

Tarificación Vial por Congestión para la Ciudad de Santiago

Informe Final

Septiembre 2009

Preparado para:

Programa de las Naciones Unidas para el
Desarrollo

Preparado por:

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

+56 (0)2 473 6900
www.steerdaviesgleave.com

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 tarifación vial por congestión	2-16
2.5	Experiencias internacionales de tarifación vial	2-25
2.6	El Caso de Londres	2-26
2.7	El Caso de Singapur	2-36
2.8	El Caso de Edimburgo	2-42
2.9	El Caso de Estocolmo	2-44
2.10	Lecciones aprendidas de la experiencia internacional	2-47
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	3-7
3.3	Análisis de la situación histórica de la congestión	3-17
3.4	Conclusiones del diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago	3-26
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	4-10
4.4	Selección de alternativas para el caso de Santiago	4-35
4.5	Evaluación de alternativas preliminares	4-55
4.6	Conclusiones del análisis de alternativas preliminares	4-63
5.	SÍNTESIS DEL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DEFINITIVAS	5-1
5.1	Antecedentes	5-1
5.2	Selección de alternativas definitivas	5-1
5.3	Descripción de las alternativas definitivas	5-2
5.4	Especificación de las alternativas definitivas	5-11

5.5	Resumen de resultados de alternativas definitivas	5-27
5.6	Conclusiones del análisis de alternativas definitivas	5-62
5.7	Selección de alternativa para análisis detallado	5-63
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	Cámaras con sistema de reconocimiento automático de placas	6-3
6.4	Tag y pórtico	6-7
6.5	Sistema de cobro de las concesiones viales urbanas de Santiago	6-15
6.6	Análisis comparativo de las tecnologías de cobro	6-19
6.7	Evaluación y recomendación de tecnología de cobro para TVC en Santiago	6-24
6.8	Conclusiones del análisis de tecnologías de cobro	6-30
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	7-12
7.4	Anteproyecto	7-19
7.5	Evaluación ingresos netos recaudados	7-30
7.6	Evaluación social actualizada	7-33
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8-1
8.1	De la situación de congestión en Santiago	8-1
8.2	De la tarifación vial como medida para solucionar la congestión excesiva	8-1
8.3	De la experiencia internacional	8-2
8.4	Del uso de los fondos	8-3
8.5	De la tecnología de cobro	8-4
8.6	Del análisis técnico-metodológico	8-5
8.7	De los esquemas analizados para Santiago	8-6
8.8	De la perspectiva de Participación Ciudadana	8-13
8.9	De la viabilidad jurídica de una medida de tarifación vial en Chile	8-15

TABLAS

Tabla 2-1	Etapas del modelo de cambio de comportamiento	2-22
Tabla 2-2	Proyectos de investigación de tarifación vial en la Unión Europea	2-25

Tabla 3-1	Tasas de crecimiento intercensales 1992-2002	3-2
Tabla 3-2	Tasas de crecimiento proyectadas para la población en la Región Metropolitana	3-3
Tabla 3-3	Parque de vehículos en la Región Metropolitana, 2007	3-4
Tabla 3-4	Crecimiento del ingreso promedio por hogar en la Región Metropolitana, 1990-2006	3-6
Tabla 3-5	Datos históricos y proyección del PIB de Chile	3-7
Tabla 3-6	Propósitos de viajes considerados en las EOD	3-8
Tabla 3-7	Rangos de Ingreso considerados en las EOD	3-9
Tabla 3-8	Hogares, habitantes y vehículos del Gran Santiago según las EOD	3-9
Tabla 3-9	Evolución habitantes por hogar y tasa de motorización en el Gran Santiago a partir de EOD	3-9
Tabla 3-10	Hogares por tamaño EOD 1991 vs EOD 2001	3-10
Tabla 3-11	Distribución de hogares según ingreso a partir de EOD	3-11
Tabla 3-12	Variación de viajes diarios generados por comuna a partir de EOD	3-14
Tabla 3-13	Viajes generados por comuna en punta mañana según EOD	3-16
Tabla 3-14	Evolución tasa de generación de viajes 1977, 1991 y 2001 según EOD	3-17
Tabla 3-15	Evolución tasa de generación de viajes motorizados según EOD	3-17
Tabla 3-16	Resumen de oferta vial existente en las redes modeladas	3-20
Tabla 3-17	Indicador de tiempo de viaje promedio para modos transporte privado	3-21
Tabla 3-18	Indicador de velocidad promedio de viaje para modos de transporte privado	3-22
Tabla 3-19	Partición modal de las corridas 1997, 2001, 2005 y 2010	3-22
Tabla 3-20	Indicador de saturación ponderada por longitud: 1997, 2001, 2005 y 2010	3-26
Tabla 4-1	Asignación del índice de dinamismo	4-7
Tabla 4-2	Vías exclusivas	4-8
Tabla 4-3	Corredores de transporte público	4-9
Tabla 4-4	Corredores iniciales escogidos	4-36
Tabla 4-5	Puntos de cobro en alternativas a corredores	4-40
Tabla 4-6	Esquemas de cordones propuestos y sus límites	4-42
Tabla 4-7	Límites de áreas preliminares	4-45
Tabla 4-8	Tarifas iniciales por periodo para cordones	4-47
Tabla 4-9	Tarifas iniciales para esquemas de áreas	4-48
Tabla 4-10	Arcos tarifados y tarifas en corredores TVCC1 AM 2007	4-52
Tabla 4-11	Corredores tarifados TVCC2 - AM 2007	4-53

Tabla 4-12	Arcos tarifados y tarifas en corredores TVCC2 – AM 2007	4-54
Tabla 4-13	Comparación partición modal entre escenarios – AM 2007	4-55
Tabla 4-14	Comparación partición modal entre escenarios – AM 2007	4-56
Tabla 4-15	Comparación consumos de tiempo en toda la red – AM 2007	4-58
Tabla 4-16	Indicadores de transporte privado – AM 2007	4-59
Tabla 4-17	Indicadores de transporte público esquemas AM 2007	4-60
Tabla 4-18	Flota requerida bus y taxi colectivo esquemas AM 2007	4-60
Tabla 4-19	Etapas de viaje y transbordos AM 2007	4-61
Tabla 4-20	Pasajeros suben-bajan (pax-hr) AM 2007	4-61
Tabla 4-21	Variables comparativa entre escenarios	4-62
Tabla 5-1	Descripción alternativa definitiva TVC2	5-3
Tabla 5-2	Descripción alternativa definitiva TVA1	5-6
Tabla 5-3	Descripción alternativa definitiva TVTC	5-10
Tabla 5-4	Flujos de ingreso y salida al cordón 2 en la base	5-13
Tabla 5-5	Tarifas esquema TVC2 (en CH\$2001)	5-13
Tabla 5-6	Tarifas esquema TVA1 (en CH\$2001)	5-13
Tabla 5-7	Flujos de ingreso y salida al triángulo central en la base	5-14
Tabla 5-8	Tarifas esquema triángulo central	5-14
Tabla 5-9	Períodos definidos	5-16
Tabla 5-10	Viajes totales obtenidos de la EOD-2001	5-17
Tabla 5-11	Factor expansión recaudación TVC2	5-18
Tabla 5-12	Viajes con origen, destino o ambos dentro de TVC2	5-18
Tabla 5-13	Factor expansión recaudación TVTC	5-19
Tabla 5-14	Viajes con origen, destino o ambos dentro de TVTC	5-19
Tabla 5-15	Viajes totales área TVA1 en punta mañana y punta tarde	5-20
Tabla 5-16	Viajes de personas que viajan en punta mañana y en punta tarde – area TVA1	5-21
Tabla 5-17	Viajes repetidos en punta mañana – TVA1	5-21
Tabla 5-18	Viajes repetidos en punta tarde – TVA1	5-22
Tabla 5-19	Resumen por tipo de viajes TVA1	5-22
Tabla 5-20	Viajes que no pagan tarifa TVA1	5-23
Tabla 5-21	Expansión recaudación TVA1	5-24
Tabla 5-22	Viajes con origen, destino o ambos dentro de TVA1	5-24
Tabla 5-23	Factores de expansión	5-25

Tabla 5-24	Factores de expansión de los costos de operación	5-25
Tabla 5-25	Tarifas base aplicadas a cada esquema para el análisis comparativo	5-27
Tabla 5-26	Valor subjetivo del tiempo	5-30
Tabla 5-27	Viajes en auto chofer horario 1 esquema TVC2	5-30
Tabla 5-28	Viajes en auto chofer horario 1 esquema TVA1	5-33
Tabla 5-29	Viajes en auto chofer horario 1 esquema TVTC	5-35
Tabla 5-30	Descripción emisiones anuales situación base (ton)	5-54
Tabla 5-31	Emisiones anuales escenario TVA1 – tarifa \$2.000 (ton)	5-55
Tabla 5-32	Emisiones anuales escenario TVA1 – tarifa \$3.500 (ton)	5-56
Tabla 5-33	Emisiones anuales escenario TVC2 – tarifa \$2.000 (ton)	5-57
Tabla 5-34	Emisiones anuales escenario TVC2 – tarifa \$3.500 (ton)	5-58
Tabla 5-35	Emisiones anuales escenario TVTC – tarifa \$2.000 (ton)	5-59
Tabla 5-36	Emisiones anuales escenario TVTC – tarifa \$3.500 (ton)	5-60
Tabla 5-37	Variación de emisiones anuales respecto a la base	5-61
Tabla 6-1	Comparación de tecnología frente a atributos técnicos y operativos	6-20
Tabla 6-2	Comparación de tecnología frente a esquemas de tarifación	6-23
Tabla 6-3	Matriz de evaluación de tecnologías de cobro	6-29
Tabla 7-1	Descripción de alternativa seleccionada	7-1
Tabla 7-2	Matriz de evaluación de impactos urbanos del proyecto tarifación vial, alternativa elegida triángulo central	7-6
Tabla 7-3	Medidas de mitigación sugeridas para minimizar impacto de proyecto tarifación vial en alternativa elegida triángulo central	7-10
Tabla 7-4	Puntos de cobro de alternativa triángulo central	7-25
Tabla 7-5	Estimación de costos de inversión, operación y mantención actualizada para alternativa TVTC	7-29
Tabla 7-6	Estimación de ingresos anuales por tarifación vial en triángulo central, millones de pesos del 2001	7-30
Tabla 7-7	Estimación de ingresos anuales por tarifación vial en triángulo central, millones de pesos del 2008	7-30
Tabla 7-8	Estimación de costos de inversión actualizada para tarifación vial en triángulo central	7-31
Tabla 7-9	Estimación de costos de operación y mantención actualizada para tarifación vial en triángulo central	7-31
Tabla 7-10	Ingresos y costos estimados de tarifación vial en triángulo central (millones de pesos de diciembre 2008)	7-32
Tabla 7-11	Indicadores de evaluación social actualizados, alternativa TVTC	7-33

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

FIGURAS

Figura 2-1	Determinantes de la congestión	2-1
Figura 2-2	Costos medios y marginales de la congestión	2-4
Figura 2-3	Costos medios y marginales con impuestos a combustibles	2-7
Figura 2.4	Costos por congestión con reducción de demanda	2-9
Figura 2-5	Impacto de política de estacionamiento sobre costos por congestión	2-9
Figura 2-6	Efecto de la gestión de tráfico	2-12
Figura 2-7	Esquema inicial implementado en Londres	2-27
Figura 2-8	Zona de cobro post extensión a partir de febrero de 2007 en Londres	2-28
Figura 2-9	Operación del sistema de cobro en Londres	2-30
Figura 2-10	Impacto en tiempos de viaje LCC en el tráfico de la zona de cobro original de Londres	2-32
Figura 2-11	Aumento de la demanda de pasajeros ingresando a la zona de cobro en la punta mañana en buses en Londres	2-33
Figura 2-12	Cambios en el tráfico por tipo de vehículo en la zona de cobro de Londres	2-34
Figura 2-13	Evolución del tráfico que ingresa al sector añadido a la zona de cobro original en Londres	2-35
Figura 2-14	Mapa de Singapur	2-36
Figura 2-15	Localización de puntos de cobro en Singapur	2-38
Figura 2-16	Esquema propuesto para Edimburgo	2-42
Figura 2-17	Esquema implementado en Estocolmo	2-44
Figura 2-18	Resultados de la implementación piloto del esquema de cobro en Estocolmo	2-46
Figura 2-19	Resultados de la implementación permanente del esquema de cobro en Estocolmo	2-46
Figura 3-1	Santiago – división administrativa	3-1
Figura 3-2	Distribución de la población en comunas de la Región Metropolitana, 2007	3-3
Figura 3-3	Evolución del parque de vehículos en la Región Metropolitana	3-4

Figura 3-4	Distribución de la tasa de motorización en la Región Metropolitana, 2007	3-5
Figura 3-5	Evolución del Ingreso monetario promedio por hogar, 1990-2006	3-6
Figura 3-6	Variación Hogares por tamaño EOD 1991 vs EOD 2001	3-10
Figura 3-7	Evolución habitantes y viajes EOD 1991 y EOD 2001	3-11
Figura 3-8	Distribución de viajes según propósito a partir de EOD	3-12
Figura 3-9	Distribución de viajes según propósito: EOD 1991 vs EOD 2001	3-12
Figura 3-10	Cambios en la partición modal EOD 1991 – 2001	3-13
Figura 3-11	Cambios en la composición de la partición modal EOD 1991 – 2001	3-13
Figura 3-12	Viajes motorizados diarios generados por comuna: EOD 1991 – EOD 2001	3-15
Figura 3-13	Concesiones en Santiago	3-19
Figura 3-14	Tiempo de viaje promedio para modos transporte privado	3-21
Figura 3-15	Partición modal de las corridas 1997, 2001, 2005 y 2010	3-23
Figura 3-16	Comparación de la evolución de la saturación de la red	3-24
Figura 3-17	Arcos saturados (>90%) simulación año 1997	3-24
Figura 3-18	Arcos saturados simulación año 2001	3-25
Figura 3-19	Arcos saturados simulación año 2005	3-25
Figura 4-1	Ventajas y desventajas de cada tipo de esquema de tarificación vial por congestión	4-2
Figura 4-2	Número de permisos de edificación – todos los usos por zona Estraus	4-5
Figura 4-3	Total de permisos de edificación y residencial por zonas Estraus	4-5
Figura 4-4	Total de permisos residencial y servicios según zonas Estraus	4-6
Figura 4-5	Distribución de usos educacionales e industriales según zonas Estraus	4-6
Figura 4-6	Tarifa óptima por KM - periodo AM 2007	4-12
Figura 4-7	Tarifa óptima por KM - periodo FP 2007	4-13
Figura 4-8	Comparación de niveles de tarifa óptima para definir áreas críticas – AM 2007	4-14
Figura 4-9	Arcos con saturación mayor al 90% - AM 2007	4-15
Figura 4-10	Zoom del sector céntrico de la ciudad, indicador de saturación - AM 2007	4-16
Figura 4-11	Arcos con saturación mayor al 90% - FP 2007	4-17
Figura 4-12	Variación del tiempo de viaje de operación y tiempo a flujo libre. periodo AM y FP 2007	4-18
Figura 4-13	Flujo en la red - periodos AM y FP 2007	4-18
Figura 4-14	Capacidad en los arcos (veq/ hr)	4-19
Figura 4-15	Oferta transporte público (pax/ hr) - AM 2007	4-20

Figura 4-16	oferta transporte publico (pax/ hr) - FP 2007	4-21
Figura 4-17	Suma de tarifa óptima ponderada por flujo - AM 2007	4-22
Figura 4-18	Suma de tarifa óptima ponderada por flujo - FP 2007	4-23
Figura 4-19	Grado de saturación ponderado - Periodo AM y FP 2007	4-24
Figura 4-20	Variación del tiempo respecto del tiempo a flujo libre. Periodo AM y FP 2007	4-25
Figura 4-21	Densidad de demanda atraída (A-Ch) - AM 2007	4-26
Figura 4-22	Densidad de demanda atraída (A-Ch) - FP 2007	4-26
Figura 4-23	Densidad vial modelada - AM 2007	4-27
Figura 4-24	Oferta de transporte publico - AM 2007	4-28
Figura 4-25	Oferta de transporte publico – FP 2007	4-29
Figura 4-26	Accesibilidad del transporte público - AM 2007	4-30
Figura 4-27	Accesibilidad del transporte público - FP 2007	4-30
Figura 4-28	Zonas de análisis vs demanda atraída - AM 2007	4-32
Figura 4-29	Zonas de análisis vs densidad vial- AM 2007	4-32
Figura 4-30	Zonas de análisis vs accesibilidad de T. Público - AM 2007	4-33
Figura 4-31	Zonas de análisis vs variación tiempo respecto del tiempo a flujo libre - AM 2007	4-34
Figura 4-32	Zonas de análisis vs recaudacion tarifas optimas - AM 2007	4-35
Figura 4-33	Ejes con transporte público abarcados por esquema de corredores (TVCC)	4-37
Figura 4-34	Detalle de corredores	4-38
Figura 4-35	Cordones seleccionados vs demanda atraída y saturación – Punta Mañana 2007	4-44
Figura 4-36	Cordones preliminares seleccionados frente al indicador demanda atraída y saturación – Fuera Punta	4-44
Figura 4-37	Ejes considerados para el cálculo de tarifas en el esquema de corredores	4-49
Figura 4-38	Puntos de cobro Preliminares definidos para alternativa de cobro en corredores TVCC1	4-51
Figura 4-39	Comparación viajes en modo auto chofer	4-56
Figura 4-40	Comparación viajes en modo auto chofer - Esquemas de cordón	4-57
Figura 4-41	Comparación viajes en modo auto chofer - Esquemas de área	4-57
Figura 4-42	Comparación viajes en modo tpub - Esquemas de cordón	4-58
Figura 4-43	Comparación viajes en modo tpub - Esquemas de área	4-58
Figura 4-44	Comparación consumos - Esquemas de cordón & AREA	4-59
Figura 4-45	VAN social y recaudación anual por alternativa	4-62

Figura 5-1	Alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago	5-2
Figura 5-2	Localización del esquema TVC2	5-4
Figura 5-3	Arcos tarificados que conforman el esquema TVC2	5-5
Figura 5-4	Localización del esquema TVA1	5-7
Figura 5-5	Arcos tarificados modelados que conforman el esquema TVA1	5-8
Figura 5-6	Localización del esquema TVTC	5-10
Figura 5-7	Arcos tarificados que conforman el esquema TVTC	5-11
Figura 5-8	Horarios de cobro (datos de viajes, Fuente: EOD 2001)	5-15
Figura 5-9	Viajes motorizados - día laboral - temporada normal (Fuente: EOD 2001)	5-16
Figura 5-10	Traspaso de viajes horario 1 a 2 y cambio de modo por esquema	5-29
Figura 5-11	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 1, TVC2	5-31
Figura 5-12	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 2, TVC2	5-31
Figura 5-13	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 3, TVC2	5-32
Figura 5-14	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 4, TVC2	5-32
Figura 5-15	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 5, TVC2	5-32
Figura 5-16	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 1, TVA1	5-33
Figura 5-17	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 2, TVA1	5-34
Figura 5-18	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 3, TVA1	5-34
Figura 5-19	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 4, TVA1	5-34
Figura 5-20	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 5, TVA1	5-35
Figura 5-21	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 1, TVTC	5-36
Figura 5-22	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 2, TVTC	5-36
Figura 5-23	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 3, TVTC	5-37
Figura 5-24	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 4, TVTC	5-37
Figura 5-25	Viajes en auto chofer nivel de ingreso 5, TVTC	5-37
Figura 5-26	Velocidad media transporte privado por esquema	5-38
Figura 5-27	Velocidad promedio por esquema	5-39
Figura 5-28	Flujos arcos tarificados por esquema	5-40
Figura 5-29	Elasticidad flujos tarificados por esquema	5-41
Figura 5-30	Flujo variable promedio por arco por esquema	5-41
Figura 5-31	Índice saturación por esquema	5-42
Figura 5-32	Ahorros de tiempo por esquema	5-42
Figura 5-33	Consumos distancia por esquema	5-43
Figura 5-34	VAN social	5-44

Figura 5-35	Tasa interna de retorno	5-44
Figura 5-36	Sectores definidos para el análisis	5-45
Figura 5-37	Velocidad promedio sector triángulo central (km/hr)	5-46
Figura 5-38	Velocidad promedio sector área 1 (km/hr)	5-46
Figura 5-39	Velocidad promedio sector cordón 2 (km/hr)	5-47
Figura 5-40	Velocidad promedio sector resto cordón 2 (km/hr)	5-47
Figura 5-41	Flujo promedio sector triángulo central (km/hr)	5-48
Figura 5-42	Flujo promedio sector área 1 (km/hr)	5-48
Figura 5-43	Flujo promedio sector cordón 2 (km/hr)	5-49
Figura 5-44	Flujo promedio sector resto cordón 2 (km/hr)	5-49
Figura 5-45	Índice de saturación sector triángulo central (km/hr)	5-50
Figura 5-46	Índice de saturación sector área 1 (km/hr)	5-50
Figura 5-47	Índice de saturación sector cordón 2 (km/hr)	5-51
Figura 5-48	Índice de saturación sector resto cordón 2 (km/hr)	5-51
Figura 5-49	Variación de emisiones anuales respecto a la base (tarifas \$2.000)	5-62
Figura 5-50	Variación de emisiones anuales respecto a la base (tarifas \$3.500)	5-62
Figura 6-1	Cámara en poste al costado de la vía en Londres	6-3
Figura 6-2	Ejemplos de transponders	6-7
Figura 6-3	Esquema de funcionamiento de pórtico de ETC	6-7
Figura 6-4	Ejemplo Lector - antena	6-8
Figura 6-5	Ejemplo de doble pórtico (cubiertos) en Singapur	6-9
Figura 6-6	Ejemplo de pórtico en Costanera Norte, Santiago	6-9
Figura 6-7	Ejemplo de pórtico en Estocolmo, Suecia	6-10
Figura 6-8	Postes con dispositivos de lectura de tags en Londres	6-11
Figura 6-9	Ejemplos de posibles postes para tarificación con mínimo impacto urbano (montaje q-free en Londres)	6-11
Figura 7-1	Alternativa seleccionada: triángulo central	7-2
Figura 7-2	Ejemplos de identidades de esquemas de TVC	7-15
Figura 7-3	Ejemplos de aplicaciones de una marca de TVC	7-15
Figura 7-4	Ejemplo de secuencia progresiva de señalización	7-17
Figura 7-5	Esquema ilustrativo de señalización en acceso a la zona de cobro	7-18
Figura 7-6	Pórtico utilizado en autopista Américo Vespucio Sur de la ciudad de Santiago, Chile	7-20
Figura 7-7	Pórtico utilizado en el esquema de tarificación vial de la ciudad de Estocolmo, Suecia	7-21

Figura 7-8	Detalle de pórtico de autopista Américo Vespucio Sur, Chile	7-21
Figura 7-9	Pórtico utilizado en el esquema de tarifación vial de la ciudad de Londres, Inglaterra	7-22
Figura 7-10	Diseño esquemático de pórtico simple	7-23
Figura 7-11	Alternativa elegida Triángulo Central para aplicación de esquema de tarifación vial para Santiago	7-24
Figura 7-12	Ejemplo señalización de información anticipada	7-26
Figura 7-13	Ejemplo señalización de aproximación para usuarios fuera de la zona de cobro	7-27
Figura 7-14	Ejemplo señalización de aproximación para usuarios al interior de la zona de cobro	7-27
Figura 7-15	Ejemplo señalización de delimitación del cordón	7-27
Figura 7-16	Ejemplo punto de cobro de ingreso	7-28
Figura 7-17	Ejemplo punto de cobro de salida	7-28
Figura 7-18	VAN social actualizado, alternativa TVTC	7-33
Figura 7-19	TIR social actualizado, alternativa TVTC	7-33
Figura 8-1	Localización referencial del triángulo central en Santiago	8-10
Figura 8-2	Puntos de cobro alternativa elegida Triángulo Central	8-11
Figura 8-3	VAN social actualizado, alternativa TVTC	8-12
Figura 8-4	TIR social actualizado, alternativa TVTC	8-13

ANEXOS

- A** REFERENCIAS CONSULTADAS
- B** REFERENCIAS PARA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE TECNOLOGÍA DE COBRO CONSIDERADA PARA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TVC
- C** DISEÑO DE PUNTOS DE COBRO DE ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL
- D** ACTUALIZACIÓN DE ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN DE ALTERNATIVA TVTC

1. Introducción

1.1 Antecedentes generales

El Gobierno de Chile, a través del Ministerio de Hacienda, en conjunto con una donación del GEF financian 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”, cuya agenda 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 algunos objetivos específicos:

- 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.
- Desarrollar una Metodología General de definición y análisis de proyectos de tarificación vial, cuyo objetivo sea ayudar a controlar la congestión vehicular en ciudades.
- Definir y evaluar alternativas preliminares y especificar y evaluar las alternativas definitivas de proyectos de tarificación vial para Santiago.
- 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.
- 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 tarifación 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 Informe Final del estudio "Tarifación Vial por Congestión para la Ciudad de Santiago" ha sido estructurado en ocho (8) 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 tarifación vial en ese contexto
- El Capítulo 3 corresponde al diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago
- El Capítulo 4 contiene una síntesis del análisis y evaluación de alternativas preliminares de tarifación vial para Santiago.
- El Capítulo 5 contiene una síntesis del análisis y evaluación de alternativas definitivas de tarifación vial para Santiago.
- El Capítulo 6 aborda los aspectos de tecnología relevantes para un proyecto de tarifación 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 contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio

Adicionalmente, como parte de este informe, se hace entrega en volúmenes independientes, el reporte de las siguientes actividades y/o documentos técnicos comprometidos:

- Participación Ciudadana
- Análisis y Evaluación de Alternativas Preliminares (version detallada)
- Análisis y Evaluación de Alternativas Definitivas (version detallada)
- Informe Jurídico
- Fundamentos de una Política de Tarifación Vial
- Metodología de Definición de Proyectos de Tarifación Vial

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

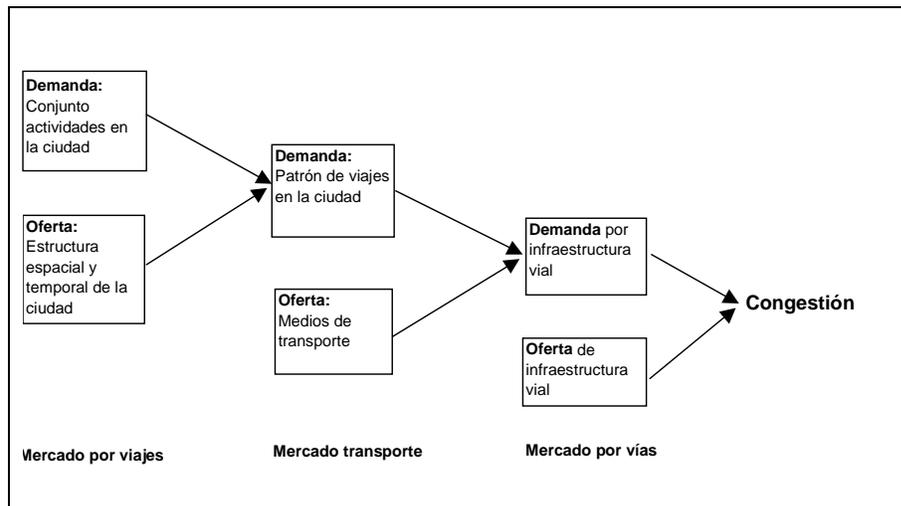
2.1 La economía de la congestión

En esta sección se presentan los principios económicos que sustentan la tarificación vial. En ese sentido, el capítulo es un tanto abstracto y adopta los supuestos habituales de Homo Economicus e información perfecta y de costo cero.

