ancho de la pista y hasta 30 metros hacia los vehículos que se aproximan. Los lectores (antenas) se montan sobre pórticos construidos sobre la vía.

Los pórticos están conectados con un centro de procesamiento de datos (Back Office) a través de una red de comunicaciones con un nivel de seguridad apropiado para el envío de información personal de los usuarios y de cobro de los peajes.

La cantidad de información que debe ser procesada por el sistema central es proporcional a los niveles de tráfico en cada punto de cobro. En algunos casos es necesario que en algunos períodos punta la información de algunas transacciones se deba acumular para ser procesada en períodos fuera de punta.

El tag debe ser instalado en un lugar visible, o más bien detectable por el lector a través del parabrisas del automóvil. Puede montarse en el parabrisas mismo o en el tablero. Muchos vehículos modernos tienen en el parabrisas una lámina metálica para reflejar el calor, sin embargo, los fabricantes de estos vehículos han incluido una zona especial para la instalación del tag.

Como puede verse, un sistema basado en transponders ejecuta la detección, clasificación e identificación en forma electrónica mediante DSRC. La fiscalización del vehículo y su clasificación se hace mediante imágenes digitales y OCR. Las funciones de Front y Back Office son importantes y requieren cuidadosa consideración.

Esta es probablemente la tecnología más utilizada para este tipo de aplicación, ya sea en carreteras de peaje de flujo libre o, en el caso de Singapur y Estocolmo, para la tarificación vial.

6.3 Análisis comparativo de las tecnologías de cobro

Anteriormente se realizó una descripción de las tecnologías posibles de utilizar para un sistema de tarificación por congestión, en cuanto a sus características técnicas, operativas, mecanismo de cobro y de seguimiento de infractores.

Para comparar las tecnologías mencionadas, incluyendo la implementada en las autopistas urbanas de Santiago y que parece obvio será la base de la tecnología a aplicar en un esquema de TVC en Santiago, se presenta en la tabla siguiente un análisis de cada una de estas tecnologías frente al siguiente conjunto de atributos:

- Infraestructura necesaria en la zona tarifada, equipamiento en los vehículos y el potencial impacto urbano que podrían generar,
- Exactitud en la operación de los sistemas electrónicos,
- Flexibilidad para el cobro de distintos tipos de tarifas, períodos, zonas o ejes tarifados,
- Sistema de cobro para usuarios infrecuentes,
- Seguimiento de infractores.

A pesar de ser recomendable estudiar las tecnologías existentes y disponibles para la tarificación vial, a lo largo del estudio ha ido quedando claro que la tecnología actualmente en operación en las concesiones urbanas en Santiago (tag y pórticos), tiene una ventaja muy importante respecto de las otras tecnologías en términos de cobertura (más de un millón de transponders repartidos en Santiago y alrededores) y aceptación (se reconoce que el sistema en general funciona bien).

TABLA 6-1 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍA FRENTE A ATRIBUTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS

Tecnología	Infraestructura e impacto urbano	Exactitud	Flexibilidad de cobro de tarifas	Complejidades de operación y administrativas	Usuarios infrecuentes	Seguimiento de infractores
Cámaras	Pórtico o poste al costado de la vía en vías menores. Pórticos generan un alto impacto urbano, probablemente inaceptable en muchas vías urbanas. Postes se asemejan a los de electricidad por lo que son menos intrusivos. No requiere de dispositivos al interior de los vehículos, sólo la placa patente.	Fallas de lectura entre 10% y 30%.	Permite clasificación de vehículos a través de información en base de datos. Es posible cobrar tarifas diferenciadas por períodos del día (función del momento en que pasó frente a la cámara). Requiere de infraestructura para cobrar en nuevos puntos (ampliación o modificación), con el consecuente aumento en el costo de inversión y mantenimiento. Permite prepago (habilitando pago en BD) y post pago (permitiendo una ventana de tiempo para el pago después de haber estado sujeto a cobro).	Requiere mucho personal y trabajo administrativo para el chequeo manual de fallas de lectura, errores e infractores	Utilizan el mismo sistema que los otros usuarios.	Al detectar la patente es posible obtener los datos del dueño en el registro nacional de vehículos. Es posible utilizar unidades móviles con cámaras para rastrear los vehículos dentro de una zona tarifada.
Tag	Pórtico (con equipos de clasificación de vehículos) genera un alto impacto urbano. Poste al costado de la vía (sin equipos para clasificación de vehículos), se asemeja a los postes de electricidad, no producen tanto impacto. Requiere de un dispositivo al interior del vehículo para su comunicación en los puntos de cobro. Se podría eventualmente clasificar vehículos usando la información de las cámaras	Fallas de lectura 0.002%	Es posible cobrar tarifas diferenciadas por períodos del día. Se puede cobrar tarifas diferenciadas por tipo de vehículo confiando en la información del tag pero su fiscalización requiere de clasificación independiente, al menos en algunos puntos. Requiere de infraestructura para cobrar en nuevos puntos, con el consecuente aumento en el costo de inversión y mantención. Permite prepago (habilitando pago en BD) y post pago (permitiendo una ventana de tiempo para el pago después de haber estado sujeto a cobro). Permite el uso de sistemas de prepago con tarjeta inteligente (requiere un tag específico).	Requiere el manejo de una base de datos actualizada para facturar a los usuarios.	Requiere sistema adicional de cámaras	Al detectar la patente (cámara) es posible obtener los datos del dueño en el registro nacional de vehículos. Es posible utilizar unidades móviles con cámaras para rastrear vehículos sin OBU.

Tecnología	Infraestructura e impacto urbano	Exactitud	Flexibilidad de cobro de tarifas	Complejidades de operación y administrativas	Usuarios infrecuentes	Seguimiento de infractores
Autopistas urbanas de peaje de Santiago	Pórticos con lectores, cámaras y equipos de clasificación vehicular. Los pórticos no generan impacto urbano comparado con el que generan las autopistas. Se debió instalar tags en la mayor parte de los vehículos de Santiago, distribuido en forma gratuita.	Falla de lectura tag 0.002%. Las transacciones de usuarios infrecuentes son a través de cámaras que chequean el prepago de pase diario, con fallas de 10-30% para esos usuarios.	Es posible cobrar tarifas diferenciados por tipo de vehículo (tamaño, número de ejes) y por período del día (de 30min) y sentido de tránsito asociada en forma independiente a cada pórtico. El cobro es por el paso por el pórtico, a los cuales les fue asociado una distancia. No es posible el cobro por la distancia exacta recorrida por los vehículos.	Generación de una base de datos inicial para distribuir tags a usuarios más frecuentes. Requerimiento de pases diarios superior a lo esperado. Disminución del número de infractores depende de entidades externas a la empresa operadora. Requerirá el reemplazo masivo de dispositivos a los 5 años de su instalación.	Se utilizan las cámaras instaladas en los pórticos para identificar patentes.	Se requiere identificar la patente para informar al juzgado de policía local que tramita una infracción de tránsito. Además la empresa operadora puede perseguir al infractor, estando facultado para cobrar una multa.

6.4 Evaluación y recomendación de tecnología de cobro para TVC en Santiago

La implantación de un sistema de tarificación vial por congestión para la ciudad de Santiago se conceptualiza a base de un esquema de cargos por entrada/salida a una zona geográfica predeterminada. Se han propuesto varias zonas de la cual la zona seleccionada para los análisis más detallados se ha denominado cordón del triángulo central. Se anticipa que este cordón sería una primera fase de una implantación progresiva que eventualmente se expanda a una o más zonas adicionales para responder a las necesidades de reducción de vehículos privados en Santiago.

La zona del triángulo central está delimitada por el Río Mapocho en el norte, la Avenida Alameda en el sur y la vía caletería oriente del eje Norte-Sur completando el triángulo. La zona inicial cubre un área de 2,4 Km².

Anteriormente se ha establecido una comparación de las tecnologías de cobro:

- Imágenes de fotografía/video (utilización de cámaras), y
- Lectura de transponder de radio frecuencia,

En la presente sección se aplica una metodología para la selección de la tecnología más adecuada al caso del esquema de TVC seleccionado para Santiago. El enfoque para esta selección corresponde a una ponderación de diferentes elementos relevantes de cada tecnología de cobro para un esquema de tarificación por zonas.

Para lograr el objetivo anteriormente planteado se ha desarrollado un esquema operativo para la tarificación vial. Este a su vez sirve de punto de evaluación común.

El análisis de selección de tecnología se enfoca a escoger entre un sistema de captura de imágenes o un sistema de lectura de transponder (o uno mixto).

Esquema operativo

El esquema operativo se define como el conjunto de reglas alrededor de las cuales se diseña el sistema de cobro. Estas reglas cubren los requisitos de almacenamiento y procesamiento de data, interfase con el usuario, tipos de usuarios, seguimiento a evasores, escalas de tarifas y horario de tarifas, que en su conjunto establecen los parámetros funcionales de operación del sistema y de los programas de computadora y los dispositivos de medición y procesamiento.

El esquema operativo para la tarificación vial de Santiago debe continuar con reglas similares a las existentes para las concesiones de autopistas, pero atemperadas al cobro por zonas. Esto facilita la aceptación y entendimiento del público en general sobre el nuevo sistema que se introduce.

El replicar algunas reglas operacionales del sistema de concesión de autopistas al sistema de tarificación vial por congestión no implica la adopción implícita de la misma tecnología. El sistema post-pago, pases diarios, notificación de infracciones y gravámenes al registro del vehículos, por ejemplo, son elementos independientes del tipo de tecnología empleada en el campo.

Dimensionamiento

La evaluación de los sistemas está sujeta al tamaño del sistema a desplegarse. En nuestro caso la zona tarifada está concebida para cubrir 34 puntos de cobro con un total de 41 pórticos asociados y un total de 98 pistas a ser monitoreadas.

El cordón total de cobro procesará un peak entre 17.000 y 30.000 vehículos por hora, según los resultados de modelación obtenidos para una hora del período punta mañana del año 2015 a diferentes tarifa base (entre \$6.000 y \$500 respectivamente). Bajo estas condiciones y considerando que el cobro estaría solamente activo en los períodos punta mañana y punta tarde se estarían procesando entre 90.000 y 60.000 transacciones diarias aproximadamente.

Las transacciones relacionadas a intentos de evasión deben fluctuar entre un 2,5% - 3,5% de las transacciones totales (3.000 transacciones diarias aproximadamente). Esto requeriría de dos individuos a tiempo completo para la revisión diaria de transacciones relacionadas con evasión de pago (verificación de imágenes). Por otro lado, la revisión manual de todas las transacciones realizadas diariamente podría conllevar alrededor de 60 personas a tiempo completo, si no se desarrollan sistemas de software inteligentes e integrados.

Aproximadamente el 65% del total de las transacciones corresponderían a autos y el restante a vehículos de mayor tamaño como autobuses y camiones. La velocidad promedio esperada en el flujo vehicular es de entre 20 a 25 km/hr. El sistema empleado debe ser capaz de realizar lecturas desde condiciones detenidas (por congestionamiento vehicular) hasta velocidades de 90 km/hr.

El sistema pudiera estar requiriendo cerca de 41 pórticos para instalar equipo en los puntos de cobro y cerca de 200 cámaras para la captura de imágenes. Equipo como lectores RFID, controladores de carril y transmisores de data tienen una correspondencia equivalente al número de pistas de cobro.

Se recomienda una arquitectura de sistemas de tres niveles generales que abarquen: la conectividad del equipo de campo de cada carril a un controlador local; conectividad de nodos sectoriales para cubrir varios controladores locales; y un sistema central que enlace el equipo de campo, los procesos de trastienda (*back office*) y las interfases con los usuarios.

Esta arquitectura permite reducir la demanda de la bandas de transmisión de datos y puede hacerse progresivamente mayores a medida que se incorporan dispositivos de campo o se interconectan nodos. Los nodos pueden utilizarse para crear varios pasos alternativos de transmisión de datos, lo que reduce la necesidad de incorporar un sistema redundante de comunicaciones.

Evaluación de tecnologías

El proceso de la evaluación de las tecnologías parte los supuestos operacionales descritos previamente y las estimaciones de costos de informes anteriores. De igual forma se incluye el criterio profesional basado en experiencia directa en la adquisición, instalación y operación de sistemas de cobro de peaje.

Se evaluaron 29 criterios que se relacionan con aspectos económicos, operacionales, de ingeniería de sistemas, y sociales. Cada uno de los criterios ha recibido una puntuación

entre cero y cinco para representar cuan adecuadamente o flexible es el sistema en cada uno de los puntos de evaluación. Valoraciones más altas implican mejor cumplimiento o flexibilidad del sistema, por lo que la alternativa a recomendarse será la que sume la puntuación más alta.

Los costos de desarrollo y modificación de software no han sido incluidos dentro del análisis ya que se anticipa sean similares bajo cualquiera de las alternativas, por lo tanto no aportan al puntaje evaluativo. Sin embargo se ha considerado separadamente la integración de las unidades de captura de imágenes (y reconocimiento de caracteres), lectura de transponder y sistema de seguimientos de infractores como una partida separada. Esta puede ser necesaria solo bajo alguna opción.

Los criterios de evaluación considerados se indican en la siguiente tabla junto con las ponderaciones otorgadas a cada uno de ellos.

El puntaje total obtenido para las tres alternativas estudiadas indica que la alternativa más apropiada resulta ser una combinación de transponder y captura de imágenes. Este es un sistema muy similar al empleado actualmente en la concesiones de autopistas urbanas.

Los costos operacionales, lo dificultoso del manejo de volúmenes altos (que está asociado en parte a los costos operacionales) y la falta de redundancia en el sistema para operar en modo degradado hacen de la alternativa de procesamiento por captura de imágenes una menos efectiva. Esto es concordante con recientes desarrollos en la tarificación vial en Londres, donde se anticipa que para entre los años 2010 y 2012 se esté realizando el cobro de tarifa por transponders principalmente.

Por otro lado, el emplear transponder únicamente para el proceso de reconocimiento y lectura de vehículos adolece de un elemento definitivo de control de evasores. Los sistemas de peaje en autopistas que no cuentan con seguimiento de evasores por medio de cámaras, optan por la instalación de barreras físicas para no permitir el paso hasta que el pago (electrónico o manual) se haya realizado. Esto no es una práctica viable para el entorno urbano y alcance que tendrá el sistema de tarificación por congestión en Santiago.

El sistema de transponder a no contar intrínsecamente con un método de control de evasores resulta inoperante. Cabe señalar que el poco margen que existe entre la evaluación de la alternativa de captura de imágenes (101 puntos) a la de la alternativa de transponder solamente (92 puntos) debe verse con suspicacia, ya que la falta de un sistema de seguimiento a evasores debe ser suficiente para descartar su aplicación según planteada.

TABLA 6-2 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COBRO

		Tecnología Propuesta		
	Matriz Evaluativa de Cumplimiento Especificaciones Sistema de Tarificación Vial Santiago de Chile	Captura de Imágenes (cámaras)	Lectura de Transponder	Combinación (imágenes y transponder)
	Criterio Evaluación	Ponderación (0 - 5, 5 es cumplimiento cabal)		
1	Vida de servicio	3	2	5
2	Instalación	4	2	3
3	Mantenimiento	4	3	2
4	Reemplazo	4	5	5
5	Modificaciones al sitio ubicación	3	3	3
6	Sistema de comunicaciones	2	4	3
7	Madurez y sofisticación de la aplicación	4	5	5
8	Manejo de volúmenes altos de transacciones	2	5	5
9	Arquitectura de sistemas	4	3	4
10	Costos capitales	4	2	2
11	Costos operacionales	1	3	3
12	Nivel de captura	2	4	5
13	Confiabilidad de captura	4	5	5
14	Disponibilidad de servicio	3	4	5
15	Operación en modo degradado	0	0	5
16	Distintos tarifas o esquemas de cobro	3	5	5
17	Distribución / Acceso a usuarios	5	0	4
18	Distintas clasificaciones vehiculares	3	5	5
19	Definición de múltiples usuarios	3	5	5
20	<i>Sistema de seguimiento a evasores</i>	5	0	5
21	Facilidad seguimiento de evasores	4	1	4
22	Controles ambientales	4	3	5
23	Disponibilidad de suplidores	5	3	4
24	Privacidad del usuario	3	4	4
25	Justicia social	5	0	3
26	Especialización de software	5	3	3
27	Facilidad de integración a sistema existente	5	5	4
28	Expansibilidad	3	4	3
29	Aplicaciones adicionales	4	4	5
	Puntaje Total	101	92	119

6.5 Conclusiones del análisis de tecnologías de cobro

Se desarrollaron criterios de evaluación para distintos aspectos de funcionamiento de las tecnologías, resultando la combinación de transponder con sistema de captura de imágenes la alternativa más apropiada (y que es además la que opera en las concesiones urbanas).

Un sistema de transponder sin un método complementario para seguimiento de evasores, no dispone de herramientas para lograr cumplir los objetivos de la tarificación vial por congestión. Un sistema de captura de imágenes (cámaras) por sí sólo no cuenta con el nivel de captura adecuado y puede resultar de intensa demanda de personal para lograr aumentar los niveles de captura y reconocimiento de caracteres de las placas patentes.

El emplear un transponder en combinación con las cámaras permite reducir sustancialmente las operaciones de trastienda para la revisión y corrección de lecturas automáticas de sistema de procesamiento de caracteres. Esta combinación es redundante en la captura (por lo que aumenta su confiabilidad), reduce los costos operacionales y aumenta la fiscalización. La penetración de cerca de un 95% de los autos en Santiago con el sistema de transponder facilita la expansión hacia el cobro por congestión planteado.

Se presentan recomendaciones que son de beneficio para la implantación y operación del sistema de tarificación vial por congestión según planteado. Estas son:

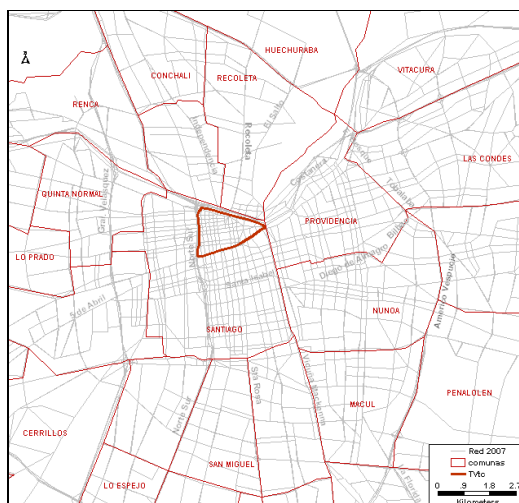
- El sistema de seguimiento a evasores será tan bueno como la base de datos del sistema de registro de placas patentes. Deben tomarse medidas continuas para mejorar y actualizar la base de datos.
- La tarificación vial tendrá nuevos usuarios. La distribución del transponder a usuarios frecuentes reduce el número de transacciones realizadas por reconocimiento de caracteres.
- Integración del sistema de captura de imágenes la identificación del transponder. La placa patente y el transponder pueden ser pareados. De esta manera se aumenta la fiscalización y se asegurarse que el transponder está en el vehículo que tiene que corresponde.
- Crear programa de monitoreo para detectar puntos débiles de captura o modificaciones en tarifas u horarios.
- Correr el sistema en tarifa \$0.00 por un tiempo en lo que las personas reconocen el sistema y su funcionamiento, de igual forma se utiliza el periodo para levantar una base de datos y se rastrean los vehículos entrando y saliendo.
- Un periodo libre de costo para aquellos que instalen transponder, y a los que no lo tengan se les cobra la tarifa completa correspondiente.
- Limitar la clasificación de vehículos a lo asignado por transponder o registro de placa patente. Si se hace dimensionamiento en campo según sistema de detección aumenta la complejidad y costos.
- Implantar software que este completamente integrado entre las lecturas de sistema de reconocimiento de caracteres, transponder y sistema de seguimiento de evasores.

7. Análisis Complementario de la Alternativa Seleccionada

7.1 Descripción de la alternativa seleccionada

Esta alternativa corresponde a un esquema del tipo cordón en la zona que se denomina Triángulo Central ubicado en la comuna de Santiago Centro.

FIGURA 7-1 ALTERNATIVA SELECCIONADA: TRIÁNGULO CENTRAL



El esquema considera tarificación en los arcos de entrada y salida del cordón, si bien se considera que en la punta mañana la tarifa de salida sería en promedio 0,44 veces menor que la de salida, proporcional a la relación de los flujos de ingreso y salida en ese período, y viceversa en la punta tarde. Las principales características del esquema, si bien se indicaron anteriormente, se resumen a continuación.

TABLA 7-1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

	Elementos	Características
Límites físicos	Norte: Río Mapocho	Puntos de cobro se ubican en los puentes, es decir Santa María queda fuera del cordón.
	Sur: Av. Alameda	Puntos de cobro se ubican al Norte de Av. Alameda, por lo tanto ésta queda fuera del cordón
	Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente	Puntos de cobro se ubican al Poniente de la Caletera Poniente, por lo cual ésta queda excluida del cordón
Área y Hogares	Área al interior de TVTC	2,4 km ²
	Hogares al interior de TVTC	10.767
Límites Horarios	Periodo Punta Mañana	7:30 - 10:00
	Periodo Punta Tarde	18:00 - 20:00

7.2 Impacto urbanístico

En el contexto de las principales ciudades en el mundo, que han adoptado medidas para reducir la congestión vehicular y dinamizar sus áreas centrales con la implementación de medidas de Tarifificación vial, se han identificado y valorado los principales impactos urbanos que dichas medidas significan.

Los alcances del presente encargo, se orientan a desarrollar ajustes referidos a la categorización de los posibles impactos y medidas que pueden adoptarse en el marco de los proyectos de Tarifificación Vial, estas servirán a futuro de base para la aplicación y desarrollo en plenitud de alguna metodología de evaluación de impactos urbanos.

Para obtener una primera aproximación de los posibles efectos e impactos en el medio urbano, se consideró como fuente de referencia las opiniones vertidas mediante entrevistas realizadas en el contexto del presente estudio a los siguientes especialistas/expertos en desarrollo urbano:

- Entrevista Pablo Allard - Urbanista Pontificia Universidad Católica de Chile, del 02/06/2008.
- Entrevista Alberto Montealegre - Presidente Colegio Arquitectos, 2/06/2008.
- Entrevista a Francisco Sabatini, 2/07/2008
- Entrevista a Juan José Bas, 20/07/2008

Se identifican a continuación, los siguientes atributos diferenciando aquellos valorados como positivos respecto de los negativos en los temas de desarrollo urbano integrado, dinamización y competitividad del área central de la ciudad respecto a la emergencia de otros distritos con centralidad de negocios y comercio, a los efectos generados en las zonas de borde, y los de carácter medio ambiental por las alteraciones en los flujos vehiculares particulares como impacto directo que derivan de dichas iniciativas públicas de tarifificación vial.

Los impactos positivos al desarrollo urbano detectados por efecto del proyecto de tarifificación vial se clasificaron en las siguientes categorías:

- Promoción del desarrollo urbano integrado
- Centro urbano dinámico y competitivo
- Cambios de uso en zonas de borde
- Mejoramiento medio ambiente urbano

Los impactos negativos al desarrollo urbano detectados por efecto del proyecto de tarifificación vial se clasificaron en las siguientes categorías:

- Conflictos con el desarrollo integrado del sistema urbano.
- Conflictos por intensidad de ocupación del suelo
- Conflictos por efectos en zonas de borde

Se realizó posteriormente una evaluación de los impactos detectados por parte de tres especialistas del equipo consultor⁵³, concluyendo en una evaluación final en cada caso. Para la evaluación de los atributos asociados a procesos del desarrollo urbano se consideraron tres categorías de valor: Impacto Significativo, Neutro o Bajo.

Como resultado de la evaluación fue posible deducir que los efectos de mayor significancia positiva del proyecto tarifación guarda relación con la gestión de tránsito, la reducción de los efectos directos de la congestión vehicular y en particular, el incremento de modos alternativos de transporte. Se reconoce gran significancia a los efectos tanto positivos como negativos que puede llegar a tener los cambios en la demanda de estacionamientos en las zonas afectas a tarifación como en aquellas de borde.

Los efectos negativos del proyecto de tarifación, se pueden hacer más evidentes en las zonas de borde como resultado de la alteración del patrón de desplazamiento al interior del área de influencia directa.

Las zonas de borde pueden sufrir los efectos de deterioro del incremento o invasión del espacio público en demanda de estacionamiento de no existir medidas que consideren el control de las zonas de aparcamiento.

Especial atención puede tener la habilitación de aparcaderos en terrenos privados, los cuales puede ser despejados desplazando las edificaciones quedando terrenos eriazos con alto deterioro de la imagen urbana y efectos negativos sobre predios colindantes por emisiones y ruidos molestos.

La tarifación y el consiguiente cambio en las condiciones de flujo, tiene impactos directos sobre las áreas comerciales, generando atractores y detractores inmobiliarios dependiendo del área de mercado y la especialización socioeconómica al que está orientado. En este contexto, es posible reconocer que aquellas unidades comerciales que se sustentan como parte importante de la demanda en los automovilistas, pueden ver mermada su participación comercial dependiendo de la localización, en esta categoría se encuentran las estaciones de servicios, los *strip center*, farmacias, supermercados, ferreterías y las tiendas de *retail* que en la actualidad cuentan con un área de mercado homogénea y en el futuro tendrán un área de mercado segmentada; vale decir, el residente que habita en un área de borde fuera del perímetro de tarifación va a tener desincentivos para acceder al supermercado que se encuentra al interior del área de tarifación, lo cual limita su competitividad.

El comercio menor o el comercio especializado, al no depender de la oferta de estacionamientos no se verán mayormente afectados, salvo por los procesos de relocalización de actividades que pueda generar el cambio de las condiciones de accesibilidad. Sin embargo en el país no existen antecedentes para evaluar efectos

⁵³ Los especialistas que realizaron la evaluación forman parte del Equipo Consultor de la presente Asesoría, aprobado por la Contraparte, y corresponde a los Socios Directores de la empresa Habiterra S.A., firma especializada en estudios de desarrollo urbano, con más de 10 años de experiencia en asesorías y estudios de consultorías. Dichos profesionales son: Pablo Guzmán M., Arquitecto Magíster en Urbanismo; Isabel Zapata, Arquitecta y Diego Ávila, Arquitecto.

comerciales en las áreas de mercado, lo que no implica que se pueda desarrollar y aplicar alguna metodología al respecto.