Para entender la economía básica de la congestión conviene partir de un hecho fundamental: que las personas necesitan usar las vías urbanas para desplazarse por diferentes motivos, y que las empresas las usan para trasladar 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.

Toda vez que 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 del tráfico fluida 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 forma por la cual se raciona cuantitativamente un recurso limitado: el espacio para circular por ciertas vías a determinadas horas. Este fenómeno ocurre, en forma análoga, en otros servicios, por ejemplo el no poder conseguir entradas para un evento importante, acceso a páginas en Internet, etc. 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 páginas Web

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

sin consultar). Dos características esenciales de la congestión vehicular son la espacialidad y la temporalidad.

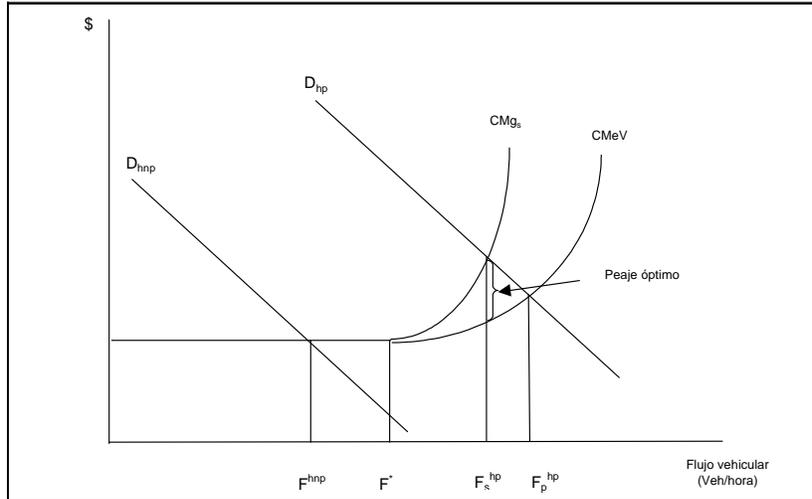
2.2 El problema: congestión excesiva

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 usar la vía y el nivel de congestión resultante es superior al nivel socialmente óptimo.

Este fenómeno se puede apreciar en la Costos medios y marginales de la congestiónFigura 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.

3 Esto comprende el costo del tiempo más los costos de operación del auto (combustible, desgaste y mantenimiento, así como otros costos fijos, como estacionamientos y peajes).

FIGURA 2-2 COSTOS MEDIOS Y MARGINALES DE LA CONGESTIÓN



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 en base a la curva de $CMeV$ que representa la curva de 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_{hp} , que es mayor a 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 menor a F_{hp} .

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 características deseables:

- I El primero 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 las 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 que efectivamente disminuya la congestión.
- I En tercer lugar, es necesario que las políticas implementadas reduzcan aquellos viajes con menor valoración subjetiva y que una vez implementadas las personas

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.

puedan decidir libremente dónde vivir, dónde trabajar, que vehículos usar, qué vías ocupar y a qué hora circular.

- 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 tarifación 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. Originalmente se propuso como una forma de compensar los costos de infraestructura provista por el gobierno y que no son cobrados de otra forma. Esto a menudo se asoció a un fondo de infraestructura al cual se destinaba esa recaudación. Más adelante, por conveniencia y para dar mayor libertad a la asignación de recursos públicos, se desacopló el fondo de infraestructura de este impuesto, a menudo eliminando el primero.

Como es una forma eficiente de recolectar un impuesto al consumo, en muchos países, en particular Europeos, se ha continuado aumentando la componente impuestos del precio de los combustibles a niveles muy superiores a los prevalentes en Estados Unidos y América Latina.

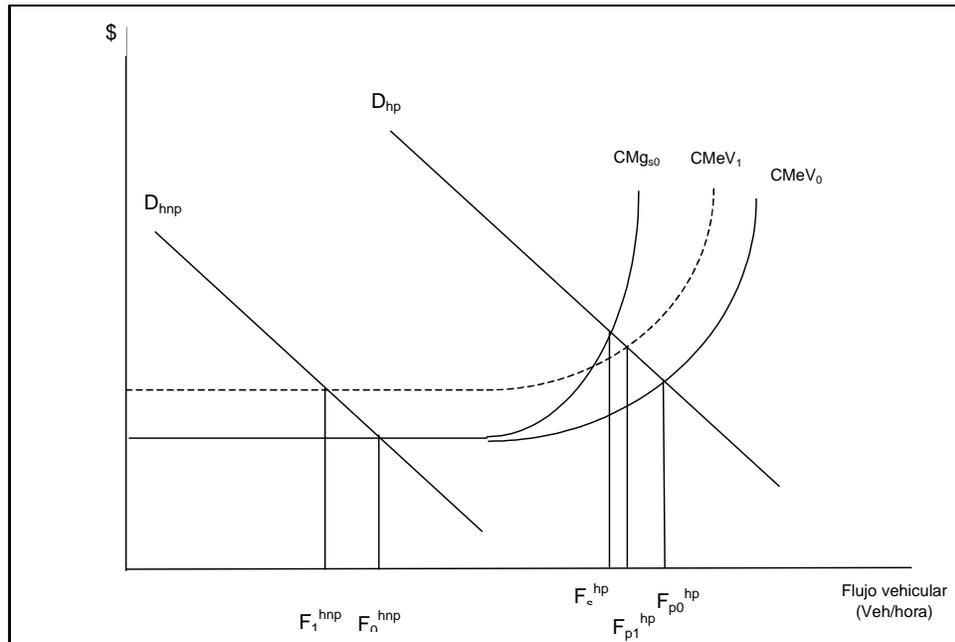
Como se aprecia en la Figura 2-3, el impacto directo de este impuesto es aumentar el costo medio variable ($CMeV_0$ a $CMeV_1$) de circular a cualquier hora del día, área de la ciudad y época del año. Pero como el consumo de combustible crece en la medida que hay más congestión, el incremento en el costo 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 en general 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 (desde F0 a F1 en la Figura 2-3).

FIGURA 2-3 COSTOS MEDIOS Y MARGINALES CON IMPUESTOS A COMBUSTIBLES



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

- 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 resultan 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.
- 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 bien una política de cobros a los estacionamientos puede justificarse por motivos de financiamiento de la inversión asociada a este tipo de infraestructura, en este trabajo el análisis se centrará sólo en cuanto al impacto que tiene sobre el problema de congestión vial. Por lo mismo, 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 toda vez que durante este período de tiempo 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 (Figura 2.4).

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

- El primero se refiere a que ésta no afecta directamente los viajes que cruzan el sector objeto de cobro sino que 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 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. Como se puede apreciar en la Figura 2-5, esta baja en el costo de transitar beneficia a todos los vehículos que circulan e incentiva un mayor flujo vehicular (desde F0 a F1). 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.

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.

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.

FIGURA 2.4 COSTOS POR CONGESTIÓN CON REDUCCIÓN DE DEMANDA

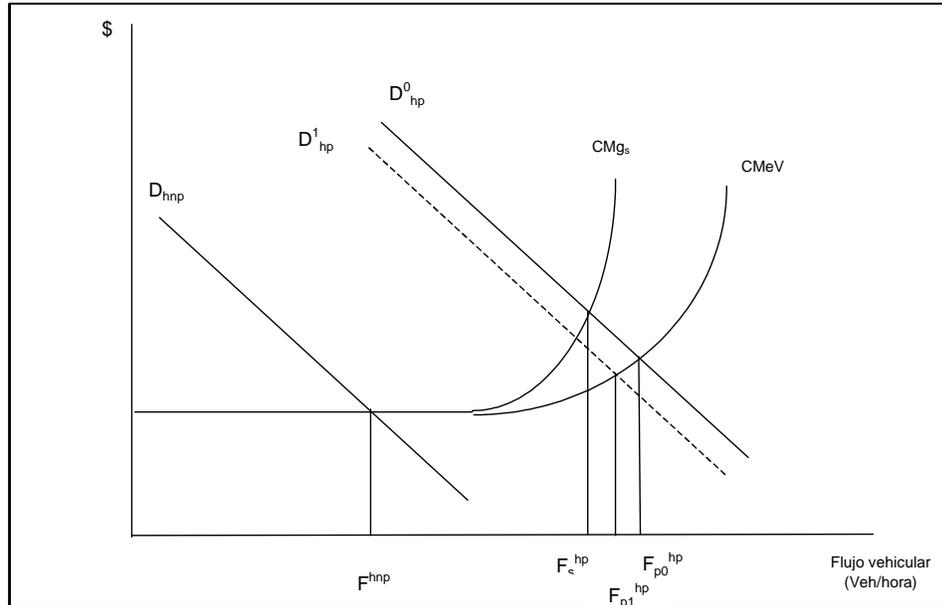
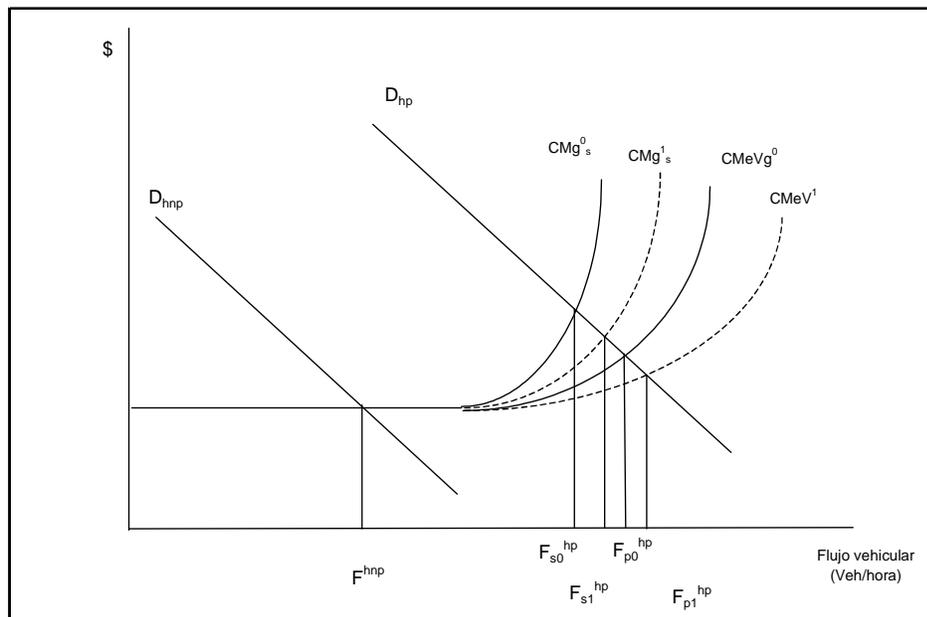


FIGURA 2-5 IMPACTO DE POLÍTICA DE ESTACIONAMIENTO SOBRE COSTOS POR CONGESTIÓN



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:

- I** En primer lugar se encuentran aquellas destinadas a entregar información sobre el uso de las vías en tiempo real. Para los próximos años las autoridades buscan darle un fuerte impulso a esta área de información potenciando la labor que realiza la UOCT¹⁰.
- I** 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.

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 El Plan de Transporte Urbano de Santiago planteó dentro de sus objetivos para el año 2010 incrementar la cobertura a un 60% del total de los semáforos existentes en la ciudad así como también aumentar el número de letreros variables y las cámaras de monitoreo.

■ 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 exclusivas¹¹, vías reversibles¹², vías segregadas¹³, 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%¹⁴.

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 bondad¹⁵.

En términos del gráfico de flujo de tráfico y congestión, 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 (Figura 2-6).

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.

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

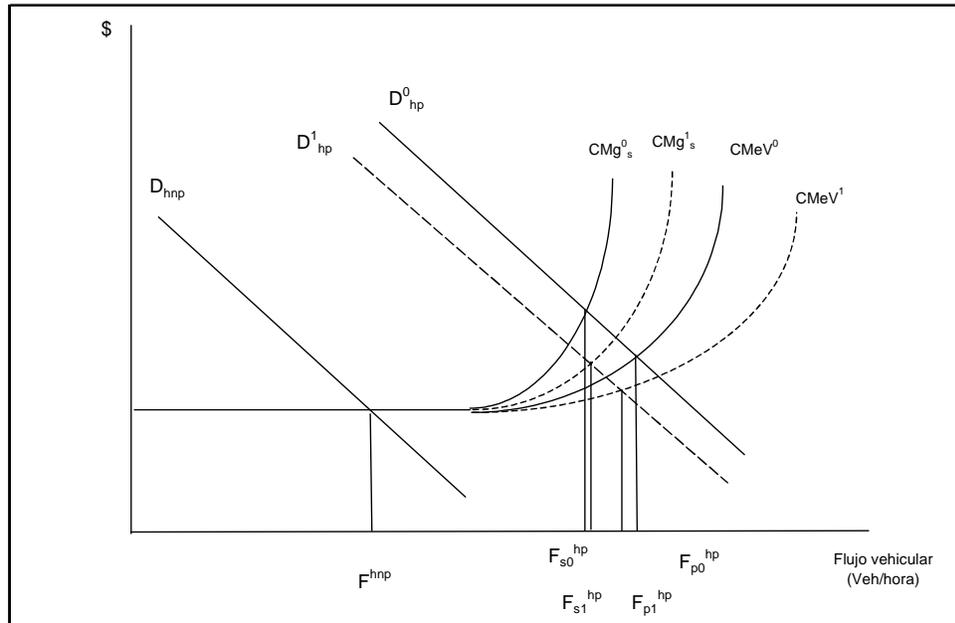
12 Estas son vías que varían su sentido de tránsito en determinados períodos y horarios.

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

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

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

FIGURA 2-6 EFECTO DE LA GESTIÓN DE TRÁFICO



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.

La actual política de transporte contempla inversiones en infraestructura vial¹⁶ 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

16 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.

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.

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, es 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 tarifación 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:

- Primero demoran el tráfico porque los camiones aceleran lentamente después de haberse detenido.
- 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.
- 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 Santiago¹⁷. 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 habitacionales¹⁸. Una situación un poco distinta enfrentaba las comunas del sector oriente¹⁹, 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, sobretodo 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.

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 establecer 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 afectar el mercado

-
- 17 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.
- 18 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.
- 19 Las Condes, Vitacura, Lo Barnechea, Providencia.

del transporte incrementando el número de viajes en medios de transporte público o en vehículos no motorizados (como por ejemplo caminatas y bicicleta).

Nuestras autoridades tienen la obligación de planificar el desarrollo permitiendo y generando incentivos para ciertos tipos de usos 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 tarifación 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 a 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 que cumplir en 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 metro²⁰ y un sistema de buses operacionalmente y tarifariamente integrado a éste a partir de la puesta en marcha del plan Transantiago en febrero del año 2007 que estaría 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; lo que se tradujo en 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 esquema 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 tarifación vial. En

20 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.

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 en la ciudad de Santiago que se orientaría a que los usuarios incorporen en sus decisiones todos los costos de sus elecciones.

Restricción vehicular

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

Como era de esperar, con el paso del tiempo la medida ha ido perdiendo relevancia ya que su aplicación incentivó la sustitución hacia vehículos no catalíticos; actualmente más del 75% de los vehículos particulares que transitan por la ciudad de Santiago son catalíticos. 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.

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.

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 tarifación 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 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 (F_{shp}), la tarifación 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, con el objeto de disminuir los tiempos de viaje, las medidas de política pública restringen las decisiones individuales de utilizar la red vial a pesar de que los beneficios superan los costos sociales, se están induciendo decisiones económicamente ineficientes y se disminuye el bienestar social²⁴.

-
- 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 tarifación 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.

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 procurar establecer el mejor esquema tarifario que se pueda sujeto a las múltiples restricciones que se enfrentan.

Otro punto fundamental es que 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 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:

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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

Salvo casos particulares, al considerar de manera conjunta los efectos en bienestar que se producen sobre los primeros tres grupos de usuarios, la tarifación vial significa un costo neto para aquellos que circulan a 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 tarifación. 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 tarifación vial. Por ello, la tarifación por congestión en Londres 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 a consecuencia del peaje que se impuso a clientes en la zona.

En tercer lugar se encuentra el Estado, que decide aplicar el sistema de tarifación 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 tarifación 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 tarifación vial con escepticismo.

Una de las razones principales para esta falta de aceptabilidad se encuentra en la redistribución de beneficios que ésta genera. En la medida que los usuarios de las vías sujetas a peaje no participen directa o indirectamente de los fondos recaudados, su bienestar se verá disminuido por lo que es de esperar que se opongan a la tarifación. 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 3:00 AM). Si bien esta métrica resulta simple y apropiada para ciertos fines, hay que ser sumamente 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.

Ambas medidas son, en el mejor de los casos, medidas 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 menor 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 tarifación 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 tarifación 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 tarifación 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.

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

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 lograr modificar el comportamiento de usuarios es en sí una tarea compleja. Un ejemplo de programa para cambiar los patrones de viajes, podría considerar las etapas planteadas en la Tabla 2-1.

La tarifación 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 términos de un programa para cambio en el patrón de viajes, estas etapas se pueden asociar a un ejemplo del tipo que se presenta en la tabla siguiente.

TABLA 2-1 ETAPAS DEL MODELO DE CAMBIO DE COMPORTAMIENTO

Etapa de cambio de comportamiento	Ejemplo de contenido asociado a patrón de viaje
Conciencia del problema que necesita un cambio	Información sobre los costos y tiempos reales de viaje, sobre las externalidades y costos de oportunidad
Motivación a hacer el cambio	Beneficios de mejorar el uso del tiempo, ahorrar dinero o mejorar estado físico (personal) y dejar el auto en casa (ambiental y social)
Desarrollo de habilidades para el cambio	Mapeo del área local para identificar alternativas de ruta o modo de viaje, medios para negociar con otros miembros del hogar que necesitan transporte, etc.
Adopción inicial de un nuevo comportamiento	Monitoreo personal del nuevo comportamiento adoptado, oportunidad para reflexión y comparación
Mantenimiento del nuevo comportamiento y su integración en el estilo de vida	Retroalimentación de cómo está funcionando el cambio y surgimiento de nuevas ideas y estrategias

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 tarifación 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, de manera tal de facilitarle esta tarea, y por ende apoyar con 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, probablemente el punto más frágil en la implementación de la tarifificación vial.

A pesar de las sólidas razones económicas para introducir la tarifificación 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 TV se encuentran el 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 tarifificación 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 los 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 tarifificada 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.

Una de las razones principales para esta falta de aceptabilidad se encuentra en la redistribución de beneficios que ésta genera. En la medida que los usuarios de las vías sujetas a peaje no participen directa o indirectamente de los fondos recaudados, su bienestar se verá disminuido por lo que es de esperar que se opongan a la tarifificación. 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.

A partir del análisis de la experiencia internacional se concluye que para mejorar la aceptabilidad de un esquema de tarifificación 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 los usuarios de las vías tarifificadas y 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 tarifificadas 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 tarifificación vial, que son la implementación de mejoras en la infraestructura vial y en el transporte público de las zonas tarifificadas.

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 tarifificación 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 tarifificación vial a costo marginal social.
- La complementación de la tarifificación 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 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.

TABLA 2-2 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.

Muchas de las conclusiones de estos proyectos se presentan más adelante, dentro del análisis de lecciones aprendidas.

²⁷ En Noruega se ha implementado la tarificación vial en diversas ciudades, entre ellas la ciudad de Oslo.

2.6 El Caso de Londres

Descripción de la ciudad

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

Descripción del sistema de transporte

El tráfico en Londres

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 en el año 2000 era un 44%, 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 2000 y 2007 desde 33% a 40%; ambas tendencias producto entre otras medidas de la tarifación 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 tarifación 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.

Sistema de transporte público

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.

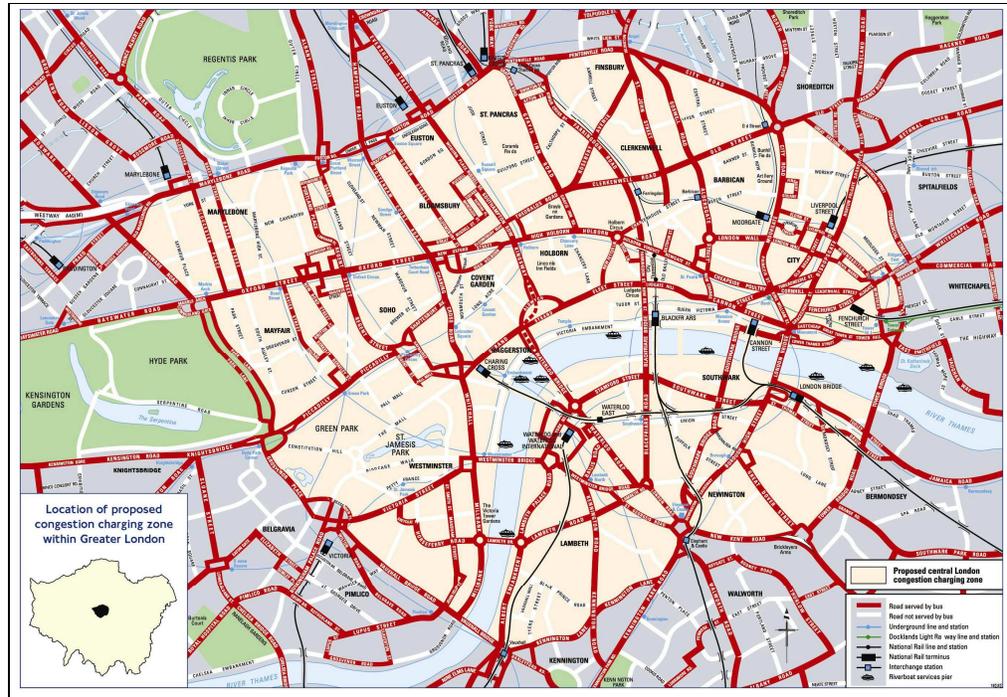
²⁸ Transport for London (TfL), Travel in London, Report N° 1, 2009

Detalles del esquema de tarificación vial de Londres

Descripción general

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 tarifcada. La zona inicial de cobro se presenta en la siguiente figura.

FIGURA 2-7 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 entretenición.

El año 2007, después de un proceso de consulta ciudadana, el Mayor de Londres anunció que a partir del 19 de Febrero del 2007, la zona tarifcada 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

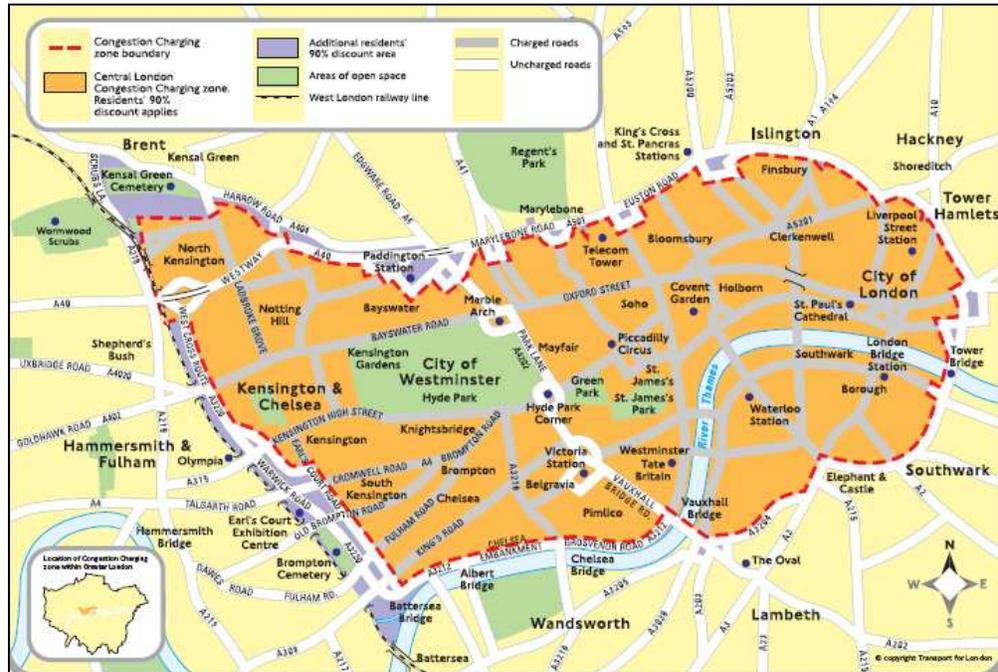
²⁹ Una libra esterlina corresponde a 874 pesos chilenos (tasa de cambio al 30/Jun/2009).

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.

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

- 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 tarifcada (hoy es hasta las 24:00 del mismo día)

FIGURA 2-8 ZONA DE COBRO POST EXTENSIÓN A PARTIR DE FEBRERO DE 2007 EN LONDRES



Mejoras complementarias a la implementación

Un elemento que resulta interesante de analizar son las medidas que fueron ejecutadas con anterioridad a la implementación de la tarificación 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 tarifcada.

- Medidas de gestión específicas en la *vía anillo interior*, que es la ruta que delimita la zona tarifada (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.

La tarifa

Como se mencionó el cobro es actualmente de £8 al día. Existe un esquema de descuentos para flotas logísticas, a las 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.

Exentos

- 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

La tecnología de cobro

El sistema 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 extra costo de £2.

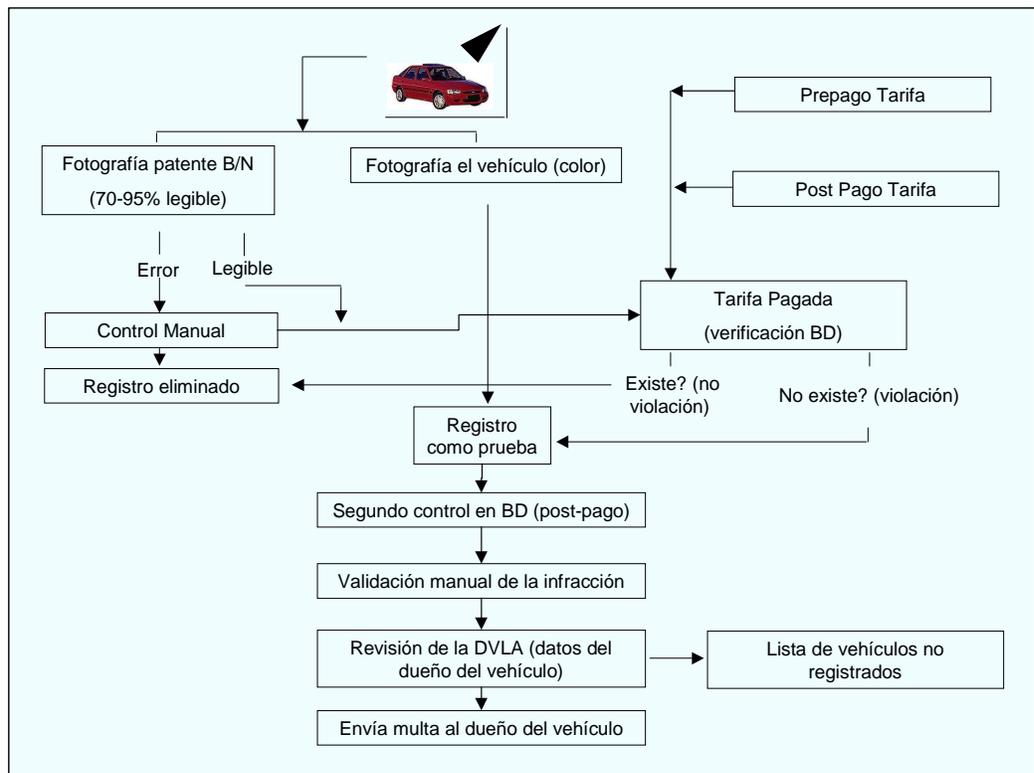
Los métodos de pago son varios, desde Internet hasta vía mensaje de texto del celular, como también en puntos de retail determinados y estaciones de carga de combustible. También están disponibles los pagos por correo y por teléfono.

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 ésta 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.

La Figura 2-9 presenta el funcionamiento del sistema de detección, cobro y seguimiento a infractores del sistema.

FIGURA 2-9 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE COBRO EN LONDRES



Ingresos y Costos

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 tarifización vial tuvo un efecto de reducción de accesos a la zona tarifizada mayor que lo esperado.

Uso de los ingresos netos

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

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

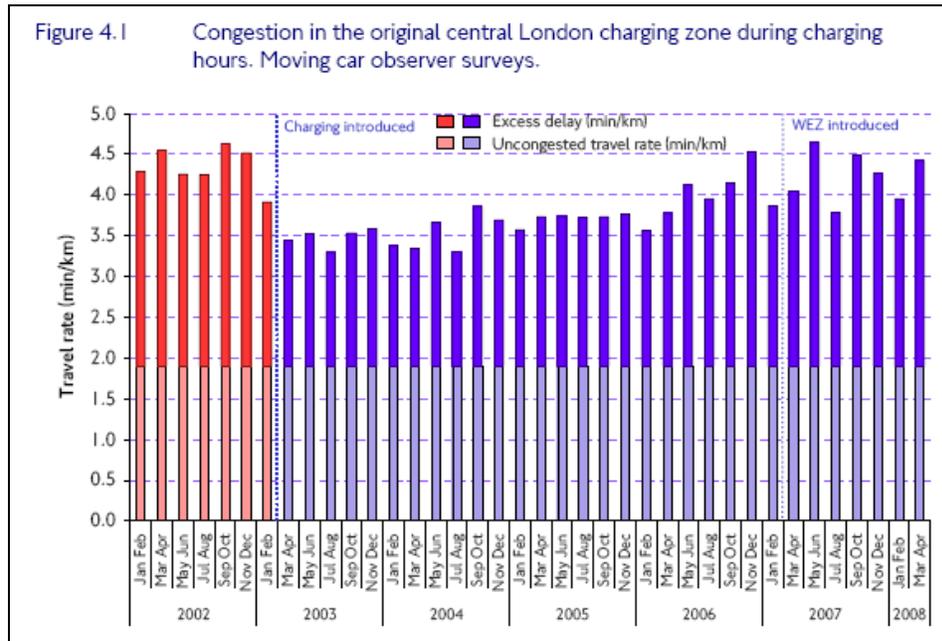
Ello demuestra la prioridad de la autoridad en invertir los fondos recaudados en mejoras de transporte público.

Resultados

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

- La tarifización vial fue introducida exitosamente y sin muchos de los problemas anticipados, transformándose rápidamente en un elemento habitual 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 2-10 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 2-10 IMPACTO EN TIEMPOS DE VIAJE LCC³² EN EL TRÁFICO DE LA ZONA DE COBRO ORIGINAL DE LONDRES



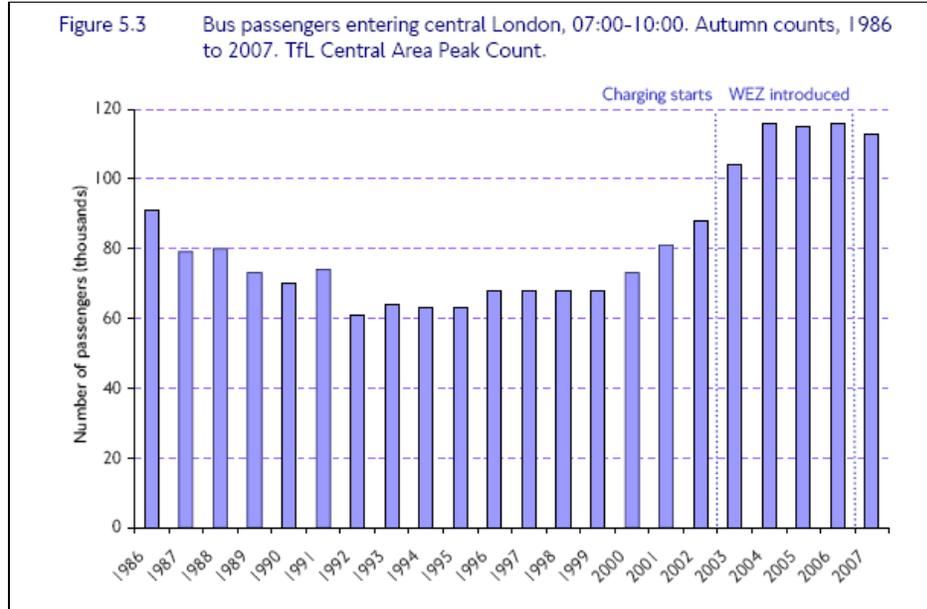
Fuente: Congestion Charging, Sixth Annual Monitoring Report”, Julio 2008.

- El servicio de buses fue el más beneficiado: su irregularidad 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 aumento de pasajeros en la hora punta, la mitad debido a la tarifa de la tarifación vial. La Figura 2-12 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).

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

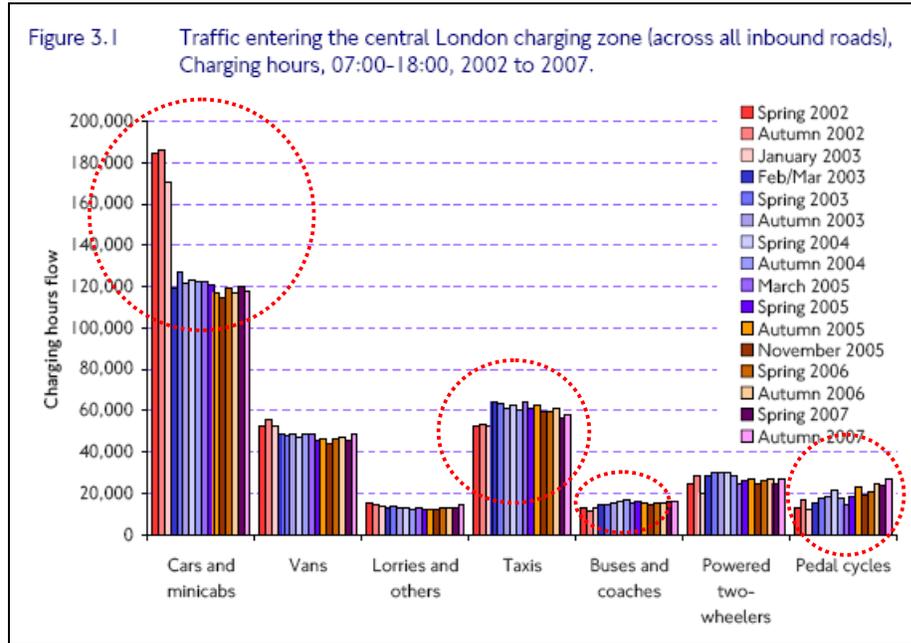
- Existe percepción de beneficios medioambientales y el perjuicio a la economía local parece ser mínimo, a pesar de algunos cambios que podrían estarse dando en propiedades cercanas al límite de la zona tarifcada y que son monitoreados.

FIGURA 2-11 AUMENTO DE LA DEMANDA DE PASAJEROS INGRESANDO A LA ZON DE COBRO EN LA PUNTA MAÑANA EN BUSES EN LONDRES



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

FIGURA 2-12 CAMBIOS EN EL TRAFICO POR TIPO DE VEHÍCULO³³ EN LA ZONA DE COBRO DE LONDRES

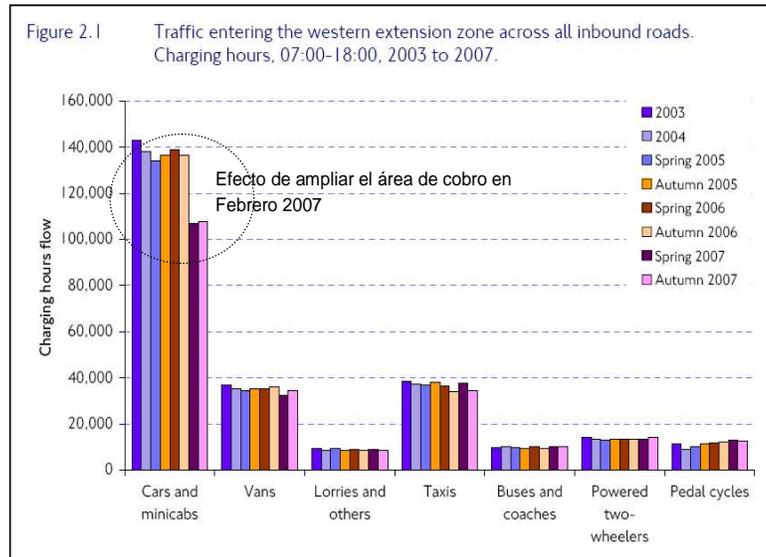


Fuente: Congestion Charging, Sixth Annual Monitoring Report”, Julio 2008.

- 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 aprecia 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 2-13 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 recaudación, 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, sin embargo igual requiere de una acción, incluso si es sólo enviando 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 nuevo 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 será posible no antes de la primavera del año 2010.

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

2.7 El Caso de Singapur

Descripción de la ciudad

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 2-14 MAPA DE SINGAPUR



Fuente: Singapore Land Transport Authority (LTA)

La población del Estado de Singapur a junio del 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 2008. El ingreso (GDP) per capita estimado al 2008 era de US\$ 37.597.

Descripción del sistema de transporte

Parque vehicular

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.

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 en base a las condiciones de tráfico y según categoría de vehículo

Sistema de transporte público

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

- Sistema de Transporte Masivo (MRT), con alrededor de 1,5 millones de viajes diarios, con una extensión de 109,4km y 66 estaciones.
- Sistema de transporte liviano de transporte (LRT), con alrededor de 80 mil viajes diarios, con una extensión de 28,8km y 33 estaciones.
- Buses y taxis, con alrededor de 3,88 millones de viajes diarios. 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

Descripción

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 y las tarifas

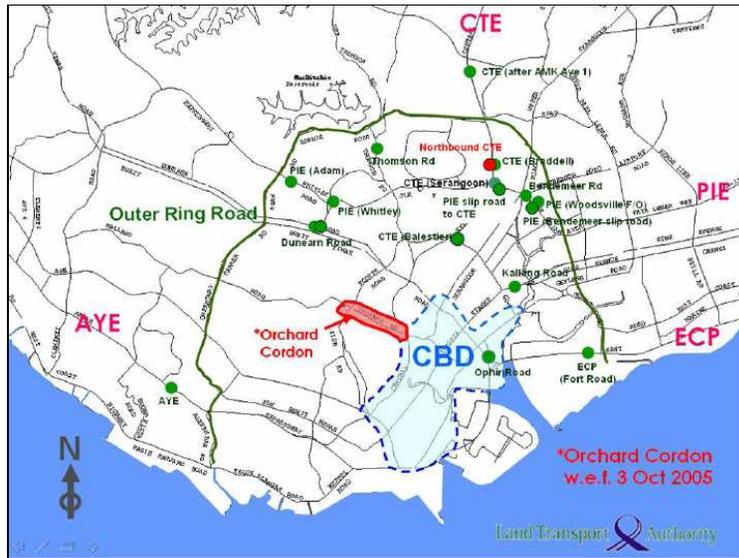
El sistema de cobro ERP funciona realizando un cobro cada vez que se atraviesa un pórtico, deduciéndolo automáticamente de una unidad ubicada al interior del vehículo donde se inserta una tarjeta inteligente de prepago con saldo positivo. La ubicación de los puntos de cobro actuales se aprecia en la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

A Junio 2008 se disponía de 48 pórticos, 19 de los cuales 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, buscando mantener la velocidad de 45-65 kph en autopistas y de 20-30 kph en las principales arterias.

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

FIGURA 2-15 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 4,0 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 y medios de pago

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:

- Análisis de tecnologías
- Definición de requerimientos funcionales
- 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.

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.

- Contratación del proveedor definitivo
- 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 la 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 fue 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 siempre tener 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.

Exentos

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

Costos y Recaudación

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 tarifcada, 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 tarifcada, 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:

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

- I Se ha generado una disminución de velocidades en periodos pre y post implementación del ERP, donde los usuarios esperan los cambios de tarifa.
- I Hay evidencia de tráfico reasignado a rutas alternativas, lo que ha generado la necesidad de añadir nuevos pórticos, tratando de “perseguir la congestión”
- I Los usuarios han comenzado a solicitar formas de post pago (cobros mensuales)
- I 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 si cambios desde su introducción en 1998. Como el volumen de tráfico es hoy muy diferente que al de hace una década, se hacen 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

- I **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.
- I **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 en base a los análisis de la autoridad cada 6 meses.
- I **Gestión de la congestión en el area de la ciudad.** Para manejar la congestión en el area de la ciudad, LTA introdujo el Singapore River Line en Julio de 2008 que comprende cinco nuevos porticos que corren a lo largo del Río Singapur. Igualmente se introdujo un cobro localizado (en algunos porticos 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

2.8 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 2-16 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, 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 un gasto de 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, Commission for Integrated Transport (CfIT),

2.9 El Caso de Estocolmo

Detalles del esquema de tarifación vial de Estocolmo

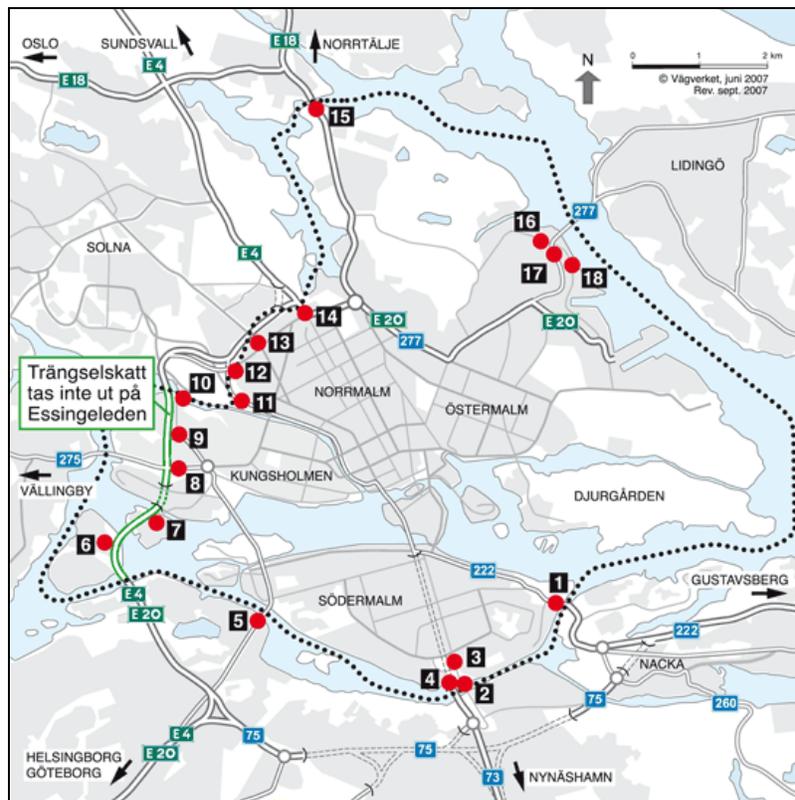
El esquema implementado en Estocolmo, Suecia, corresponde a un impuesto a la congestión y la contaminación. Su objetivo principal es reducir la congestión de tráfico y mejorar las condiciones ambientales en el área céntrica de Estocolmo.

El sistema se implementó a modo de prueba entre el 3 de enero y el 31 de julio del año 2006. Un Referendum 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 Referendum se realizó *expost* un período de implementación, lo que aparece como más adecuado, especialmente cuando los estudios de aceptabilidad muestran que esta de todas formas es mejor una vez implementado el sistema.

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 2-17 ESQUEMA IMPLEMENTADO EN ESTOCOLMO



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

Tarifas

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 como tope un cobro máximo diario de 60 SEK (4.080 pesos chilenos).