Finalmente se indicaron un conjunto de medidas de mitigación y recomendaciones por ámbito de acción destinadas a minimizar los efectos urbanos de la implementación de la tarificación vial en los siguientes ámbitos:

- I Gestión urbana- Rol de la Institucionalidad Pública
- I Evaluación
- I Económico
- I Regulación o Planificación urbana del área tarifcada.
- I Mejoramiento de Espacios Públicos Proyectos urbanos
- I Compensaciones según afectaciones diferenciadas a los usuarios/ visitantes y residentes
- I Marketing Urbano

7.3 Aspectos relacionados a la implementación

En lo que respecta a la etapa de implementación, en esta sección se resumen los principales aspectos que a juicio del Consultor, a partir de la revisión bibliográfica y de práctica internacional realizada previamente, debería tener en consideración el proyecto de tarificación vial para Santiago.

Estos aspectos han sido clasificados en dos ámbitos:

- I Institucionalidad
- I Comunicación pública

A continuación se desarrollan las recomendaciones para los aspectos a considerar en la implementación del proyecto en cada uno de estos tres ámbitos

Institucionalidad

Una de las primeras tareas a definir para la implementación de una medida de tarificación vial para Santiago, dice relación con la institucionalidad requerida para liderar el desarrollo de este proyecto.

Más allá del nombre de la unidad se entiende que se trata de una entidad con las atribuciones y recursos necesarios para llevar adelante un proyecto de tal envergadura que debiese contar con un equipo profesional con el único objetivo de diseñar e implementar la medida.

Entre las tareas de esta unidad en la etapa de diseño estarían:

- I El desarrollo de los procesos de cambios legales que se requieren para una implementación efectiva de la medida.
- I La relación con el MOP que administra el Registro Nacional de Usuarios de Telepeaje para la interoperabilidad del sistema de cobro que implementaría TVC

con el actualmente utilizado por las concesiones viales urbanas. En este ámbito caerá también la definición del valor del Pase Diario, que actualmente también es único e interoperable entre todas las concesiones urbanas, y que está destinado a aquellos usuarios que no poseen televía (infrecuentes, no residentes en Santiago).

- I La ejecución o licitación de tareas que se decidan traspasar a privados relativas a:
 - I Anteproyecto detallado
 - I diseño, implementación y/o mantención del sistema de cobro
 - I diseño, implementación y/o mantención de señalización y demarcación asociada al esquema de TVC
- I La comunicación pública
- I La evaluación *a priori* de los indicadores de congestión en el sector en que se implementará TVC

Entre las tareas de esta unidad en la etapa de implementación estarían:

- I La fiscalización del sistema
- I La evaluación *a posteriori* de los indicadores de congestión en el sector en que se implementará TVC
- I La comunicación pública

Comunicación pública

Este ámbito se refiere a la necesidad de desarrollar una Estrategia Comunicacional a la opinión pública específica para el proyecto de tarificación vial.

Esta estrategia comunicacional debería contemplar dar respuesta a las principales aprehensiones de la población.

En este sentido, y según los antecedentes recogidos en la presente consultoría es posible afirmar que, desde la perspectiva de los usuarios de auto y locomoción colectiva, la medida de TVC mejoraría su aceptabilidad si:

- I No fuese una medida única que se perciba como “medida parche” o la incapacidad a resolver los problemas de otra manera. Anunciar entonces TVC en un paquete de medidas sería una mayor alternativa. En general, se recomienda que dichas medidas ofrezcan alternativas al auto.
- I Su implementación estuviese condicionada a la provisión previa de un servicio de transporte público que sea una real alternativa para el actual usuario de auto, además de poder acoger la demanda adicional generada. Esto sugiere el condicionamiento de la implementación de TVC a un servicio de transporte público de mejor estándar al que se dispone actualmente en Santiago.
- I Fuese transparente en la recaudación de fondos y uso de los mismos. Por lo que un reporte continuo de estos antecedentes abierto a la opinión pública sería valorado.

- Pudiesen verificarse sus resultados. En este caso, un sistema de medición *a priori* y *a posteriori* sería beneficioso para mostrar la evolución de distintos indicadores: índice de saturación (congestión), velocidades promedio, viajes por modo, entre otros.

De la investigación desarrollada en el presente estudio se deduce también que la medida debe ser posible de comunicar de manera clara a la ciudadanía para una adecuada comprensión de la misma. El diseño del esquema debe permitir entonces esta situación. Creemos en este sentido, que el esquema pre-seleccionado de tipo cordón facilita esta tarea.

La percepción de una medida fácil de entender, involucra además de una clara comunicación del esquema con su consecuente contenido de tarifas, horarios, sentidos de cobro, etc. al sistema de cobro propiamente tal y la factura final al usuario, aspectos en los que la tecnología de cobro y el proceso de *back-office* (temas tratados anteriormente) que se seleccionen o diseñen tienen directa relación.

Igualmente será importante también que la medida se comunique inicialmente con su condición de gradual y flexible, para facilitar cualquier posible modificación posterior ya sea en términos de ubicación, horarios y/o tarifas.

Será importante también la definición de una identidad y marca de esta medida, así como de la señalética asociada para una implementación efectiva.

Una Estrategia de Comunicación para la TVC en Santiago debería asegurar la entrega de información simple, clara y oportuna a los distintos grupos usuarios y no usuarios. Para ello, es fundamental se solucionen anticipadamente las necesidades de **denominación**, **identidad de marca** y **nomenclatura**, de modo de contar con éstas como herramientas que aseguren la consistencia y certeza del mensaje.

Las propuestas de TVC ha demostrado ser medidas de compleja aceptación por parte de la ciudadanía. Debido a esto, es importante que la **denominación o marca** refleje cuál es el sentido y la razón detrás de esta. Es recomendable que las definiciones “cobro”, “cargo” o “pago” ser contextualizadas por los beneficios y externalidades positivas que otorgan, utilizando conceptos tales como “congestión”, “descontaminación”, “saturación”, “ambiente” y “tráfico”, entre otros.

Asimismo, existe una oportunidad utilizar la denominación para entregar referencias geográficas, tales como “Santiago”, “urbano”, “centro” o “central”, siempre tomando en cuenta que el área o cordón puede variar en sus límites.

El término más expandido para TVC deriva del caso londinense del *congestión Charge* (cargo por congestión), también denominado *congestión Tax* en Norteamérica. Otras medidas específicas, tales como la *Low Emission Zone* (Zona de baja emisiones), también en Londres, no incorporan el concepto de cobro, sino que apela directamente al beneficio medioambiental.

Ejemplos locales son la *Tarifa de saturación* de las autopistas urbanas o el *Sello verde* de los vehículos con convertidor catalítico. Interesante es el caso de la *Restricción vehicular*, la cual no apela al sentido original de la medida (descontaminación), sino que a su carácter restrictivo. Equivalentes latinoamericanos, tales como el *Pico y placa* colombiano y el *Hoy no circula*

mexicano ponen énfasis en familiarizar a la ciudadanía con la medida utilizando un lenguaje coloquial.

La identidad visual es la manifestación física de una marca. Por lo general incluye un logotipo del nombre o denominación de la entidad, complementado con elementos gráficos tales como iconos, tipografías y colores que la hacen distinguible y, en la medida de lo posible, única. Tiene como objetivo comunicar los valores y el espíritu de la marca de modo consistente a través de sus posibles aplicaciones.

La Estrategia de Comunicación debe definir cuál es la arquitectura o relación de la marca con las entidades que la presentan, promueven, endosan, administran y aplican. Organismos públicos y privados se van a relacionar en mayor o menor medida con ésta, y es importante considerar cómo se balancea la presencia de estas marcas respecto a la marca de la TVC.

Las aplicaciones de la identidad visual deben considerar elementos de marketing, difusión e información, tanto en medios físicos como digitales. Dentro de los medios físicos podemos contar todo tipo de impresos, señalización y demarcaciones. Dentro de los medios digitales se deben considerar tanto las aplicaciones comunes de pantalla (Internet, e-mails), como medios digitales de menor resolución tales como teléfonos celulares y luminosos de información dinámica, tales como pantallas LED.

Debido a lo anterior es recomendable que la identidad visual, en particular el logotipo, se mantengan simples, tanto en forma como en colorido. La aplicación en señalización (tanto en letreros verticales como en demarcaciones), requiere idealmente de iconos que utilicen formas geométricas básicas o poco complejas, así como mesura en el uso del color, privilegiando la utilización de uno o dos colores de fácil reproducción.

FIGURA 7-2 EJEMPLOS DE IDENTIDADES DE ESQUEMAS DE TVC



Logotipos para TVCs, de izquierda a derecha: congestión Charge, Low Emission Zone (Londres) y congestión Tax (Estocolmo). En el caso sueco, el icono corresponde a la señal de tránsito para peajes. Los tres ejemplos comparten criterios en el uso de formas simples (en menor medida el caso de Estocolmo) y de pocos colores, de fácil reproducción.

Se considera la aplicación del icono, logotipo, o una adaptación de este, tanto en la señalización vertical como en la demarcación. Tanto la definición de este icono como la adaptación de este a la normativa de señalización de tránsito no forman parte de los alcances de este estudio.

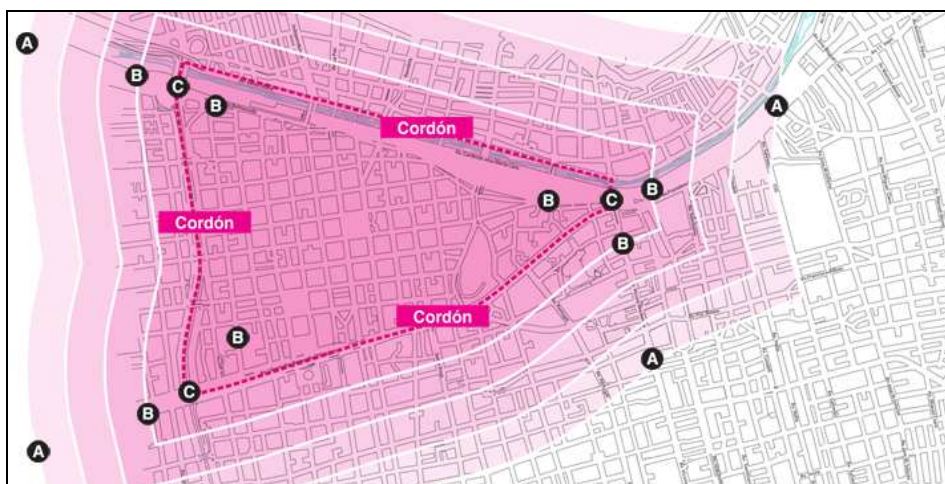
Un sistema de señalización debería considerar información (mensajes) sobre una serie de aspectos de la TVC, aplicados en distintos soportes e instancias. Los mensajes clave a comunicar serían los siguientes:

- I Delimitación (entrada y salida)
- I Días y horario de aplicación
- I Vías alternativas
- I Tarifas(*)⁵⁴
- I Otras condiciones de aplicación (excepciones, recordatorios, multas, entre otros)

Estos y otros mensajes deben ser articulado de modo lógico y oportuno, para que tanto el usuario puede tomar decisiones anticipadas, reduciendo el número de equivocaciones (por ende de cobros involuntarios), reclamos (por desinformación) e incluso congestión generada por decisiones precipitadas como virajes de última hora. Esto último también es un potencial factor de aumento del riesgo de accidentes, los cuales además irían en desmedro de la aceptación de la medida.

Los mensajes se deberían acomodar en una serie de soportes, articulando una secuencia progresiva a medida que el usuario se aproxima al cordón. Se recomienda considerar, al menos, tres instancias (A, B y C) descritas a continuación.

FIGURA 7-3 EJEMPLO DE SECUENCIA PROGRESIVA DE SEÑALIZACIÓN



Secuencia progresiva de entrega de información y señalización en la medida que se aproxima al cordón y disminuyen las alternativas de desvío. En el caso de los viajes originados dentro del cordón, la señalización vial tiene menor efecto, por lo que se recomienda reforzar otros canales de comunicación -con anterioridad al inicio del viaje.

- I **A) Información anticipada (larga distancia):** Para informar a los potenciales usuarios por anticipado, permitiéndoles re-definir su viaje o decidir continuar concientes de atravesar el cordón.

⁵⁴ Se recomienda evaluar la factibilidad de incorporar información sobre tarifas, debido a la potencial volatilidad de estas, así como información sobre estacionamientos fuera del cordón, con el objetivo de no sobrecargar las vías aledañas

- I B) Aproximación al cordón (inmediata): Para informar de la inminente cercanía al cordón con objeto de permitir el desvío de ésta.
- I C) Delimitación del cordón (entrada y salida): Para confirmar el ingreso o salida del cordón.

Cualquier esfuerzo de identidad de marca, se verá beneficiado de su coordinación dentro de una Estrategia de Comunicación más amplia. Asimismo, es importante que la señalización sea parte de los contenidos de las campañas de difusión, con énfasis en las etapas previas a la puesta en marcha. Se debe asegurar la consistencia en la entrega de información en todo momento y en todos los medios.

Para el desarrollo del sistema de señalización para la TVC se debe estructurar estudios específicos. La eventual adaptación de la normativa de señalización de tránsito se debe coordinar y validar con las instituciones relevantes. Se deben realizar estudios necesarios para definir la localización de la señalización de aproximación y las necesidades específicas de cada intersección comprendida en el cordón.

Por otro lado, está el desarrollo de una estrategia comunicacional efectiva con agentes específicos que son relevantes en el contexto de la implementación de la medida: la autoridad local, los residentes del área tarifada (juntas de vecinos), los propietarios/arrendatarios de locales comerciales en el área tarifada, que requieren un tratamiento distinto en términos comunicacionales y mucho más específico.

Para ello es necesario contemplar un trabajo que involucre no sólo la información del avance del diseño de la medida sino también el poder lograr acuerdos amplios para una implementación consensuada. Reuniones informativas de experiencias internacionales en la materia, con datos específicos a las consultas del perfil de los agentes involucrados, serán importantes de considerar.

Igualmente, se deberán considerar las limitaciones ya existentes, como es el caso de la carga y descarga de mercadería en el centro de Santiago que ya está restringida a ciertos horarios y sólo para vehículos menores. Además la ordenanza municipal vigente contempla horarios más amplios en la medida que se trate de vehículos menos contaminantes (a gas) y/o eléctricos.

7.4 Anteproyecto

Diseño de pórticos

En esta sección se presenta una descripción de las principales características de los pórticos utilizados en zonas de tarifación vial. Se hace mención a los lineamientos generales a considerar en la futura provisión e instalación de estas estructuras, aspectos que deberán ser validados durante etapas posteriores de ingeniería de detalle y una vez seleccionada la tecnología definitiva a implementar.

Los pórticos son las estructuras destinadas a sostener el equipamiento necesario para el funcionamiento del sistema de tarifación vial a implementar. Dependiendo de su estructura se distinguen los dos siguientes casos.

El primer caso corresponde a un pórtico “Marco” con apoyo en ambos bordes de la vía. Estos pórticos se usan principalmente en autopistas y son estructuras capaces

de sostener el equipamiento así como también señales y luminarias. Por sus características no poseen restricciones de tamaño, el ancho de la estructura varía según el número de pistas y su altura libre vertical es normalmente 6m.

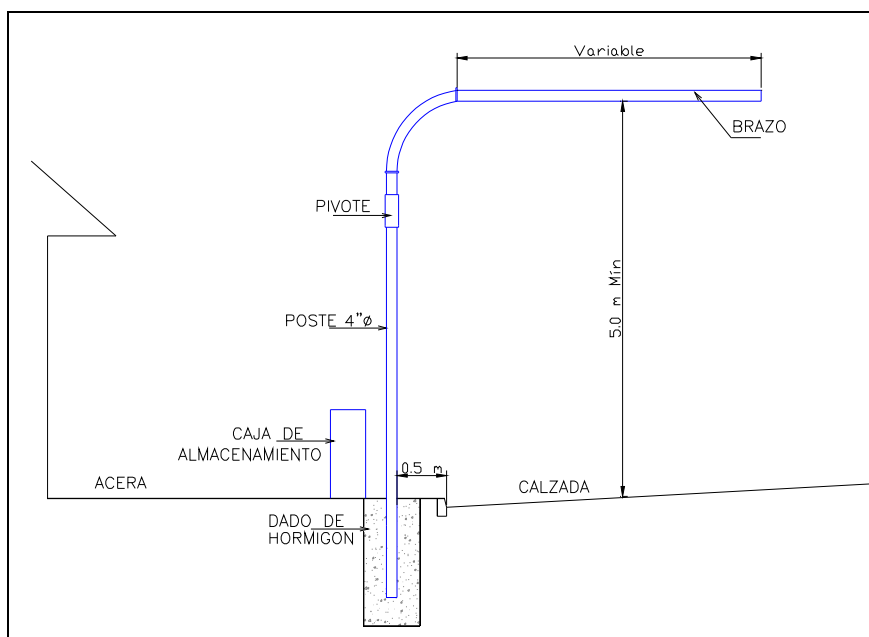
Adicionalmente y por motivos de mantención se requiere que estas estructuras estén diseñadas de modo de permitir trepar a ellas para acceder a los diferentes equipos instalados, si no se desea interrumpir el tránsito. Esto se logra normalmente incorporando a la estructura escalas y pasillos de acceso a los puntos de instalación de los equipos. Lo anterior conlleva a que la envergadura de la estructura sea mayor y, por lo tanto, también aumenta su costo.

El segundo caso corresponde a un pórtico “Simple” de un solo punto de apoyo y se usa principalmente en zonas urbanas. Su estructura corresponde a un poste con un brazo que se extiende sobre la vía de interés.

El diseño de estos pórticos considera un pivote en el poste de modo que pueda girarse el brazo para efectuar mantenciones sin tener que efectuar interrupciones al flujo de vehículos. La altura libre de los pórticos varía entre 4 a 6 metros y el largo del brazo varía en función del número de pistas que se desea abarcar en términos de cobertura. En general un pórtico del tipo que muestra la figura anterior permite una cobertura de hasta tres pistas. Por sus características, la estructura de este tipo de pórtico es más liviana y genera un menor impacto urbano, además de ser mas económica en relación al pórtico tipo “Marco”.

De acuerdo a lo descrito anteriormente y considerando el entorno urbano en que se ubica el presente estudio - con zonas de gran flujo peatonal y en muchos casos con espacios reducidos de aceras- se recomienda utilizar pórticos simples. Las razones principales corresponden a que son estructuras más pequeñas, de rápida instalación, que generan un menor impacto urbano y son más económicas. La figura siguiente muestra un diseño simplificado del pórtico simple.

FIGURA 7-4 DISEÑO ESQUEMÁTICO DE PÓRTICO SIMPLE



Adicionalmente debe considerarse que junto con la instalación del pórtico, debe construirse una caja metálica o gabinete que sirve de protección para los equipos de almacenamiento de información y comunicación. En general estas cajas tienen dimensiones de 0,5mx0,5m de base y 1,5m de altura y su ubicación puede ser al costado del pórtico, al borde de la línea de construcción cuando sea factible o en la franja de acera destinada para instalaciones de servicios.

Diseño de puntos de cobro

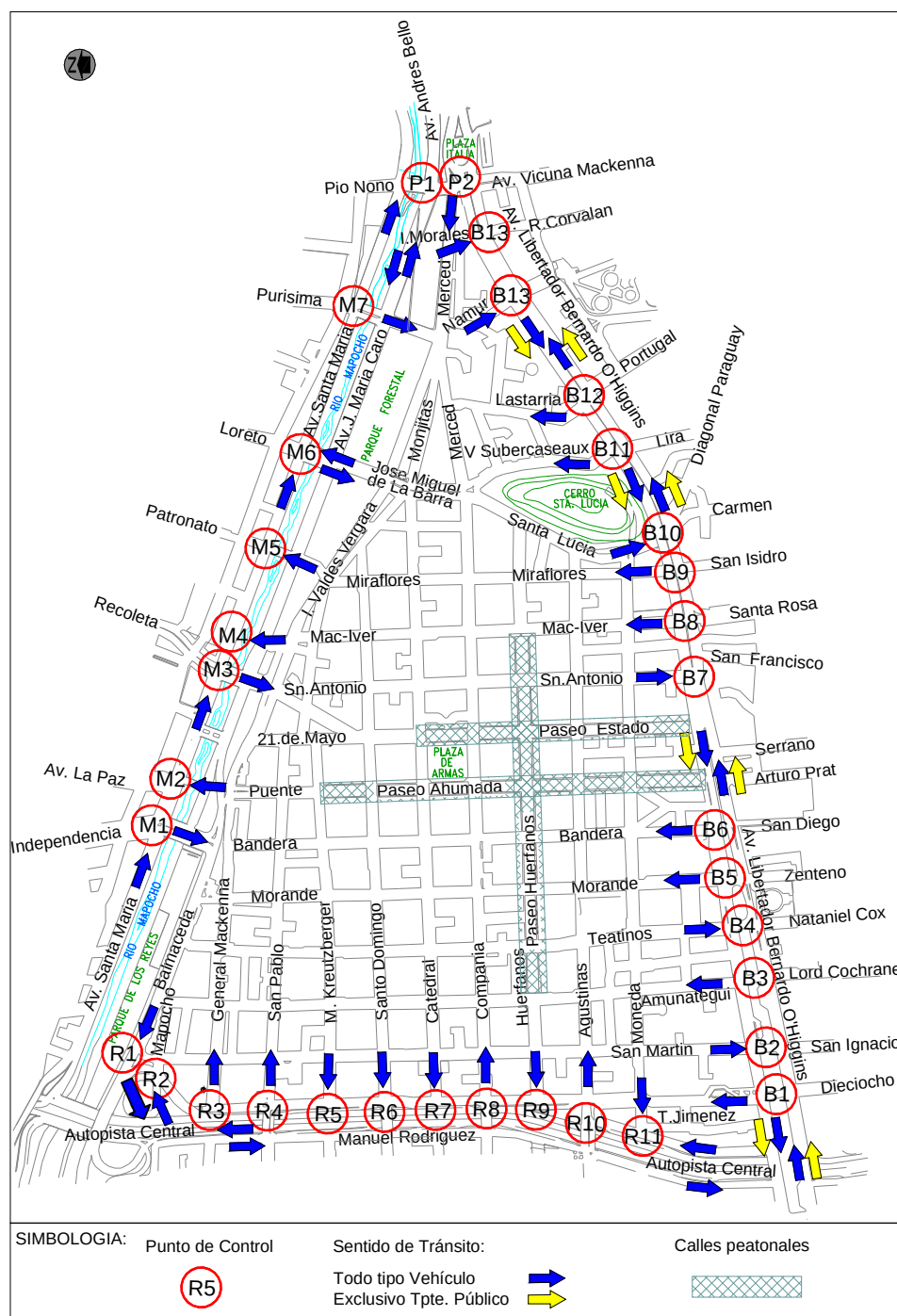
La figura siguiente ilustra la alternativa Triángulo Central y se indican los puntos de cobro definidos, así como los sentidos de tránsito de las principales vías de la zona en estudio, además de otros hitos de interés. Para implementar el sistema de cobro se definieron aquellas vías que sirven de ingreso y salida a esta zona, estableciéndose como Puntos de Control o Cobro las intersecciones que forman estas vías con los ejes perimetrales. Como resultado se identificaron 98 pistas de cobro para las que se requiere 41 pórticos (puntos de cobro).

En cada uno de estos puntos se instalarían pórticos que den soporte al equipamiento necesario para hacer funcionar el sistema. Cabe mencionar que quienes quedan afectados al cobro son aquellos que ingresan o salen de la zona antes definida y no aquellos que circulan por los ejes perimetrales. Por tal motivo, los pórticos se ubican inmediatamente al interior de los accesos y salidas de cada Punto de Cobro.

A nivel de diseño se ha considerado lo siguiente:

- I Provisión e instalación de pórticos:** de acuerdo a lo expuesto anteriormente se proyectan estructuras simples en todos los Puntos de Control; se considera un pórtico en las vías de hasta tres pistas y dos o más en aquellos casos que así se requiera. La ubicación de los pórticos se ha establecido en la cercanía de las intersecciones a una distancia no inferior a 5 m desde la línea de detención o cruce peatonal; lo anterior para evitar la interferencia con los vehículos que circulan por las vías perimetrales.
- I Señalización:** se proyectan señales informativas que comuniquen y adviertan a los usuarios del cordón de cobro según los criterios de anticipación, aproximación y cruce del cordón indicados anteriormente.
- I Demarcación:** se proyecta demarcar los cruces correspondientes a cada Punto de Cobro de modo de asegurar un uso adecuado de las pistas.

FIGURA 7-5 ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL PARA APLICACIÓN DE ESQUEMA DE TARIFICACIÓN VIAL PARA SANTIAGO



Costos asociados

Previo al desarrollo del presente Anteproyecto se contaba con una estimación de costos totales de inversión, operación y mantención para la alternativa TVTC; esto es, incluyendo tecnología, obras civiles, entre otras.

Esta estimación consolida información recopilada y consultada a diversas fuentes de información, tanto entidades privadas (específicamente en el ámbito tecnológico fueron consultadas empresas concesionarias de autopistas urbanas en Santiago: Autopista Central, Costanera Norte, Vespucio Norte) como públicas (UOCT).

Con el desarrollo del presente Anteproyecto, se han actualizado las proyecciones de costos, específicamente por la precisión del número de pórticos y pistas asociadas a la alternativa. Igualmente el ítem asociado a la estructura metálica del pórtico ya que la estimación preliminar consideraba un pórtico de tipo “marco” y no de las características más afines al entorno urbano (referencia Figura 7-4) que es la que se está considerando para la implementación. Adicionalmente se ha incorporado a la estimación de costos preliminar de Señalización y Demarcación según:

- I Señales informativas:** corresponde a la provisión e instalación de las señales antes descritas y graficadas en el diseño de cada intersección; incluye los postes de sustentación. La unidad de medida es la unidad (un).
- I Demarcación:** considera la demarcación de cada intersección en cada Punto de Cobro en 50m en cada sentido. Considera línea de pistas, flechas y cruces peatonales. La unidad de medida es un monto unitario por cada cruce (PC).

En la tabla siguiente se presenta el resumen de la estimación de costos de inversión, operación y mantención de la alternativa TVTC actualizada el año 2008 según lo indicado anteriormente.