Exenciones

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

Sistema de cobro

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

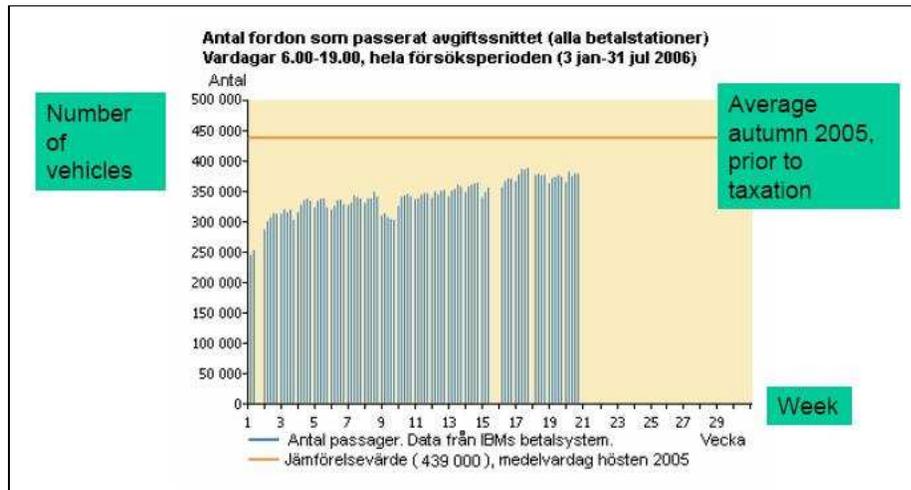
⁴⁴ Tasa de cambio al 30/Jun/09 es de 1 Corona Sueca (SEK) = 68 pesos Chilenos (Ch\$)

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

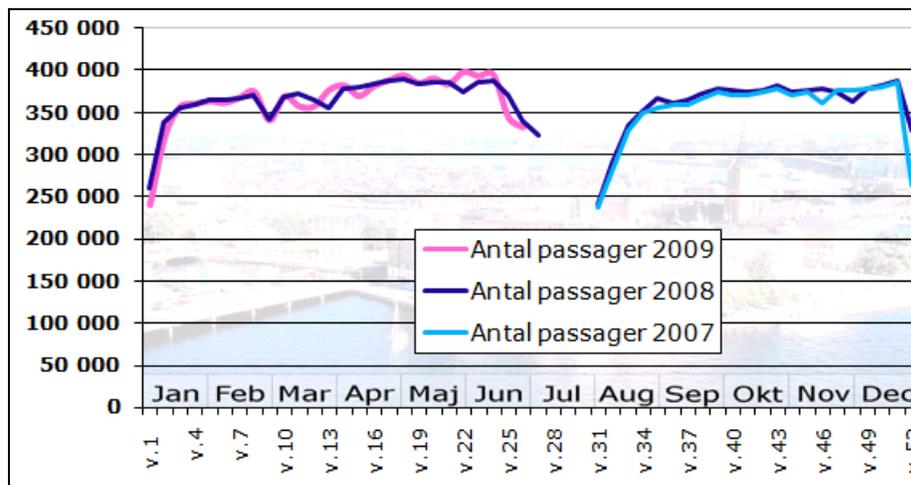
La figura siguiente muestra los resultados obtenidos durante la implementación piloto en términos del número de vehículos diarios (media semanal) que cruzaron los puntos de cobro en relación al volumen que lo hacía previo a la implementación (439.000). Adicionalmente podemos mencionar que en este período se registró una disminución de 30% promedio en los tiempos de viaje.

FIGURA 2-18 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 2-19 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PERMANENTE DEL ESQUEMA DE COBRO EN ESTOCOLMO



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

2.10 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 Chile⁴⁵⁴⁶.

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 la tarificación vial sea percibida como un instrumento eficaz para resolverlo

Si los conductores no perciben que la situación de congestión es grave no estarán dispuestos a aceptar que se les cobre por el uso de las vías. En este sentido, para avalar cualquier propuesta es conveniente que la autoridad permanentemente esté midiendo la evolución de la congestión en las vías así como la percepción que tienen los usuarios. Previo a esto es necesario que las autoridades definan cómo se medirá la congestión y definan umbrales límites de congestión para las distintas vías, definición que si bien es política debe sustentarse en antecedentes técnicos. Si no hay medidas objetivas y aceptadas por la gran mayoría difícilmente será posible promover la tarificación vial.

Adicionalmente, para implementar un sistema de tarificación vial se requiere que las personas tomen conciencia que ésta es la solución más efectiva para resolver los problemas de congestión. Esto último no es fácil ya que la experiencia en muchas ciudades del mundo muestra que en general las personas consideran que son otras las medidas más efectivas para facilitar la circulación vial. Por ejemplo, el resultado de distintas encuestas muestra que un 80% de las personas estima que lo más eficaz es mejorar y abaratar el transporte público. Medidas tales como incrementar las tarifas a los estacionamientos y establecer restricciones a los estacionamientos y al acceso vehicular a las zonas congestionadas cuentan con el 60% de apoyo y se perciben como las segundas en términos de eficacia. La tarificación vial cuenta en cambio con tan solo un 30% de apoyo⁴⁷.

Entonces, para lograr la aceptación de la tarificación vial es necesario que los usuarios tomen conciencia que aún cuando se continuarán implementando aquellos proyectos que sean beneficiosos en materia de mejoras del transporte público y aumentos en la capacidad vial, éstos por sí solos no lograrán acomodar la creciente demanda por circulación en las vías. En esta misma línea puede ser de gran utilidad que la opinión pública esté informada acerca de los buenos resultados obtenidos de

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).

47 Jones (2003) y Schade (2003)

la aplicación de la tarificación vial por motivos de congestión en ciudades como Estocolmo, Londres y otras.

Analizando retrospectivamente el intento de las autoridades chilenas por promover la tarificación vial, se puede argumentar que parte del problema se debió a que en el proceso no se contemplaron algunos de los aspectos aquí mencionados. Por una parte, el proyecto de Ley no fue acompañado de suficientes estudios que mostraran los niveles de congestión esperados (diagnóstico) y la eficacia de la tarificación vial para reducirlos (pronóstico), y tampoco existían casos exitosos como en la actualidad los de Londres y Estocolmo.

Tampoco se documentó debidamente el posible impacto en otras vías y otros efectos secundarios sobre el sistema de actividades y sobre los habitantes de la zona afectada. Por otra parte, y quizás más importante, en opinión de muchos de los detractores del proyecto, antes de instaurar un sistema de tarificación vial era indispensable mejorar otras áreas en que los problemas eran más evidentes y urgentes. Por ejemplo, en el transporte público había mucho que avanzar, no se habían implementado medidas para restringir y cobrar por los estacionamientos en las vías públicas, la inversión en infraestructura vial urbana era muy escasa y había bastante que optimizar en materia de gestión de tráfico (ej. optimización de semáforos, sistemas de información y otros). En todo esto se ha avanzado con distinta intensidad, pero indudablemente la situación es distinta.

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

La propuesta de tarificación vial debe ser complementaria con otras medidas tales como reformas en el transporte público, aumentos en la capacidad vial, restricciones a los estacionamientos e incorporación de sistemas de información. Una encuesta realizada en cinco ciudades europeas mostró que la aceptación promedio para la tarificación vial aumentó de 19% a 45% cuando se dijo que formaría parte de un conjunto más amplio de medidas⁴⁸.

La falta de un plan completo y coherente que abordara los problemas del transporte en Santiago desde diversas perspectivas sin duda que perjudicó la tramitación del proyecto de Ley en el Senado. Sin embargo, la situación actual es distinta. El Plan de Transporte Urbano 2000-2010 (PTUS) para la ciudad de Santiago tiene una visión más global y contempla un conjunto de acciones concretas. Con diferente grado de intensidad y éxito, se ha avanzado en ellas. En la medida que los usuarios comprueben las mejoras en distintas áreas, y constaten que serán insuficientes para acomodar la creciente demanda por infraestructura vial, la aceptación ciudadana por la tarificación vial mejorará notablemente. Un ejemplo de esto son las concesiones urbanas, que a pesar de haber significado un aumento relevante en la capacidad vial de Santiago, ya existen en muchos puntos de ellas (incluso más allá de problemas de diseño locales) problemas de congestión relevante en ciertas horas del día.

48 Entre otros ver Ubbels and Verhoef (2005) y Jones (2003).

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

Los estudios de aceptabilidad de la tarifación vial muestran que una condición necesaria para su implementación en sistemas democráticos es compensar los impactos negativos que produce sobre los usuarios con el uso de los fondos recaudados. Esto puede realizarse a través de mejorar las condiciones de transporte, de calidad de vida (ej. parques, colegios y plazas, planes de seguridad vial) o compensando a los afectados por medio de la rebaja de otros cobros o impuestos. El objetivo de esta compensación es lograr que los usuarios y los grupos de presión perciban que la medida finalmente los beneficiará. En el caso de encuestas realizadas en el Reino Unido, el generar un compromiso acerca de cómo gastar los fondos incrementó el apoyo a la tarifación vial de un 30% a un 57%. Para el caso específico de la ciudad de Londres, el apoyo en las encuestas subió de 43% a 63%⁴⁹. El resultado de esto fue que las autoridades de la ciudad de Londres se comprometieron a que durante los primeros 10 años la recaudación sería destinada en su totalidad a mejorar las condiciones de circulación de la zona afectada, como se describió anteriormente. Además, se comprometieron en el futuro a no disminuir otras asignaciones presupuestarias para estos mismos fines. En la misma línea, un estudio realizado en Holanda⁵⁰ muestra que la tarifación vial en general no es aceptada y que el uso de los fondos recaudados es un factor muy importante sobre el nivel de aceptación de la medida. En particular encontraban que la tarifación mejora su aceptación en la medida que los ingresos que se obtengan sean usados para disminuir los impuestos a los vehículos o los impuestos a la gasolina. Destinar los fondos recaudados a fondos generales de la Nación hace que se perciba la tarifación vial como un impuesto más y que no sea aceptada como una medida que beneficie a la ciudadanía.

Es importante destacar que si bien el gastar los recursos recaudados en la misma zona afectada permite un mayor grado de aceptación ciudadana, no necesariamente tiene sentido económico. Es muy posible que existan otros proyectos que tengan una rentabilidad social mayor y que aún cuando estén fuera de esta zona geográfica sería más conveniente hacerlos. Por otra parte, y bajo determinadas circunstancias, incluso podría darse el caso que las medidas compensatorias resten eficacia a la tarifación vial. Distinto es el caso en que la compensación sea a través de la sustitución o reducción de impuestos (en particular impuestos a combustibles) ya que esto podría verse como un beneficio directo al grupo afectado o como una eliminación de algún impuesto que esté provocando una distorsión en la asignación de recursos.

Otro aspecto relevante para capturar el apoyo de los usuarios se encuentra en la secuencia que se siga en la implementación de la tarifación vial y en las compensaciones que se decidan. A este respecto, se recomienda que antes de comenzar a cobrar peajes se implementen aquellas medidas que beneficiarán a los usuarios del sistema. A modo de ejemplo, en Londres primero se agregaron 300 nuevos buses al sistema de transporte público y luego se introdujo un peaje por

49 Jones (2003).

50 Ubbels y Verhoef (2005)

congestión. En Singapur y en Noruega también se consideró como algo muy importante que los usuarios percibieran con rapidez los beneficios del sistema de tarifación vial.

Cualquier propuesta de tarifación vial para cualquier ciudad en Chile debe resolver como tratar y manejar los recursos recaudados.

Existe más de una alternativa de vías de consagración normativa de la tarifación vial como ha indicado el Informe Jurídico desarrollado como parte del presente estudio. Por una parte se puede tramitar una Ley que junto con implementar la tarifación vial definiéndola como un impuesto, indique el destino de los fondos recaudados para fines específicos dado que se trata de un tributo que grava actividades de clara identificación local y regional; estos fines específicos podrían entonces asociarse a mejoras de accesibilidad y transporte en la zona afectada. Otra de estas alternativas es la Ley de Concesiones, aunque como una alternativa de menor probabilidad jurídica, que podría licitar el mejoramiento y conservación de la zona de cobro y que en el contrato de concesión se establezca que con los fondos recaudados se realicen obras nuevas de mejoramiento de accesibilidad y transporte en la zona afectada.

Que los precios que se cobren por el uso de las vías sean aceptados como correctos y con una base sólida

Para lograr este objetivo la experiencia es que las tarifas no deben ser discriminatorias y han de relacionarse de la manera más directa posible con el uso de la vía en las horas congestionadas y con los costos externos que producen quienes las utilizan. El compromiso de las autoridades respecto de fijar tarifas sobre la base de criterios técnicos, y en función de la congestión que se desea reducir, ayuda a disminuir la desconfianza que tienen los usuarios respecto de que la tarifación vial se transforme en una nueva fuente de recaudación de impuestos.

Cabe señalar, sin embargo, que los cambios de precio en la tarifación por congestión en Londres no han encontrado resistencia importante en los usuarios, a pesar de no satisfacer el requerimiento mencionado.

Que el esquema de cobros sea simple de entender, predecible con anticipación y flexible en el tiempo

Como ya se argumentó, una de las ventajas de la tarifación vial radica en que regula el acceso a la infraestructura al priorizar su uso por parte de quienes más la valoran, asegurándose así que a las distintas horas del día transiten aquellos usuarios para quienes el beneficio privado sea superior o igual a los costos privados y externos que provocan. Para lograr este objetivo es importante que las tarifas que se cobren por usar las vías sean fáciles de comprender y sean conocidas con anticipación al inicio de cualquier viaje. De lo contrario, las personas no podrán decidir correctamente acerca de qué vías usar, a qué hora viajar, y qué tipo de vehículo usar, y por ende podría no generar los cambios de comportamiento esperados.

En este aspecto, y aún cuando la tecnología permite diseñar mecanismos de tarifación muy sofisticados, a menudo se recomienda al menos comenzar con un

sistema simple. Una vez que el sistema funcione, se vaya demostrando su eficacia y sea mayormente conocido y aceptado se puede pensar en mecanismos de cobro más refinados y complejos.

Si bien en Santiago contamos con un sistema de cobro de peajes urbanos relativamente sofisticado, con tres niveles de precio ya dependientes de la congestión y de la hora del día, los usuarios en general conocen su gasto mensual y difícilmente saben exactamente cuánto pagan al atravesar cada pórtico en determinados días y sentidos de circulación. Por lo tanto, no se trata de disponer de la tecnología para considerar esquemas tarifarios complejos sino más bien de procurar claridad en la información para la toma de decisiones informada de los usuarios.

El que la tarifación vial se presente desde sus inicios como un sistema flexible ante cambios en las condiciones del flujo vehicular, es algo también valorado. En definitiva constituye una muestra del compromiso por parte de las autoridades por cobrar precios correctos acorde a los costos externos que causa la congestión excesiva.

Que el sistema que se implemente sea técnicamente confiable y que garantice el respeto a la privacidad de los usuarios de las vías

Muchos usuarios, especialmente en Europa, declaran que les molesta que sus desplazamientos sean registrados y puedan ser observados por las autoridades regulatorias. Por otra parte, esto es posible y ocurre con el uso de cámaras para controlar la velocidad (Speed cameras), peaje electrónico y simplemente cámaras de video de seguridad en buena parte de las áreas públicas de los centros urbanos. La tecnología permite soluciones a este problema, pero la práctica ha demostrado también que la aceptación pública es mayor que lo que las declaraciones darían a entender. Por cierto que es importante minimizar los errores en los cobros usando tecnologías probadas.

En la actualidad existen sistemas inteligentes de cobranza que reducen este tipo de inconvenientes. Un ejemplo lo constituyen los sistemas aprobados para las concesiones viales urbanas. Cualquier sistema de tarifación vial que se piense implementar en el futuro podrá aprovechar esta experiencia.

Que tanto en la etapa previa como una vez implementado el sistema de tarifación vial se diseñe una estrategia comunicacional que explique los beneficios esperados y efectivos

Un aspecto clave para lograr el apoyo de la opinión pública es mantenerla informada acerca de los fundamentos y beneficios asociados a la tarifación vial. En esta misma dirección, es importante estar monitoreando constantemente los resultados para corregir los errores y mostrarle a la ciudadanía los efectos positivos del sistema de tarifación impuesto y las mejoras que se han ido realizando a medida que se han ido identificando.

Que la implementación considere o no un plebiscito y si es el caso que procure generar una experiencia previa de uso

Hemos visto de la experiencia internacional que los plebiscitos previos han fracasado (caso de Edimburgo) ya que difícilmente los usuarios pueden percibir exalte los beneficios de la medida y son más bien las desventajas las que prevalecen. Generar la experiencia de uso (período de prueba) fue la opción que tomó la ciudad de Estocolmo que realizó un plebiscito después de 6 meses de implementación piloto. En este caso el plebiscito fue favorable, los usuarios pudieron comparar la situación con y sin tarifación vial y su evaluación por lo tanto fue más objetiva considerando tanto ventajas como desventajas. Ciudades como Londres han considerado plebiscitos en el último tiempo para la incorporación/eliminación de algunas zonas del área de cobro pero no fue la herramienta utilizada para tomar la decisión de implementar la medida, sino más bien se consideró la elección del Mayor como una aprobación a su plan completo, pues éste incluía la propuesta de tarifación vial para el centro de Londres.

3. Diagnóstico del sistema de transporte urbano de Santiago

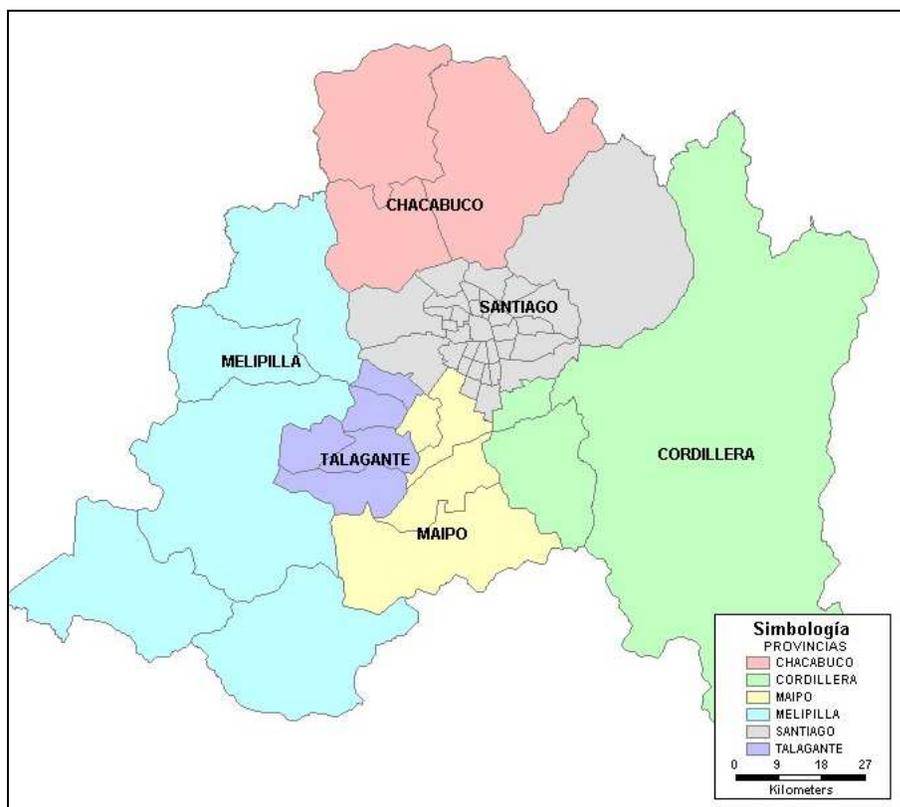
En este capítulo se analiza la congestión en Santiago y los cambios de ésta en el tiempo. Para ello se analizan variables que generalmente se reconoce tienen efecto en la congestión, tanto desde el punto de vista de la demanda y la oferta.

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.

FIGURA 3-1 SANTIAGO – DIVISION ADMINISTRATIVA



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, 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.

Superficie y población

La Región Metropolitana tiene una superficie de 15.403 km². En relación con la población, poseía 6,32 millones de habitantes de acuerdo al censo 2002. La población histórica de los 2 últimos censos poblacionales se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 3-1 TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSALES 1992-2002

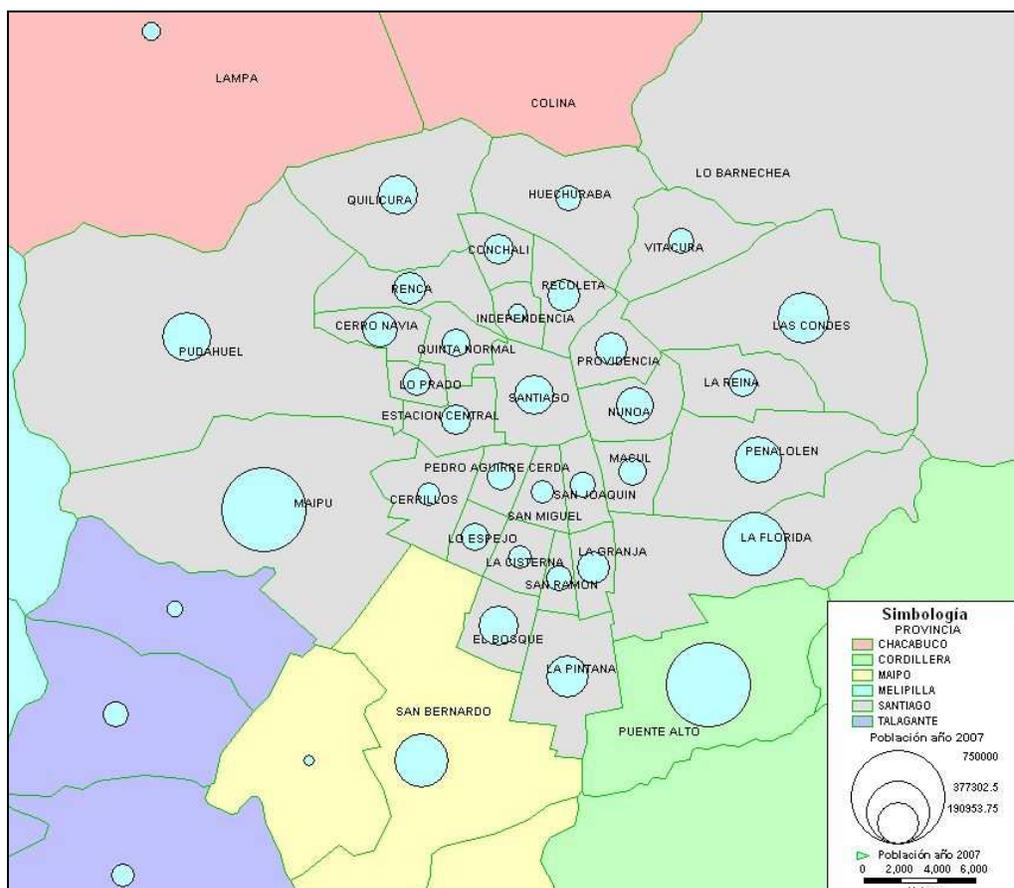
División administrativa	1992	2002	Crecimiento promedio anual
Región Metropolitana	5.395.325	6.318.299	1,6%
Provincia de Santiago	4.357.667	4.810.766	1,0%
Comunas con mayor población:			
Puente Alto	304,105	545,260	6,0%
Maipú	299,940	537,944	6,0%
La Florida	335,074	387,889	1,5%
San Bernardo	202,103	263,676	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 en base a 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. 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 crecimiento. 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.

En la siguiente figura se presenta un esquema que permite comparar la población en las distintas comunas de Santiago⁵¹. En ella se aprecia la relevancia comunas ubicadas en un anillo sur de la ciudad: Peñalolén, La Florida, Puente Alto, San Bernardo, Maipú y Pudahuel.

FIGURA 3-2 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN COMUNAS DE LA REGIÓN METROPOLITANA, 2007



Fuente: Elaboración propia en base a datos INE

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).

TABLA 3-2 TASAS DE CRECIMIENTO PROYECTADAS PARA LA POBLACIÓN EN LA REGIÓN METROPOLITANA

División administrativa	2002	2012	Crecimiento
Región Metropolitana	6.318.299	7.007.620	1.04%

Fuente: INE

⁵¹ INE, Proyección Población 2007

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.

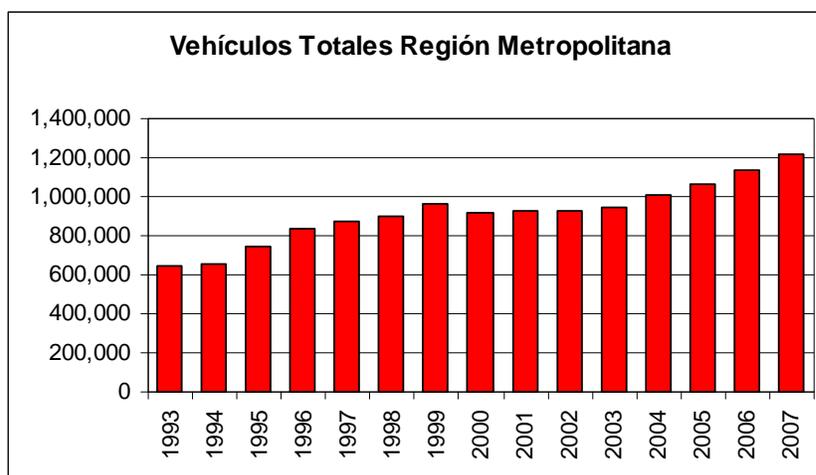
TABLA 3-3 PARQUE DE VEHÍCULOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA, 2007

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

Al mirar la evolución del parque de vehículos en la Región Metropolitana en la Figura 3-3, 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, durante 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 de la economía sobre 4% hasta el último registro disponible a la fecha, se observa nuevamente un repunte en el crecimiento del parque vehicular.

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

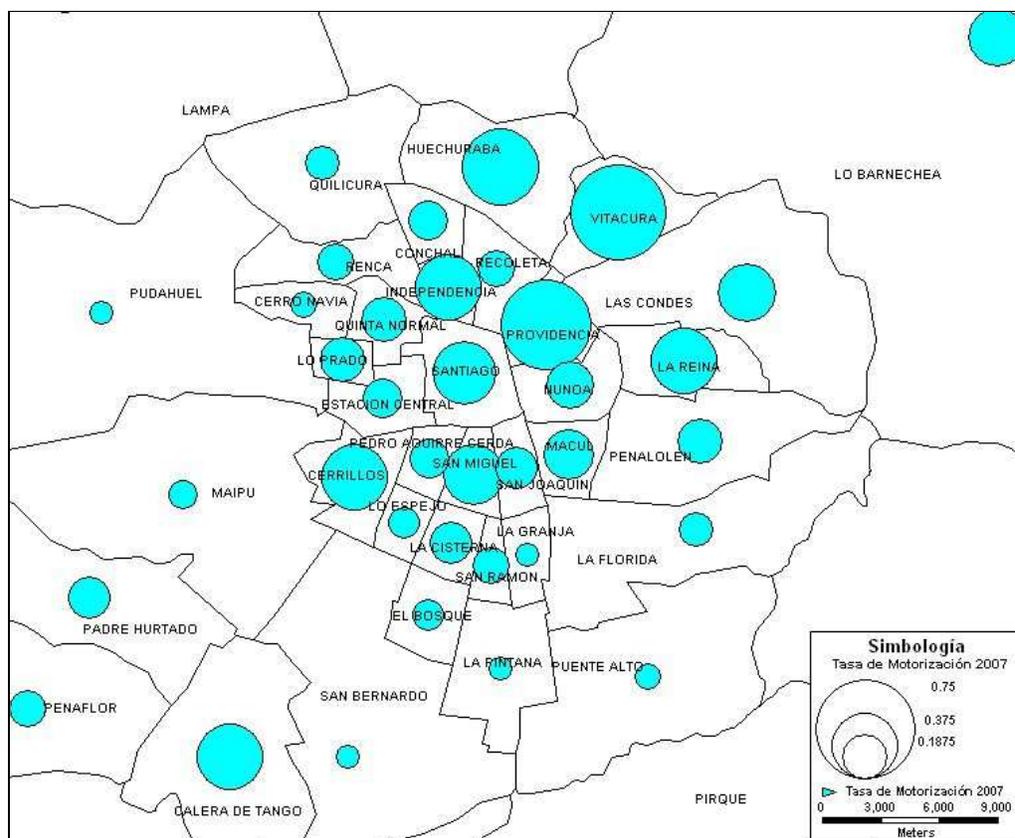


Fuente: INE

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 habitantes⁵², lo que son tasas bajas 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%).

A nivel de cada comuna, la siguiente figura presenta un esquema comparativo de tasas de motorización en la ciudad de Santiago, donde destacan los valores de Providencia, Vitacura, y los del sector oriente en general.

FIGURA 3-4 DISTRIBUCIÓN DE LA TASA DE MOTORIZACIÓN EN LA REGIÓN METROPOLITANA, 2007



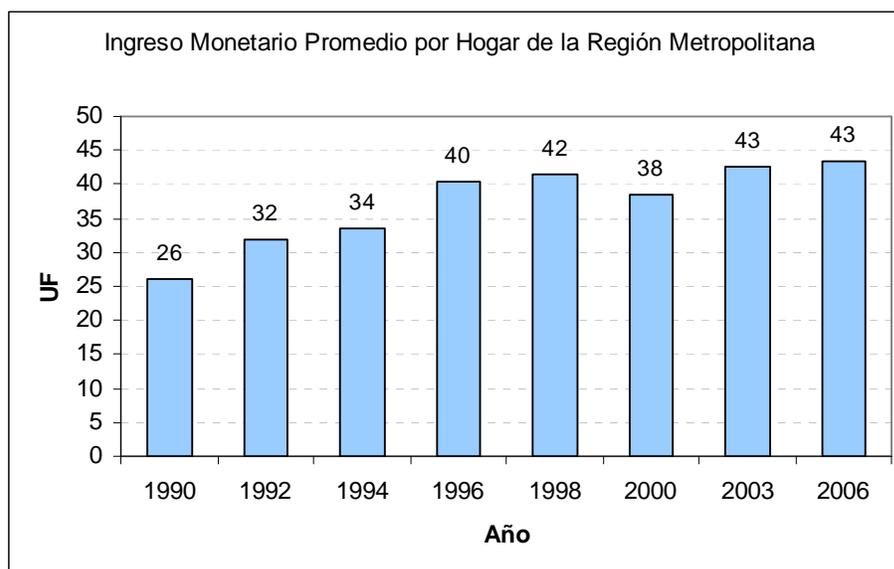
Fuente: Elaboración propia en base a datos INE

⁵² Considerando la flota completa las tasas para el 2007 llegan a 184 vehículos por cada 1.000 habitantes.

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 3-5 EVOLUCIÓN DEL INGRESO MONETARIO PROMEDIO POR HOGAR, 1990-2006



Fuente: Elaboración propia en base a CASEN-Mideplan

Dicha figura muestra el crecimiento de los ingresos, con la excepción del período post desaceleración económica del año 2000. La siguiente tabla muestra los mismos antecedentes de la figura anterior, indicando además el crecimiento promedio anual.

TABLA 3-4 CRECIMIENTO DEL INGRESO PROMEDIO POR HOGAR EN LA REGIÓN METROPOLITANA, 1990-2006

	Ingreso Monetario Promedio por hogar de la RM (UF)							
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2003	2006
Promedio Región	26,2	31,9	33,5	40,5	41,5	38,4	42,6	43,5
Crecimiento promedio anual		10,3%	2,5%	9,9%	1,3%	-3,8%	3,5%	0,7%

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN-Mideplan

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 el 2003.

Producto interno bruto (PIB)

Finalmente, otra variable agregada que generalmente está asociada con el crecimiento del tráfico (demanda) es la de crecimiento económico, en particular a través de la variable 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 3-5 DATOS HISTÓRICOS Y PROYECCIÓN DEL PIB DE CHILE

Año	Crecimiento anual (%)	Año	Crecimiento anual (%)	Año	Crecimiento anual (%)
1997*	6,6	2003*	3,9	2009***	-1,3%
1998*	3,2	2004*	6,2 (6,0**)	2010***	3,7%
1999*	-0,8	2005*	6,3(5,6**)	2011***	4,4%
2000*	4,5	2006**	4,6	2012***	4,8%
2001*	3,4	2007**	4,7	2013***	4,8%
2002*	2,2	2008**	3,2	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 aprecia que las proyecciones de crecimiento de la economía, después del crecimiento que se proyectan para el presente año 2009, auguran un crecimiento promedio 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 al 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

Comparación EOD 1991-2001

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, como variables fundamentales de cómo varió también 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.

A fin de entender a cabalidad el escenario sobre el cual se estudiarán las medidas de tarificación, es importante analizar no sólo la evolución de las características de los viajes (modo, propósito), sino también el cambio en el tiempo de las características de los hogares. Esto es, localización, nivel de ingreso, número de integrantes, cantidad de vehículos que posee, etc., todos aspectos que se recogen en la EOD.

A continuación se entrega una comparación entre los resultados de las encuestas 1991 y 2001, en cuanto a los aspectos anteriormente señalados, lo que permitirá ver la forma en que la demanda ha ido cambiando en Santiago.

Diferencias generales EOD 1991 - EOD 2001

Primero que nada es importante establecer que existen ciertas diferencias en la metodología aplicada entre ambas encuestas que es importante tomar en cuenta, las que se describen a continuación.

- En la EOD 1991 se definió como un viaje aquel desplazamiento con una longitud superior a los 200 metros, mientras que en la EOD 2001 se registraron todos los desplazamientos en la vía pública.
- El área de estudio en 1991 incluyó a las 32 comunas de la provincia de Santiago, más las comunas de San Bernardo y Puente Alto. En el 2001 se consideró además las comunas de Colina, Lampa, Pirque y Calera de Tango.
- En la encuesta de 1991 se usó la técnica de recordar los viajes del día anterior y se encuestó sólo a los mayores de cinco años. En el 2001, en cambio, se usó la técnica de aviso previo y se implementó el formulario de registro de salidas; además se encuestó o consideró a todos los miembros del hogar, incluidos los lactantes (ya que generan viajes).
- En 1991 se asignaba a los viajes de regreso el mismo propósito que el viaje de ida. En el 2001 se introdujo el propósito “volver a casa” y una mayor desagregación del resto de los propósitos; en efecto, mientras en 1991 se consideró un total de ocho propósitos (incluido el propósito “otro”), en el 2001 se definió 13 propósitos de viaje. En la tabla siguiente se puede apreciar los motivos de viaje utilizados en cada estudio.

TABLA 3-6 PROPÓSITOS DE VIAJES CONSIDERADOS EN LAS EOD

EOD 1991	EOD 2001
Al trabajo	Al trabajo
De trabajo	Por trabajo
Al estudio	Al estudio
A diligencias	Trámites
De compras	De compras
De salud	De salud
Social	Ver a alguien
Otro	Buscar/dejar a alguien
	Comer/tomar algo
	Buscar/dejar algo
	Recreación
	Volver a casa
	Otro

Fuente: EOD 2001, SECTRA

- En 1991 se consultó el ingreso familiar clasificado en rangos; en el 2001 se consultó el ingreso líquido a cada integrante del hogar y no se utilizó rangos.
- La EOD 2001 incorporó la recopilación de información sobre viajes los siete días de la semana en temporada normal y estival, y no solamente martes a jueves en temporada normal.

De esta manera, para poder efectuar una comparación adecuada, y de acuerdo a lo señalado anteriormente, se extrajo de la información del 2001 aquella que sólo incluía los viajes de mayores de cinco años, los desplazamientos mayores a 200 m y las mismas comunas que en el año 1991.

Las comparaciones en términos de propósito de viaje se efectuaron a nivel agregado, considerando los siguientes motivos: “al trabajo”, “al estudio” y “otros propósitos”.

Por último, para la etapa de tratamiento de la encuesta, otra diferencia corresponde a la definición de los estratos de ingreso, la que se indica en la Tabla 3-7.

TABLA 3-7 RANGOS DE INGRESO CONSIDERADOS EN LAS EOD

Nivel	EOD-1991	EOD-2001
	\$ abril 1991	\$ noviembre 2001
Bajo	Inferior a 110.400	Inferior a 383.353
Medio	110.401 - 405.000	383.354 - 874.394
Alto	Superior a 405.001	Superior a 874.395

Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

Evolución de la población y tasa de motorización

La Tabla 3-8 muestra el crecimiento de la población y de los vehículos en el Gran Santiago entre los años 1991 y 2001.

TABLA 3-8 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 3-9 muestra la evolución del tamaño de hogares (número de habitantes por hogar), y la tasa de motorización de los hogares.

TABLA 3-9 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 1.473.735, 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 3-8 que entre los años 1991 y 2001 ha aumentado de 421.419 a 826.012, lo que se traduce en una tasa de crecimiento anual de un 5%.

El tamaño de los hogares es también un factor que ha sufrido cambios importantes entre los años 1991 y 2001, como lo muestra la Tabla 3-10.

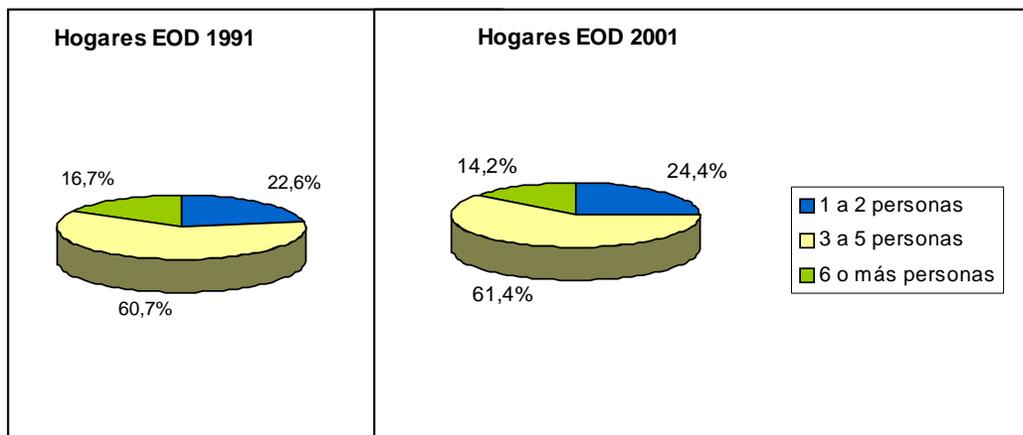
TABLA 3-10 HOGARES POR TAMAÑO EOD 1991 VS EOD 2001

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 en base a EOD 1991 y 2001

En la Figura 3-6 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 3-6 VARIACIÓN HOGARES POR TAMAÑO EOD 1991 VS EOD 2001



Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001

En la Tabla 3-11 se presenta la distribución de hogares por estrato de ingreso para los años 1991 y 2001, donde se aprecia como ha ido disminuyendo 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 3-11 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%

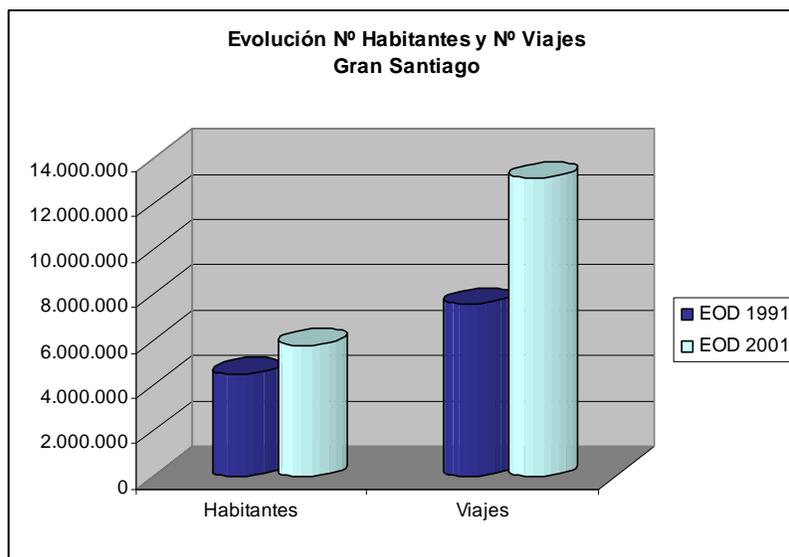
Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

Evolución de los viajes

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 3-7 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.

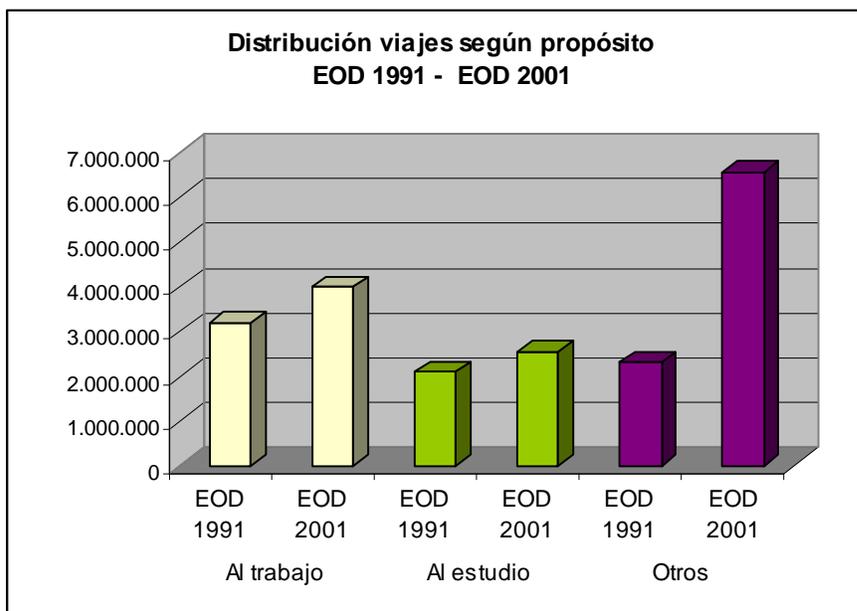
FIGURA 3-7 EVOLUCIÓN HABITANTES Y VIAJES EOD 1991 Y EOD 2001



Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

En la Figura 3-8 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.

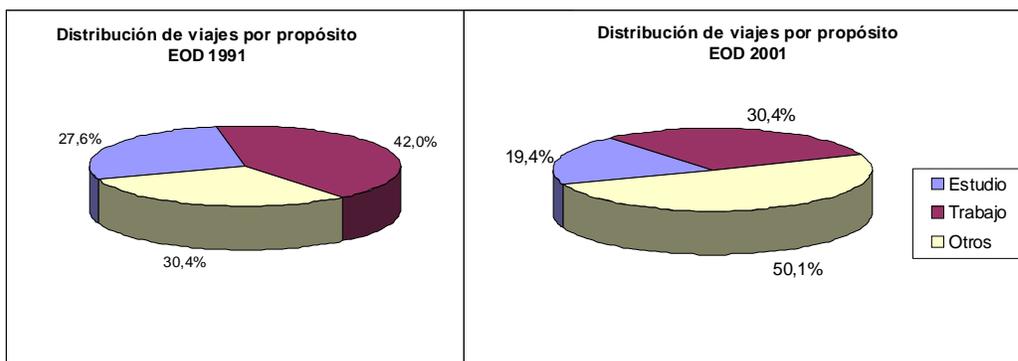
FIGURA 3-8 DISTRIBUCIÓN DE VIAJES SEGÚN PROPÓSITO A PARTIR DE EOD



Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

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

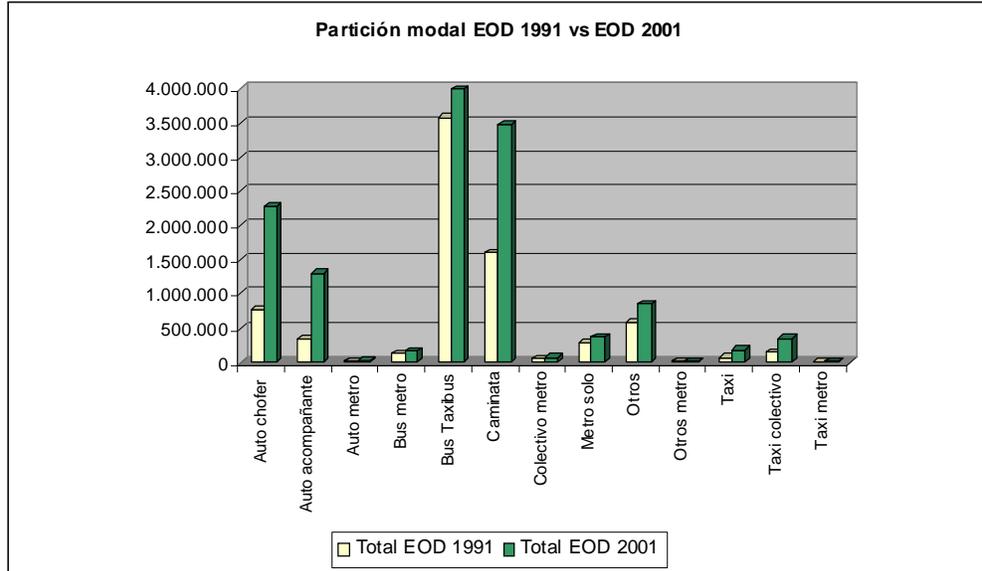
FIGURA 3-9 DISTRIBUCIÓN DE VIAJES SEGÚN PROPÓSITO: EOD 1991 VS EOD 2001



Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

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

FIGURA 3-10 CAMBIOS EN LA PARTICIÓN MODAL EOD 1991 – 2001



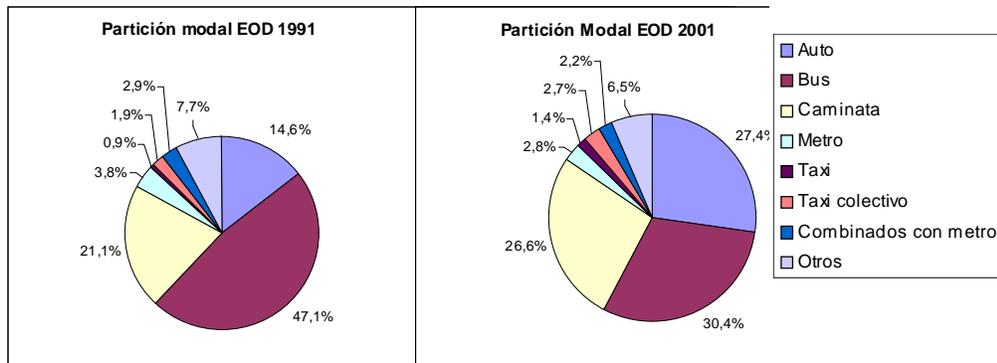
Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

En la Figura 3-11 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 3-11 CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE LA PARTICIÓN MODAL EOD 1991 – 2001



Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

La Tabla 3-12 muestra los viajes totales y motorizados diarios generados por comuna para los años 1991 y 2001.

TABLA 3-12 VARIACIÓN DE VIAJES DIARIOS GENERADOS POR COMUNA A PARTIR DE EOD

Comuna	Viajes totales diarios		Viajes motorizados diarios	
	EOD 1991	EOD 2001	EOD 1991	EOD 2001
Lo Barnechea	53.698	213.341	44.213	194.678
Cerrillos	169.131	178.238	130.151	119.271
Cerro Navia	267.787	338.552	185.596	212.288
Conchalí	256.206	266.584	177.372	188.437
El Bosque	240.157	425.651	180.469	266.928
Estación Central	257.070	340.528	197.597	231.918
Huechuraba	81.009	150.670	64.669	98.665
Independencia	121.055	186.477	82.459	127.760
La Cisterna	158.848	194.222	122.808	136.764
La Florida	584.035	852.498	465.921	640.692
La Granja	214.080	225.307	155.288	143.283
La Pintana	206.629	327.468	158.312	204.449
La Reina	178.065	290.594	151.741	252.928
Las Condes	323.041	687.648	289.320	601.527
Lo Espejo	167.853	308.869	123.781	170.622
Lo Prado	227.457	237.368	170.053	164.118
Macul	211.278	266.557	171.701	189.006
Maipú	333.847	1.202.883	270.354	916.872
Ñuñoa	347.298	499.158	288.191	391.946
P. A. Cerda	197.317	234.955	149.408	130.736
Peñalolén	232.878	464.333	180.358	366.351
Providencia	191.992	351.147	164.378	275.146
Pudahuel	218.750	443.394	166.355	326.846
Puente Alto	386.325	1.254.996	286.303	891.724
Quilicura	62.394	319.556	46.761	241.958
Quinta Normal	172.055	251.071	121.443	150.777
Recoleta	297.837	372.407	207.754	228.736
Renca	177.362	334.883	132.673	228.487
San Bernardo	221.904	518.363	141.770	332.330
San Joaquín	154.936	235.132	119.416	155.232
San Miguel	154.345	196.669	119.619	138.430
San Ramón	157.734	144.736	112.534	89.566
Santiago	444.879	563.885	306.097	329.198
Vitacura	130.421	225.414	121.959	206.713
Total	7.599.673	13.103.554	5.806.823	9.344.382

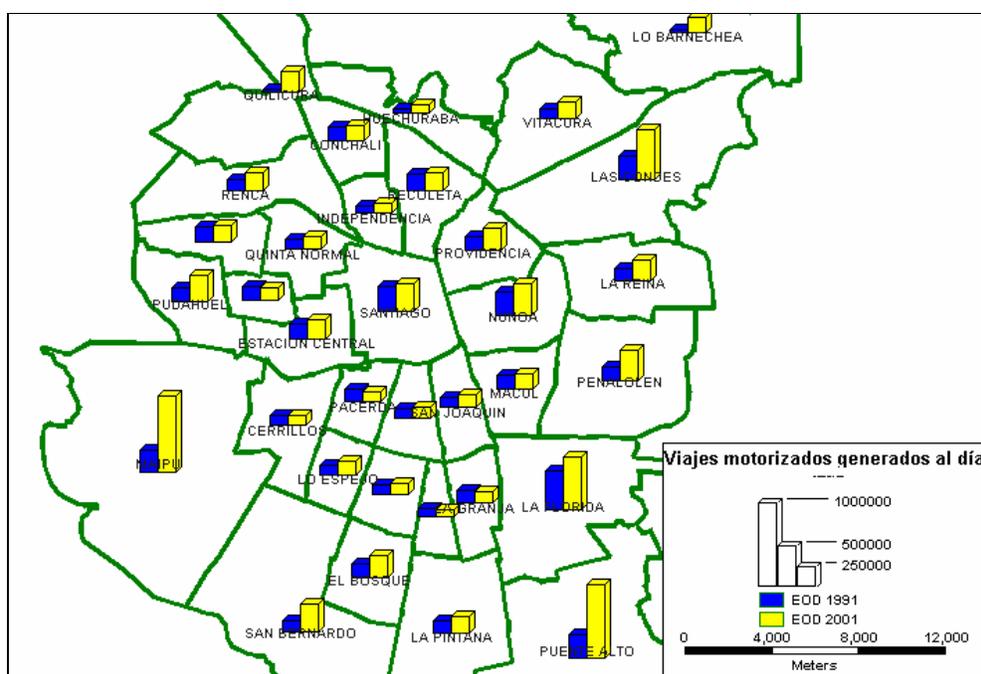
Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

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.