TABLA 7-2 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENCIÓN ACTUALIZADA PARA ALTERNATIVA TVTC

Inversiones	a.d. impuestos	d.d impuestos
Costos fijos implementación Sistema Base	UF 143,291	UF 171,739
Costos inversión en puntos de cobro	UF 319,854	UF 395,249
Total inversión	UF 463,145	UF 566,988
Operación y mantención anual	a.d. impuestos	d.d impuestos
Costos operación y mantención Sistema Base	UF 62,925	UF 67,258
Costo mantención por punto de cobro	UF 137,776	UF 166,878
Convenios medios de pago (sup 75% recaudación externa)	UF 29,360	UF 29,360
Total operación y mantención	UF 230,062	UF 263,496

7.5 Evaluación ingresos netos recaudados

Considerando que se aplica un esquema de tarificación vial sólo en el Triangulo Central de la Comuna de Santiago, los resultados del modelo entregaron como estimaciones de ingresos para los años 2010 y 2015 los montos indicados en la tabla siguiente.

TABLA 7-3 ESTIMACIÓN DE INGRESOS ANUALES POR TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL, MILLONES DE PESOS DEL 2001

Tarifa	Año 2010	Año 2015
\$ 1.500	21.284	23.150
\$ 2.500	31.487	34.994
\$ 3.500	39.195	44.687

Debido a que los cálculos fueron realizados en el año 2001, los valores estimados fueron actualizados a diciembre de 2008 de acuerdo a la variación del IPC. Tal como se indica en la tabla siguiente, dependiendo de la tarifa que se aplique por vehículo la recaudación estimada para el año 2010 fluctuaría entre MM\$27.819, para una tarifa de \$1.961, y MM\$51.229, para una tarifa de \$4.575. Para el año 2015 estos valores se incrementarían a MM\$30.257 y MM\$58.407 respectivamente.

TABLA 7-4 ESTIMACIÓN DE INGRESOS ANUALES POR TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL, MILLONES DE PESOS DEL 2008

Tarifa	Año 2010	Año 2015
\$ 1.961	27.819	30.257
\$ 3.268	41.154	45.738
\$ 4.575	51.229	58.407

La inversión estimada en la implementación del sistema base y en los puntos de cobro recientemente actualizada⁵⁵ se estima en UF 566.988. Prácticamente la totalidad de esta inversión corresponde a equipos y sistemas electrónicos que por el avance tecnológico debieran renovarse con periodicidad. En la tabla siguiente se presentan las cuotas anuales para cada tipo de inversión, suponiendo una vida útil de 6 años para los equipos y sistemas-sin valor residual- y una tasa de descuento de 9% real anual.

⁵⁵ Las estimaciones de costos preliminares con las que se ha trabajado para la comparación de alternativas, ha sido actualizada recientemente para la alternativa Triángulo Central con el desarrollo del Anteproyecto presentado anteriormente.

TABLA 7-5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN ACTUALIZADA PARA TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL

Inversiones	UF	Anualidad UF
Inversión implementación Sistema Base	171.739	38.284
Inversión en puntos de cobro	395.249	88.109
Total inversiones	566.988	126.393

Los costos anuales de operación, mantenimiento y convenios de medios de pago se estiman en UF 263.496 y se supone que dentro de un plazo de 6 años son independientes del número de vehículos que transiten. El desglose es el que se presenta en la tabla siguiente.

TABLA 7-6 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENCIÓN ACTUALIZADA PARA TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL

Costos anuales de operación, mantención y convenios medios de pago	UF
Costos de operación y mantención Sistema Base	67.258
Costos de mantención puntos de cobro	166.878
Convenios medios de pago (sup 75% recaudación externa)	29.360
Total operación, mantención y convenios medios de pago	263.496

En la tabla siguiente se presenta una estimación de los ingresos, costos y fondos disponibles que resultarían de aplicar un esquema de tarificación vial en el Triangulo Central de la Comuna de Santiago. Todos los valores están expresados en millones de pesos de diciembre 2008. Dependiendo de la tarifa que se aplique, el saldo disponible para destinar a obras comunales se encontraría entre MM\$19.449 y MM\$42.859 para el año 2010 y entre MM\$21.887 y MM\$50.037 para el año 2015. Comparando estos montos respecto del total de ingresos presupuestados por la I. Municipalidad de Santiago para el año 2009, los fondos disponibles en el 2010 equivaldrían a un 22% si la tarifa fuese de \$1.961 y a un 48% con una tarifa de \$4.575. Para el 2015 estos porcentajes se incrementan a 25% y 57%.

Considerando que la sugerencia es invertir estos fondos en la realización de mejoras en la infraestructura vial y en el transporte público de la Comuna de Santiago, en la última fila de la tabla siguiente se comparan los saldos disponibles respecto del gasto presupuestado para el año 2009 bajo el ítem Iniciativas de Inversión para Obras Civiles, que es de M\$ 959.033. En este caso los fondos disponibles en el 2010 equivaldrían a 20 veces el presupuesto de inversión en obras civiles si la tarifa fuese de \$1.961 y a 45 veces con una tarifa de \$4.575. Para el 2015 los fondos disponibles representan entre 23 y 52 veces la inversión en obras civiles presupuestadas para el 2009.

TABLA 7-7 INGRESOS Y COSTOS ESTIMADOS DE TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL (MILLONES DE PESOS DE DICIEMBRE 2008)

	Año 2010			Año 2015		
Tarifa	\$ 1.961	\$ 3.268	\$ 4.575	\$ 1.961	\$ 3.268	\$ 4.575
Ingresos anuales (mill de \$ Dic. 2008)	27.819	41.154	51.229	30.257	45.738	58.407
Costos anuales (mill de \$ Dic 2008)						
Inversión en el Sistema Base	821	821	821	821	821	821
Inversión por punto de cobro	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890	1.890
Operación-Mantenimiento Sistema Base	1.449	1.449	1.449	1.449	1.449	1.449
Operación-Mantenimiento por Punto de Cobro	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580	3.580
Convenios medios de pago (sup 75% recaudación externa)	630	630	630	630	630	630
	8.370	8.370	8.370	8.370	8.370	8.370
Fondos disponibles (mill de \$ Dic 2008)	19.449	32.784	42.859	21.887	37.368	50.037
Porcentaje sobre Ingresos Totales est. 2009 I.M. de Santiago	22%	37%	48%	25%	42%	57%
N° de veces sobre Inversión en Obras Civiles est. 2009 I.M. de Santiago	20	34	45	23	39	52

Fuente: Elaboración propia

Las estimaciones de ingresos estimadas por el modelo fueron calculadas en MM\$ del 2001 por lo que se actualizaron según la variación del IPC entre Dic. 2008 (Índice=100) y Dic. 2001 (Índice 76,51). Las tarifas consideradas al momento del cálculo fueron de \$1.500, \$2.500 y \$3.500, también en \$ del año 2001, por lo que se corrigieron según variación del IPC.

Valor UF al 31 de diciembre 2008= \$21.452,57

Los ingresos totales presupuestados por la I. Municipalidad de Santiago para el año 2009 son de M\$ 88.474.197 y el gasto presupuestado como Iniciativas de Inversión para Obras Civiles es de M\$ 959.033 (subtítulo 31 Ítem 02 Asig 004)

(ver en <http://intranet.munistgo.cl/integridad/web2/file/tei/secplan/Presupuesto%20inicial%202009%20itemizado.xls>)

7.6 Evaluación social actualizada

A partir de la actualización de los costos de inversión, mantención y operación de la alternativa TVTC, realizada en la elaboración del anteproyecto (ver Tabla 7-2) que resultó en una disminución de los costos estimados previamente por efecto principalmente en la precisión del número de pódicos requeridos, se han reestimado los indicadores de VAN y TIR correspondientes a la evaluación social con los resultados que indican las siguientes figuras.

FIGURA 7-6 VAN SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC

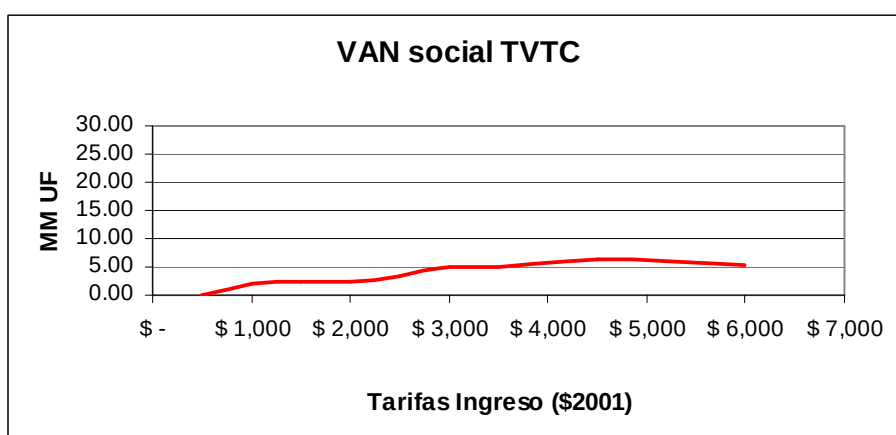
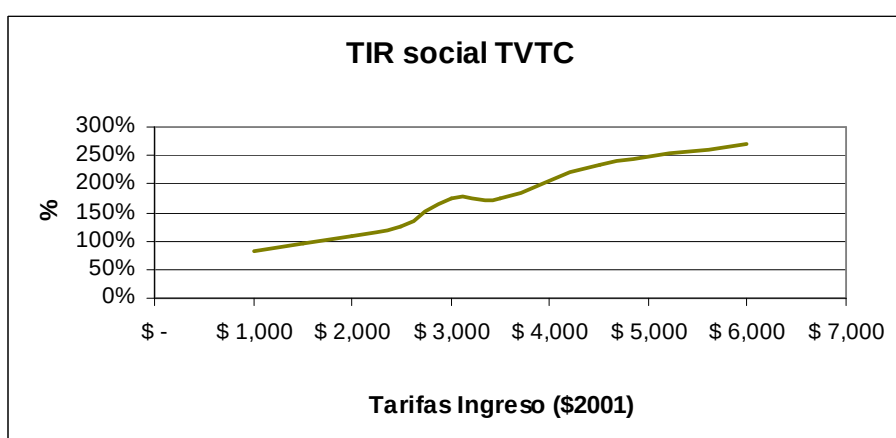


FIGURA 7-7 TIR SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC



8. Participación Ciudadana

8.1 Antecedentes

El estudio de “Tarificación Vial por Congestión en Santiago” contempló una actividad de Participación Ciudadana compuesta por 4 fases:

- Fase 1: Grupos Focales Ciudadanos Usuarios de Automóviles (UAA) y Usuarios de Locomoción Colectiva (ULC)
- Fase 2: Talleres Usuarios de automóviles
- Fase 3: Talleres con actores relevantes: residentes y locatarios, académicos y profesionales, municipalidades
- Fase 4: Seminario de difusión de resultados

8.2 Grupos Focales con usuarios de automóvil y locomoción colectiva

Objetivos

Los objetivos generales de este proceso son:

- Diagnosticar las fortalezas y debilidades de la Tarifación Vial por Congestión (TVC) desde la perspectiva del usuario del sistema de transporte en Santiago.
- Conocer las percepciones y opiniones de la comunidad sobre el Sistema de Transporte Urbano (STU) y en particular la propuesta general de Tarifación Vial como solución al problema.

Metodología

La metodología utilizada se basó en un estudio de tipo exploratorio, más específicamente la realización de Grupos Focales (10).

Para cubrir los objetivos generales, se definieron los siguientes elementos a ser cubiertos:

- Las percepciones e imágenes del usuario del Sistema de Transporte Urbano (STU), respecto de éste,
- Las atribuciones al problema de la congestión,
- Posibles soluciones a la congestión vehicular,
- Actitud hacia la TVC como solución,
- Principales barreras, ventajas y desventajas percibidas de la medida,
- Análisis de costo beneficio: condiciones que reducen el costo de la TVC,
- Nivel de aprobación de la TVC.

Los grupos focales se realizaron entre los meses de Diciembre del año 2005, continuando luego en Marzo y Abril del año 2006, previo a la implementación de Transantiago.

Grupo objetivo

Los grupos focales han sido definidos con base en una serie de criterios de segmentación que considera las siguientes variables:

- Usuarios de auto (UA) o de locomoción colectiva (ULC)
- Edad
- Grupo socioeconómico (GSE)

En el caso de los niveles socioeconómicos, sólo se incorporaron a los Grupos Focales personas pertenecientes a los GSE C1C2, C3 y D. El resumen de la composición de grupos se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 8-1 COMPOSICIÓN Y NÚMERO DE GRUPOS FOCALES

GSE		C1C2		C3		D	Total
Segmento Usuario		UA	ULC	UA	ULC	UA/ULC	
Edad	18-35 años	1	1	1	1	1	5
	36-55 años	1	2	1	1	1	6
Total		2	3	2	2	2	11

8.3 Talleres con usuarios de automóvil

Objetivos

Conocer la percepción de los usuarios de automóvil frente a los distintos componentes que considerará un proyecto de tarificación vial.

Para cubrir los objetivos generales se trataron los siguientes aspectos:

- Presentación y análisis de los principales componentes del proyecto de TVC, incluyendo la obtención de percepciones, opiniones, juicios y analizando el nivel de aceptación de ellos.
- Tarifa: evaluar modalidades y calificar elementos de comprensión de los esquemas tarifarios
- Evaluación de 3 esquemas integrales de TVC aplicados a Santiago
- Evaluación global de la TVC
- Obtener conclusiones respecto de los componentes de un esquema de TVC para ser incorporadas al proceso de diseño.

Metodología

Estudio exploratorio de índole cualitativa con base en talleres de 15 personas, todos automovilistas, implementado con técnicas que facilitan la participación grupal:

- I Exposición. Utilización de recursos multimedia para motivar y conducir las sesiones
- I Brain Storming
- I Cuestionario (respuesta individual)
- I Puntajes
- I Calificación por Nota

El desarrollo de los talleres constaba de 3 etapas:

- I Entrega de información sobre:
 - I Diagnóstico de la percepción ciudadana sobre la congestión en Santiago, obtenido en la primera fase de este estudio
 - I Nuevos proyectos de infraestructura vial en Santiago
 - I Mapas de saturación/congestión, tiempos de viaje y proyección al año 2010
 - I Perspectivas de crecimiento para Santiago: densidad poblacional, ingreso, tasa de motorización
 - I Tarificación Vial como política aplicada del STP: Concepto y experiencias internacionales
 - I Componentes de un sistema de Tarificación Vial
- I Trabajo en pequeños grupos (5 personas): revisión de los componentes y respuestas a un cuestionario

La respuesta a los cuestionarios supone necesariamente haber recibido información previa de temas técnicos y específicos sobre la medida del cobro por congestión. Sin dicha información, estos cuestionarios no hubieran podido ser aplicados masivamente a la población.

La respuesta a los cuestionarios fue realizada en grupos pequeños de no más de cinco personas, todos supervisados por un coordinador y los participantes a los talleres pudieron expresar las razones y dudas existentes detrás de cada pregunta antes de emitir sus respuestas y también se generaron discusiones posteriores a la emisión de las respuestas.

- I Plenario final donde se evalúan 3 esquemas integrales posibles de aplicación de la Tarificación Vial por Congestión en Santiago.

Grupo objetivo

El grupo objetivo para los talleres corresponde a:

- I Automovilistas
- I Chilenos residentes en Santiago
- I Hombres y mujeres
- I GSE: C1, C2, C3 y D

La tabla siguiente detalla la segmentación considerada, que mantiene consistencia con la segmentación de la fase previa. Los talleres tuvieron una duración de 2 horas y media aproximadamente y se realizaron en el mes de noviembre del año 2006.

TABLA 8-2 COMPOSICIÓN Y NÚMERO DE TALLERES

GSE	C1C2	C3	D	Total
Edad	18-35 años	1	1	5
	36-55 años	1	1	5
Total	2	2	1	5

8.4 Talleres con residentes y locatarios

Objetivos

Conocer la opinión de representantes de la comunidad, residentes y locatarios (dueños de comercio, o funcionarios de empresas) ubicados en el área, sobre distintos aspectos asociados a la implementación de cobro por congestión.

Interesa tratar, desde la perspectiva de distintos agentes involucrados, temas referidos al destino de fondos recaudados, impacto en los residentes/locatarios, impacto sobre y el sistema de actividades del área de cobro, entre otros aspectos.

Se busca recoger aportes en el ámbito no sólo de la solución técnica sino también de la percepción de la efectividad y pertinencia de la medida, los impactos esperados que se derivan de su implementación y cómo paliarlos.

Como objetivos específicos están informar:

- sobre el estudio y sus antecedentes
- experiencia internacional
- tecnologías consideradas
- sobre un esquema específico de cobro por congestión

Evaluar este esquema de área (ver figura siguiente) para un sistema de cobro por congestión en términos de:

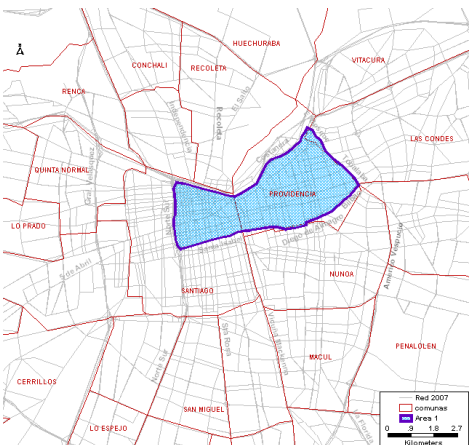
- explorar impacto que perciben tendrá en sus vidas y actividades la implementación de esta medida
- identificar en estos segmentos el nivel de aceptación
- conocer las ventajas y desventajas percibidas

Este esquema presentado en los talleres se definió en conjunto con la contraparte, considerando el avance del estudio y la información disponible a la fecha de realización de los talleres (Enero 2007).

Describir las compensaciones más valoradas en estos segmentos (exenciones, rebajas). Compensaciones para hacer más aceptable la medida de cobro por congestión.

Indagar sobre las preferencias para el destino de la recaudación de fondos.

FIGURA 8-1 ESQUEMA DE TVC EVALUADO EN LOS TALLERES

Límites	Vía/Hito	Esquema
Norte	Río Mapocho	
Oriente	Tobalaba/El Bosque	
Sur	Bilbao/Diego de Almagro/Santa Isabel	
Poniente	Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)	
Tarifas	General \$2.400 (valor diario único) Residentes \$ 600 (valor diario único)	

Metodología

Estudio exploratorio de índole cualitativa con base en Talleres de 20 personas, todos residentes y/o locatarios comerciales en el área.

Se realizaron dos talleres, el desarrollo de cada uno constó de 2 etapas; una de entrega de información y otra de indagación de opiniones.

La entrega de información consideró:

- Diagnóstico de la percepción ciudadana sobre la congestión en Santiago, obtenido en la primera fase de este estudio
- Nuevos proyectos de infraestructura vial en Santiago
- Mapas de saturación/congestión, tiempos de viaje y proyección al año 2010
- Perspectivas de crecimiento para Santiago: densidad poblacional, ingreso, tasa de motorización
- Tarificación Vial como política aplicada del sistema de transporte privado (STP): Concepto y experiencias internacionales
- Esquema de área para un sistema de cobro por congestión

La etapa de indagación de opiniones consideró el trabajo en pequeños grupos (5 personas) para recoger percepciones generales de los invitados obtenidas de respuestas a un cuestionario

Se implementaron técnicas que facilitan la participación grupal:

- Exposición de antecedentes
- Rueda de nombres
- Brain Storming

- Cuestionario
- Puntajes
- Calificación por Nota

Grupo objetivo

El grupo objetivo definido para los talleres, de común acuerdo con la Contraparte Técnica, fue:

- Grupo Socio Económico (GSE): C1, C2, C3 : GSE C1C2 de Providencia y GSE C3de Santiago Centro
- Residentes y/o locatarios en el área: Providencia y Santiago Centro
- Hombres y mujeres

En la tabla siguiente se resume la segmentación de los grupos en los dos talleres.

TABLA 8-3 LISTADO DE TALLERES REALIZADOS

	Taller 1 GSE C1C2	Taller 2 GSE C3	Total Grupos
Grupo 1: Residentes Sin auto (sin distinguir años de residencia)	1	1	2
Grupo 2: Residentes. Menos de 5 años de residencia (con o sin auto)	1	1	2
Grupo 3: Residentes. Más de 5 años de residencia (con o sin auto)	1	1	2
Grupo 4: Locatarios	1 micro y pequeña empresa	1 mediana y gran empresa	2
Total Grupos	4	4	8

(Cada grupo consta de 5 personas)

8.5 Entrevistas a profesionales y académicos

Objetivos

Conocer la opinión de académicos y profesionales sobre la medida de tarificación vial por congestión para la ciudad de Santiago.

Indagar en las razones de apoyo y/o rechazo frente a la medida

Identificar sus puntos de vista frente a la medida y a elementos específicos de ésta:

- Impacto en calidad de vida y uso de suelos
- Uso de fondos
- Efectos redistributivos
- Política integral

Conocer las mitigaciones sugeridas para facilitar la aceptabilidad política y pública de la medida

Recoger recomendaciones de implementación de la medida

Metodología

La entrevista consideró dos secciones

- La primera, trataba temas generales relativos a la implementación de la medida.
- La segunda, previa una presentación de 3 esquemas alternativos de TVC para Santiago recogía opiniones específicas, ventajas y desventajas de c/u, selección de una alternativa y mejoras a la misma. Los 3 esquemas alternativos considerados fueron:
 - TVTC Tarificación vial con esquema de cordón en el triángulo central
 - TVA1 Tarificación vial con esquema de área en el sector 1
 - TVC2 Tarificación vial con esquema de cordón en el sector 2

Grupo objetivo

El grupo objetivo se ha construido de manera tal de considerar:

- Arquitectos y/o Urbanistas
- Ingenieros de Transporte
- Economistas
- Colegios Profesionales
- Concesionarios de Autopistas Urbanas
- Organizaciones no gubernamentales relacionadas con el desarrollo de la ciudad
- profesionales de áreas sociales

Es así como se realizaron 25 entrevistas a las personas detalladas (según orden alfabético) en la siguiente tabla.

TABLA 8-4 LISTADO DE ENTREVISTAS REALIZADAS

	Nombre	Profesión / Ocupación / Entidad
1	Pablo Allard	Urbanista - Observatorio Ciudades Pontificia Universidad Católica (PUC)
2	Juan José Bas	Arquitecto
3	Leonardo Basso	Ingeniero - Académico Universidad de Chile
4	Louis De Grange	Ingeniero - Académico Universidad Diego Portales
5	Rodrigo Fernández	Ingeniero - Académico Universidad de los Andes
6	Oscar Figueroa	Instituto de Estudios Urbanos PUC
7	Andrés Gómez Lobo	Economista - Académico Universidad de Chile
8	Christian Ángel Guevara	Ingeniero - Académico Universidad de los Andes
9	Claudio Hohmann	Ingeniero - Ex Ministro de Transporte
10	Sergio Jara Díaz	Ingeniero - Académico Universidad de Chile
11	George Lever	Gerente de Estudios Cámara de Comercio de Santiago
12	Francisco Martínez	Ingeniero - Académico Universidad de Chile
13	Alberto Montealegre	Arquitecto - Presidente Colegio de Arquitectos
14	Marcela Munizaga	Ingeniero - Académico Universidad de Chile
15	Juan de Dios Ortúzar	Ingeniero - Académico PUC
16	Juan Camilo Pardo	Urbanista - Centro de Estudios Patrimoniales PUC
17	Francisco Sabatini	Académico PUC
18	Ian Thompson	Economista, trabajó en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
19	Alejandro Tudela	Ingeniero - Académico Universidad de Concepción
20	Antonio Estrada	Gerente General Autopista Central
21	Diego Savino	Gerente General Costanera Norte
22	Patricio Lanfranco	Organizaciones No Gubernamentales (ONG) Ciudad Viva
23	Patricio Herman	ONG Defendamos la Ciudad
24	Guillermo Dascal	ONG Sitio Sur
25	Ernesto Ottone	Gestor Cultural

8.6 Resultados y Conclusiones

Como resultado del análisis de los grupos focales, se ha realizado un análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FODA) para la medida de tarificación vial.

Fortalezas y Debilidades deben entenderse como valoraciones de los atributos de un producto, servicio, acción o medida, en este caso de la TVC. Oportunidades y Amenazas por otra parte son posibles condiciones o consecuencias presentes en el contexto, que

facilitan o ponen en riesgo la aceptación del producto, servicio, acción o medida. Ellas se presentan en el siguiente cuadro.

TABLA 8-5 ANÁLISIS FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Se percibe como una medida que podría ser eficaz para reducir la congestión, aún cuando algunos manifiestan cierto escepticismo.	La principal barrera es el costo adicional que la medida implica.
Percepción de descontaminación asociada.	Percepción de inequidad. Se percibe que la medida favorece a quienes tienen más recursos.
Menores tiempos de viaje.	Desconfianza en el uso de la recaudación
Reducción del gasto en concepto de uso del auto particular.	Se percibe como una restricción a la libertad.
	Desconfianza y escepticismo ante la efectividad de la medida
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Existe la percepción de gran congestión en Santiago	Poco apoyo e incluso rechazo a la TVC al principio.
La congestión genera múltiples problemas que son valorados como <i>muy importantes</i> para la calidad de vida de los ciudadanos	No hay conciencia de la responsabilidad en la generación de la congestión. Menos conciencia en Automovilistas que en ULC.
Destino de fondos puede ir a reducir carga impositiva, mejorar LC y otros servicios.	El uso de las vías no se percibe como un servicio que deben pagar los usuarios de vehículos. La percepción es que TODOS ya pagamos con los impuestos.
Más seguridad (percibida como subproducto del destino de los fondos), menos stress, mejora la calidad de vida.	No existe en la mente del ciudadano el cobro como solución al problema la congestión
Se reducen barreras iniciales mediante proceso comunicacional	Requerimiento general de estudiar y/o implementar, antes o alternativamente, medidas aún no aplicadas y/o evaluadas.
Estímulo a modos más saludables: más ejercicio físico por uso de la bicicleta y más caminata.	
Sistema de tarifa diferenciado para uso más eficiente del automóvil ⁵⁶ .	

A partir de la extensa actividad de Participación Ciudadana que se ha realizado como parte del presente estudio a distintos actores entre los que podemos mencionar ha sido posible derivar las conclusiones que a continuación se detallan.