En la Figura 3-12 se observa que 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.

FIGURA 3-12 VIAJES MOTORIZADOS DIARIOS GENERADOS POR COMUNA: EOD 1991 – EOD 2001



Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

Si analizamos sólo el período más cargado del día, la Tabla 3-13 muestra 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 han tenido una más fuerte variación en el número de viajes generados.

TABLA 3-13 VIAJES GENERADOS POR COMUNA EN PUNTA MAÑANA SEGÚN EOD

Comuna	Viajes totales Punta Mañana		Viajes motorizados Punta Mañana	
	EOD 1991	EOD 2001	EOD 1991	EOD 2001
Lo Barnechea	17.038	54.178	14.164	50.542
Cerrillos	33.278	32.385	26.070	24.753
Cerro Navia	55.313	60.371	40.975	43.549
Conchalí	56.467	53.283	42.369	41.709
El Bosque	57.946	72.874	42.961	51.745
E. Central	49.253	51.111	38.701	37.767
Huechuraba	21.028	27.916	18.191	19.833
Independencia	28.295	34.884	20.315	27.751
La Cisterna	32.401	38.203	26.421	31.443
La Florida	137.845	176.095	112.900	149.647
La Granja	51.327	43.475	37.955	31.052
La Pintana	62.193	68.677	47.016	47.054
La Reina	41.255	53.321	35.821	49.704
Las Condes	81.489	126.048	76.020	117.180
Lo Espejo	39.815	47.932	30.628	30.188
Lo Prado	43.311	36.145	34.690	29.234
Macul	49.111	50.493	41.577	41.835
Maipú	73.521	208.989	62.296	184.997
Ñuñoa	76.431	94.102	65.296	83.393
P. A. Cerda	47.389	41.814	36.322	32.245
Peñalolén	65.073	89.880	50.433	78.782
Providencia	39.854	66.122	35.735	55.673
Pudahuel	48.810	87.856	38.593	72.877
Puente Alto	93.590	237.065	71.196	180.503
Quilicura	14.489	55.236	11.258	46.659
Quinta Normal	40.433	38.453	30.504	25.965
Recoleta	62.239	63.218	47.736	44.970
Renca	40.777	60.404	32.719	45.999
San Bernardo	51.051	91.464	33.016	70.079
San Joaquín	41.975	42.785	32.687	32.991
San Miguel	31.000	34.902	24.881	27.357
San Ramón	36.407	32.002	26.969	20.537
Santiago	87.988	95.122	64.917	65.209
Vitacura	33.058	46.514	31.104	43.307
Total	1.741.450	2.413.323	1.382.436	1.936.529

Fuente: Elaboración propia en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

La Tabla 3-14 muestra la evolución de la tasa de generación de viajes a través de los años 1977, 1991 y 2001. Se puede obtener 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 3-14 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 en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

Considerando ahora sólo viajes motorizados, se observa en la Tabla 3-15 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 3-15 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 en base a EOD 1991 y 2001, SECTRA

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 aprecian 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 número de hogares como de 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 y al aumento de las tasas de motorización producen en conjunto condiciones que son desfavorables al sistema de transporte de la ciudad y por lo tanto inducen al crecimiento de la congestión vehicular.

3.3 Análisis de la situación histórica de la congestión

Para poder analizar cómo se han ido dando 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 ESTRAUS que van desde cortes temporales del año 1997 hasta el año 2010. Estas son:

- I “baseam97”
- I “baseam2001”

■ “plan4_ot3_am05”

■ “plan4_ot3_am10”

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

Para cada corrida se entrega la información de los proyectos que éstas consideran a fin de corroborar su validez para interpretar el año en cuestión, es decir, la oferta vial y de transporte existente.

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

Para terminar, se exponen resultados respecto de los niveles de congestión en la situación base de cada corte temporal.

Descripción de las redes (oferta) analizadas en cada escenario

En esta sección se comparan las redes ESTRAUS de los años 1997, 2001, 2005 y 2010 para el periodo punta mañana. Las diferencias están enfocadas desde el punto de vista de la topología de la red, los cambios en las características de las vías producto de la implementación de proyectos, y otras características operativas relevantes.

La primera comparación se realiza entre las redes 1997 y 2001, donde las siguientes diferencias aparecen:

- Mejoramiento y construcción de tres nuevos enlaces en Av. Américo Vespucio, sector norte en los cruces con las vías Recoleta, Independencia-Gral. San Martín y El Salto. Inicio del funcionamiento definitivo: 1er y 2do Trimestre 2002.
- Mejoramiento del eje Vicuña Mackenna, pavimentación de caleteras donde circula la locomoción colectiva y vehículos livianos, lo que permite un aumento de capacidad del eje aproximadamente en 2 pistas en ambos sentidos, para el tramo comprendido entre El Peñón y Walker Martínez. Inicio del funcionamiento: Año 2002.
- Línea 5: Tramos Santa Ana - Plaza de Armas, y Plaza de Armas - Bellas Artes. Inicio funcionamiento: Marzo 2000.
- Las líneas de buses de transporte público que incorpora la red del año 2001 y 1997 son las mismas, sin embargo estas difieren en sus frecuencias. Las tarifas son las mismas, pero se encuentran corregidas por un factor igual a 1,6816, que permite llevar los valores del año 1997 al 2001.
- Las líneas de taxi colectivo tampoco cambian, manteniéndose constantes las frecuencias, mientras que las tarifas también están corregidas por un factor igual a 1,3407 con el mismo propósito que los buses.

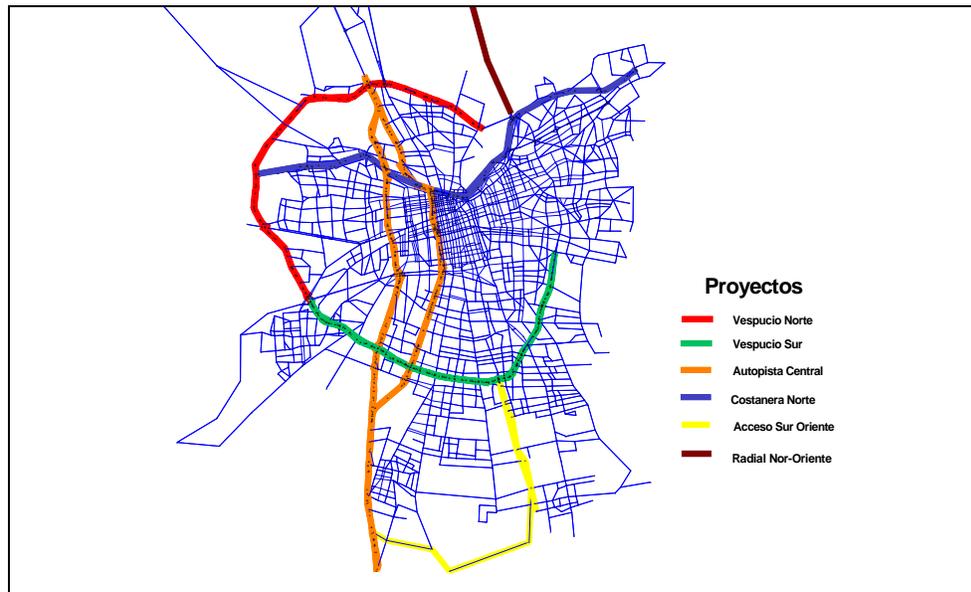
Luego, entre las redes 2005 y 2001 aparecen diferencias más importantes:

- Proyectos de Concesiones (ver Figura 3-13; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):
 - Américo Vespucio Norte (Entre Av. El Salto y Av. Pajaritos-Ruta 78)
 - Américo Vespucio Sur (Entre Av. Pajaritos-Ruta 78 y Rotonda Grecia)

- Autopista Central (Ruta 5 y Av. General Velásquez)
- Costanera Norte (Entre Américo Vespucio Norte altura Aeropuerto, Av. La Dehesa)
- Acceso Sur (Entre Autopista Central (San Bernardo) hasta Av. Américo Vespucio Sur Altura Av. La Serena)
- Radial Nor-Oriente

De éstas, al 2005 han entrado en funcionamiento parcial Costanera Norte, Autopista Central y Vespucio Norte y Sur. Acceso Sur y Radial Nororientado están en proceso de construcción y no se prevé su apertura dentro del 2005 (bastante más adelante para la Radial Nor Oriente)

FIGURA 3-13 CONCESIONES EN SANTIAGO



Fuente: Elaboración propia

Otros proyectos de la red vial estructurante que son relevantes en la red 2005 son:

- Conexión Arica - Blanco Encalada (túnel)
- Conexión Av. Suiza - Las Rejas
- Conexión Copiapó -San Eugenio

Ninguno de ellos aún terminados al 2005. También hay cambios en las capacidades de vías importantes y la categoría de ellas producto de los siguientes proyectos de mejoramiento:

- Corredor Santa Rosa
- Ensanche Av. Pdte. Riesco y Vía Reversible AM 7:00 a 12:00 de O-P
- Ensanche Av. Vicuña Mackenna
- Ensanche Av. Francisco Bilbao
- Mejoramiento Domingo Tocornal (P. Alto) entre Santa Rosa y Concha y Toro.

■ Mejoramiento calle Isidora Goyenechea

Además se ha incorporado una serie de arcos en la red de la zona norte (principalmente en las comunas de Colina, Quilicura, Lampa y Lo Barnechea).

En la red de metro se han incorporado las siguientes extensiones, las que se puede apreciar recién se terminaron el 2005.

- Línea 5: Tramos Santa Ana - R. Cumming y R. Cumming - Quinta Normal.
- Línea 2: Tramos Cal y Canto - Patronato, y Patronato - Cerro Blanco.
- Línea 2: Tramo Lo Ovalle - El Parrón y El Parrón - La Cisterna.
- Línea 4: Tobalaba - Puente Alto y 4ª.

La siguiente tabla presenta un resumen de los cambios en la oferta vial modelados entre las corridas 1997, 2001, 2005 y 2010.

TABLA 3-16 RESUMEN DE OFERTA VIAL EXISTENTE EN LAS REDES MODELADAS

Año	Proyectos metro	Proyecto Metrotren	Proyectos viales (concesiones)
1997	Línea 1, Línea 2, Línea 5		
2001	Línea 1, Línea 2, Línea 5 Extensión Línea 5: Tramos: Santa Ana - Plaza de Armas, y Plaza de Armas - Bellas Artes.		
2005	Línea 1, Línea 2, Línea 5 Línea 4 y 4ª Línea 5: Tramos Santa Ana - R. Cumming y R. Cumming - Quinta Normal. Extensión Línea 2: Tramos Cal y Canto - Patronato, y Patronato - Cerro Blanco. Extensión Línea 2: Tramo Lo Ovalle - El Parrón y El Parrón - La Cisterna.	Metrotren Santiago-Rancagua Metrotren Melipilla Metrotren Tiltit	Américo vespucio Norte Américo vespucio Sur Autopista Central Costanera Norte Acceso Sur Radial Nor-Oriente
2010	Línea 1, Línea 2, Línea 5 Línea 4 y 4ª	Metrotren Santiago-Rancagua Metrotren Melipilla Metrotren Tiltit	Américo vespucio Norte Américo vespucio Sur Autopista Central Costanera Norte Acceso Sur Radial Nor-Oriente

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar del cuadro anterior, que existen una serie de proyectos que no estuvieron en los plazos que se esperaba, por lo tanto probablemente desde el punto de vista de la oferta vial y de transporte, las modelaciones consideradas serían conservadoras en términos de la congestión.

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.

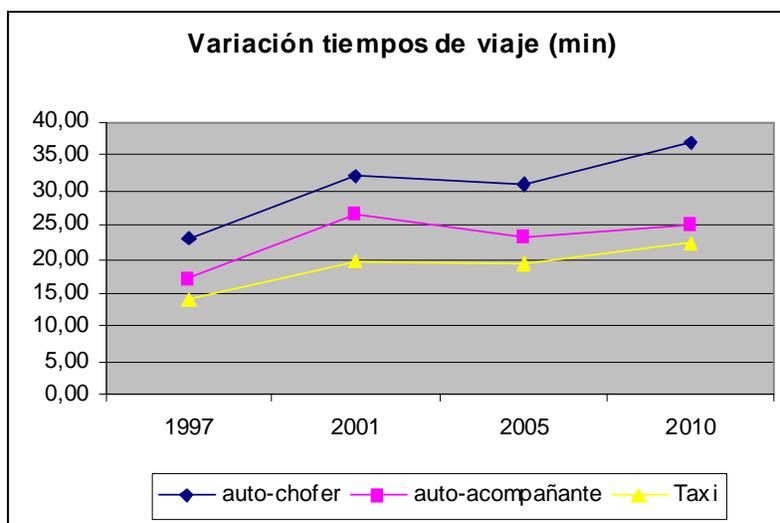
TABLA 3-17 INDICADOR DE TIEMPO DE VIAJE PROMEDIO PARA MODOS TRANSPORTE PRIVADO

Modo	Tiempo (minutos)			
	1997	2001	2005	2010
auto-chofer	22,93	31,91	30,81	36,92
auto-acompañante	17,13	26,42	23,25	25,18
Taxi	14,09	19,62	19,38	22,27

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. La Figura 3-14 muestra el mismo efecto.

FIGURA 3-14 TIEMPO DE VIAJE PROMEDIO PARA MODOS TRANSPORTE PRIVADO



Fuente: Elaboración propia

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 3-18 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

Luego, a nivel más agregado, se puede apreciar los efectos en la participación modal de cada corrida.

TABLA 3-19 PARTICIÓN MODAL DE LAS CORRIDAS 1997, 2001, 2005 Y 2010

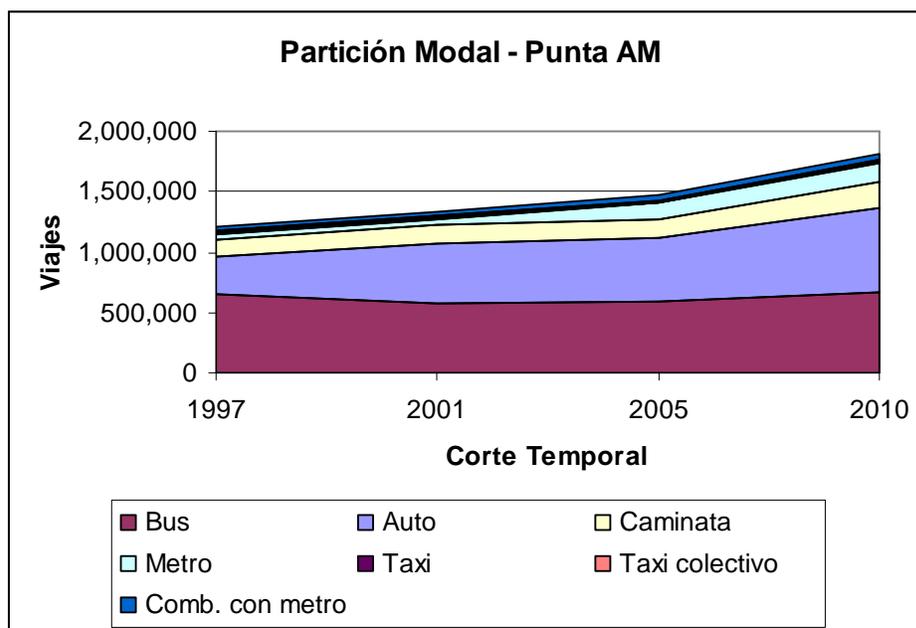
Modo	baseam97 (1997)		baseam2001 (2001)		plan4_ot3_am0 (2005)		plan4_ot3_am10 (2010)	
	Auto	315.530	26,12%	501.928	37,49%	530.909	36,13%	697.638
Bus	650.033	53,81%	574.188	42,89%	585.633	39,85%	666.714	36,70%
Caminata	135.810	11,24%	146.264	10,93%	147.658	10,05%	211.670	11,65%
Metro	50.675	4,19%	55.788	4,17%	143.571	9,77%	165.786	9,13%
Taxi	7.049	0,58%	5.982	0,45%	6.404	0,44%	7.199	0,40%
Taxi colectivo	16.133	1,34%	15.396	1,15%	15.213	1,04%	16.019	0,88%
Comb. Con	32.809	2,72%	39.253	2,93%	40.147	2,73%	51.731	2,85%
TOTAL	1.208.039	100%	1.338.799	100%	1.469.535	100%	1.816.757	100%

Fuente: Elaboración propia

Los mismos números se presentan gráficamente en la siguiente figura. En ella se aprecia claramente cómo aumenta la participación del automóvil, principalmente del 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 pierde en forma permanente participación.

FIGURA 3-15 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 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

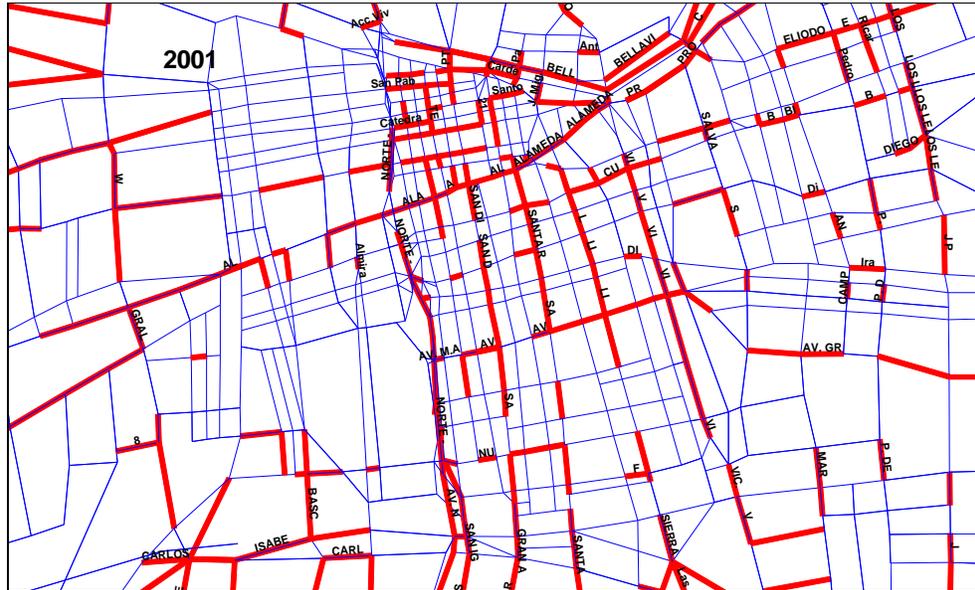
Una forma de estudiar la evolución de la congestión en el Gran Santiago, es a través de algún indicador de saturación de la red.

En el contexto de la tarifación 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 acá se ha realizado dicho análisis es a través de la medición del porcentaje de arcos saturados sobre la red sobre el total de arcos modelados. La ventaja de este indicador es que es independiente del número total de arcos que como se mencionó anteriormente cambia en el tiempo.

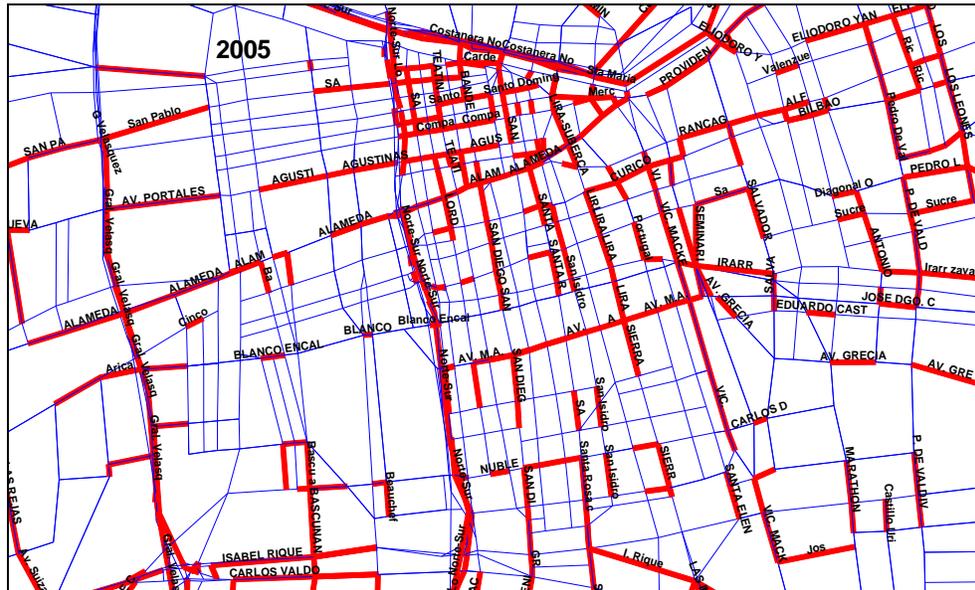
En la figura siguiente se muestra esta información para las cuatro simulaciones estudiadas.

FIGURA 3-18 ARCOS SATURADOS SIMULACIÓN AÑO 2001



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3-19 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.

De esta manera, un indicador útil es uno que entrega una medida del porcentaje de longitud saturada en la red, es decir:

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

Donde el numerador de la expresión anterior corresponde a la suma de la longitud de todos los arcos cuyo nivel de saturación (flujo equivalente/capacidad) 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 3-20 INDICADOR DE SATURACION PONDERADA POR LONGITUD: 1997, 2001, 2005 Y 2010

Base	Longitud total red	Longitud arcos sat > 90%	% de 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 ido aumentando 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 proyecciones del PIB y ventas de automóviles) y el decrecimiento de las tasas de natalidad, auguran un crecimiento más bien rápido de la tasa de motorización. Si a eso añadimos el constante crecimiento en las tasas de generación de viajes por hogar, nos lleva a 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 en la ciudad, lo que si se añade a la desaparición de restricciones de capacidad producto de las obras mismas, permite reducir la congestión en forma temporal.

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 el 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 la alternativa que se analizó con mayor detalle.

4.1 Tipos de esquemas

En primer lugar resulta necesario presentar esquemas clásicos de tarificación vial, aunque ello no debe ser una limitación necesariamente para restringir la posibilidad de generar esquemas mixtos posteriormente, a partir de cualquier combinación de éstos u otros esquemas.

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

- Esquemas en base a **áreas tarificadas**, en los cuáles se cobra por estar dentro del área, como es el caso de Londres.
- Esquemas en base a un **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.
- Esquemas en base a 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.
- 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 esquema. En la siguiente tabla se intenta resumir algunas de éstas, teniendo en cuenta aspectos tales como:

- 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.
- 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.

- 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 tarifación.
- 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 Tarifación Vial	Aproximación a Tarifa Óptima	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 congestionados	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 tarifación 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.

Variables explicativas ESTRAUS 2005 y 2010

Las variables explicativas 2005 y 2010 fueron obtenidas de proyecciones realizadas por CIS, en el estudio “Análisis y Seguimiento de Planes Estratégicos de ESTRAUS, V Etapa”.

La información sobre las variables explicativas proyectadas, estaba disponibles a nivel de la zonificación de la EOD 2001, donde se consideró un total de 561 zonas, incluyendo 4 zonas nuevas asociadas al Proyecto Portal Bicentenario y la población Buzeta al norte de la comuna de Cerrillos.