De la aceptabilidad de una medida de tarificación vial por congestión en los usuarios de auto y locomoción colectiva

Una conclusión general del análisis realizado es que existe una importante tarea comunicacional por delante. El entendimiento de la idea de la TVC es muy pobre; y a los

⁵⁶ Se refiere a la idea de incentivar a los que usan poco el vehículo, ya sea mediante una liberación de la tarifa o premio al poco uso en los períodos de alta congestión.

participantes no conocen otras aplicaciones exitosas: en Singapur, Londres, Trondheim, Oslo, Estocolmo.

Más aún, en términos de quiénes asumen parte de su responsabilidad en la congestión, en general se pudo apreciar que los usuarios de automóviles son los que menos lo hacen. Mayor conciencia se pudo apreciar en los usuarios de transporte público y grupos de menores ingresos.

Se desprende entonces la importancia de una campaña comunicacional orientada a la población en general, que dé cuenta de la situación de congestión y su proyección a futuro en Santiago e informe sobre la tarificación vial como una medida que ha resultado altamente eficaz, y finalmente popular, en otros lugares del mundo.

En este contexto, se hace importante considerar elementos para una posible campaña comunicacional educativa y persuasiva que:

- Informe a la población con indicadores claros (de fácil comprensión) que muestren la efectividad de la medida en cuanto a:
 - reducción del tiempo de viaje, con elementos como tiempo de viaje medio entre una comuna y otra
 - mejor fluidez del tránsito vehicular, con elementos como velocidad promedio en las zonas tarifadas
 - reducción de la contaminación ambiental del aire, acústica y visual,
- Muestre el efecto entre la situación antes y después, sin y con la aplicación de medida, por ejemplo a través de mapas de congestión.
- Muestre las ganancias para los segmentos beneficiados.
- Muestre beneficios para segmentos que se sienten perjudicados, pero que serían potenciales ganadores (por ejemplo usuarios del Transporte Público que pase por la zona tarifada).
- Presente formas de compensación para los perdedores del sistema.
- Comunique los potenciales beneficios de la recaudación generada.

Vale destacar que, entre los automovilistas, el nivel de aceptación a la medida de cobro por congestión mejoró en la segunda fase del estudio. La diferencia fundamental radica en que en esta fase los automovilistas recibieron información sobre la situación de congestión en Santiago, sus proyecciones hacia un futuro de 10 años y la medida de Tarificación Vial ya implementada en otras ciudades del mundo (Londres, Estocolmo, Singapur).

De lo anterior se podría inferir que una adecuada comunicación e información a la comunidad, debiera tener influencia positiva en el nivel de aceptación de una medida de cobro por congestión.

No obstante, si bien la medida es poco popular y genera rechazo en los distintos segmentos consultados sin previa información (fase 1), luego de conocer los antecedentes e informarse pasa a ser una medida al menos aceptable en casi todos los segmentos del estudio. A excepción de los automovilistas de nivel D, quienes bajan su nivel de aceptación en esta segunda fase donde reciben información.

Para los automovilistas de nivel D, que en su mayoría trabajan con su vehículo y serían el segmento más perjudicado, es posible que la información respecto al cobro por congestión no les permita superar el impacto que les significa ver sus intereses económicos amenazados. Más aún, los antecedentes presentados y la información entregada puede ser para este segmento un indicador de que la medida es una realidad inminente a un futuro cercano, acrecentando sus temores. La implementación de la medida acotada a horarios de mayor congestión podría paliar en alguna medida este rechazo.

El segmento que peor evalúa la medida es el NSE medio/alto (C1C2), y dentro de este segmento aparecen los mayores (36 a 55 años) rechazando con más fuerza la idea de cobrar para descongestionar.

El NSE C1, si bien puede expresar con fuerza sus resistencias —posiblemente de corto plazo— valorará la medida por la importante ganancia en tiempo y comodidad.

El NSE C2 es altamente resistente y deberá adaptarse a la medida, optando por pagar la tarificación o utilizar la LC.

Uno de los hallazgos más importantes dice relación con la menor resistencia a la medida aparece en el NSE C3 que constituye el mayor volumen de la clase media chilena. Por otro lado, el segmento etáreo más joven (18 a 35 años) es el más capaz de visualizar de forma más positiva el cobro por congestión. El GSE C3 de 18 a 35 de hoy, constituirá en pocos años el segmento más numeroso de trabajadores en Santiago. Es además, un masivo segmento emergente de automovilistas. De acuerdo a las previsiones de este estudio debiera ser en el GSE C3, de automovilistas, donde se fuerce mayoritariamente a un cambio de hábitos, en términos de un uso menos intensivo del automóvil.

Si bien la evaluación de la medida mejora en la segunda fase del estudio, producto de la mayor información y antecedentes entregados, la Tarificación Vial continúa generando cierto rechazo y en el mejor de los casos se acepta como una fatalidad necesaria a un futuro cercano.

Todos los segmentos mejoraron su evaluación a la medida en la segunda fase del estudio, excepto los automovilistas del nivel socioeconómico D. Como hipótesis, podemos plantear que este segmento con menos recursos (D) se siente más perjudicado por la categoría de bien aspiracional que le atribuirían al auto y que la medida de cobro por congestión encarece; por lo que este segmento sería menos susceptible de convencer a nivel racional, entregando información y antecedentes.

En términos específicos de preferencias de esquemas de cobro por congestión de parte de los usuarios consultados podemos señalar que el esquema preferido por los automovilistas es el de Corredores porque supone una tarifa asociada a la cantidad de uso (quienes usan más las vías, pagan más) pero también porque lo consideran menos rígido (no necesariamente los induce a dejar el auto, objeto de la medida) y perciben que se puede eludir el pago utilizando vías alternativas; mencionan en todo caso también que permite reemplazar el uso del automóvil por el metro y finalmente es un sistema ya conocido y de reconocida eficiencia en las vías concesionadas.

Esta última “ventaja” mencionada por los usuarios, podría ser a nuestro juicio contraproducente ya que induciría a confusión en lo que persigue el cobro, dado que en el caso de las concesiones urbanas corresponde a recuperar una inversión y en la tarificación vial a racionalizar el uso del auto.

A modo de resumen podemos mencionar como las razones de una mejor calificación a la medida de cobro por congestión (expresadas en los segmentos consultados) las siguientes:

- I Permite descongestionar
- I Como efecto de la recaudación podría mejorar la locomoción colectiva, especialmente el Metro
- I Calidad de vida
- I Rapidez

Por otro lado, las razones asociadas a baja calificación, serían:

- I Es un cobro extra de dinero
- I No es equitativo para todos los grupos socioeconómicos
- I Eventual congestión en sectores aledaños
- I Falta de credibilidad en cuanto a la transparencia en el uso de los fondos de la recaudación.

Generar la experiencia de uso en un Santiago sin y con cobro por congestión podría ser una buena forma de validar el sistema y lograr la aceptación de los usuarios si realmente experimentan las mejoras asociadas a la medida.

De las preocupaciones específicas de residentes y locatarios de potenciales zonas de impacto de la medida de tarificación vial por congestión

Tanto residentes como locatarios consideran el sistema de tarificación vial como un sistema injusto. Estiman que una vez que se instaure esta medida, el uso del automóvil disminuirá, afectando directamente a los usuarios de menos recursos. Les impacta negativamente su calidad de vida, y no sólo la de ellos sino la de sus amigos y familiares, en el caso de residentes, y a sus negocios y clientes en el caso de los locatarios.

Desde el punto de vista de los residentes que usan auto, el mayor impacto es económico, verán disminuido su presupuesto familiar al incorporar un ítem nuevo de gasto o bien deberán cambiarse al transporte público. Mientras que para los que no tienen auto ven que la medida encarece su uso y hace menos atractivo el adquirir uno.

Sin embargo el mayor impacto negativo lo perciben los locatarios. Señalan que las grandes empresas o cadenas comerciales, como farmacias, grandes tiendas y bancos, no perderán clientes sino que verán redistribución de ellos hacia sucursales que estén fuera del área tarifada. Mientras que el comercio pequeño sufrirá un impacto directo tanto en la pérdida de clientes como en los costos de transporte de mercancías.

Este impacto a consenso de todos se prevé mayor en la comuna de Providencia, principalmente porque actualmente hay una cultura general de ir al centro preferentemente en transporte público y por otro lado el tema de carga y descarga de mercaderías esta regulado y restringido a ciertos horarios en Santiago Centro.

No así en la comuna de Providencia, donde el auto es utilizado para dirigirse hacia lugares comerciales, lo que implicaría que algunos negocios perderían clientela. Los comerciantes pequeños utilizan su vehículo para el traslado de los artículos que venden por lo que

verán aumentados los costos de sus proveedores. Este es el grupo en el que se aprecia menor disposición a aceptar la medida de TVC.

Respecto al área de tarificación (testeada en esta fase como Providencia y Santiago) es considerada demasiado extensa, concuerdan que la parte de la comuna de Santiago Centro presenta graves problemas de congestión, pero no así el área de Providencia, donde aluden que existen espacios sin problemas de congestión, incluso los residentes perciben que aún pueden hacer vida de barrio.

En este sentido, se infiere que implementar TVC solamente en áreas pequeñas focalizadas (tipo burbuja) parecieran responder mejor a la percepción ciudadana de congestión.

Por otro lado se señala que la congestión no es todo el día, sino que sólo en los periodos peak.

Lo anterior refuerza la idea de implementar inicialmente TVC solamente en los horarios de mayor congestión (punta mañana y punta tarde de días laborales).

Existe la percepción de que las desventajas son mayores en la medida de que el área afectada es más extensa y que habrá congestión en los sectores del borde de está.

Los residentes de Santiago si bien declaran que hay graves problemas de congestión, ruido y contaminación, lo atribuyen principalmente al tránsito de las micros más que a los autos. Entre los residentes de Providencia y Santiago, son los últimos los que logran visualizar mejor las ventajas de la TVC, señalando la disminución de ruido y contaminación. Son ellos los que muestran mayor aceptación a la idea de cobro por congestión, grupo asociado al nivel socioeconómico C3, mientras que los de Providencia presentan menos disposición a la medida (grupo asociado al C1C2). Esta situación de aceptación según nivel socioeconómico es consistente con lo observado en las etapas anteriores de este estudio.

En cuanto a las compensaciones, todos los participantes concuerdan en que los residentes y servicios de emergencia no debiesen pagar o bien tener una reducción importante de la tarifa de TVC lo que será importante de considerar en el proyecto de TVC a implementar.

Se manifestó el temor de que un cambio de modo hacia la locomoción colectiva genere una sobredemanda, deteriorando el nivel del servicio sobre todo la del Metro. Como requisito para el traspaso de auto a transporte público se espera que este último presente mejoras notables, ya que hoy no se percibe como una opción real al uso del automóvil. Cabe señalar que al momento de realizar estos talleres no se había puesto en marcha Transantiago, motivo por el cual este sentir podría ser hoy aún más fuerte y justificado.

Los residentes estiman que la TVC no les hará cambiar de residencia, pese a que esperan que inicialmente la plusvalía de sus inmuebles disminuya, creen que esta situación se revertirá a medida que se vean los efectos positivos de la implementación del sistema. Mientras que los locatarios manifiestan su posible traslado si se ven afectados.

En cuanto a la administración y uso de los fondos, manifiestan que éstos se deben destinar a infraestructura vial y transporte público en toda la ciudad de Santiago. Se hace hincapié en el tema de la transparencia en el uso de los recursos, que jugará un papel importante en la percepción positiva del sistema.

La aceptación de la tarificación vial está asociada principalmente con ver la eficiencia de la medida. Se espera ver mejoras notables en la locomoción colectiva, reducción de los

índices de contaminación, tiempos de viajes más cortos e información y transparencia en el uso de los recursos.

En este sentido será importante en la implementación de TVC un sistema de monitoreo y una estrategia comunicacional que informe permanentemente a la ciudadanía de los beneficios logrados así como también informe de la recaudación y uso para dar la señal de transparencia que se le pide a ésta.

De las consideraciones indicadas por distintos especialistas

Desde el punto de vista de los especialistas (profesionales, académicos, ONGs relacionadas con el desarrollo de la ciudad) la tarificación vial por congestión en general es un sistema equitativo, que cobra por el uso de recursos escasos. Consideran que la implementación en Santiago es factible no sólo desde el punto de vista técnico sino también tecnológico, ya que el uso del tag está ampliamente difundido entre los automovilistas de la ciudad. No así desde el ámbito político y ciudadano, en donde prevén dificultades en la aceptación del sistema, ya que el ciudadano común percibe a la medida como injusta.

Concuerdan que la tarificación vial debe ser gradual, es por eso que se manifestaron inclinados por el esquema 3, ya que comprende la alternativa de menor área geográfica. Puede ser utilizado como una prueba piloto, la cual permitiría la aplicación de la medida en otros focos de congestión en la ciudad.

Por tanto, el sector de aplicación de tarificación vial debería ser inicialmente focalizado en lugares donde se perciba alta congestión, tales como Santiago Centro y/o sector de oficinas en El Bosque/Vitacura/Costanera. Esto permitiría una implementación gradual y al mismo tiempo sin afectar a gran número de residentes y locatarios.

El esquema en el Triángulo Central, si bien es el más aceptado, señalan que es el esquema que menor impacto genera en la disminución congestión a nivel de ciudad (en comparación a los otros dos); pero sí a nivel local, por lo que sus efectos podrán ser comprobados al menos localmente por el ciudadano común. En este sentido se requeriría generar una estrategia comunicacional que muestre los beneficios de la medida.

En cuanto al tipo de esquema, área v/s cordón, la elección está más bien correlacionada con la extensión geográfica del sector de cobro. Así, en sectores amplios, el esquema de área es más aceptado que el tipo cordón porque este último deja viajes en el interior sin cobro siendo menos efectivo en la disminución de la congestión. Sin embargo, si se implementa un cordón pequeño o cordones pequeños (burbujas) en distintos puntos de congestión, el problema de viajes internos se eliminaría, aprovechando la ventaja del cordón en términos de su claridad y simplicidad para explicarlo a la ciudadanía.

La implementación de la medida debe ser flexible; esto es, adaptándose a los horarios y lugares donde se observe congestión. Se espera que en un inicio el horario de cobro esté restringido a los períodos punta (mañana y tarde) de días laborales.

Manifiestan que parte importante del éxito de la medida de TVC dependerá de las mejoras que antes presente el transporte público, para ser una alternativa real a quienes decidan bajarse del auto y no empeorar la condición de viaje de los actuales usuarios de transporte público.

En su gran mayoría creen que la recaudación debe ser utilizada en los elementos que la tarificación vial pretende corregir: transporte público y espacios peatonales. Se señaló que se debe evitar invertir o tomar medidas que contribuyan al uso del auto (mejora de pistas, semaforización, entre otros).

La administración del sistema debe ser por parte de una autoridad estatal, que entregue confianza y transparencia. Se mencionó a la Autoridad Metropolitana de Transporte como posible administrador del sistema.

Como impacto de la tarificación vial señalan que disminuirá la congestión ya que trasladará usuarios de auto al sistema público. La calidad de vida de los usuarios de transporte público se verá mejorada, porque los tiempos de viaje serán menores y se dispondrá de recursos económicos (generados por la TVC) para incorporar mejoras al sistema. Otros beneficiarios serán los peatones, que dispondrán de más espacio urbano en la zona tarifada.

Los usuarios de auto que no cambien de modo, también percibirán beneficio en términos de disminución del tiempo de viaje, mientras que los que por recursos deban dejar el automóvil verán empeorada su calidad de vida.

Aun cuando el grupo de usuarios de auto que deciden pagar la TVC no ven a priori ventaja de mejoramiento de calidad de vida a consecuencia de la disminución de la congestión, finalmente si comprueban que sus tiempos de viajes disminuyen se esperaría que mejorara la aceptabilidad de la medida.

Asimismo, si bien los usuarios de auto que se cambien de modo serán el grupo más afectado en términos de calidad de vida por la TVC, las mejoras en transporte público que se deben realizar como consecuencia de la implementación de la medida se constituirán en una suerte de mitigación de estos casos.

En cuanto al uso de suelo, entre quienes entregaron su opinión sobre el potencial impacto de TVC, no se prevén cambios importantes por lo menos en el corto plazo, y más en el largo plazo no es un tema de preocupación pues se asume que la TVC es un elemento dinámico.

En lo que respecta al parecer de los Concesionarios de Autopistas Urbanas, si bien se acogen en términos generales a las expuestas por los especialistas, desde la perspectiva de su negocio mencionaron principalmente:

- Potencial de evasión mayor a la observada en las autopistas urbanas si los beneficios de la TVC no son percibidos
- potencial confusión entre pagar por infraestructura y pagar por congestión por lo que el sistema a implementar debería ser simple y claro.

De las consideraciones manifestadas por las autoridades locales

A partir de las entrevistas a autoridades locales, se concluye que la aceptación de los municipios a la implementación de una medida de tarificación vial en Santiago, requerirá que ésta contemple y provea antecedentes detallados relativos a una cantidad de temas para cada zona específica.

En particular, se puso relevancia en lo referido al impacto urbano y la posible relocalización de actividades que pudiese generar, en determinadas zonas, por la

implementación de la medida, y la consideración de medidas de mitigación para paliar los efectos no deseados por las autoridades locales.

Una preocupación de los municipios se refiere también a los contratos de licitación de estacionamientos que mantienen hoy, o en el corto plazo, con inversionistas privados y el impacto que TVC pudiese tener en la demanda esperada en los mismos; mientras en algunas zonas la TVC puede beneficiar dicho negocio, en otras la situación puede ser desfavorable y tener que enfrentar como municipio eventuales demandas legales. La consideración de esta problemática en la implementación de TVC sería una solicitud de los municipios potencialmente afectados.

Incluir a Tarificación Vial en un paquete de medidas y no implementarla de manera aislada ayudaría en la aceptabilidad de la medida.

A este respecto, se recoge la opinión de forma unánime en las municipalidades, que la implementación de TVC en Santiago debe estar sujeta a una mejora sustancial y previa en el sistema de transporte público de la ciudad, de manera de ofrecer una mejor alternativa a quienes dejen de ser usuarios de auto.

9. Informe Jurídico

9.1 Antecedentes

Como parte del presente estudio se desarrolló un Informe Jurídico que contempló los siguientes aspectos:

- Marco legal vigente en Chile relacionado con el tema de la tarificación vial
 - Marco jurídico actual relativo al tema de la tarificación vial: análisis de la normativa vigente
 - Análisis del proyecto de ley de tarificación vial
- Factibilidad de destinar los fondos recaudados por la tarificación vial a fines específicos
 - Análisis de experiencias similares consideradas en la normativa vigente
 - Análisis de experiencias similares consideradas en proyectos de ley actualmente en tramitación ante el congreso
- Factibilidad de disminuir la carga impositiva de los usuarios de transporte privado afectos a la tarificación vial y formas de su consagración normativa
- Marco jurídico actual y proyectado aplicable a la tarificación vial

Este Capítulo reporta una síntesis del Informe Jurídico del estudio sobre Tarificación Vial por Congestión. En él se armonizan los aspectos técnicos y jurídicos desarrollados en el curso de este estudio, indicando las conclusiones a que se ha arribado. Asimismo se recomiendan las acciones concretas y decisiones que se estiman pertinentes, en el evento que se opte por reimpulsar la tramitación del Proyecto de Ley de Tarificación Vial, archivado hoy en el Congreso Nacional. Además, se explora la factibilidad de la aplicación de un sistema de cobro por uso de vías, mediante la legislación ya existente, específicamente, aquella que regula el sistema de concesiones entregado al Ministerio de Obras Públicas.

Así, en el presente capítulo se expondrán las siguientes materias:

- Naturaleza Jurídica de la tarifa a cobrar por uso de vías congestionadas.
- Vías de consagración normativa del sistema.
 - Mediante la dictación de una Ley.
 - Factibilidad de implementación del sistema a través de la Ley de Concesiones.
- Destino y afectación de los recursos.
- Posibilidad de rebajar otros impuestos para compensar el pago de la tarifa.
- Limitaciones y aspectos con mayor divergencia a que se han enfrentado las iniciativas legislativas sobre la materia.

- Aspectos que se deben considerar para avanzar en la tramitación de un Proyecto de Ley.
- Vacíos y contradicciones existentes en la actual legislación en relación a la tarificación de vías.
- Indicaciones al Proyecto de Ley de Tarificación Vial.

9.2 Naturaleza jurídica de la tarifa a cobrar por uso de vías congestionadas

De acuerdo a lo analizado en el marco del presente estudio podemos concluir que el establecimiento de un sistema de tarificación vial constituye una carga pública para quienes se verán obligados al pago por el derecho a utilizar vías congestionadas, toda vez que se impone una obligación por parte del Estado a los particulares.

Al respecto analizaremos la naturaleza jurídica de la misma, lo que nos permitirá determinar la vía apta para su imposición.

Doctrinariamente, las cargas públicas han sido definidas como “toda exigencia impuesta unilateralmente (en contraposición a una imposición contractual), por el Estado a las personas para satisfacer el interés general”.

Podemos señalar que, doctrinariamente, se distinguen dos tipos de cargas públicas:

- Cargas Reales: son aquellas cargas que afectan a la “res” (cosa), es decir, afecta al patrimonio de una persona. Ejemplo de este tipo de carga son los tributos de cualquier especie: impuestos, contribuciones, peajes.
- Cargas Personales: son aquellas que afectan la libertad de la persona y su libertad de desplazamiento. Ejemplo de este tipo de cargas lo constituye el servicio militar y el nombramiento como vocal de mesa en una votación.

Conforme a las definiciones señaladas precedentemente, concluimos que la tarifa a pagar por uso de vías congestionadas, constituiría una carga real, denominada TRIBUTO, entendida como “toda exacción patrimonial impuesta por la Ley a las personas en beneficio del Estado”⁵⁷, pues importa una afectación del patrimonio de la persona obligada al pago, quien deberá entregar una cantidad de dinero determinada por el uso de vías declaradas como congestionadas.

Así, los tributos, consisten en “una prestación obligatoria exigida por el Estado en virtud de su potestad de imperio, para atender sus necesidades y cumplir sus fines públicos, económicos y sociales”.

Señala el Profesor Humberto Nogueira Alcalá en su Artículo “La igualdad ante los Tributos en Derechos Constitucional Chileno”⁵⁸ respecto de la definición de tributos, lo siguiente:

“...en el contexto de nuestro ordenamiento jurídico puede sostenerse que tributo es el vínculo jurídico de derecho público entre el Estado y los particulares, determinado por la Ley, en virtud del poder de imperio del Estado, en el que los particulares se obligan al pago de una suma de

⁵⁷ Evans de la Cuadra, Enrique “Los Derechos Constitucionales”, Tomo II, página 283.

⁵⁸ “La Igualdad ante los Tributos en el Derecho constitucional Chileno”, Humberto Nogueira Alcalá, MJD N°277.

dinero la que se destina por el Estado al cumplimiento de fines de bien común.

Los conceptos anteriores, han sido reafirmados por la jurisprudencia de la Corte Suprema que ha manifestado lo siguiente:

"Que es oportuno recordar que el vocablo tributo fue incorporado en nuestra actual Constitución, en reemplazo de la voz contribuciones e impuestos, de modo que ha de entenderse que comprende, además, las tasas y los demás derechos o cargas semejantes. Es incuestionable, por lo tanto, que los derechos correspondientes a servicios, concesiones o permisos a que se refiere el Artículo 43 en cuestión, caen dentro del régimen estatutario de los Artículos 19, 60 y 62 de la Constitución, conforme ya se ha manifestado, y así se dejó constancia también en la discusión respectiva en el seno de la Comisión Constituyente, sesión 398, en el sentido que el vocablo tributo significaba "obligaciones pecuniarias que la ley impone a las personas para el cumplimiento de los fines de Bien Común propios del Estado", recalcándose que comprendía, precisamente, los impuestos, las contribuciones, las tasas y los derechos"⁵⁹

Finalmente útil resulta revisar, entonces, la Sesión N° 398, de la Comisión Constituyente, a que se ha hecho referencia, en el fallo precedentemente invocado; en esta se señalaba lo siguiente, a propósito de la discusión de los principios que inspirarían la normativa relativa a tributos:

"...El señor BERTELSEN llama la atención acerca de que en el número 5 del Artículo 1° del Acta Constitucional N° 3, siguiendo al precepto del número 9 del Artículo 10° de la Constitución de 1925, se habla de "la igual repartición de los impuestos y contribuciones". Estima conveniente uniformar tanto lo dicho en la garantía constitucional como en la ley que la hace efectiva. Considera redundante hablar de impuestos y contribuciones; que hay quien sostiene que lo más genérico son los "tributos"; que por eso, se habla de derechos tributarios, y que la expresión más usada en Chile suele ser "impuestos"...

...El señor GUZMÁN cree más indicado el término "tributo"...

... El señor GUERRERO (Fiscal del Banco Central) estima que la expresión "tributo" es más técnica...

... El señor ORTÚZAR (Presidente) manifiesta que, para guardar la debida consonancia, en el N° 9, en vez de "igual repartición de los impuestos y contribuciones" habría que decir: "igual repartición de los tributos", ya que fue la única garantía que no se modificó..."⁶⁰

Asimismo y en relación a la discusión sostenida respecto de la proporcionalidad de los tributos, se definió de la misma manera dicho concepto.

"El señor BERTELSEN recuerda que los Ministros de Hacienda y de Economía se declararon partidarios de que, cuando se deseara prohibir determinada actividad, la ley lo estableciera directamente y no mediante la fijación de tributos altísimos. Por ello, solicita dejar constancia de que "tributo" es un término genérico que comprende

⁵⁹ Sentencia de la Corte Suprema de justicia en recurso de inaplicabilidad de la "Compañía de Teléfonos de Chile" , Rol N° 16.293, de 28 de enero de 1992, considerando 15

⁶⁰ Actas Oficiales de la Comisión de Estudio de la Nueva Constitución Política e la República, Sesión 398°, martes 11 de julio de 1978.

cualquier impuesto, contribución, arancel, derecho o tasa, es decir, cualquiera prestación que los particulares tengan que satisfacer al Estado...”

Refiriéndonos específicamente a los Tributos y la Constitución Política de la República de Chile, consagra, en esta materia, los siguientes principios: la repartición igualitaria de las cargas públicas, la legalidad de estas, la justicia y proporcionalidad de los tributos entendidos como cargas reales, y la prohibición de tributos de afectación a fines determinados, salvo en el caso de los destinados a fines propios de la defensa nacional y aquellos que graven bienes o actividades con clara identificación local o regional.

En relación a los principios expuestos, estos han sido ampliamente reconocidos por nuestra jurisprudencia que ha señalado respecto de ellos:

- En relación al principio de legalidad tributaria:

“ Que, como puede apreciarse, le corresponde a la ley, emanada del Congreso Nacional, indicar con suficiente precisión todos los elementos esenciales de la obligación tributaria, esto es, el sujeto pasivo obligado, el hecho gravado, la base imponible, la tasa imponible y las situaciones de exención;”

En el mismo sentido, se expresa el Tribunal Constitucional en sentencia dictada con fecha 26 de noviembre de 2007, en los autos Rol 773-2007.

Asimismo y respecto a los principios de justicia y proporcionalidad tributaria, se señala:

“Que en cuanto a esta materia este Tribunal ha señalado que si bien el tema de la justicia tributaria es un asunto de carácter eminentemente valórico, “la proporción o desproporción de un tributo debe ser ponderada de acuerdo con la capacidad de pago del contribuyente y no en relación con el monto anterior del impuesto que se modifica” (Rol N° 203, 6 de diciembre de 1994)”;

“Que, en todo caso, esta Magistratura ha indicado que lo que se ha querido evitar es la imposición de tributos que representen “una expropiación o confiscación” o que en definitiva “impidieran el ejercicio de una actividad”. En otras palabras, se trata de impedir “desproporciones o injusticias, injustificables o irracionales, y ellas se producen cuando son manifiestas, esto es, al tenor de la definición del Diccionario de la Lengua Española, cuando son descubiertas, patentes, claras” (Rol N° 219, 10 de julio de 1995);”⁶¹

“Que esencialmente reúnen el carácter de impuestos confiscatorios o expropiatorios aquellos que por su monto afectan el patrimonio o la renta de una persona y así lo sostuvieron los comisionados cuando trataron la materia y aprobaron la disposición constitucional en la sesión N° 398, de 11 de julio de 1978. En ningún caso, el constituyente en el inciso segundo del numeral 20 del Artículo 19 de la Constitución, fijó un monto o rango para este tipo de gravámenes, pero sí señaló al legislador un límite conceptual que le impide desproporciones o injusticias, injustificables o irracionales y ellas se producen, cuando son manifiestas, esto es, al tenor de la definición del Diccionario de la Lengua Española, cuando son descubiertas, patentes, claras;”⁶²

⁶¹ Sentencia dictada por Tribunal Constitucional, 26 de noviembre de 2007, Rol 773-2007

⁶² Sentencia dictada por Tribunal Constitucional, 31 de julio de 1995, Rol 219-95

Definido ya, que la tarifa a cobrar constituye un tributo, debemos precisar que el vocablo “tributo” constituye una expresión genérica y en ella se pueden distinguir tres especies distintas, a saber:

- I Impuestos,
- I Contribuciones, y
- I Tasas

Así también lo reconoce el Profesor Humberto Nogueira Alcalá en su Artículo “La igualdad ante los Tributos en Derechos Constitucional Chileno” al señalar:

“El Tributo es, así, la expresión genérica que abarca los impuestos, las contribuciones y las tasas. A ellos deben agregarse los derechos correspondientes a servicios, concesiones y permisos, como lo ha determinado jurisprudencialmente la Corte Suprema de Justicia”⁶³

En lo relativo a cada una de las categorías señaladas, estas pueden ser definidas de la siguiente manera:

- I **Impuestos:** Podemos definirlos como una especie de tributo que constituye una prestación en dinero, exigida por el Estado a las personas que se encuentran en las hipótesis consideradas por la Ley como hechos imponible, en virtud de su poder de imperio, sin contraprestación directa, con la finalidad de financiar el gasto público y procurar el bien común.
- I **Contribuciones:** Son definidas como una erogación única de los propietarios de bienes inmuebles al ente público, en compensación al beneficio obtenido por la valorización de éstos, causadas por la construcción de una obra útil a la colectividad y en relación con el costo de la respectiva obra.
- I **Tasas:** Son tributos que se identifican por ser obligaciones pecuniarias, exigidas por vía de autoridad, donde el sujeto pasivo de la obligación obtiene una contraprestación por la actividad administrativa que interesa y beneficia directamente a este último.

Habiendo definido ya que la tarifa a cobrar por el uso de vías congestionadas constituye un tributo y a la luz de las clasificaciones y definiciones planteadas precedentemente, surge la interrogante sobre cuál es la naturaleza jurídica específica de la prestación en dinero que se pagaría por el uso de una vía tarifada.

Ya hemos señalado que esta constituye un tributo, pero es necesario determinar cual de las especies de tributo es aquella que se ajusta de mejor manera a este gravamen que afectará a los usuarios de vías tarifadas.

Se estima que la tarifa a pagar por el uso de vías declaradas congestionadas constituye un impuesto de acuerdo a las razones que pasamos a detallar:

- I En efecto, la tarifa a pagar constituye una prestación monetaria a la que serán obligados en forma general, todos quienes incurran en un hecho determinado y sancionado con el pago, cual es la utilización de determinadas vías que se han

⁶³ “La Igualdad ante los Tributos en el Derecho constitucional Chileno”, Humberto Nogueira Alcalá, MJD N° 277.

considerado congestionadas. Esta situación se ajusta plenamente a la definición doctrinaria del impuesto, que tal como hemos señalado corresponde a una prestación en dinero, exigida por el Estado a las personas que se encuentran en las hipótesis consideradas por la Ley como hechos imponibles, en virtud de su poder de imperio.

- I Asimismo, el pago de la tarifa no da derecho al usuario a exigir una contraprestación, pues el pago de la misma, es exigible, por la sola circunstancia de incurrir el usuario en el hecho gravado. Lo mismo ocurre con el impuesto, en el cual por definición no existe derecho a contraprestación directa, como consecuencia del pago.
- I El Estado persigue mediante el cobro de esta tarifa, la obtención de un fin social, cual es desincentivar el uso del automóvil particular y obligar a los usuarios de este tipo de vehículos a pagar el costo real de la decisión de utilizarlo, a fin de favorecer el transporte público, que es considerado más eficiente al producir las menores externalidades negativas. En el caso de los impuestos su imposición, tiene como fin inmediato el procurar fondos para el erario y como fin mediato, el bien común.
- I Asimismo, la tarifa y su pago tienen un carácter coercitivo y obligatorio, pues una vez que el contribuyente incurre en el hecho determinado y sancionado (que en definitiva es el hecho gravado), cual es la utilización de la vía congestionada o ingreso al perímetro fijado, surge como consecuencia la obligación al pago, obligación cuyo cumplimiento podrá ser perseguido forzosamente, circunstancia que se enmarca perfectamente en la característica esencial del impuesto relativa a su carácter coactivo y obligatorio.

Aún cuando de la redacción del Artículo 1º del Proyecto de Ley sometido a discusión en el congreso, puede interpretarse que estamos frente a una tasa, pues se utiliza el término de pago de tarifa como “una condición para el uso de las vías públicas congestionadas”, estimamos que dicha interpretación se prestará a controversia pues puede considerarse que la tarifa no configura jurídicamente una tasa.

En efecto, la tasa si bien obedece a un cobro por parte del Estado, por definición, dicho cobro otorga derecho a una contraprestación o a una actuación de la administración pública, contraprestación o actuación que ha sido motivada directamente por el contribuyente que se obliga a pagar. Esta situación es contraria a lo que ocurre en el caso de los impuestos, en que el pago no da derecho a contraprestación directa alguna, como ya hemos señalado.

En el presente caso, no se aprecia en qué podría consistir la actuación o intervención que desplegaría la administración como contraprestación directa al pago, pues esta contraprestación se refiere específicamente a la ejecución de una acción por parte de la administración, la que en el caso del pago de la tarifa no se configura. Estimamos que hacer una interpretación extensiva de la contraprestación por parte del Estado al usuario, consistente en el “derecho a circular por una vía descongestionada”, podría parecer forzado y además, carente de la suficiente justificación jurídica para su establecimiento, frente al concepto de impuesto que se ajusta perfectamente a la naturaleza de la tarifa que se pretende instaurar.

9.3 Vías de consagración normativa

Establecido que la tarifa a pagar por el uso de vías declaradas congestionadas es jurídicamente un IMPUESTO, surge naturalmente como interrogante, cuál es la vía idónea para consagrar este sistema. Y la respuesta, es que la vía idónea para la consagración del sistema de pago de tarifa por uso de vías, es mediante la Ley.

Dictación de una Ley

Como hemos señalado, la vía idónea de establecimiento del sistema de cobro por el uso de una vía congestionada es mediante la dictación de una Ley que establezca el pago de la tarifa por el uso de este tipo de vías.

La conclusión anterior se fundamenta en los siguientes argumentos:

- Es necesaria una Ley para establecer limitaciones al ejercicio de determinados derechos como son la libertad ambulatoria y el derecho a la no discriminación arbitraria del Estado en materia económica, los cuales están contenidos en el Artículo 19° números 7 y 22 de la Constitución Política, respectivamente, ambas garantías que podrían verse afectadas al establecer un sistema de pago por uso de vías que se determinen como congestionadas, pero respecto de las cuales la propia Constitución permite su limitación, siempre que esta se establezca mediante Ley.
- Como conclusión del análisis de las normas constitucionales estudiadas en el marco del presente estudio, podemos señalar que existe una clara normativa que asegura la libertad de circular por las vías del país, pero esta libertad es posible ser limitada en su ejercicio, en casos relevantes y en beneficio de otros derechos que podemos calificar como de mayor entidad, limitaciones que en todo caso, se encuentran absolutamente reguladas para su establecimiento, el que debe ser mediante una Ley.
- Es necesaria la dictación de una Ley para establecer el pago de un impuesto, por el uso de determinados bienes públicos, por cuanto la tarifa que se establecerá por el uso de vías, constituye jurídicamente un tributo, el que de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 19 N° 20 de la Constitución Política de la República de Chile, debe ser establecido por Ley. Asimismo y conforme dispone el Artículo 65 del mismo cuerpo legal, todo Proyecto de Ley que imponga, suprima, reduzca o condone tributos de cualquier clase o naturaleza, establezca exenciones o modifique las existentes y que determine la forma del tributo, su proporcionalidad o progresión, será de iniciativa exclusiva del Presidente de la República, por Mensaje que deberá ser enviado a la Cámara de Diputados, exclusivamente.
- Por otro lado, es necesaria la dictación de una Ley, si se determina destinar los fondos recaudados a fines específicos, conforme lo dispuesto en el inciso final del N° 20 del Artículo 19 de la Constitución Política y concurriendo en la especie los supuestos allí establecidos, en orden a que el tributo que será afectado a fines específicos, grave actividades o bienes con clara identificación local o regional.
- Será igualmente necesaria la dictación de una Ley en el evento de fundamentar la medida de tarificación en la protección medioambiental, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 19 N° 8 de la Constitución Política, y la autorización que la Constitución

Política otorga por esa vía, para establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades a fin de proteger el medioambiente.

- I También es necesaria la dictación de una Ley para el establecimiento del sistema en lo relativo al otorgamiento de facultades al Ministerio de Transportes, pues conforme a la normativa legal vigente y analizada en el marco del presente estudio, si bien esta autoridad tiene facultades para establecer limitaciones al tránsito y desplazamiento, incluso para prohibir la circulación de todo vehículo o tipos específicos de ellos, por causas justificadas (Artículo 118 de la Ley N° 18.290), así como para disponer el uso de vías para determinados tipos de vehículos o servicios, específicamente en el caso de congestión de vías, deterioro del medioambiente y/o de las condiciones de seguridad de las personas o vehículos producto de la circulación, esta última facultad le fue encomendada sólo respecto del transporte de pasajeros, no permitiéndole de esta manera, establecer limitaciones de carácter general al tránsito, ello conforme lo dispuesto en el Artículo 3° de la Ley N° 18.696 y reafirmado en la normativa contenida en la Ley N° 18.059, que asigna a dicho Ministerio, el carácter de organismo rector nacional en materia de tránsito, pero que limita sus atribuciones relativas a la dictación de normas, sólo a las necesarias para el adecuado cumplimiento de disposiciones ya existentes, relativas a tránsito terrestre por calles y caminos, para obtener el correcto cumplimiento de las mismas. En ningún caso posee facultades para establecer el pago de tarifas como condición para el uso de vías públicas.
- I Si bien la autoridad del Ministerio de Transportes tiene amplias facultades en materia de tránsito y vías, estas amplias facultades son insuficientes para limitar en forma general el ejercicio de derechos garantizados por la Constitución. En efecto, aun cuando se ha reconocido la legitimidad de la potestad reglamentaria para regular derechos, el asunto es determinar con exactitud cual es el margen de su intervención, debiendo centrarse la discusión por tanto, no en la existencia de poder regulatorio, sino en cuánta regulación le es posible ejercer, sin exceder o contravenir la Ley que ejecuta, asunto en que la Jurisprudencia ha establecido diversos márgenes, encontrándose conteste en todo caso, en que el rol del Reglamento es complementar la Ley para su mejor ejecución, pero en caso alguno le está permitido excederla.
- I Asimismo es necesaria una Ley que otorgue facultades al Ministerio de Transportes para cobrar las tarifas por el uso de las vías que se declararán congestionadas. Ello por cuanto, en la actualidad este Ministerio carece de dicha facultad. Así será la propia Ley que establece el sistema de pago de derechos por el uso de vías tarifadas, la que le otorgará al Ministerio de Transportes facultades para requerir por sí el pago de este derecho o para entregar la gestión de cobro en concesión a entes distintos. Lo anterior pues, si bien la Ley N° 18.696, autoriza al Ministerio de Transportes para otorgar en concesión y previa licitación pública, vías para el uso de determinados vehículos o servicios, esta facultad se limita sólo a servicios de transporte de pasajeros y no se refiere a vehículos particulares. Así lo ha reconocido el Tribunal Constitucional en el fallo dictado en causa Rol N° 388-2003, de fecha 25 de noviembre de 2003, en que refiriéndose a las facultades del Ministerio de Transportes otorgadas por la Ley N° 18.059, expresa:

“A. El transporte terrestre de pasajeros, en razón de su naturaleza y puesto que su finalidad esencial es satisfacer necesidades que son

primordiales y generales de la comunidad nacional, no obstante estar entregada esta actividad al sector privado, tiene ella ciertamente un relevante carácter de servicio o actividad pública;

B. En esta virtud y por motivos de interés social general, la legislación examinada ha sometido a esta actividad, con razón, a una rigurosa regulación, mucho más cuanto que ella se realiza por bienes nacionales de uso público, como son las calles, caminos y vías abiertas;

C. La normativa legal también faculta para afectar determinados derechos y garantías en casos de excepción, por causa de interés público y de buen servicio, específicamente en situaciones que dicen relación con la conservación del medio ambiente, congestión de vías y para atender, esencialmente, al mejor servicio, a la seguridad de las personas y del propio tránsito vehicular; y

D. La legislación examinada, como fluye particularmente de lo dispuesto por la Ley N° 18.059, tal como se transcribió en el fundamento séptimo, a fin de asegurar un adecuado control del tránsito público de pasajeros, en todos sus aspectos, asignó al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones la función de organismo rector en materia de tránsito y transporte público, confiriéndole para este efecto potestades generales y especiales para su conveniente regulación”⁶⁴;

- I Tampoco podría asimilarse la situación a la de un peaje, a fin de que conforme las normas contenidas en el Decreto con Fuerza Ley N° 850, y las facultades que dicho cuerpo normativo otorga al Presidente de la República, esta autoridad establezca el pago de esta tarifa, fije su monto y determine los vehículos eximidos de dicho pago, pues conforme señala el Artículo 75° del dicho cuerpo legal, esta facultad sólo puede ser ejercida por el Presidente de la República respecto de caminos, puentes y túneles; y la misma Ley se encarga de definir que se entiende por camino, en su Artículo 24:

“las vías de comunicación terrestres destinadas al libre tránsito, situadas fuera de los límites urbanos de una población y cuyas fajas son bienes nacionales de uso público” y “calles o avenidas que unan caminos públicos declaradas como tales por Decreto Supremo y las vías señaladas en los planos oficiales de los terrenos transferido por el estado a particulares, incluidos los concedidos a indígenas”.

- I De esta forma se aprecia que por esta vía no podría subsanarse la falta de atribuciones del Ministerio de Transportes para el cobro de la tarifa, siendo necesaria entonces, la dictación de una Ley que otorgue esta facultad.

Posibilidad de implementar el sistema a través del sistema de concesiones de obras públicas.

Como consecuencia de la necesidad de dictar una ley que establezca el sistema de Tarificación de Vías, podría plantearse en algunos sectores la posibilidad de prescindir de la ley señalada, y en su lugar utilizar el sistema de concesiones de obras públicas regulado en el Decreto N° 900 del año 1996 del Ministerio de Obras Públicas, normativa ya existente, para el establecimiento del sistema.

Estimamos que la aplicación de este cuerpo normativo presentaría dificultades, pues su utilización para aplicar un sistema de tarificación vial requiere de una interpretación

⁶⁴ Sentencia Tribunal Constitucional, Rol 388-2003, 25 de noviembre de 2003.

extensiva respecto de numerosas materias, que en definitiva desvirtuarían la esencia de dicha norma.

A este respecto podemos señalar:

El Decreto N° 900, regula la ejecución, reparación o conservación de obras públicas fiscales por el sistema de concesiones establecido en el Artículo 87 del Decreto Supremo MOP N° 294 de 1984, que fija el texto refundido coordinado y sistematizado de la Ley N° 15.840, Orgánica de Ministerio de Obras Públicas.

Conforme señala este cuerpo legal, las obras públicas pueden ejecutarse mediante contrato adjudicado en licitación pública nacional o internacional (siempre que esta última no afecte la seguridad nacional), a cambio de la concesión temporal de la explotación de la misma obra pública ejecutada, o la concesión de los bienes nacionales de uso público o fiscales destinados a desarrollar las áreas de servicios que se convengan.

Asimismo, se puede otorgar en concesión para explotación, obras ya existentes, concesión que incluirá la reparación, ampliación, conservación o mantenimiento de las mismas obras, según corresponda, esto con la finalidad de obtener recursos para la construcción de otras obras nuevas, respecto de las que no existe interés privado para realizarlas, mediante el sistema de concesiones.

De lo expuesto precedentemente, se podría concluir, que bajo ciertas circunstancias es viable el establecimiento del sistema de tarificación mediante este cuerpo legal, entregando en concesión, previa licitación pública, la explotación de las vías ya existentes.

Frente a esa posibilidad, se plantea necesariamente la interrogante sobre la necesidad de que exista una infraestructura que sea aportada por el concesionario de la obra pública que se le entrega y que le permitirá como contraprestación, el cobro de la tarifa a los usuarios de la misma.

En efecto, la postulación de quien pretende constituirse en concesionario, es a “la ejecución de una obra pública”, es decir a su construcción, la cual le permitiría cobrar una tarifa a los particulares por su uso, y que al cabo del término de la concesión, cederá en beneficio del Estado.

En el caso de la tarificación de vías, se presentaría la dificultad relativa a que la infraestructura existe con anterioridad y que por tanto, no existe una obra pública que deba ser ejecutada por el concesionario, ya que las vías sobre las que se aplicará la tarifa, son pre-existentes a la implementación del sistema, no concurriendo en la especie el requisito de la necesidad de ejecutar obras, contenido en el mencionado cuerpo legal.

Sin embargo, en este punto debemos señalar que el Artículo 87° de la Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas, en su inciso segundo, contempla la situación de que se otorguen en concesión para su explotación obras ya existentes, las que incluirán la reparación, ampliación, conservación o mantenimiento de esas obras, según corresponda.

En este caso, agrega la Ley respecto de la finalidad de otorgar la concesión de obras ya existentes, que esta es la obtención de fondos para la construcción de otras obras nuevas que se convengan entre las partes, respecto de las cuales, no exista interés privado para realizarlas por sí solas, conforme a las normas relativas al sistema de concesiones.

Por regla general, el otorgamiento en concesión de una obra, aun cuando ésta sea preexistente y se entregue sólo la concesión para los efectos de reparación, ampliación, conservación o mantenimiento de la misma, trae aparejada la construcción de una nueva obra. Esta es la situación que se presenta, en el caso de la concesión de las redes viales regionales, iniciativa en proceso por el Ministerio de Obras Públicas a través de la Dirección de Vialidad y en el marco de la Ley de Concesiones, que se ejecutará sobre redes preexistentes y que contempla como obligación del concesionario el llevar a cabo obras de mejoramiento y conservación para dotar a la red respectiva de un estándar determinado en el contrato.

¿Qué obra de infraestructura podrían construirse para justificar la instalación del sistema de tarifación vial mediante la Ley de Concesiones? En este punto debemos decir que las obras serán tantas como puedan señalarse en las bases que rijan la licitación del contrato y como sean aquellas que en definitiva contemplen los contratos suscritos entre las partes.

De esta manera, podría ser el mejoramiento de la infraestructura de la zona tarifada, mejoramiento de vías alternativas, construcción y mantención de ciclovías, habilitación y mantención de áreas verdes en la zona, mejoramiento del transporte en el área, etc.

En este escenario, de aplicación de la Ley de Concesiones, surge la interrogante sobre la posibilidad de destinar a un uso específico, los dineros que se recauden a causa de la concesión de las vías bajo este sistema: en este punto hay que distinguir los dineros que se podrían originar a través de este sistema, para determinar la posibilidad de otorgarles un uso específico:

- I Si los fondos corresponden a un pago que deba efectuar al Estado el concesionario por la infraestructura preexistente: Este dinero necesariamente debe ingresar a las arcas fiscales, a través del Ministerio de Hacienda, no siendo posible asignarle un uso específico.
- I Si los fondos de que se trata corresponden a los dineros que recaude el concesionario producto del pago de la tarifa, a través del contrato de concesión, es posible destinar una parte de estos fondos a fines específicos, en la circunstancia de que se configuren determinadas condiciones a cumplir por parte del concesionario, las que también se establecerán en el mismo contrato; así, podría establecerse como obligación del concesionario, la construcción de obras determinadas cuando se configuren ciertas condiciones. Todo lo cual deberá ser recogido en el modelo de negocio que se contemple en las bases de licitación.

Otra interrogante respecto de la posibilidad de aplicación del sistema de concesiones para establecer el pago por uso de vías congestionadas, es si este sistema es adecuado atendido el dinamismo necesario con que debiera contar el sistema de tarifación de vías, dinamismo que en definitiva debería permitir una adecuada gestión de los episodios, en relación a las condiciones de las vías que hagan necesaria o no la mantención de la medida.

En este punto es necesario aclarar que el dinamismo que requiere la implantación del sistema, no se encuentra resuelto en la Ley de Concesiones.

En efecto, la Ley mencionada no previene la situación de ser necesaria la “suspensión de la aplicación de la medida”, como efecto de que la situación que dio origen a ella, ya no

concorre. La única posibilidad, entonces, sería que estipulaciones de esta naturaleza, se encontraran contenidas en el contrato de concesión, o que de acuerdo al modelo de negocios que se plantee, se establezca una concesión por un periodo relativamente breve o por unos determinados flujos de ingresos, los que una vez cumplidos, hagan cesar el contrato, ello en el caso de que no se determine la afectación a fines determinados de los ingresos por sobre estos flujos.

Una dificultad adicional de importancia, la constituye, a nuestro entender, la necesidad de obtener la delegación de facultades necesarias desde las Municipalidades dentro de cuyos límites se encuentren las vías que compongan la zona a tarificar, pues dependerá de su voluntad favorable, el poder llevar a cabo un proceso de licitación sobre estos bienes de uso público que se encuentran bajo su administración.

Por último es importante considerar que implementar tarificación vial a través de la Ley de Concesiones podría generar una potencial confusión en la ciudadanía entre el pago por infraestructura que se realiza actualmente en las autopistas concesionadas a través de esta ley y el pago por la externalidad negativa que genera la congestión vehicular que pretende introducir la medida de Tarificación Vial, en estudio.

9.4 Destino y afectación de los recursos

Hemos señalado que el pago que soportará el usuario por la utilización de vías tarifadas, constituye un tributo, y en dicho carácter conforme establece el Artículo 19 N° 20 de la Constitución Política, puede ser afectado a fines determinados, al tratarse en la especie de un tributo que gravará actividades o bienes con clara identificación local o regional, y que por tanto puede ser aplicado por las autoridades locales o regionales para financiamiento de obras de desarrollo, constituyendo una excepción al principio general de no afectación de los tributos.

Esta afectación de impuesto que se genere a causa de la utilización de las vías, deberá consagrarse normativamente en la misma Ley que establezca el sistema de tarificación vial y que determine y regule el tributo a pagar por su causa.

La misma Ley determinará la forma en que dicho tributo reingresará a las autoridades locales o regionales, a fin de financiar obras de desarrollo, lo que podría además contribuir a la aceptabilidad de la medida, al establecer un beneficio adicional para la comunidad afectada por esta carga, beneficio que destaca por sobre el beneficio inherente al tributo y general que estos reportan a la Nación, pero que en la práctica y para la población muchas veces son intangibles.

Así, la propia Ley podrá establecer el destino de los ingresos recaudados, aplicándolos en su totalidad o sólo en parte, a beneficio de las Municipalidades de las comunas en que opere el sistema de tarificación, y determinando expresamente que dichos ingresos deberán destinarse a la ejecución de obras de desarrollo comunal.

Asimismo, puede determinarse que el ingreso se destine en parte además, a la inversión en mejoramiento del transporte público urbano, a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional respectivo, que constituye la herramienta de los Gobiernos Regionales para determinar la inversión en la Región de forma totalmente descentralizada y autónoma para ellas, en su totalidad. Todo ello de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 115 inciso

2° de la Constitución Política, que reconoce expresamente a los ingresos provenientes de la afectación de impuesto, como fuente de recursos para este Fondo Regional.

Es importante mencionar que en el desarrollo del presente estudio se revisaron y estudiaron experiencias similares recogidas en nuestra legislación y que actualmente se encuentran vigentes, relativas a casos en que el legislador ha permitido destinación a fines específicos de fondos recaudados, por distintos conceptos.

Una de ellas corresponde a la Ley N° 19.995, ⁶⁵“Establece las Bases Generales para la Autorización, Funcionamiento y Fiscalización de Casinos de Juego”, la cual ha establecido destinación a fines específicos de un impuesto, y ha regulado las proporciones de destinación tanto comunal como regional de estos, estableciendo expresamente la necesidad de que estos recursos sean destinados a obras de desarrollo de carácter comunal o regional, respectivamente.