Por esta razón, fue necesario traspasar los valores a nivel de la zonificación ESTRAUS que para el año 2005 considera un total de 618 zonas internas. La transformación se realizó aplicando los factores de conversión presentes en los diccionarios existentes correspondientes.

Desarrollo de escenario de desarrollo urbano para Base 2007

Luego, el proceso consistió en definir el rango de crecimiento para cada variable de análisis y el valor que tendría en el 2007, dado los valores del 2005 y 2010.

Se adoptó como premisa básica la validación de los escenarios dados de SECTRA para los años 2005 y 2010, por lo que la pregunta consistió dentro de cada rango de crecimiento para cada variable de análisis cuanto corresponde al corte 2007.

Se buscó desarrollar una proyección que evitase llevar a cabo una proyección lineal con una tasa de crecimiento anual promedio en dicho periodo quinquenal, para lo cual se identificó las zonas con desarrollo más acelerado en el pasado para hacerlas crecer de forma más acelerada también a partir del año 2005.

Para ello se optó por conocer el dinamismo inmobiliario de cada una de las 618 Zonas ESTRAUS, buscando identificar las zonas que habían experimentado un fuerte proceso de cambio y/o renovación de su medio construido, manifiesto en el mayor número de permisos edificación, respecto a aquellas zonas en las cuales no se había dado mucha actividad respecto a su dinámica de cambio o transformación.

La premisa es que a mayor registro de permisos de edificaciones, mayor ritmo de crecimiento tanto de m² construidos, como de localización de nuevos hogares. Ello implica, que un mayor dinamismo inmobiliario reflejado en un fuerte proceso de cambio del medio construido, mediante estrategias de densificación, renovación, remodelación, relleno intersticial del stock de suelo existente, o simplemente crecimiento por extensión en zonas periféricas, conlleva un mayor ritmo de crecimiento de esa zona, respecto a anticipar en el siguiente periodo 2005 - 2007 una mayor participación de la diferencia de crecimiento del periodo 2005 - 2010, definido por los escenarios SECTRA.

Para ello se trabajó con la base de datos resultantes de los escenarios SECTRA, tanto de número de hogares, como de superficie construida por usos de suelo para el escenario base 2005, y para el escenario proyectado 2010, más específicamente con los siguientes campos:

- Hogares 2005 y 2010 clasificados por nivel de ingreso ESTRAUS y totales
- Usos de suelo 2005 y 2010:
 - Superficie construida: residencial, industrial, de comercio, de servicios, educacional y otros usos.
 - N° Matrículas de educación básica, media y educación superior.

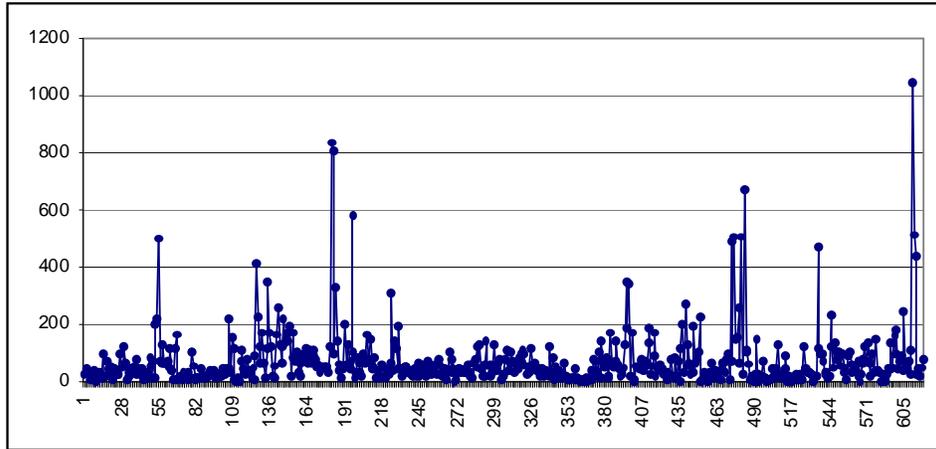
Luego, se realiza una clasificación dichos usos de acuerdo a las categorías INE, para los escenarios 2005, y 2010.

Se sistematiza una base de N° de permisos de edificación del periodo 1996- 2002 del INE, compuesta por 41.832 registro de inmuebles, cuya clasificación de usos corresponde a categorías INE. Dicha clasificación de actividades se asocian a las categorías de usos SECTRA dadas para el escenario 2005, y 2010.

Así, los permisos de edificación que individualizan los inmuebles por los distintos usos según bases de datos INE, se agregan por zonas ESTRAUS según su localización por el registro de direcciones y comunas. De esta forma la base de 41.832 registros de permisos edificación se sistematizan por zonas. Esto como era de esperar, presenta una importante dispersión de datos entre zonas.

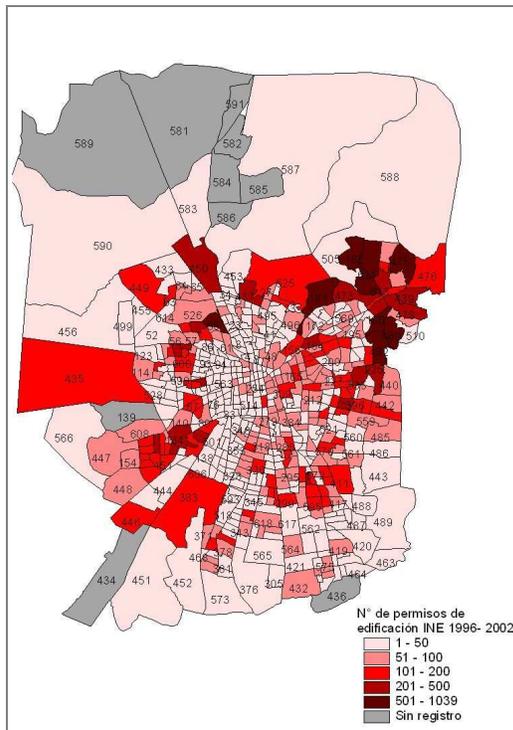
En el siguiente gráfico se visualiza el comportamiento de la distribución de los números de permisos de edificación, dentro de las cuales la zona que presenta mayor número de nuevas edificaciones es la Zona 611, con 1.039 permisos otorgados, y las zonas 181, y 182 con 1.638 permisos otorgados en conjunto.

FIGURA 4-2 NÚMERO DE PERMISOS DE EDIFICACIÓN – TODOS LOS USOS POR ZONA ESTRAUS



La distribución espacial se ilustra en los siguientes esquemas planimétricos, en los cuales se simbolizan las zonas ESTRAUS según el número de registros de edificación total asignados, indistintamente de su uso.

FIGURA 4-3 TOTAL DE PERMISOS DE EDIFICACIÓN Y RESIDENCIAL POR ZONAS ESTRAUS



A continuación se muestran las imágenes diferenciadas por uso según la distribución espacial de los permisos de edificación consultados.

FIGURA 4-4 TOTAL DE PERMISOS RESIDENCIAL Y SERVICIOS SEGÚN ZONAS ESTRAUS

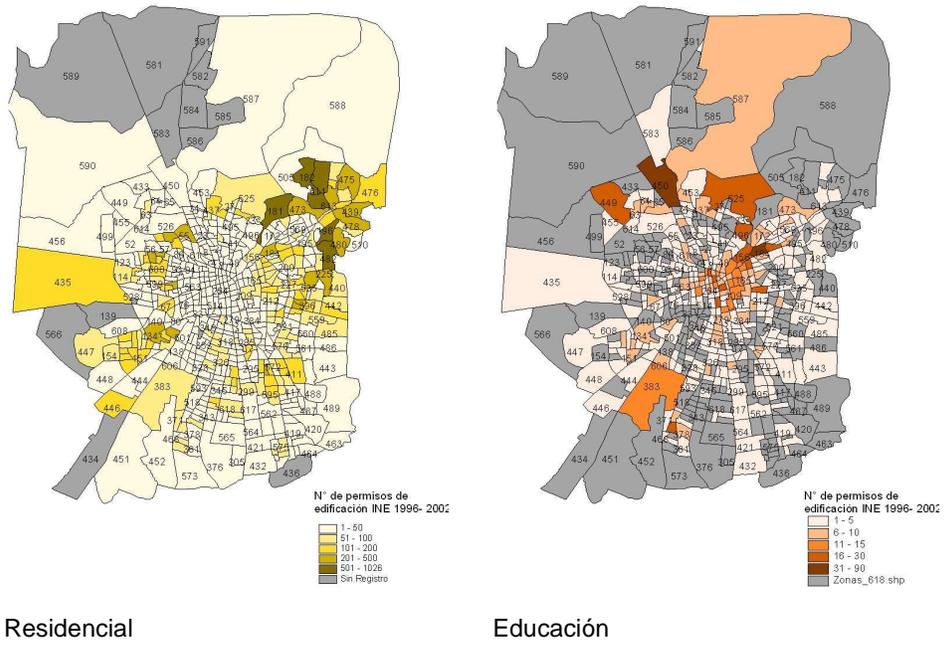
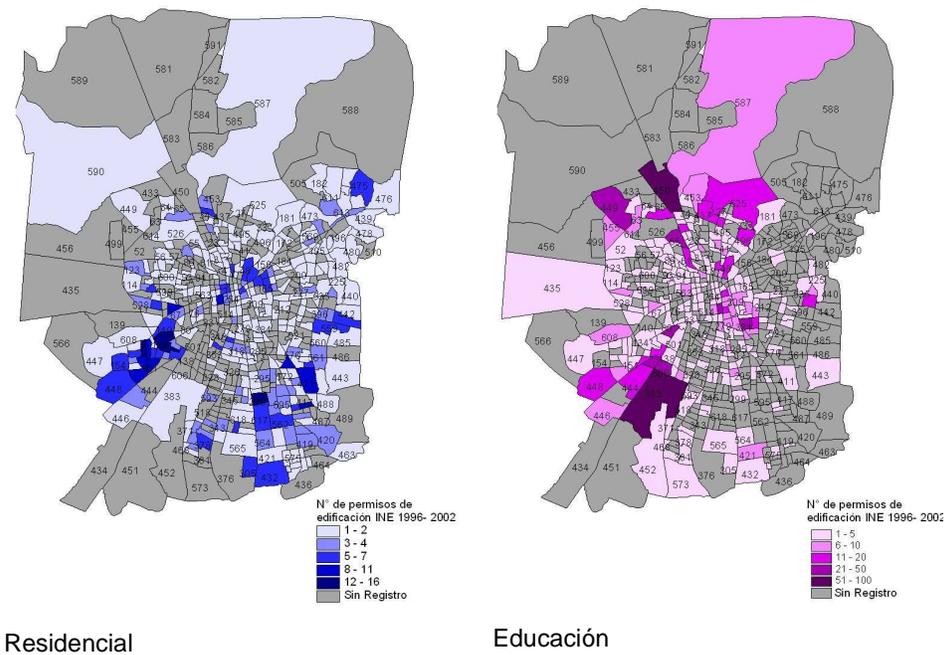


FIGURA 4-5 DISTRIBUCIÓN DE USOS EDUCACIONALES E INDUSTRIALES SEGÚN ZONAS ESTRAUS



A partir de la construcción de dicha base de datos del número de permisos por zonas ESTRAS para el período 1996-2002, se construye un índice de dinamismo inmobiliario por zona, diferenciado por uso.

Dicho Indicador, cuyo valor tiene un rango de 0 a 1, resulta del cálculo de 1 a 8 desviaciones estándares de cada valor, como medida de la dispersión respecto a la media o valor promedio del universo consultado.

De esta forma la asignación del índice corresponde a los siguientes parámetros de valor de la matriz de datos de todas las zonas por usos.

TABLA 4-1 ASIGNACIÓN DEL INDICE DE DINAMISMO

IND_DINAMISMO	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
SCON_RES ⁵³	96	193	289	385	578	674	770	866
SCON_IND	9	19	28	38	56	66	75	85
SCON_COM	7	13	20	27	40	47	53	60
SCON_SER	6	11	17	22	33	39	44	50
SCON_EDU	2	4	6	8	12	14	16	19
SCON_OTR	2	4	7	9	13	15	18	20

Dicho indicador por zona y por uso, es el múltiplo del diferencial de crecimiento de los escenarios SECTRA 2005-2010, entregando una noción en la proyección de cuánto es lo que se ha logrado materializar de dicho crecimiento al año 2007, respecto a lo estimado para el año 2010.

Ello nos permite considerar en la proyección al 2007 como ha sido el comportamiento de mercado inmobiliario de cada zona en el periodo anterior de la proyección.

Así, la interpolación se hizo considerando que las zonas que habían crecido con mayor dinamismo según uso, en el periodo 1996-2002 (en el cual se disponía de información), mantendrían dicho dinamismo entre los años 2005 y 2007, y por ende crecían a una tasa promedio mayor respecto al resto de las zonas, sin cambiar el crecimiento global esperado entre el 2005 y 2010.

Luego las variables explicativas 2007 son finalmente las variables de entrada para obtener la corrida base 2007.

Desarrollo de redes para escenario Base 2007

Las redes para la corrida base 2007 se basan en la corrida **base_ot4_am10_h** entregada por SECTRA para este estudio (corrida para el 2010).

Se realizaron algunos cambios, acordados con SECTRA, respecto de la codificación de proyectos no considerados en la corrida. Agregando o eliminando proyectos específicos.

A continuación se describen las redes en cuanto a infraestructura de transporte privado y público que han sido incluidas en la red 2007.

⁵³ SCON: Superficie construida según uso de suelo, donde RES: residencial, IND: industrial, COM: comercio, SER servicios, EDU: educacional, OTR: otros.

Infraestructura Vial

Se considera en las redes la siguiente infraestructura vial mayor:

- Costanera Norte
- Autopista Central
- Vespucio Norte Express
- Vespucio Sur
- Túnel Arica Blanco
- Desnivel Departamental/Santa Rosa
- Costanera Sur
- Puente El Abasto
- Desnivel Manquehue/Apoquindo
- Desnivel Pajaritos/Camino a Melipilla
- Conexión Suiza Departamental

Respecto a la infraestructura vial menor, se han incluido los siguientes ensanches:

- Lira: Entre Zanjón de la Aguada y Curicó, 3 pistas unidireccional
- Carmen: Entre Zanjón de la Aguada y Curicó, 3 pistas unidireccional
- Bascañan Guerrero: Entre Ramón Subercaseaux y Alameda, 3 pistas unidireccional.
- Santa Rosa: Entre Alameda y Placer, 3 pistas por sentido (funcionando como par con San Francisco).

Vías exclusivas (sólo bus)

Las vías exclusivas consideradas en el modelo corresponden a:

TABLA 4-2 VÍAS EXCLUSIVAS

Calle	Tramo
J.J. Pérez	Entre La Estrella y Norte Sur
Independencia	Entre Santos Dumont y David Arellano
San Pablo	Entre Serrano y Barros Arana
Mac-Iver	Entre Alameda y Río Mapocho
San Antonio	Entre Río Mapocho y Alameda
Bandera	Entre Tarapacá y General Mackenna
Santa Rosa	Entre Placer y Lo Ovalle

El horario de operación de éstas es en la hora punta mañana y punta tarde.

Corredores de Transporte Público

Los corredores de transporte público considerados y su funcionamiento son:

TABLA 4-3 CORREDORES DE TRANSPORTE PÚBLICO

Calle	Tramo	Características
Vicuña Mackenna	Entre Vespucio y Ángel Pimentel y San Carlos	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
Las Rejas - Jaime Guzmán	Entre Alameda y Autopista Central	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
Anillo Intermedio	Entre Alameda y PAC	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
Las Industrias	Entre Yungay y Zanjón de la Aguada	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
5 de Abril/Esquina Blanca	Entre Pajaritos y Camino a Melipilla	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
Pajaritos -Alberto Llonas	Entre 5 de Abril y Camino a Melipilla	Corredor de buses en ambos sentidos. En sentido NS dos pistas para transporte privados. En sentido SN ninguna; se van por Alberto Llonas.
PAC	Entre Esquina Blanca y Departamental	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
Grecia (Extensión)	Entre Dr. Johow y Vespucio	Corredor de buses y 3 pistas por sentido para transporte privado
	Entre Vespucio y Tobalaba	Corredor de buses y 2 pistas por sentido para transporte privado
Alameda	Entre Pío Nono y Las Rejas	Corredor de buses y dos pistas para transporte privado.
Grecia	Entre Salvador y Doctor Johow	Corredor de buses y tres pistas para transporte privado.
Irarrázaval	Entre Hamburgo y Portugal	Corredor de bus en sentido Oriente - Poniente de una o dos pistas según capacidad.
Pajaritos	Entre Las Rejas y Américo Vespucio	Corredor de bus con dos pistas para bus y dos para transporte privado.

Red de metro

Las líneas de METRO considerados en este escenario corresponden a las actuales, es decir, líneas 1, 2, 4, 4A y 5.

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 tarifificación.

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 equilibrio⁵⁴, de la corrida base sin tarifificación, 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, en base a los nuevos flujos de equilibrio que los costos de la corrida anterior determinaban.
- De esta forma, nos quedamos con los valores de la cuarta y tercera iteración para los períodos 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.
- 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).
- En base a 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 en la metodología se calcularon en base a las simulaciones base (AM y FP), y fueron también utilizados en el proceso de análisis y selección de sectores y arcos críticos.

⁵⁴ Es decir sin realizar una corrida donde se estimase los costos marginales óptimos a nivel de asignación.

A continuación se presentan los indicadores analizados para los procesos de selección de esquemas preliminares.

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 quedar propuestos para ser incluidos en los esquemas de tarifación.

Los indicadores estimados a 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 a nivel de arcos y a nivel de zonas. Estos últimos en general corresponden a agregación de datos a nivel de arcos.

Indicadores de arcos

La principal variable a considerar en este caso es la denominada *tarifa óptima* que internaliza los costos de la congestión. Para esta etapa se ha considerado una metodología preliminar de estimación, según lo indicado anteriormente.

Los costos marginales de la congestión, mencionados anteriormente, se estiman a partir de las curvas flujo-demora del modelo de asignación. La curva de costo marginal está dada por:

$$C_{mg}(q) = C_{me}(q) + C_{me}'(q) \cdot q$$

Donde:

$C_{mg}(q)$: Costo marginal

$C_{me}(q)$: Costo medio asociado al tiempo

$C_{me}'(q)$: Derivada del costo medio

q : Flujo

La derivada del costo medio corresponde a la derivada de la curva flujo-demora por el valor del tiempo. Si consideramos una curva flujo demora tipo, la fórmula de costo medio queda expresada como:

$$C_{me}(q) = VT \cdot T_o \cdot [1 + \alpha \cdot (q/C)^n]$$

Luego la derivada de esta curva sería:

$$C_{me}'(q) = VT \cdot T_o \cdot [n/C \cdot \alpha \cdot (q/C)^{n-1}]$$

Por lo cual el C_{mg} queda como:

$$C_{mg}(q) = VT \cdot T_o \cdot [1 + \alpha \cdot (q/C)^n] + VT \cdot T_o \cdot [n \cdot \alpha \cdot (q/C)^{n-1}]$$

Donde:

$C_{mg}(q)$: Costo marginal asociado al tiempo

- C_{me}(q) : Costo medio asociado al tiempo
- T₀ : Tiempo a flujo libre (min)
- VT : Valor del tiempo (\$/min)
- alfa, n : parámetros de la curva flujo-demora
- q : flujo (veq/hr)
- C : capacidad de la ruta (veq/hr)

Luego, la tarifa optima en cada arco será la diferencia entre C_{mg}(q) y C_{me}(q):

$$\text{Tarifa Optima (q)} = VT * T_0 * [n * \text{alfa} * (q/C)^n]$$

Luego, los cálculos de *tarifas optimas*, definidas como la diferencia entre el costo marginal y el costo medio se llevan a cabo a partir de los cálculos antes mencionados.

Para el análisis de este indicador, se graficaron los valores de tarifa optima por kilómetro para cada arco de la red. Las figuras siguientes presentan este indicador a nivel de arco, en donde se puede identificar aquellas vías que presentan mayores niveles de externalidad de la congestión (en colores más fuertes) para los periodos considerados.

FIGURA 4-6 TARIFA ÓPTIMA POR KM - PERIODO AM 2007

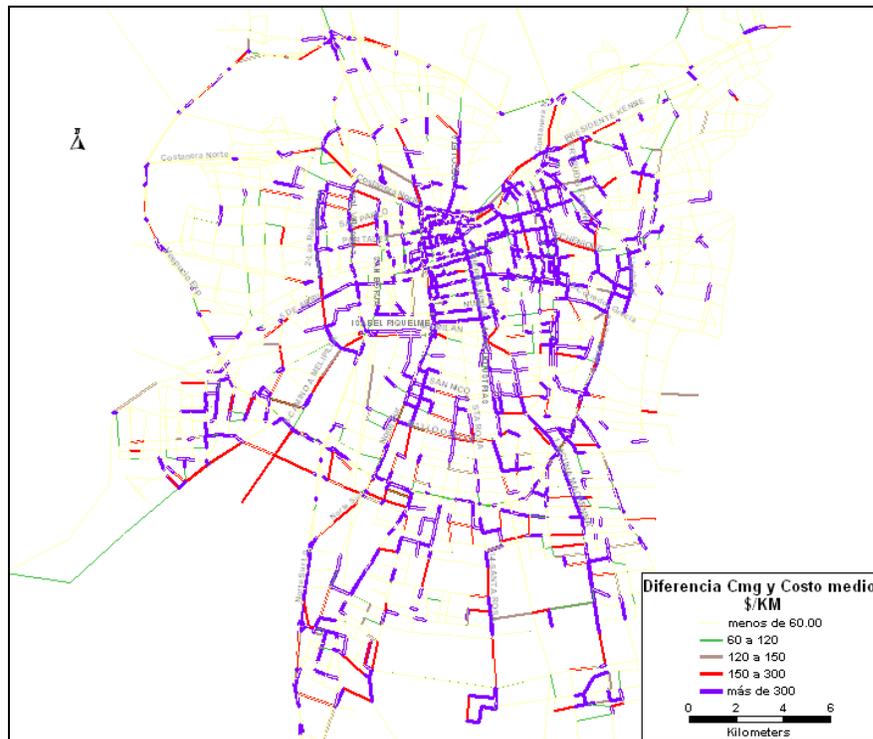
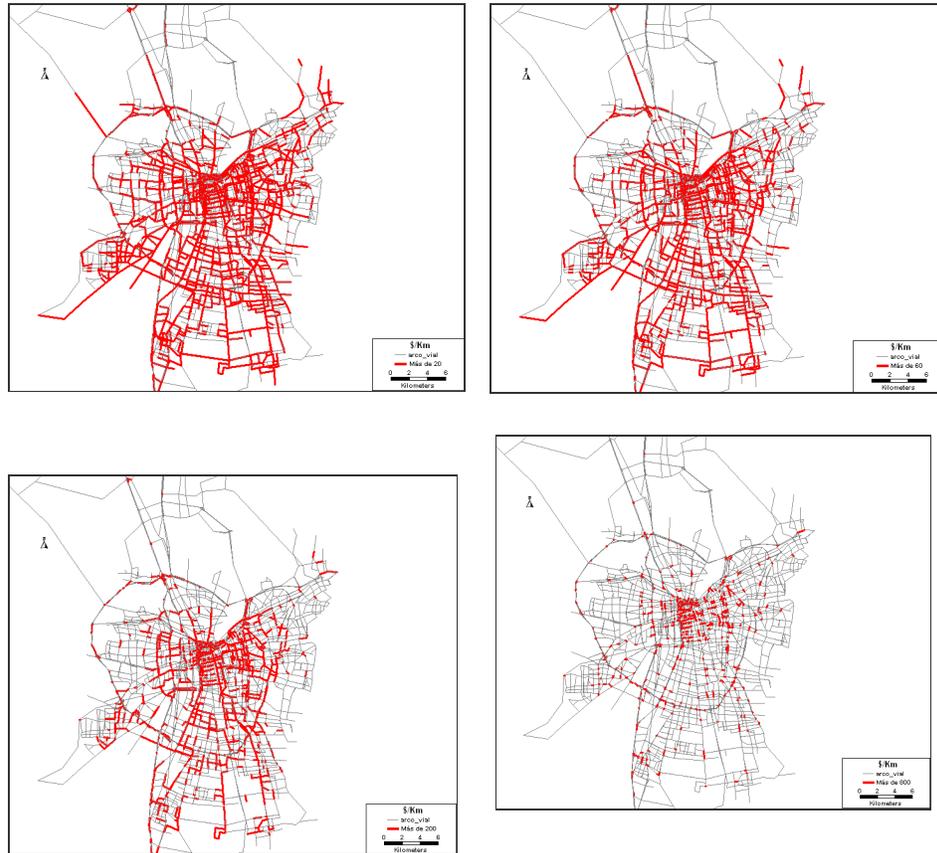


FIGURA 4-8 COMPARACIÓN DE NIVELES DE TARIFA ÓPTIMA PARA DEFINIR ÁREAS CRÍTICAS – AM 2007



Se puede apreciar 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**. Este se calculará para cada arco de la red vial, como la razón entre el flujo asignado y la capacidad del arco, expresado en porcentaje.

$$S_i = 100 * \frac{F_{o_i}}{C_i}$$

Donde:

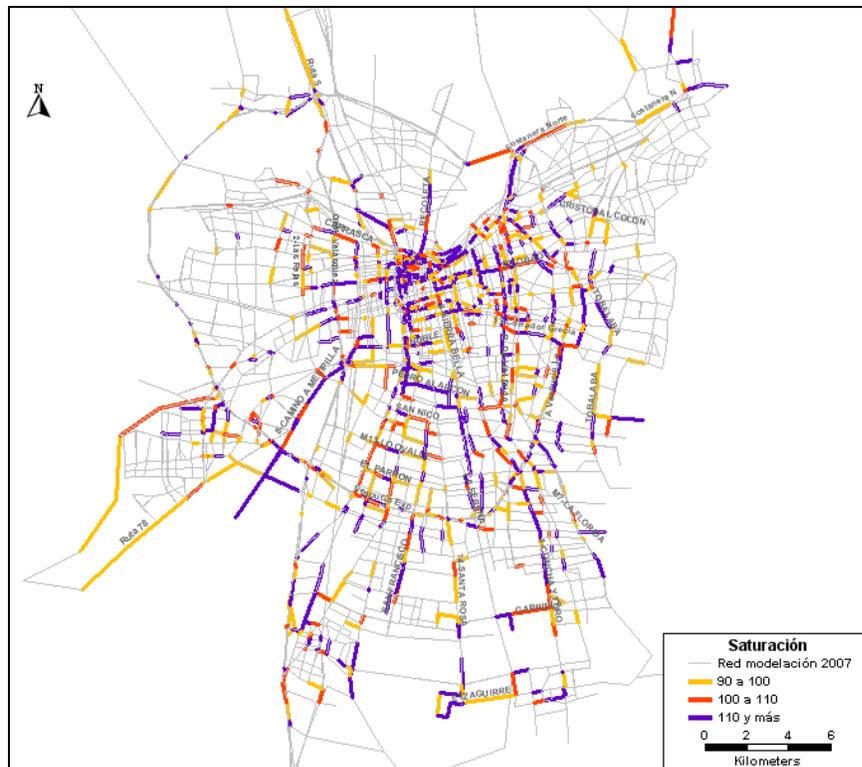
- S_i : Saturación (%) en el arco “i” (%)
- F_{o_i} : Flujo en el arco “i” (veq/hr)
- C_i : Capacidad en el arco “i” (veq/hr)

Un umbral tradicionalmente utilizado para definir niveles importantes de congestión en estudios de tráfico, es cuándo los arcos llegan a un 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%⁵⁵, 100-110% y superior a 110%, tanto para el periodo Punta Mañana como para el período Fuera de Punta.