Esta situación, es similar al caso de la tarifa a aplicar por el uso de vías en un sistema de Tarificación Vial y en ella, se aprecia claramente el establecimiento de impuestos de carácter local, y un sistema de destinación de fondos que combina la destinación local o municipal y la regional, para garantizar, de esta forma, una mayor equidad en el desarrollo de la zona.

Cabe destacar que durante el proceso de discusión en sala de esta ley, la destinación de lo recaudado por concepto de impuesto a usos específicos de carácter local y regional no fue especialmente discrepado.

9.5 Factibilidad de disminuir la carga impositiva de los usuarios de vías afectas a tarificación

A fin de analizar si la posibilidad de aplicar alguna rebaja de carácter tributario a los usuarios afectos al pago de derechos por el uso de vías es viable, es necesario investigar si existen actualmente en nuestra legislación normas jurídicas, que consideren experiencias análogas, es decir, casos en que el Estado conjuntamente con establecer cargas que afectan a los particulares, les otorga compensaciones para aliviarlas; siendo necesario asimismo, analizar si esta situación se genera como respuesta a externalidades positivas derivadas de la actividad gravada, que son (o debieran ser) compensadas a través de franquicias, exenciones o rebajas.

El problema que se presenta en este análisis, es precisamente que contrario al caso de la tarificación vial, donde la finalidad es internalizar el costo social del uso del automóvil, y poner de manifiesto a la población, las consecuencias negativas que su actuar produce a todos en su conjunto, como son la mayor demora en los viajes y la congestión. Es decir el objetivo final de la medida es constituir un desincentivo al uso indiscriminado del automóvil particular.

Analizado así el tema, y luego de una revisión de la normativa vigente que establece rebajas tributarias, podemos señalar que no existen en nuestra legislación experiencias que contemplen la disminución de la carga impositiva para sujetos que con su actuar causan consecuencias negativas al resto de la población.

⁶⁵ Publicada en el Diario oficial con fecha 7 de enero de 2005

La legislación existente y que establece rebajas tributarias para ciertas categorías de personas, exige como condición que esas personas ocasionen con su actuar un beneficio a terceros o a la comunidad en su conjunto; no presentándose en cambio, ningún caso en el cual se beneficie con rebajas a contribuyentes cuyo actuar ha producido externalidades negativas.

Lo anterior no hace más que reafirmar que en nuestro ordenamiento no existe, como legislación vigente o como proyecto de Ley en tramitación, ningún conjunto normativo que establezca beneficios o rebajas tributarias para contribuyentes que despliegan alguna actividad que produzca externalidades negativas para la población.

Conforme a lo anterior, es dable concluir que no es posible establecer este tipo de rebajas para los usuarios de vías afectas a tarificación, pues precisamente como hemos señalado, el establecimiento de dicho pago constituye una carga para quien deberá soportarlo, y como tal debe ser asumido en su totalidad, a fin de no desvirtuar la naturaleza de esta propuesta y el propósito final del establecimiento del sistema, consistente en desincentivar el uso del automóvil particular, privilegiando un transporte público más eficiente y que otorgue beneficios para todos los sectores de la sociedad.

En consecuencia es necesario que el obligado al pago de la tarifa en el sistema, la soporte en su totalidad, sin posibilidad alguna de obtener rebajas o beneficios de ninguna especie, asumiendo el costo de la decisión de utilizar un medio de transporte poco eficiente, salvo la consecuencia que pudiera producirse relativa a la disminución en los tiempos de viaje, por el menor uso del resto de la población de la vía tarifcada.

Por otro lado, una medida de este tipo provocaría en primer lugar la pérdida de uno de los fundamentos de la aplicación de esta medida, cual es, que el usuario tome conciencia de las externalidades negativas que produce su actuar y asuma conforme a ello, el costo que conlleva tanto para él como para el resto de la población, el congestionar las vías.

En este caso, la circunstancia de descontar vía impuestos el pago de la tarifa conduce en definitiva a la ineficiencia de la medida y puede provocar una desigualdad entre los individuos enfrentados a una misma situación; sería necesario determinar sobre qué impuesto se aplicaría el descuento, si sobre los impuestos directos o indirectos, o progresivos o regresivos y además cual sería el mecanismo para aplicarlo.

Por otro lado, existe un tema de política tributaria, pues no es tan claro que la medida contribuya a una asignación de recursos mas eficiente desde el punto de vista social, porque en definitiva lo que puede llegar a ocurrir es que circulen los que cuentan con más recursos, que son quienes podrían asumir el nuevo y mayor costo de circular, quienes en definitiva se verán beneficiados o premiados con el descuento de sus impuestos y quienes además, gozarán el beneficio de circular por calles menos congestionadas, lo que también provoca desigualdades.

Frente a estas dificultades inherentes a la situación planteada de rebaja de carga impositiva al usuario de vías tarifcadas, creemos que no es viable.

No existe en nuestro ordenamiento, una situación similar a aquella que se ha planteado en cuanto a beneficiar tributariamente con rebajas, a los sujetos afectos al pago de una tarifa por uso de vías, cuya aplicación en la práctica significaría premiar a un individuo por llevar a cabo una actividad que ocasiona perjuicios a terceros, fomentándola en definitiva, a través de este beneficio.

Si la finalidad de implementar un sistema de tarificación de vías es beneficiar a la población con una acortamiento de los tiempos de viaje, a causa de la disminución de la congestión que soportan diariamente, no aparece justificable de manera alguna, que por otro lado, se premie a quien prefiere desestimar los beneficios que se plantean para la comunidad, y seguir utilizando vías restringidas.

9.6 Limitaciones y aspectos con mayor divergencia a que se han enfrentado las iniciativas legislativas sobre la materia

Desde el año 1991, oportunidad en que se envió el Mensaje Presidencial que contenía el primer Proyecto de Ley que disponía el pago de un derecho por el uso de las vías urbanas afectadas por congestión vehicular, hasta esta fecha, y habiendo existido una serie de modificaciones a la iniciativa que intentaron imponer el pago de un derecho por el uso de determinadas arterias de circulación vehicular, se han presentado una serie de circunstancias que han impedido que estos proyectos lleguen a concretarse en una Ley de la República, y que constituyen factores que se deben tener presente en el evento de reponer la idea de legislar, habida consideración que el proyecto señalado se encuentra actualmente archivado.

Al respecto debemos señalar los temas que causaron mayor divergencia en su oportunidad para la aprobación del Proyecto de Ley sometido a discusión ante el Congreso Nacional y su vigencia en la actualidad.

Las materias que se presentaron como de mayor polémica al momento de discutir este proyecto fueron las siguientes:

1.- La necesidad de la existencia de una política general relativa al transporte

Es decir que la implantación del sistema de tarificación vial, fuera una más de muchas medidas y parte de un programa integral tendiente a obtener un mejoramiento sustancial del tránsito y transporte y de esa manera enfrentar el problema de la congestión vehicular, como por ejemplo, racionalización de la locomoción colectiva, fomento del Metro en Santiago y del transporte ferroviario en el resto del país, promoción de sistemas alternativos de transporte, mejoramiento de vías, inversión en infraestructura, incentivo al transporte público y aplicación de restricciones y prohibiciones en casos necesarios, aplicación de medidas de congestión de tránsito como supresión de estacionamientos de superficie, sincronización de semáforos, instalación de semáforos inteligentes, etcétera.

A este respecto debemos señalar que, en el tiempo transcurrido, se han implementado otras medidas de aquellas propuestas con ocasión de la discusión legislativa. En efecto, se ha invertido en infraestructura de importancia para el mejoramiento del desplazamiento de vehículos en la Región Metropolitana (corredores exclusivos, vías segregadas, repavimentación y mejoramiento de calles, autopistas urbanas concesionadas); se ha multiplicado la extensión y cobertura de las líneas de Metro; se estableció un nuevo sistema de transporte público de superficie que ha redefinido el sistema de recorridos y forma de pago del mismo; se han fomentado otros modos de transporte alternativos al automóvil, estableciendo una amplia red de ciclovías, de arriendo y estacionamientos públicos de este tipo de vehículos, se ha implementado un sistema de coordinación del sistema de semaforización en la ciudad de Santiago a través de la Unidad Operativa de Control de Tránsito, dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

En razón de lo anterior la implantación de la tarificación vial, hoy constituiría una medida que formaría parte de un plan integral de racionalización y mejoramiento del tránsito y transporte.

2.- El establecimiento de un nuevo impuesto.

La resistencia natural que genera el establecimiento de un nuevo tributo debe tratar de ser atenuada mediante la internalización en la opinión pública, de que constituye un desincentivo al uso del automóvil particular en beneficio de la mayoría de los habitantes de la ciudad que utilizan el transporte público y de la idea del buen uso de los recursos recaudados a través de la eventual tarifa a cobrar, finalidad que puede lograrse al prescribir, en el Proyecto de Ley, la inversión de los eventuales recursos que se recauden en proyectos de los denominados con alta rentabilidad social, por lo que podemos señalar que es necesario otorgar la debida importancia al tema del uso del dinero recaudado a través del sistema, ello a fin de obtener el apoyo de la ciudadanía y la toma de conciencia de la necesidad de adoptar las medidas conducentes a obtener una mejor calidad de vida para los habitantes de las ciudades congestionadas.

Efectivamente, es necesario poner énfasis en la racionalidad de la transferencia de los eventuales recursos que se recauden por concepto de la tarificación vial, desde los automovilistas, a los usuarios de transporte público, pues debe entenderse que la misma constituye una compensación justa y proporcionada para quienes usando un sistema público en lugar de transporte privado, hacen un significativo aporte a la sociedad reduciendo el impacto en contaminación, congestión y consumo energético.

3.- La limitación a la autonomía de las Municipalidades

Al entregar la determinación de las vías y zonas tarifadas al Presidente de la República mediante Decreto Supremo expedido a través del Ministerio de Transportes, sin participación vinculante de las autoridades locales, respecto de las cuales sólo se requiere un informe previo a la declaración de vía o zona congestionada, por lo que es previsible una resistencia de estas entidades ante el proyecto.

4.- Las excepciones al pago de tarifa por uso de vías congestionadas.

Este tema, si bien fue objeto de ardua discusión, finalmente fue acordado sin reparos, contemplándose categorías de vehículos excepcionados, en razón de calidades especiales (vehículos de emergencia, de lisiados, para transporte de escolares) o en razón de tratarse de vehículos de transporte público, el cual se pretende fomentar.

5.- Necesidad de una Autoridad con plenos poderes y amplias atribuciones en materia de tránsito y transporte,

Que agrupe las funciones necesarias para la administración y centralización de los temas relativos a estas materias y que coordine a todas las autoridades públicas que tengan ingerencia en el tema. En el proyecto archivado, no se contempló esta institución.

6.- La generación de congestión en vías no tarifadas y la falta de certeza respecto de la eficiencia de la medida en su aplicación en otros países.

Al respecto y en relación a la congestión de rebote que generaría la implantación de la medida, el proyecto contempla la posibilidad de flexibilizar su aplicación por parte de la autoridad en la medida de ser necesario.

Respecto de la segunda parte, debemos mencionar que actualmente existen dos experiencias exitosas en ciudades en que han aplicado sistemas de tarificación de vías: Londres (inicio 2005), y Estocolmo (inicio 2007).

9.7 Aspectos que se deben considerar para avanzar en la tramitación del proyecto

En relación a los aspectos que produjeron mayor discrepancia en la tramitación del Proyecto de Ley y a la luz de las circunstancias actuales, en las que se debería discutir el proyecto que intenta establecer el pago de una tarifa por el derecho a usar vías declaradas con la calidad de congestionadas, se requiere analizar algunas condiciones que se presentan como esenciales para propiciar la aceptación generalizada de la instauración del sistema.

En este sentido y teniendo como base lo ya señalado al momento de analizar la tramitación del Proyecto de Ley sobre Tarificación Vial, actualmente archivado, así como el marco regulatorio actualmente vigente, podemos indicar como dichas condiciones las siguientes:

1.- Necesidad de contar con un sistema de transporte público que represente una real alternativa al uso de automóvil particular.

En el caso de la ciudad de Santiago, nos referimos a Transantiago y Metro.

En efecto, no es posible pensar en gravar la circulación de vehículos motorizados particulares por determinadas calles, sin que exista la alternativa de un transporte público eficiente y que sea capaz de absorber la demanda transferida y adicional en el tiempo.

En este sentido, debemos señalar que el sistema de transporte público de la ciudad de Santiago, denominado Transantiago, se encuentra en proceso de consolidación y cuenta actualmente con un sistema de financiamiento que asegura su operatividad de acuerdo con lo establecido en la Ley N° 20.378.

2.- La tarificación vial debe ser presentada como parte de una política integral de tránsito y transporte,

que se ha venido aplicando de manera gradual, para evitar que aparezca como una medida aislada, pues ella por sí sola no puede resolver todos los problemas del transporte en la ciudad. En este ámbito se insertan medidas ya implementadas como son inversión en infraestructura de importancia para el mejoramiento del desplazamiento de vehículos en la Región Metropolitana (corredores exclusivos, vías segregadas, repavimentación y mejoramiento de calles, autopistas urbanas concesionadas); aumento de la extensión y cobertura de las líneas de Metro; establecimiento de un nuevo sistema de transporte público de superficie; fomento de otros modos de transporte alternativos al automóvil; implementación de un sistema de coordinación de la semaforización en la ciudad de Santiago a través de la Unidad Operativa de Control de Tránsito, dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

3.-Necesidad de reunir todas facultades relacionadas con las políticas de tránsito y transporte, en una autoridad

y no como ocurre en la actualidad en que las facultades se encuentran disgregadas entre distintas autoridades, con este objeto ha sido presentado un proyecto de Ley que crea la Autoridad Metropolitana de Transportes, que persigue tal objetivo. Sin embargo, este proyecto se limita exclusivamente a materias relativas a transporte público, subsistiendo, en definitiva, el vacío respecto del transporte de particulares.

4.- Debe clarificarse la definición de la tarifa o rangos de tarifa a cobrar, las zonas tarifadas y los horarios respectivos, de manera que mediante simples operaciones, el público sea capaz de entender y calcular el costo que conlleva la utilización de las vías congestionadas.

De hecho el proyecto presentado establece una metodología bastante compleja para la determinación de las vías o conjunto de vías a ser declaradas sujetas a tarifación. Lo anterior eso sí no debe ser una limitante para permitir cierto nivel de flexibilidad del sistema ante cambios en la demanda.

5.- Es imprescindible establecer en el mismo cuerpo legal, un mecanismo efectivo y eficiente que permita que, efectivamente, los dineros recaudados por concepto de tarifación sean finalmente dirigidos al destino seleccionado.

9.8 Vacíos y contradicciones existentes en la actual legislación en relación a la tarifación de vías

Luego de analizar el marco normativo actual dentro de la cual deberá insertarse la tarifación de vías, en el evento de convertirse en Ley de la República, así como en el caso que se intente reactivar la tramitación del Proyecto de Ley presentado al Congreso con sus diversas modificaciones y su texto final, el que se encuentra actualmente archivado, se detectan una serie de vacíos existentes en la legislación actual, en relación con el Proyecto de Ley aprobado y archivado, los cuales requieren ser subsanados, a fin de mantener la coherencia y armonía necesaria que la legislación en su conjunto requiere para su correcta aplicación.

De esta forma, en esta categoría, debemos mencionar los siguientes cuerpos legales:

1.- Decreto Supremo N° 900 del año 1996, Ley de Concesiones

Se aprecia un vacío en cuanto este cuerpo legal ha regulado los procesos de concesiones de obras públicas, de manera detallada, incluyendo su inicio, explotación y término, estableciendo la estructura de las licitaciones y regulando los procedimientos a llevarse a cabo a fin de otorgarlas. Asimismo esta ley regula de manera exhaustiva la determinación de las tarifas, las consecuencias jurídicas del incumplimiento del pago de la tarifa, el establecimiento de una sanción de carácter penal por dicho incumplimiento y el procedimiento de cobro.

En el caso del proyecto de tarifación vial, se contempla la posibilidad de otorgar en concesión a particulares la gestión del cobro de la tarifa, limitándose a señalar que dicha concesión debe llevarse a cabo mediante licitación pública, pero se observa la ausencia casi absoluta de normativa que regule un proceso de esta naturaleza o la referencia a este cuerpo legal para el caso de efectuarse una licitación pública y posterior concesión.

Asimismo y respecto de las tarifas, su regulación y las sanciones para su incumplimiento, todas estas materias se encuentran tratadas en el Proyecto de Ley de Tarificación Vial, de forma general.

2.-Ley N° 18.290, Ley de Transito

Asimismo, este cuerpo legal también regula las infracciones al cumplimiento del pago de tarifas y determina todas las calidades de sujetos obligados al pago de la misma, de manera precisa y acabada, contemplando prácticamente todas las categorías por las que un sujeto se puede relacionar con un vehículo motorizado. Sin embargo, el Proyecto de Ley de Tarificación Vial, se refiere sólo a ciertas categorías de individuos que debieran responder por el pago de la tarifa y de las multas asociadas a su incumplimiento.

3.-Ley N° 18.287

Por otro lado y en relación a la ley anterior y esta misma Ley que regula los Procedimientos ante Juzgados de Policía Local, ambas regulan el establecimiento y operación de sistemas de registro de infracciones de manera acabada, sistema que si bien se encuentra contemplado en el Proyecto de Ley de Tarificación de Vías, se trata de manera breve.

4.- Se aprecia la ausencia en el proyecto de una autoridad que reúna todas las atribuciones necesarias para la regulación del tránsito y el transporte tanto público, como de vehículos particulares,

Autoridad que no se encuentra contemplada en el Proyecto de Ley en comento, en el cual se otorgan todas las facultades al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, autoridad que si bien cuenta con potestades en materia de regulación de tránsito y transporte público, otorgadas a través de las leyes N° 18.696 y N° 18.040, carece de facultades en relación a vehículos de transporte particular. En este sentido debemos señalar que existe en actual tramitación ante el Congreso Nacional un Proyecto de Ley que crea la Autoridad Metropolitana del Transporte, pero su objeto dice relación con el funcionamiento de los servicios de transporte urbano, interurbano, rural y de los servicios de transporte de pasajeros prestados a través de Ferrocarriles, Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A., o cualquier otra entidad pública o privada, nacional o internacional, no refiriéndose nuevamente a los vehículos particulares.

5.- Finalmente y a la luz de las últimas modificaciones al Artículo 3 de la Ley 18.696,

Se requiere armonizar las normas relativas a la necesidad de contar con informes técnicos que avalen las distintas medidas que en relación a tránsito y transporte, dicte la autoridad. Efectivamente en dicha ley se establece la exigencia de informes de diversas autoridades que sustenten la decisión de convocar a un proceso que disponga el uso de vías para determinados tipos de vehículos o servicios. En este mismo sentido se debe enmarcar la legislación que se dicte en materia de tarificación vial, por lo que se requiere la modificación de los entes llamados a informar respecto de la necesidad de implementar tal medida.

9.9 Indicaciones al Proyecto de Ley sobre Tarificación Vial

Cómo ya se señaló, y ahondando lo tratado en el punto anterior, estimamos necesaria la dictación de un cuerpo legal para la adecuada aplicación de un sistema de tarificación

vial por congestión en nuestro país. Sin perjuicio de ello, podemos señalar que existen cuerpos normativos vigentes en nuestro país, que han regulado otras materias, en que se ha normado distintos aspectos de relevancia para el tema con criterios que podrían tener aplicación en la futura Ley de Tarificación Vial.

Cómo se enunció en el número anterior, se puede verificar, la existencia de cuerpos legales como la Ley de Rentas Municipales o la propia Ley de Concesiones, que nos demuestran que en la actualidad es perfectamente viable desde el punto de vista jurídico, el establecimiento de una Ley que imponga un sistema de cobro de derechos por el uso de vías.

Haciendo una analogía de la implantación y funcionamiento del sistema de tarificación vial, especialmente en lo relativo a la tarifa y su afectación, con el sistema de impuestos o tasas implantados en la Ley de Rentas Municipales, así como la Ley que establece la autorización, funcionamiento y fiscalización de casinos de juego, vemos similitudes que fundamentan la factibilidad de establecer el pago de tarifa por el uso de vías en carácter de tributo, el que en definitiva será afectado a fines determinados y de carácter local, cuales son el mejoramiento de la infraestructura, y otros que se determinen, a través de la creación de un fondo de desarrollo de la zona respectiva.

Asimismo, si la decisión es que no sea el Estado el explotador del sistema, y se entrega este a un particular mediante un sistema de licitación y concesión, se debiera establecer un sistema similar al de las concesiones de autopistas urbanas, aprovechando el bagaje que ya se tiene en su aplicación sobretodo en lo relativo a los dispositivos de control de ingreso a las zonas tarifadas (TAGS o pases diarios).

El asunto a decidir en definitiva, es más bien el carácter que se le debiera dar al tributo que se establezca en sentido amplio, y la forma en que se pretende llevar a cabo la ejecución y conservación de la obra pública necesaria, y por supuesto la forma en que se pretenda efectuar el cobro de los derechos, ya sea directamente por el Estado, u otorgando una concesión para la administración o sólo el cobro.

Por otro lado, si bien la definición de vía o zona congestionada y/o sujeta a tarificación que se hace en el artículo 2° se fundamenta en conceptos técnicos de transporte no jurídicos, a los que en esta sección no se les adjunta ninguna indicación; es posible que durante la discusión futura del proyecto, se acojan nuevos antecedentes técnicos y/o metodologías para definir las condiciones mínimas que se deben cumplir en determinadas vías o zonas para considerarlas afectas a tarificación.

Así mismo, cabe mencionar que la determinación de un tope máximo diario para la tarifa, que se incluye en la indicación al artículo 9°, obedece a disponer de un amplio margen para la determinación de las tarifas en el esquema de tarificación vial que finalmente sea adoptado, si bien podrá ser sujeto de una determinación con base en criterios técnico-económicos con mayores antecedentes disponibles a la fecha de discusión del proyecto.

En síntesis se estima que el **Proyecto de Ley de Tarificación Vial debiera considerar los siguientes indicaciones**, respetando el articulado del último Proyecto de ley de tarificación vial, aprobado por la Cámara de Diputados, con fecha 20 de junio de 1996, mediante Oficio 1155-96:

1.- Deberá contemplarse en el Mensaje del Proyecto, la justificación de la medida de tarificación de vías congestionadas en la necesidad de otorgar la debida protección del medioambiente, en su acepción amplia, contenida en la Ley N° 19.300, "Sobre Bases

Generales del Medioambiente” y que lo define como “el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones”, y en la necesidad de contar con un medio ambiente libre de contaminación que para dicha ley es “aquél en el que los contaminantes se encuentran en concentraciones y períodos inferiores a aquellos susceptibles de constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”.

Lo anterior, por cuanto el proyecto desde el inicio de su tramitación parlamentaria, se ha justificado en resolver el problema de la congestión, pero no ha sido fundado suficientemente en la circunstancia de constituir un vehículo tendiente a contribuir a dar solución al problema de la contaminación existente en las ciudades, asunto que en los últimos años ha cobrado gran relevancia como derecho de carácter colectivo o social y que constituye una preocupación elemental de todo Gobierno.

2.- Artículo 2° inciso 1°: Sustitúyase el vocablo “algunas” por el vocablo “alguna”.

3.- Artículo 4° inciso 1°: Sustitúyase la frase “del gobierno regional y de las respectivas municipalidades” por el siguiente: “del Municipio de la o las comunas afectadas, del gobierno regional y de la Secretaría Ministerial de Transporte correspondiente, los que deberán emitirse en el plazo de treinta días contados desde la fecha de recepción del oficio respectivo”.-

4.- Artículo 6°: Sustitúyase la frase “de los respectivos Concejos Municipales y Consejos Regionales el que se deberá emitir en el plazo de treinta días” por la siguiente: “del Municipio de la o las comunas afectadas, del Gobierno Regional y de la Secretaría Ministerial de Transporte correspondiente, los que deberán emitirse en el plazo de treinta días contados desde la fecha de recepción del oficio respectivo”.

5.- Artículo 8° inciso 2°: Intercálase entre las frases “tipo de vía” y “categoría de vehículo” la frase: “sentido de circulación de la vía”.

Elimínese la frase “tipo de servicio”.

6.- Artículo 8° inciso 3°: Sustitúyase la frase “determinada deberá establecerse como”, por la siguiente: “se determinará considerando entre otros factores,”.

7.- Artículo 9° inciso 2°: Sustitúyase por el siguiente: “En todo caso, la tarifa establecida en la forma determinada en los Artículos precedentes no podrá ser superior a 0,3 unidad tributaria mensual por día.”.

8.- Artículo 10° inciso 2°: Elimínese la frase “por los municipios”.

9.- Artículo 12°; Intercálase a continuación de la frase “a través de la Subsecretaría de Transportes la”, la frase: “determinación y”.

10.- Artículo 13° inciso 2°: Sustitúyase por el siguiente: “Serán solidariamente responsables del pago de los derechos adeudados y de las multas en que se incurra, el contraventor, el propietario del vehículo y el tenedor del mismo a cualquier título, a menos que estos últimos acrediten que el vehículo fue usado contra su voluntad”.

11.- Artículo 14° inciso 2°: Sustitúyase el vocablo “sanciones” por el vocablo “multas”.

12.- Artículo 14° inciso final, sustitúyase el punto final por coma y a continuación agréguese la frase: “constituyendo equipos de registro de infracciones, rigiéndose por lo dispuesto en el inciso 3° del Artículo 3° y en el Artículo 24, ambos de la Ley 18.287, y en el Artículo 4° de la Ley 18.290, salvo lo dispuesto en sus incisos 5°, 6°, 7° y 8°”.

13.- Artículo 15°: Sustitúyase por el siguiente: “Los recursos que se recauden mediante la aplicación de la tarifa a que se refiere el Artículo 1°, se distribuirán de la siguiente forma:

a) un 50% se incorporará al patrimonio de la Municipalidad correspondiente a la o las comunas a que pertenezcan las vías o zonas declaradas como tarifadas. En caso que sean dos o más las comunas afectadas dichos recursos se distribuirán en forma proporcional a la extensión de las vías tarifadas en cada una de ellas, para ser aplicados por la autoridad comunal al financiamiento de obras de desarrollo.

b) un 50% se incorporará al patrimonio del gobierno regional correspondiente a la región en que se encuentren las comunas a que pertenezcan las vías declaradas como tarifadas, de conformidad a lo establecido en la letra f del Artículo 69 de la Ley 19.175, para ser aplicados por la autoridad regional al financiamiento de obras de desarrollo.”

10. Conclusiones y Recomendaciones

10.1 De la situación de congestión en Santiago

El Gran Santiago tiene una población estimada de 6,8 millones de habitantes al año 2009. Si bien entre los años censales 1992 y 2002 la población creció a una tasa promedio anual de 1,6%, el número de vehículos lo hizo a un 7% anual, producto del crecimiento en el ingreso promedio de los hogares. Esta situación facilitó que prácticamente se duplicaran los viajes diarios pasando de 7,6 a 13,1 millones.

Particularmente, los viajes en auto son los que han observado un mayor crecimiento pasando de representar el año 1991 el 15% del total de viajes diarios al 27% el año 2001, en desmedro de los viajes en transporte público de superficie que pasaron de ser el 47% el año 1991 a tan sólo 30% el año 2001.

En la Región Metropolitana se ha observado también un mayor crecimiento de la población y número de hogares en las zonas periféricas con el consecuente aumento de la longitud de los viajes, lo que sumado a una tasa de generación de viajes por hogar creciente y al aumento de las tasas de motorización, producen en conjunto condiciones que son desfavorables al sistema de transporte masivo en la ciudad y por lo tanto inducen al crecimiento de la congestión vehicular por el mayor uso de automóvil. Situación que se espera siga aumentando en la medida que aumente la riqueza con el crecimiento económico y el mayor ingreso per capita disponible.

Las simulaciones de escenarios futuros en el modelo de transporte de Santiago, analizados en este estudio, reflejan esta situación de aumentos de tiempos de viaje y reducción de velocidades, aún cuando en ellas también se ha apreciado que las inversiones en Concesiones Viales urbanas lograron retener el empeoramiento en las condiciones de congestión en Santiago. Junto con lo anterior, se aprecia que la partición modal continuaría aumentando en favor del auto y en desmedro del bus, aún después las importantes inversiones en metro y sistema de transporte público en general.

10.2 De la tarificación vial como medida para solucionar la congestión excesiva

La solución a la congestión excesiva debe sustentarse en un conjunto de medidas de política pública y puede ser abordado de diversas maneras, desde actuar en la oferta favoreciendo el uso de transporte público hasta políticas dirigidas a racionalizar y/o restringir la demanda como son las restricciones a estacionamientos.

Una de estas últimas medidas corresponde a la **tarificación vial**, la cual consiste en cobrar a los vehículos por el uso de las vías, buscando que los conductores perciban en su viaje un costo privado igual al costo social que generan.

La implementación de un sistema de tarificación vial no sólo tiene consecuencias beneficiosas en el plano de la eficiencia económica, sino que también genera diversos impactos en el ámbito distributivo afectando al público que transita por las vías a las horas punta; al sector residencial y comercial de la zona afectada por la tarificación; y al

Estado que decide aplicar la medida de tarificación vial, y que puede o no compensar algunas pérdidas de bienestar aumentando la inversión y los servicios, por ejemplo en las áreas congestionadas.

Precisamente, una de las razones principales para la falta de aceptabilidad de la medida se encuentra en la redistribución de beneficios que ésta genera. Así, para lograr el apoyo de los usuarios de las vías no basta con diseñar un mecanismo de cobro eficiente, sino que además es crucial diseñar un plan de uso de los fondos recaudados que resulte atractivo para los grupos de personas afectadas, en términos de su transparencia y finalidad.

10.3 De la experiencia internacional

A pesar del razonamiento económico detrás de la introducción de la tarificación vial, ésta ha sido adoptada sólo en pocas ocasiones, principalmente debido a los temas de diseño, implementación práctica y aceptabilidad.

Sin embargo, existen casos exitosos y consolidados de tarificación vial por congestión en el mundo, como son los que operan en las ciudades de Londres, Estocolmo y Singapur, y que han mostrando resultados positivos para controlar la congestión excesiva con reducciones en los niveles de tráfico en la zona tarifada que van entre 10% y 20%.

A partir del análisis de la experiencia internacional se pudo concluir que para mejorar la aceptabilidad de un esquema de tarificación vial, tanto a nivel individual como político, es fundamental destinar la recaudación -neta de costos de inversión y de gastos de administración- a beneficiar a las zonas donde se decida cobrar.

El análisis jurídico e institucional realizado en el marco del presente estudio, muestra que es posible lograr estos objetivos a través del financiamiento de obras de desarrollo comunales y destinar la recaudación que se obtenga a fines específicos que beneficien a la zona afectada.

Lo que no sería factible, desde un punto de vista jurídico, administrativo y de política tributaria, es compensar de manera exclusiva a los usuarios de las vías tarifadas por medio de reducir su carga impositiva general, rebajar el valor del permiso de circulación que ellos cancelan, o disminuir el impuesto a los combustibles que deben pagar.

Dentro de las obras comunales que sería posible desarrollar, de acuerdo a la experiencia internacional, se sugiere privilegiar aquellas que tienen el mayor impacto sobre la aceptabilidad de la tarificación vial, que son la implementación de mejoras en la infraestructura vial y en el transporte público de las zonas tarifadas.

Se rescata también, de la experiencia internacional, algunos elementos comunes (y/o diferencias) que permitirían lograr un mayor grado de aceptación ciudadana y que vale tener en cuenta para el caso de su implementación en Chile.

- Que la congestión (y/o la contaminación en el caso de Santiago) sea considerada como un problema importante por los usuarios de las vías, y que el proyecto de tarificación vial sea percibido como un instrumento eficaz para resolverlo.
- Que la tarificación vial sea presentada como parte de una estrategia más amplia -en un paquete de medidas- para mejorar las condiciones de tráfico en una determinada zona.

- I Que se contemple un sistema transparente de recaudo y uso de los fondos.
- I Que los ingresos que se obtengan sean invertidos en la zona en que se recauden y que las inversiones que se realicen sean adicionales a las ya programadas.
- I Que los precios que se cobren por el uso de las vías sean aceptados como correctos y con una base sólida.
- I Que el esquema de cobros sea simple de entender, predecible con anticipación y flexible en el tiempo.
- I Que el sistema que se implemente sea técnicamente confiable y que garantice el respeto a la privacidad de los usuarios.
- I Que tanto en la etapa previa, como una vez implementado el sistema de tarificación vial, se diseñe una estrategia comunicacional que explique los beneficios esperados y efectivos.
- I Que la implementación, considere o no un plebiscito, procure generar una experiencia previa de uso.

A este respecto, vale la pena mencionar el caso de Estocolmo, ciudad en que la medida de tarificación vial se implementó a modo de prueba durante seis meses. Un Referéndum posterior a los residentes de Estocolmo tuvo lugar para decidir si el esquema implementado debería mantenerse o no, resultando ganadora la opción de mantenerlo; así el esquema empezó a operar nuevamente de manera permanente. En este caso el referéndum se realizó ex-post un periodo de implementación, a diferencia del de Edimburgo donde la medida se rechazó en un plebiscito realizado ex-ante.

10.4 Del uso de los fondos

Del análisis de la experiencia internacional se desprendió que para mejorar la aceptabilidad de un esquema de tarificación vial, tanto a nivel individual como político, es recomendable destinar la recaudación a beneficiar a las zonas donde se decida cobrar.

Como alternativas de asignación de los dineros recolectados caben diversas posibilidades que requieren ser evaluadas. Algunas medidas que impactan de forma más directa en la zona afectada serían por ejemplo mejoras en el transporte público, construcción de estacionamientos subterráneos, inversión en esparcimiento, construcción de ciclovías y mayor inversión en infraestructura vial o urbana. Algunas medidas más generales serían la rebaja de impuestos específicos asociados al transporte, como son el impuesto a la gasolina o los permisos de circulación.

Al momento de decidir el destino que se dará a la recaudación, además de considerar las perspectivas de aceptabilidad, equidad y justicia, es también necesario incorporar el efecto de estas medidas sobre el comportamiento de los usuarios de de automóvil y la circulación en las horas de congestión excesiva. Sería un error implementar un sistema de tarificación vial que fuera acompañado de una política de uso de fondos en que éstos se devuelvan a los individuos en la misma proporción en que ellos pagaron. De ser así las personas no tendrían mayores incentivos a modificar su comportamiento, y por tanto no se lograría el efecto buscado con la tarificación vial que es reducir la congestión excesiva a las horas punta.

Destinar la recaudación a mejorar el transporte público o a construir ciclovías en la zona tarifada desincentiva el uso del automóvil a todas horas del día, por cuanto aumenta la comodidad y disminuye el tiempo de transporte en esas modalidades alternativas de transporte.

La construcción de estacionamientos subterráneos y la construcción de nueva infraestructura vial amplían la capacidad de transporte y con ello se incrementa el flujo vehicular a todas las horas del día. El problema de las medidas de este tipo es que si bien pueden aliviar los problemas de congestión excesiva, es posible que no lo resuelvan ya que inducen a un mayor tráfico.

Una reducción en los permisos de circulación, que actualmente es un pago fijo anual, beneficia a los tenedores de autos y afecta la decisión de tener o no un vehículo, pero a diferencia de la tarificación vial, no afecta la decisión del uso que se le dará en las distintas horas del día.

Por último, una rebaja al impuesto a la gasolina incentiva el uso del automóvil sin discriminar entre horarios de uso ni entre zonas geográficas específicas, que sí logra la tarificación vial desincentivando la circulación en las horas punta y sectores específicos tarificados.

10.5 De la tecnología de cobro

Como parte del estudio se realizó un análisis de tecnologías existentes para sistemas de cobro para la tarificación vial, donde se pudo encontrar que éstas iban desde tecnologías simples como el peaje manual, pasando por esquemas basados en cámaras para la lectura y posterior reconocimiento automático del número de patente, esquemas de peaje electrónico con *transponders* de radio frecuencia y combinaciones de los anteriores, hasta esquemas más complejos basados en localización satelital de vehículos (GNSS: *Global Navigation Satellite System*).

Se analizó también la tecnología actual en operación en Santiago, que se basa en un esquema de peaje electrónico a flujo libre, con reforzamiento de cámaras para aquellos sin transponder o cuando éste falla, encontrándose que esta tecnología cumple perfectamente con los requisitos para ser utilizada en el caso de un esquema de tarificación vial. De hecho, un análisis multicriterio de tecnologías arrojó la necesidad de implementar un sistema de este tipo, lo que además de tener una captura importante de los vehículos con transponder, permite reducir sustancialmente las operaciones de trastienda (*backoffice*) para la revisión y corrección de lecturas automáticas de sistema de procesamiento de caracteres.

Una de las preocupaciones que presentaba esta tecnología, actualmente en operación en Santiago, corresponde a la infraestructura de soporte de los sistemas que utiliza y su consiguiente impacto urbano derivado del tamaño de los pórticos. Sin embargo, dado que los requerimientos de equipamiento serían menores (por ejemplo no se requieren equipos clasificadores y las velocidades de operación son muy menores a las de las concesiones urbanas), existen alternativas en el mercado que se basan en estructuras menos intrusivas y más livianas y adecuadas para entornos urbanos.

Los costos de inversión e implementación de la tecnología dependen de varios elementos, entre otros de la redundancia de los sistemas (para asegurar funcionamiento frente a

cortes), el sistema de fiscalización y seguimiento, el mantenimiento, y la integración con otros sistemas. En este estudio se estimaron montos de inversión, operación y mantenimiento de la tecnología necesaria, los que como orden de magnitud se encontraban entre las UF 600 mil (con 41 pórticos para el escenario de tarificación del triángulo central) y UF 2,1 millones (207 pórticos en el escenario de cobro en zona A1), además de montos de mantenimiento y operación anual que iban entre UF 270 mil y UF 1,1 millones para los mismos esquemas, respectivamente.

10.6 Del análisis técnico-metodológico

Para efectos de definición y análisis de alternativas preliminares de tarificación vial se diseñó una metodología que permite, a partir de antecedentes relativamente estándar para ciudades de tamaño medio y mayor, estudiar y definir esquemas de tarificación vial.

La metodología desarrollada a lo largo del estudio, se basa en el análisis de indicadores que permiten identificar los ejes y zonas críticas en términos de congestión en la ciudad, con una combinación de indicadores observables (como la velocidad media), así como otros teóricos provenientes de algún modelo de transporte (como tarifa óptima, saturación, densidad de viajes traídos).

Como se ha mencionado a lo largo del estudio, la aceptabilidad es un elemento clave para el éxito de esta medida, lo cual también se ha traspasado a la metodología de definición y análisis de esquemas, pues ésta debe considerar otros criterios prácticos, como podrían ser barreras físicas y naturales (ríos, cerros, grandes avenidas, entre otras), que permiten lograr un mejor entendimiento de los esquemas por parte de los usuarios.

Como limitaciones o restricciones dentro de los análisis técnicos, existen algunos elementos que creemos importante mencionar, pues son relevantes de conocer como antecedente para los análisis del presente estudio, para extensiones, o nuevos estudios en el tema:

- I El primero es el impacto de una medida como la tarificación vial **en las actividades y el uso de suelo** de la zona tarifada y su entorno, pues si bien el estudio considera el análisis de impactos cualitativos, no estaba entre los alcances cuantificar lo que podría suceder con el uso de suelo (actividades y localización de hogares) en el mediano y largo plazo por la existencia de un esquema de TVC, por ejemplo a través de modelos de uso de suelo como MUSSA en Santiago.
- I La no existencia de un periodo **Punta Tarde** en el modelo estratégico, lo cual si bien es común y normalmente se extrapola desde los resultados de la punta mañana, para algunos esquemas como el de área, habría sido positivo disponer de dicho periodo.
- I Al comienzo de los análisis se consideró la modelación del periodo **Fuera de Punta**, sin embargo los niveles de congestión existentes en dicho periodo no eran suficientes para estimar tarifas de congestión relevantes, por lo cual los resultados al compararlos con la situación base generaban resultados con variaciones menores, incluso dentro del grado de error de los modelos. A partir de ello no pareció recomendable considerar este periodo al menos para los objetivos de analizar el impacto de la tarificación vial.

- I Otro elemento que ha actuado como restricción dentro del estudio ha sido la cantidad del **recurso tiempo asociado a las simulaciones** del modelo estratégico (hasta 48 horas por corte temporal y periodo de modelación), lo que ha restringido la posibilidad de buscar optimizar más los esquemas o probar una cantidad mayor de alternativas (tarifas, esquemas, bordes de los esquemas, descuentos, entre otros).
- I **Transantiago** fue un elemento que tuvo cambios importantes durante el estudio, respecto a lo originalmente diseñado y a lo que fue considerado en los modelos, lo cual es una limitación del análisis, posible de ser ajustado en estudios futuros.

10.7 De los esquemas analizados para Santiago

El análisis de eventuales esquemas de tarificación vial para Santiago se hizo en dos etapas. En una primera se analizaron varias alternativas a nivel preliminar, considerando esquemas de tarificación con distintos tamaños y estructuras de tarifas, proceso que sirvió principalmente para seleccionar las alternativas más promisorias; y una segunda etapa de análisis más detallado, donde se estudiaron con más profundidad tres alternativas seleccionadas en la etapa preliminar.

Alternativas preliminares

Sobre la base de la superposición de indicadores relevantes definidos en la metodología, el análisis gráfico de dichos indicadores por niveles, la identificación de bordes naturales y consideración de otros elementos prácticos, se identificaron arcos y zonas críticas.

A partir de ello se definieron los esquemas preliminares de tarificación, procurando escoger esquemas distintos entre sí, para poder evaluar el comportamiento de los usuarios frente a ellos, sus ventajas y desventajas.

Se definieron así tres esquemas de cordón simple, un esquema de doble cordón, dos esquemas de área y dos esquemas de corredores.

Los análisis considerados para cada uno de estos esquemas preliminares fueron:

- I Análisis de indicadores agregados (velocidades, flujos, grados de saturación, entre otros)
- I Análisis de impactos en el sistema de transporte derivados de cada esquema (consumos de tiempo, costos de operación)
- I Estimación de beneficios sociales y recaudación de ingresos
- I Estimación de costos de inversión y operación

Luego, se realizó una evaluación social preliminar de cada alternativa y el análisis comparativo de dichos resultados, estimando para ello factores de expansión de los periodos modelados, en función de los horarios de operación esperados para los esquemas.

En la medida de lo posible, todos los esquemas fueron evaluados sobre una base similar, para permitir su comparación, sin embargo dada la génesis de las tarifas y las distintas formas en que se cobra en cada uno de los tipos de esquemas, no resulta posible definir

sistemas de tarifas directamente comparables entre los distintos esquemas, siendo por ejemplo el caso más extremos de sistemas de cobro en corredor versus esquemas de área.

Con base en la rentabilidad social estimada, más el análisis de los viajes afectados, cálculos de beneficios por unidad de tarifa, beneficios por hogares, entre otros, los mayores esquemas de área y de cordón eran candidatos a pasar a la siguiente etapa de análisis detallado.

Sin embargo, al considerar algunos elementos prácticos importantes para el caso de la tarifización por área, como son la fiscalización y gestión de descuentos de residentes del interior del esquema, se pensó que ello podría hacer muy complejo el proceso de implementación de este esquema en sectores extensos, unido al hecho de que el esquema de área menor también era rentable, llevaron a seleccionar el área menor (TVA1) para pasar a la etapa de análisis más detallado.

Por otra parte, se decidió seguir adelante con el esquema de cordón menor correspondiente a la tarifización del Triángulo Central de Santiago, con base en un criterio más práctico, asociado a la implementación gradual o en versión piloto que permite este esquema. Además, éste presentaba buenos resultados técnicos, rentabilidad social y bajos niveles de inversión en el análisis preliminar.

El resultado de esta etapa entonces fue la selección de los tres esquemas antes mencionados para el análisis más detallado (Área menor= TVA1; Cordón mediano: TVC2, y Cordón en el triángulo central = TVTC).

Alternativas definitivas

En la tabla siguiente se detallan estas tres alternativas en términos de su ubicación en Santiago y límites físicos.

En esta etapa se hizo un análisis más detallado de las alternativas seleccionadas, modelando un barrido tarifario para cada esquema y comparando resultados a nivel de impacto en toda la red y por sectores.

El análisis incluyó también una estimación del efecto de cada alternativa en las emisiones de contaminantes, mediante el uso del modelo MODEM.

Se realizó una estimación más afinada de los costos de inversión en las tecnologías de cobro para cada esquema, con base en un catastro detallado de los puntos de cobro de cada alternativa, revisando el número de intersecciones en los bordes del cordón y área seleccionados, y el número de pistas de entrada y salida en cada punto.

Se debe tener presente al analizar los resultados de las simulaciones que si bien las tarifas aplicadas coinciden para algunos tipos de viajes, no necesariamente ocurre para todos ellos. Existen viajes de ingreso al sector tarifificado, viajes de salida, viajes internos, viajes de residentes, entre otros, los cuales pagan tarifas diferentes según el esquema. Por otro lado los esquemas tienen formas y tamaños diferentes, lo que significa que incluyen distintas vías, y que por lo tanto son área de viajes de paso diferentes.

El barrido tarifario incluyó tarifas entre \$500 y \$6.000 (\$ del año 2001) para los viajes de ingreso al sector tarifificado. El resto de las tarifas aplicadas en cada esquema corresponde siempre a una fracción de la tarifa de ingreso.

TABLA 10-1 ESQUEMAS DE TARIFICACIÓN VIAL ANALIZADOS PARA SANTIAGO

Esquema	Límites	Localización referencial en santiago
Cordón mediano (TVC2)	Norte: Río Mapocho Oriente: A. Vespucio (inclusive) Sur: Bilbao / Eliécer Parada / J. D. Cañas / Av. Matta Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)	
Área menor (TVA1)	Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida) Norte: Río Mapocho Oriente: Tobalaba / El Bosque Sur: Bilbao / Diego de Almagro / Santa Isabel	
Cordón menor (TVTC)	Norte: Río Mapocho Sur: Alameda Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)	

Analizando los resultados, el esquema de cordón TVC2, por ser el que abarca la mayor superficie tarifcada, es el que produce los mayores impactos en términos absolutos, en términos de:

- Viajes en modo auto chofer que salen del período punta, ya sea cambiando de modo o adelantando su horario al período previo a la punta.
- Incrementos en la velocidad media del transporte privado en la red.
- Reducción del flujo promedio por arco.
- Reducción de los índices de saturación.

Por otra parte, los esquemas de área y cordón se comportan de manera muy similar en cuanto a:

- Ahorros de tiempo.
- Ahorros de consumo de distancia.
- Reducción en las emisiones de contaminantes.
- Valor actualizado neto (VAN) social.
- Tasa interna de retorno (TIR).

Al hacer un análisis de indicadores dentro de cada sector tarifcado, ocurre que cada esquema es el que obtiene los mayores impactos dentro de la superficie tarifcada: es decir, cada esquema es el más eficiente dentro del área que tarifca, en cuanto al aumento de velocidad media, disminución de flujo promedio y disminución de índice de saturación entre otros.

Elección de una alternativa

Según lo anterior, y desde la perspectiva de los resultados de la evaluación socioeconómica, los esquemas TVC2 y TVA1 tienen comportamientos muy parecidos; y con respecto a los impactos en los indicadores de congestión, el esquema TVC2 es el que produce la mayor reducción de la congestión.

Sin embargo, el consultor ha considerado como la mejor alternativa de tarifcación el esquema TVA1, pues además de obtener indicadores parecidos a los de TVC2, se aplica en un área menor afectando a menos residentes y locatarios.

Igualmente, durante el desarrollo de entrevistas a especialistas, éstos privilegiaron un esquema de área por sobre el cordón, cuando se trataba de implementar la medida en sectores amplios como es el caso de las áreas A1 y C2, por la mayor equidad en tarifcar también movimientos internos que igualmente son partícipes de la congestión.

Aún teniendo en cuenta lo anterior, existía otro elemento relevante a considerar y que tenía que ver con la **gradualidad de la aplicación de la medida** de tarifcación vial, elemento que tomó mayor fuerza después de los sucesos de la implementación de Transantiago, y que también fue mencionado como elemento relevante en las entrevistas a especialistas y en análisis de la literatura técnica. Con base en este criterio, en conjunto con la contraparte, se seleccionó la alternativa de cordón en el Triángulo

Esto obedece a la idea de privilegiar un esquema piloto o de implementación gradual, por tratarse de un sector comprendido dentro de la superficie considerada en el esquema de área, que permitiría ir avanzando por etapas, monitorear impactos y corregir eventuales problemas.

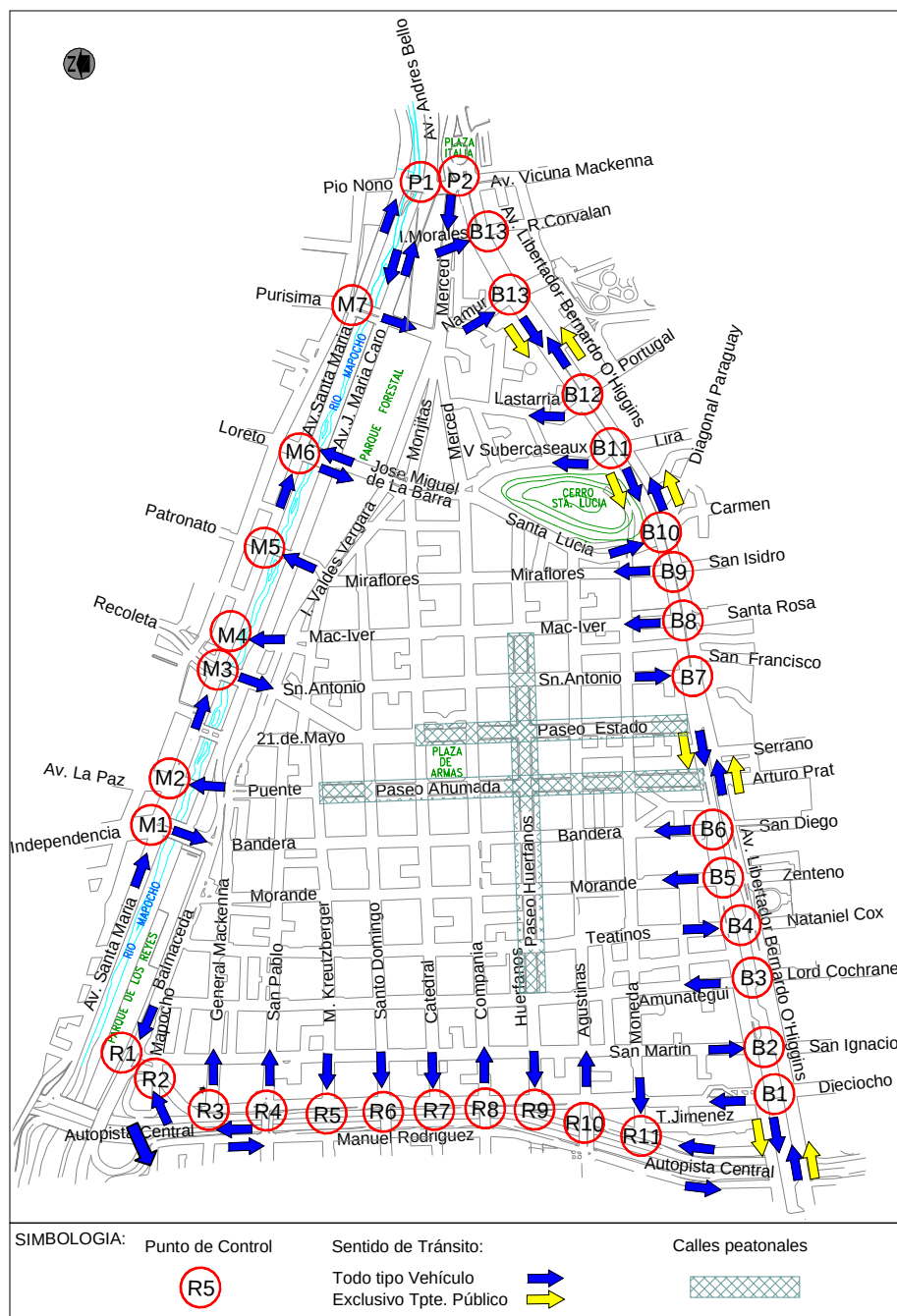
Por otro lado, los impactos a nivel local sí son importantes, mostrando una reducción relevante de los niveles de congestión (saturación) en la zona tarifada. Su reducida superficie constituye una ventaja en cuanto al monitoreo de los impactos que produce en el área y su entorno, tanto positivos como en términos de los conflictos que puedan desprenderse de la aplicación de la medida por primera vez en la ciudad, los que a la vez serán más fáciles de corregir al tratarse de un sector pequeño. Los análisis sobre este sector permitirán estudiar eventuales etapas sucesivas de ampliación del sector tarifado, o cambios en su estructura de cobros, así como lograr que los usuarios se acostumbren a un esquema de este tipo, pudiendo apreciar los beneficios reales.

En la figura siguiente se muestra un esquema del área tarifada en el esquema TVTC seleccionado.

[illegible]

En la figura siguiente se muestran los puntos en los cuales se considera proveer e instalar los pórticos que den soporte al equipamiento necesario para el sistema de cobro. En este esquema además se puede apreciar las vías del entorno del esquema.

FIGURA 10-2 PUNTOS DE COBRO ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL



Por otro lado, los costos de inversión, operación y mantención de la alternativa TVTC actualizada al año 2008 se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 10-2 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENCIÓN ACTUALIZADA PARA ALTERNATIVA TVTC (IMPUESTOS INCLUIDOS)

Inversión inicial	Monto (UF)
Costos fijos implementación Sistema Base	UF 171.739
Costos inversión en puntos de cobro	UF 395.249
Total inversión inicial	UF 566.988
Operación y mantención anual	
Costos operación y mantención Sistema Base	UF 67.258
Costo mantención por punto de cobro	UF 166.878
Convenios medios de pago (sup 75% recaudación externa)	UF 29.360
Total operación y mantención	UF 263.496

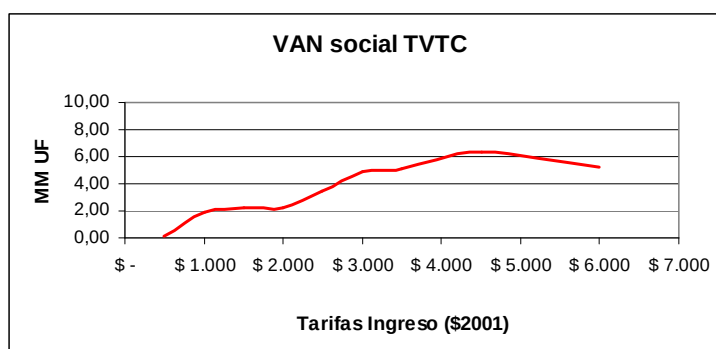
Por otro lado las estimaciones de ingresos obtenidas para los años 2010 y 2015, respectivamente, corresponden a los montos indicados en la tabla siguiente. En ella se aprecia también la tasa anual de crecimiento de los ingresos estimada.

TABLA 10-3 ESTIMACIÓN DE INGRESOS ANUALES POR TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL (MILLONES DE PESOS CHILENO DEL 2008)

Tarifa ⁶⁸	Año 2010	Año 2015	Crecimiento
\$ 1.961	27.819	30.257	1,7%
\$ 3.268	41.154	45.738	2,1%
\$ 4.575	51.229	58.407	2,7%

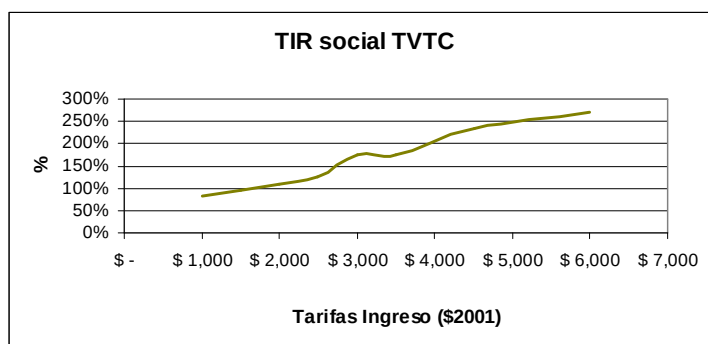
La evaluación social del esquema TVTC, para cada una de las tarifas simuladas, considerando un horizonte de evaluación de 20 años, muestra los resultados que se presentan en la figura siguiente.

FIGURA 10-3 VAN SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC



⁶⁸ Las tarifas corresponden a \$1500, \$2500 y \$3500 del año 2001.

FIGURA 10-4 TIR SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC



10.8 De la perspectiva de Participación Ciudadana

Una conclusión general de la investigación realizada como parte de las tareas de participación ciudadana, es que existe una importante tarea comunicacional por delante. El entendimiento de la idea de tarificación vial por congestión es muy pobre; y quienes participaron en distintos grupos focales no conocen de la experiencia internacional en esta medida.

Más aún, en términos de quiénes asumen parte de su responsabilidad en la congestión, en general se pudo apreciar que los usuarios de automóviles son los que menos lo hacen. Mayor conciencia se pudo apreciar en los usuarios de transporte público y grupos de menores ingresos.

Vale destacar que el nivel de aceptación a la medida de cobro por congestión en general mejoró cuando las personas recibieron más información sobre la situación de congestión en Santiago.

Se desprende de ello la importancia de una campaña comunicacional orientada a la población en general, que dé cuenta de la situación de congestión y su proyección a futuro en Santiago e informe sobre la tarificación vial como una medida que ha resultado altamente eficaz, y finalmente popular, en otros lugares del mundo. Una campaña que facilite la percepción de los beneficios de la medida preparará el terreno que facilitará la aceptación de la medida.

Un hallazgo importante en esta tarea del estudio dice relación con la menor resistencia a la medida que aparece en el nivel socioeconómico medio bajo (C3), que si bien no son mayormente usuarios de auto, aspiran a serlo en el futuro.

El cobro por congestión posiblemente a mediano plazo continuará siendo una medida poco aceptable por la mayoría de la ciudadanía hasta que, tanto automovilistas como usuarios de locomoción colectiva, puedan confirmar en la práctica los beneficios generales que la tarificación vial puede llegar a significar para los residentes en Santiago.

Para constatar los beneficios de la tarificación vial se recomienda generar la experiencia de uso bajo una prueba piloto del sistema (caso Estocolmo) recopilando mediciones y testimonios ex-ante que puedan ser contrastados con mediciones y testimonios ex-post de la implementación de la medida de cobro por congestión.

En cuanto al tipo de esquema a implementar los usuarios privilegian el de Corredor (cobro por circular en una vía) por sobre el de Cordón (cobro por cruzarlo) o Área (cobro por derecho a circular al interior), porque lo perciben evitable al poder usar otras vías no tarifadas sin necesidad de abandonar el auto como medio de transporte.

Por su parte, los especialistas que fueron consultados solamente entre esquemas de tipo cordón o área, indicaron que la elección entre uno u otro depende de la extensión del área geográfica en la que se decida la implementación, de manera tal que si se trata de sectores amplios privilegiarían el esquema de área ya que un cordón no permite tarifcar los movimientos internos. Sin embargo, si se tratara de un sector no muy extenso (como el Triángulo Central u otro similar) el esquema de tipo cordón sería efectivo, con la ventaja adicional que tiene el cordón en términos de su claridad y simplicidad para explicarlo a la ciudadanía, según lo que se comprobó con los participantes consultados.

En lo que respecta a la aceptabilidad de parte de las autoridades locales de las zonas en las que se planifique la implementación de la medida, la preocupación más importante que habría que abordar dice relación con el impacto urbano y la posible relocalización de actividades que la medida pudiese generar junto con definir los mecanismos de mitigación que se considerarían para paliar los efectos no deseados en este ámbito (eventual pérdida del pago de patentes municipales) y las compensaciones a inversiones privadas que fueran a verse afectadas por la medida (estacionamientos subterráneos).

Lo anterior se considera importante para lograr el apoyo y compromiso de las autoridades locales, aun cuando distintos especialistas consultados no anticipan cambios importantes en las actividades y uso de suelo por lo menos en el corto plazo, y si bien sí podrían darse en el largo plazo, asumen que la TVC es un elemento dinámico que puede ajustarse a ello.

La resistencia de residentes y locatarios ubicados dentro de las áreas tarifadas, como también de aquellos para quienes el auto es su fuente laboral, podría ser paliada en parte implementando la medida solamente en los horarios de mayor congestión (punta mañana y punta tarde de días laborales), tal como ha sido planteado en el presente estudio, dejando así periodos del día disponibles sin cobro asociado.

En cuanto a las compensaciones, residentes y servicios de emergencia esperan estar exentos o al menos tener una reducción importante de la tarifa de TVC lo que será importante de considerar en el proyecto finalmente a implementar.

En lo que respecta a las condiciones previas necesarias para implementar una medida como la tarifación vial, hay consenso entre usuarios, especialistas y autoridades locales que esta debería esperar a una mejora sustancial en el sistema de transporte público de la ciudad, más aún si se pretende que éste capture parte importante de la demanda de autos que dejaría de circular en los periodos de cobro.

Una implementación gradual de la medida es recomendada por distintos especialistas, en este sentido la elección de una alternativa pequeña donde se perciba un nivel alto de congestión (como es el caso del Triángulo Central u otro) de carácter piloto, si bien no es la óptima en términos de beneficios capturados a nivel de ciudad, sí permitiría medir el impacto de la medida y demostrar efectividad para facilitar la aceptabilidad de su expansión a otros sectores en que se haga crítico en un futuro mediano.

Igualmente, en lo que respecta a su flexibilidad de manera de permitir adecuar horarios y límites según el comportamiento que tenga la congestión. En todo caso, y como se

mencionó anteriormente, sería recomendable implementar la medida inicialmente acotada a actuales períodos punta (punta mañana y punta tarde), solo en días laborales y probablemente excluir los periodos de menos demanda (Enero y Febrero).

10.9 De la viabilidad jurídica de una medida de tarificación vial en Chile

A partir del Informe Jurídico desarrollado como parte del presente estudio fue posible derivar las siguientes conclusiones relativas a la viabilidad jurídica de una medida de tarificación vial en Chile:

- I Que el establecimiento de un sistema de **tarificación vial constituye una carga pública** para quienes se verán obligados al pago por el derecho a utilizar vías congestionadas, toda vez que se impone una obligación por parte del Estado a los particulares.
- I Que la **tarifa a pagar por uso de vías congestionadas** que corresponde a una carga pública, **constituiría una carga real, denominada TRIBUTO** -entendiendo que los tributos consisten en “una prestación obligatoria exigida por el Estado en virtud de su potestad de imperio, para atender sus necesidades y cumplir sus fines públicos, económicos y sociales”- pues importa una afectación del patrimonio de la persona obligada al pago, quien deberá entregar una cantidad de dinero determinada por el uso de vías declaradas como congestionadas.
- I Que entre las categorías de tributos -impuesto, tasa o contribución- se estima que **la tarifa a pagar por el uso de vías declaradas congestionadas constituye un impuesto** ya que ésta cumple con características y/o situaciones que se ajustan plenamente a la definición doctrinaria del impuesto, las cuales se detallan a continuación:
 - I La **tarifa a pagar constituye una prestación monetaria a la que serán obligados en forma general, todos quienes incurran en un hecho determinado** y sancionado con el pago, cual es la utilización de determinadas vías que se han considerado congestionadas.
 - I El **pago de la tarifa no da derecho al usuario a exigir una contraprestación** a consecuencia del pago, pues el pago de la misma, es exigible, por la sola circunstancia de incurrir el usuario en el hecho gravado.
 - I El Estado persigue mediante el cobro de esta tarifa, la **obtención de un fin social de bien común**, cual es desincentivar el uso del automóvil particular y obligar a los usuarios de este tipo de vehículos a pagar el costo real de la decisión de utilizarlo.
 - I La **tarifa y su pago tienen un carácter coercitivo y obligatorio**, pues una vez que el contribuyente incurre en el hecho determinado y sancionado (gravado), cual es la utilización de la vía congestionada o ingreso al perímetro fijado, surge como consecuencia la obligación al pago, obligación cuyo cumplimiento podrá ser perseguido forzosamente.
- I Que la **vía de consagración normativa más idónea para la medida de tarificación vial es mediante la dictación de una ley**, situación que se fundamenta en los siguientes argumentos por los cuales se requiere dictar una ley:

- I **Para establecer limitaciones al ejercicio de determinados derechos** como son la libertad ambulatoria y el derecho a la no discriminación arbitraria del Estado en materia económica, que están contenidos en la Constitución y que ella misma permite su limitación siempre que esta se establezca mediante una ley. Si bien existe una clara normativa que asegura libertad de circular por las vías, ésta es posible ser limitada en su ejercicio, en casos relevantes y en beneficio de otros derechos que podemos calificar como de mayor entidad.
- I **Para establecer el pago de un impuesto**, por el uso de determinados bienes públicos, por cuanto la tarifa que se establecerá por el uso de vías, constituye jurídicamente un tributo, el que de acuerdo a la Constitución Política de la República de Chile, debe ser establecido por Ley.
- I **Para destinar los fondos recaudados a fines específicos**, conforme lo dispuesto en el la Constitución, en orden a que el tributo que será afectado a fines específicos, grave actividades o bienes con clara identificación local o regional.
- I **Para fundamentar la medida de tarificación en la protección medioambiental**, de acuerdo con lo dispuesto en la Constitución que permite establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades a fin de proteger el medioambiente.
- I **Para otorgar facultades al Ministerio de Transportes** para establecer pago de tarifas como condición para el uso de determinadas vías públicas que se declararen congestionadas y para poder cobrar estas tarifas por el uso de las vías. Ello por cuanto, en la actualidad este Ministerio carece de dicha facultad.
- I Que aun cuando podría plantearse en algunos sectores la posibilidad de prescindir de la ley señalada, y en su lugar **utilizar el sistema de concesiones de obras públicas** estimamos que la aplicación de este cuerpo normativo **presentaría dificultades**, pues su utilización para aplicar un sistema de tarificación vial **requiere de una interpretación extensiva** respecto de numerosas materias, **que en definitiva desvirtuarían la esencia de dicha norma**. Una dificultad de importancia, la constituye, la necesidad de obtener la delegación de facultades necesarias desde las Municipalidades dentro de cuyos límites se encuentren las vías que compongan la zona a tarificar, pues dependerá de su voluntad favorable, el poder llevar a cabo un proceso de licitación sobre estos bienes de uso público que se encuentran bajo su administración. Por último, implementar tarificación vial a través de la Ley de Concesiones podría generar una potencial confusión en la ciudadanía entre el pago por infraestructura que se realiza actualmente en las autopistas concesionadas a través de esta ley y el pago por la externalidad negativa que genera la congestión vehicular que pretende introducir la medida de Tarificación Vial, en estudio.
- I Que es factible **destinar los fondos recaudados de la tarificación vial a fines específicos**, al tratarse de un tributo que gravará actividades o bienes con clara identificación local o regional y que por tanto puede ser aplicado por las autoridades locales o regionales para financiamiento de obras de desarrollo, constituyendo una excepción al principio general de no afectación de los tributos. Actualmente en la legislación vigente existe una experiencia similar a este respecto; ésta corresponde a la Ley N° 19.995 del año 2005 “Establece las Bases Generales para la Autorización, Funcionamiento y Fiscalización de Casinos de Juego”, la cual ha establecido

destinación a fines específicos de un impuesto, y ha regulado las proporciones de destinación tanto comunal como regional de estos, estableciendo expresamente la necesidad de que estos recursos sean destinados a obras de desarrollo de carácter comunal o regional, respectivamente.

- I Que **no es factible disminuir la carga impositiva de los usuarios de vías afectas a tarificación** dado que no existen en nuestra legislación experiencias que contemplen la disminución de la carga impositiva para sujetos que con su actuar causan consecuencias negativas al resto de la población, como son las demoras que producen los usuarios de auto al resto de usuarios del sistema de transporte. Las únicas rebajas tributarias contempladas en la legislación vigente corresponden a situaciones que ocasionan un beneficio a terceros o a la comunidad en su conjunto.
- I Que ha partir de las limitaciones y aspectos con mayor divergencia a que se han enfrentado las iniciativas legislativas sobre tarificación vial y a las circunstancias actuales ha sido posible establecer una serie de **condiciones esenciales que se requieren para que sea posible avanzar en la tramitación del Proyecto de Ley de Tarificación Vial**, actualmente archivado. Estas condiciones se indican a continuación:
 - I Contar con un sistema de transporte público que represente una real alternativa al uso de automóvil particular.
 - I Presentar a la tarificación vial como parte de una política integral de tránsito y transporte,
 - I Reunir todas facultades relacionadas con las políticas de tránsito y transporte, en una autoridad
 - I Clarificar la definición de la tarifa o rangos de tarifa a cobrar, las zonas tarifadas y los horarios respectivos, de manera que mediante simples operaciones, el público sea capaz de entender y calcular el costo que conlleva la utilización de las vías congestionadas.
 - I Establecer en el mismo cuerpo legal, un mecanismo efectivo y eficiente que permita que los dineros recaudados por concepto de tarificación sean finalmente dirigidos al destino seleccionado.
- I Que **se detectaron una serie de vacíos existentes** en la legislación actual en relación con el Proyecto de Ley aprobado y archivado **los cuales requieren de ser subsanados**, según se indicó en detalle en el Informe Jurídico.
- I Finalmente, han sido recomendadas una serie de **indicaciones al articulado del último Proyecto de Ley de Tarificación Vial**, aprobado por la Cámara de Diputados el año 1996 según lo indicado en detalle en el Informe Jurídico, considerando los distintos aspectos que han sido materia del análisis desarrollado en esta sección.

ANEXO

A

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Comisión Europea (2001) **White Paper. European Transport Policy for 2010: time to decide**. Luxembourg, 2001. Disponible en <http://europa.eu.int>.
- CITRA (1995), **Análisis de transporte de carga urbana en Santiago**. Santiago: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- CURACAO, (2008) Deliverable D2: State of the Art Review, (<http://www.curacaoproject.eu/state-of-the-art-report.php>)
- Eliasson, J. and Lundberg, M. (2003) **“Road Pricing in Urban Areas”**. Vägverket, Swedish National Road Administration
- Frey, B. (2003). **“Why Are Efficient Transport Policy Instruments So Seldom Used?”** En Schade, J. y B. Schlag (eds.), **Acceptability of Transport Pricing Strategies**, 2003, Oxford: Elsevier, pp. 63-75.
- European Commission (2000), **CUPID Co-ordinating Urban Pricing Integrated Demonstrations**. Deliverable 3, 2000.
- European Commission (2002), **CUPID Co-ordinating Urban Pricing Integrated Demonstrations**. Deliverable 5: Synthesis Report, version 1. (<http://www.transport-pricing.net/download/deliverable5.pdf>)
- Goodwin, P. B. (1992) **“A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes”** Journal of Transport Economics and Policy.
- Gómez-Lobo, A., Pantaleón C., Frigolett, H., García, S. y Valenzuela P. (2003) En **Estudios Públicos**, 92
- Härsman, B. (2001). **“Urban road pricing acceptance”**. Paper presentado en el Seminario IMPRINT EUROPE el 21-22 de noviembre, 2001. (<http://www.imprint-eu.org/public/BJORN.pdf>)
- Härsman, B. (2003). **“Success And Failure: Experiences From Cities”**. En Schade, J. y B. Schlag (eds.), **Acceptability of Transport Pricing Strategies**, 2003, Oxford: Elsevier, pp. 137-151.
- Hölzer, O. (2003). **“Which Role Does the Objective Play? Empirical Findings from Germany”**. En Schade, J. y B. Schlag (eds.), **Acceptability of Transport Pricing Strategies**, 2003, Oxford: Elsevier, pp. 219-233.
- Jones, P.M. (2003), **“Acceptability of Road User Charging: Meeting the Challenge”**. En J. Schade y B. Schlag (eds.), **Acceptability of Transport Pricing Strategies**. Oxford: Elsevier, pp. 27-62.
- Litman, T. (2005). **“Using Road Pricing Revenue, Economic Efficiency and Equity Considerations”**. Victoria Transport Policy Institute, Canada. Previamente fue publicada una versión anterior bajo el mismo título en **Transportation Research Record** 1558, 1996, pp.24-28.
- Matthews, B. and Nash, C. (2004) **IMPRINT-EUROPE Final Report** for Publication, University of Leeds. Version N° 1,0 (<http://www.imprint-eu.org/>)
- May, T. (2007). **“Integrating design and acceptability: policy implications”**. Presentación realizada en: Joint ITC-CURACAO seminar Foreign Press Association, London 22 March 2007. (www.curacaoproject.eu/documents/CURACAO-LONDON-SEMINAR-MAY.ppt)

Nash, C., Niskamen, E. y E. Verhoef. Policy conclusions from MC-ICAM. Paper presentado en el 4° Seminario de IMPRINT-EUROPE Thematic Network “**Implementing Pricing Policies in Transport: Phasing and Packaging**”, 13-14 May, 2003, Leuven (Belgium).

Niskanen, E. and Nash, C. (2004) **MC-ICAM Final Report** for Publication, University of Leeds. Version N° 2,0

(<http://www.its.leeds.ac.uk/projects/mcicam/handouts/deliverables/mcicam-final-report-for-publication.pdf>)

OECD (2002), **Road Travel Demand Meeting The Challenge**. OECD Publications.

Owen, N. & Lee, C. (1984). **Why people do and do not exercise: Recommendations for initiatives to promote regular, vigorous physical activity in Australia**. Review and recommendations for Sport and Recreation Ministers' Council. Department of Recreation and Sport, South Australia. Unpublished Technical Report.

PATS (2001), Final Report. (<http://www.tis.pt/proj/pats/Deliverable/Deliverable5.pdf>)

PRIMA (2000). Summary Report

(ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/transport/docs/summaries/road_prima_report.pdf)

PROGRESS (2004), Final Report, 1.0. (<http://www.progress-project.org/Progress/pdf/Main%20Project%20Report.pdf>)

Pigou, A C (1920): **Wealth and Welfare**, London, Macmillan.

Prochaska, J.O. and Di Clemente, C.C. (1986). **Towards a comprehensive model of change**. In: W.R. Miller and N. Heather (Eds), *Treating addictive behaviours: Processes of change*. NewYork: Plenum Press.

Prochaska, J.O. and Di Clemente, C.C. (1992) **Stages of Change and the modification of problem behaviours**. In M. Hersen, R.M. Eisler and P.M. Miller (Eds), *Progress in behaviour modification*. Sycamore: Sycamore Press.

Smeed Report (1964): **Road pricing: The Economic and Technical Possibilities**. UK Ministry ofTransport, HMSO, London.

SECTRA (2001), Encuesta Origen Destino.

SECTRA (2002), Estudio de Tránsito, Plan de Medidas de Acción Inmediata.

Schade, J. (2003), “ **European Research Results on Transport Pricing Acceptability**”. En J. Schade y B. Schlag (eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*. Oxford: Elsevier.

Schade, J. y Schlag, B. (2003), **Acceptability of Transport Pricing Reform**. Paper prepared for the IMPRINT EUROPE seminar 13-14 May, 2003. Thematic Network “**Implementing Pricing Policies in Transport: Phasing and Packaging**”, Leuven (Belgium).

Schade, J., Gehlert, T. y B. Schlag, (2007). **State of the Art Report: Acceptability. Working Paper**. EU-Project CURACAO - Coordination of Urban Road-User Charging Organisational Issues, funded by the European Commission, 6th Framework Transport RTD, Dresden.

Schade, J. (2007). “**The acceptability of road charging**”. Presentación realizada en: Joint ITC-CURACAO seminar Foreign Press Association, London 22 March 2007. (www.curacaoproject.eu/documents/Acceptability_curacao_london_web.pdf)

- Sikow-Magny, C. (2003). "Efficient Pricing in Transport - Overview of European Commission's Transport Research Programme". En Schade, J. y B. Schlag (eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, 2003, Oxford: Elsevier, pp. 13-26.
- Steg, L. (2003). "Factors Influencing the Acceptability and Effectiveness of Transport Pricing". En Schade, J. y B. Schlag (eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, 2003, Oxford: Elsevier, pp. 187-202.
- Steer Davies Gleave (2005) *Estudio de optimización de viajes mediante la promoción de cambios de conducta de la población en apoyo a la implementación de Transantiago*. Informe al PNUD.
- Transport for London (2008), "What do I need to know about the central London Congestion Charging Zone" (<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/English-Congestion-charging.pdf>)
- Tretvik, T. (2007). "Design elements in road pricing". Presentación realizada en: Joint ITC-CURACAO seminar Foreign Press Association, London 22 March 2007. (www.curacaoproject.eu/documents/CURACAO-LONDON-SEMINAR-TRETVIK.ppt)
- Ubbels, B. and Verhoef, E. (2005) *Acceptability of Road Pricing and Revenue Use in the Netherlands*, European Transport Conference 2005.
- Viegas, J. y R. Macario (2003). "Acceptability of Price Changes In Urban Mobility". En Schade, J. y B. Schlag (eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*, 2003, Oxford: Elsevier, pp. 169-184.
- Walters, A A (1961) *The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion*. *Econometrica* 29(4), pp 676-697.
- Willumsen, L.G. (2002) *European Transport Policy: Ideas For Emerging Countries*. Procc. *XII Pan American Traffic and Transport Engineering Conference in Quito, November 2002*.
- Análisis, desarrollo y evaluación de proyectos urbanos, III etapa.** Efectos urbanos futuros en Santiago EFFUS. Universidad de Chile, LABTUS, SECTRA, 2007.
- Análisis, desarrollo y evaluación de proyectos urbanos, IV etapa,** Regulación y mercados Grupo Consultor, SECTRA, 2007.
- Análisis y actualización del modelo ESTR AUS,** Fernández y de Cea, SECTRA, 2005.
- Análisis desarrollo y mantención de modelo de diseño de redes de transporte público,** Modelos Computacionales de Transporte Ltda., SECTRA, 2004.
- MODEM: Actualización del modelo de cálculo de emisiones vehiculares. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Mecánica, SECTRA, 2002.

HOJA DE CONTROL

Nombre Proyecto/Propuesta	Tarificación Vial por Congestión para la Ciudad de Santiago
Título del Documento	Resumen Ejecutivo Informe Final
Referencia Cliente/ N° Proyecto	No 2005/0441
N° Proyecto/ Propuesta SDG	206477

HISTORIA DE ENVÍOS

N° Envío	Fecha	Detalles
1	25.09.2009	Entrega al cliente

REVISIÓN

Generado por	UCV
Otros colaboradores	RAM, DML, LSR
Revisado por	Impreso UCV
RAM, GHH	
Firma	

DISTRIBUCIÓN

Cliente	Transantiago, SECTRA, SUBTRANS
Steer Davies Gleave:	Santiago