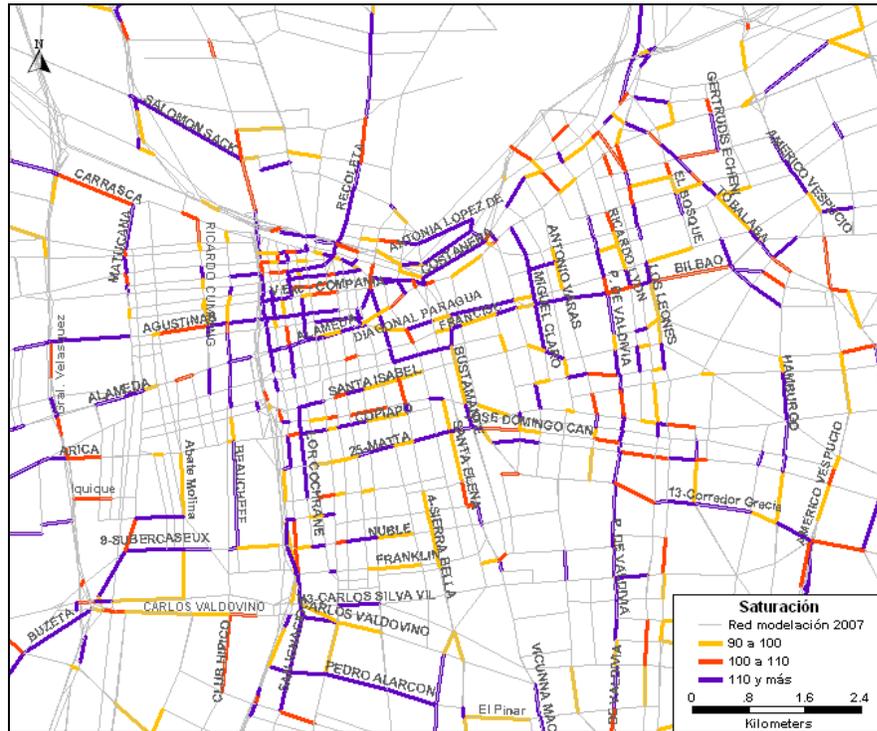
Se aprecia en esta figura que además del núcleo central, existen una serie de ejes dispersos en la ciudad donde la saturación es importante. La periferia en general se aprecia más descongestionada, salvo algunos ejes radiales, especialmente en sentido sur-centro y sur-norte.

FIGURA 4-9 ARCOS CON SATURACIÓN MAYOR AL 90% - AM 2007



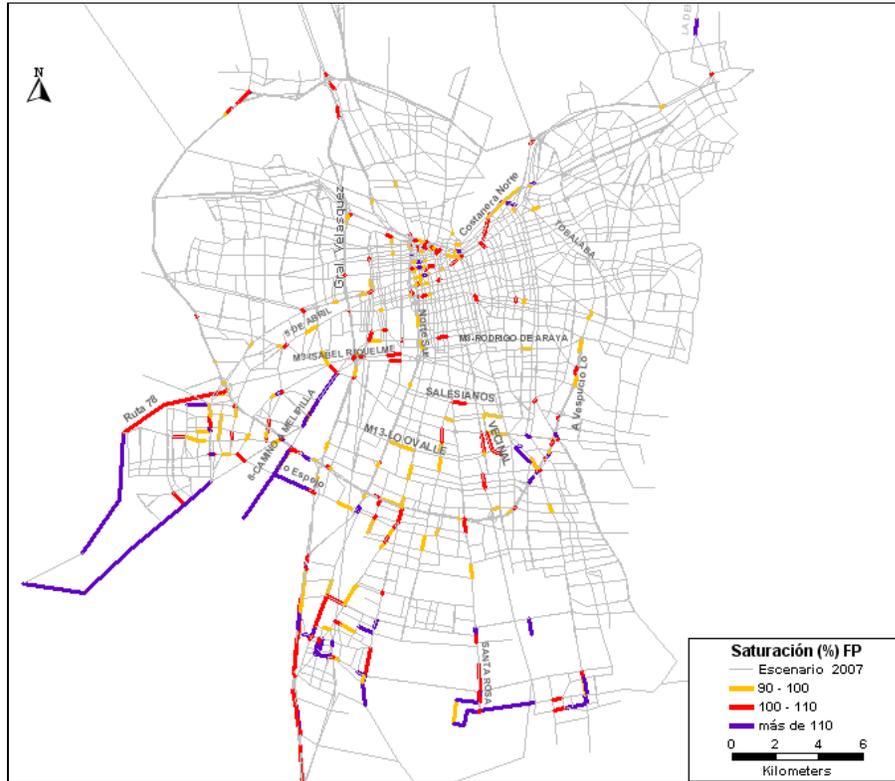
⁵⁵ 90% es el límite normalmente utilizado para definir que un arco está saturado.

FIGURA 4-10 ZOOM DEL SECTOR CÉNTRICO DE LA CIUDAD, INDICADOR DE SATURACIÓN - AM 2007



En la siguiente figura se muestran los mismos niveles para el período Fuera de Punta, donde se observa una notoria disminución de la congestión, la cual sólo persiste en puntos específicos de la ciudad.

FIGURA 4-11 ARCOS CON SATURACIÓN MAYOR AL 90% - FP 2007



Otro indicador asociado a la congestión es la **variación del tiempo de viaje en operación respecto del tiempo a flujo libre**, que representa cómo aumenta el tiempo de viaje respecto de las condiciones sin congestión. Este indicador se calcula en cada arco como un porcentaje que representa la diferencia entre tiempo de viaje de operación y el tiempo de viaje a flujo libre⁵⁶, dividido por el tiempo a flujo libre, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$PT_i = 100 * \frac{Tvo_i - Tvfl_i}{Tvfl_i}$$

Donde:

PT_i : Variación del tiempo de viaje respecto del tiempo a flujo libre (%) en arco “i”

Tvo_i : Tiempo de viaje de operación (min) en arco “i”

$Tvfl_i$: Tiempo de viaje a flujo libre (min) en arco “i”

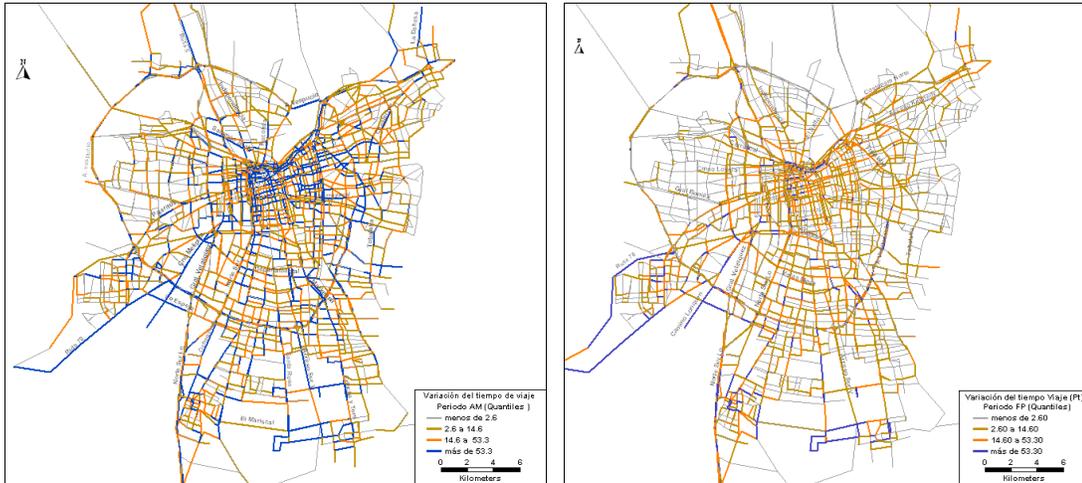
Mientras mayor es el indicador, indica mayor variación respecto del tiempo de flujo libre, y por ende mayor congestión.

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

⁵⁶ Este se podría considerar el tiempo en el que un vehículo viaja sin la interferencia de otros vehículos en la red, por ejemplo el que se mediría de noche en las vías de una ciudad.

de viaje respecto al tiempo a flujo libre⁵⁷. 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 4-12 VARIACIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE DE OPERACIÓN Y TIEMPO A FLUJO LIBRE. PERIODO AM Y FP 2007



A nivel de arcos, otra información que es importante analizar, más allá de su relación con el costo marginal de congestión, es analizar directamente los flujos vehiculares en arcos.

La Figura 4-13 presenta el flujo en la red (veq-hora) para el periodo punta mañana y el fuera de punta, apreciándose la descarga que se produce en este último periodo respecto de la unta mañana, especialmente en los sectores centro-sur y centro-oriente.

FIGURA 4-13 FLUJO EN LA RED - PERIODOS AM Y FP 2007

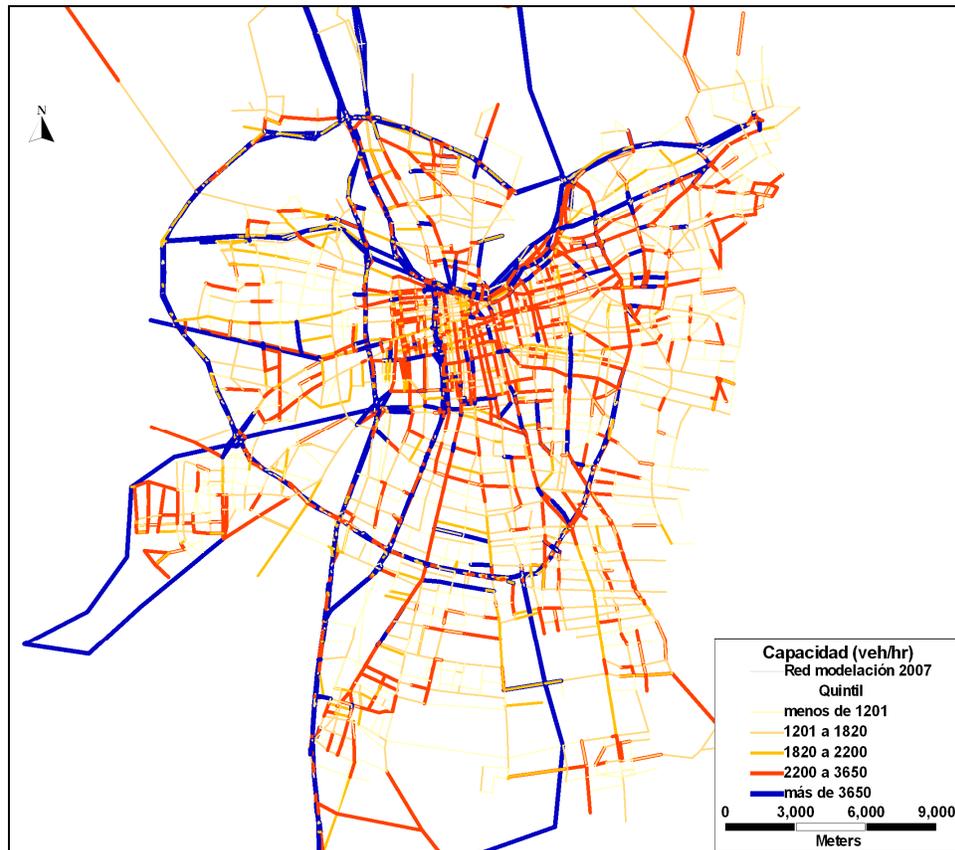


⁵⁷ El tiempo a flujo libre podría ser entendido fácilmente por ejemplo como el tiempo de viaje en la madrugada, donde existe la interacción de semáforos y del diseño vial, pero no de otros vehículos.

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

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.

FIGURA 4-14 CAPACIDAD EN LOS ARCOS (VEQ/ HR)

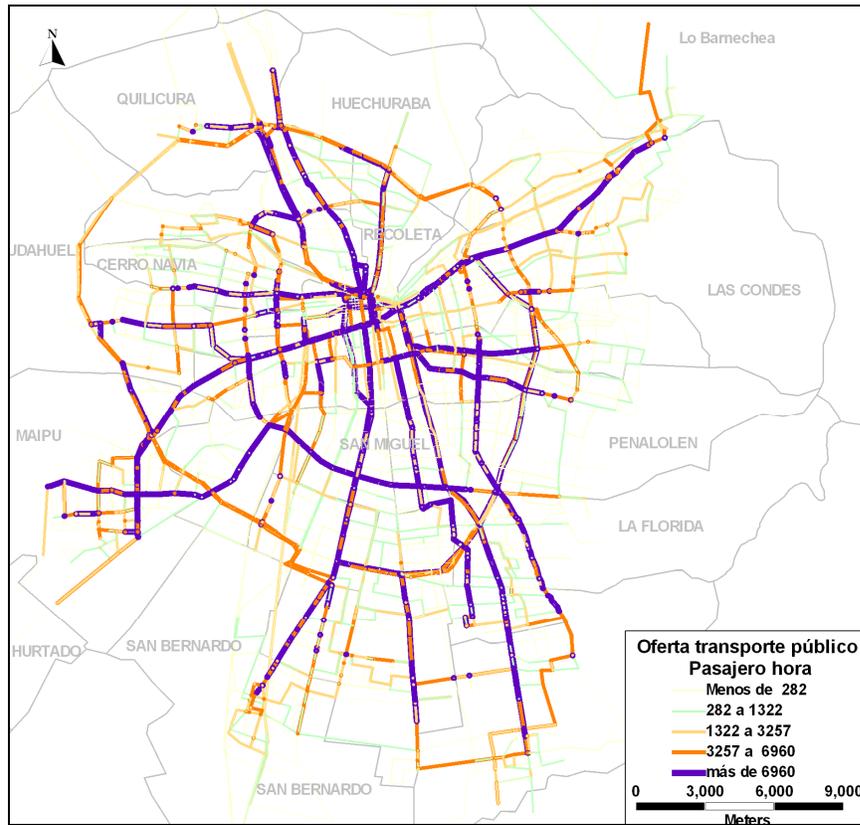


Para analizar la disponibilidad/oferta de transporte público a nivel de ejes (arcos) se ha utilizado directamente los antecedentes de pasajeros hora que pueden transportar los modos buses, metro y taxi-colectivo, obtenida del modelo.

Este antecedente por sí solo no permite realizar mayores análisis, pues más relevante serán los análisis de transferencia modal, una vez modelado cualquier esquema de tarifación..

Las figuras siguientes muestran la oferta de transporte publico para los periodos considerados (utilizándose los mismos rangos para efectos de comparación), dejando en claro la disminución de la oferta en el periodo fuera de punta, considerada en el modelo al 2007.

FIGURA 4-15 OFERTA TRANSPORTE PUBLICO (PAX/ HR) - AM 2007

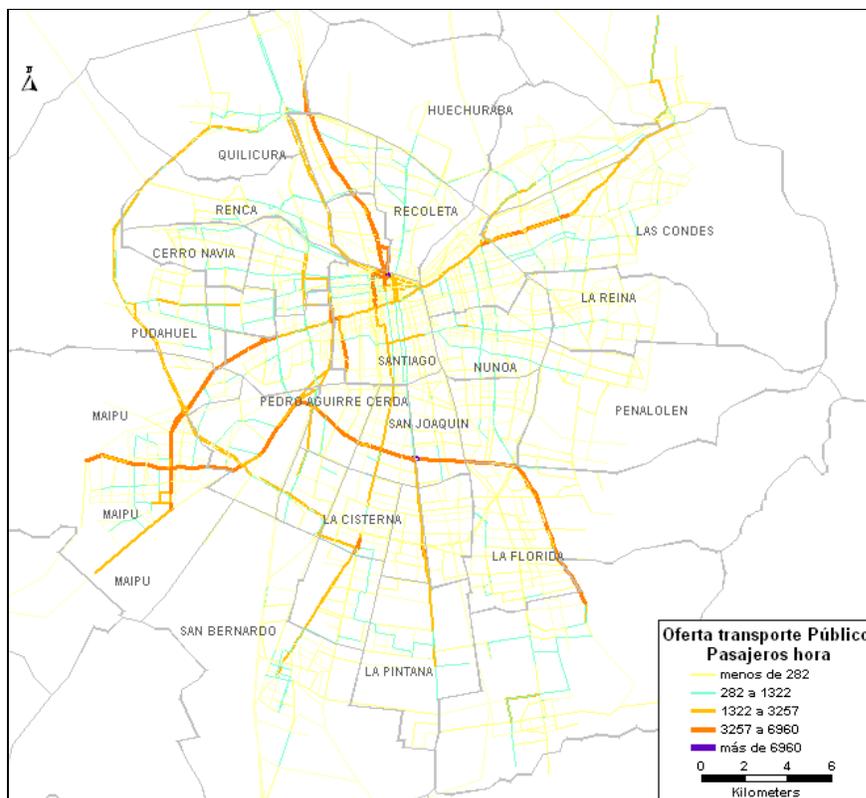


También se pueden apreciar los corredores de alta capacidad, donde destacan entre otros:

- La Florida, Macul, Vicuña Mackenna, Sierra Bella
- Eje Alameda - Providencia - Apoquindo - Las Condes
- Bilbao - Irarrazaval
- Tobalaba
- Departamental
- Pajaritos - 5 de Abril
- Neptuno - San Pablo
- Carrascal
- Recoleta - Independencia
- Vespucio (sector Suroriental)
- Norte - Sur (caleteras)

En el periodo Fuera de Punta cae notablemente la oferta destacando en este caso Departamental, algunos ejes en Maipú e Independencia y Las Condes. Es importante recordar que esta modelación considera el año 2007.

FIGURA 4-16 OFERTA TRANSPORTE PÚBLICO (PAX/ HR) - FP 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 períodos para facilitar la comparación.

A continuación se presentan gráficamente estos indicadores, los cuales nos entregan una visión general de la congestión para la ciudad de Santiago.

En primer lugar la **recaudación de tarifas óptima**, generada de la multiplicación de los flujos por las *tarifas óptimas* en cada arco y agregadas a nivel de zona. La fórmula para el total de las tarifas por zona estará dado por:

$$Tops_j = \sum_i (Cmg - Cme)_i * Fo_i \quad \forall i \in j$$

Donde:

$Tops_j$: Suma de tarifas óptimas por flujo en la zona “j”

Cmg : Costos Marginal en el arco “i”, tiempos llevados a valor monetario con el Valor de Equidad del Tiempo de viaje (\$)

Cme : Costos Medios en el arco “i”, tiempos llevados a valor monetario con el Valor de Equidad del Tiempo de viaje (\$)

Fo_i : Flujo en el arco “i” (veq/hr)

Los resultados de esta agregación, muestran concentraciones importantes de tarifas óptimas (que deben entenderse por costo marginal poderado y agregado) en las comunas de Ñuñoa, Providencia y Santiago.

FIGURA 4-17 SUMA DE TARIFA ÓPTIMA PONDERADA POR FLUJO - AM 2007

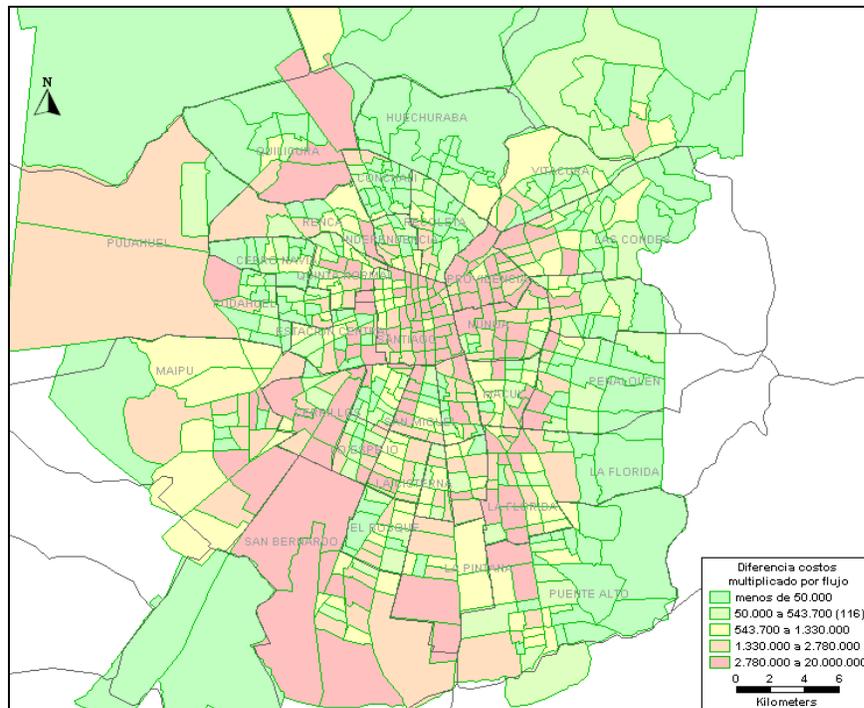
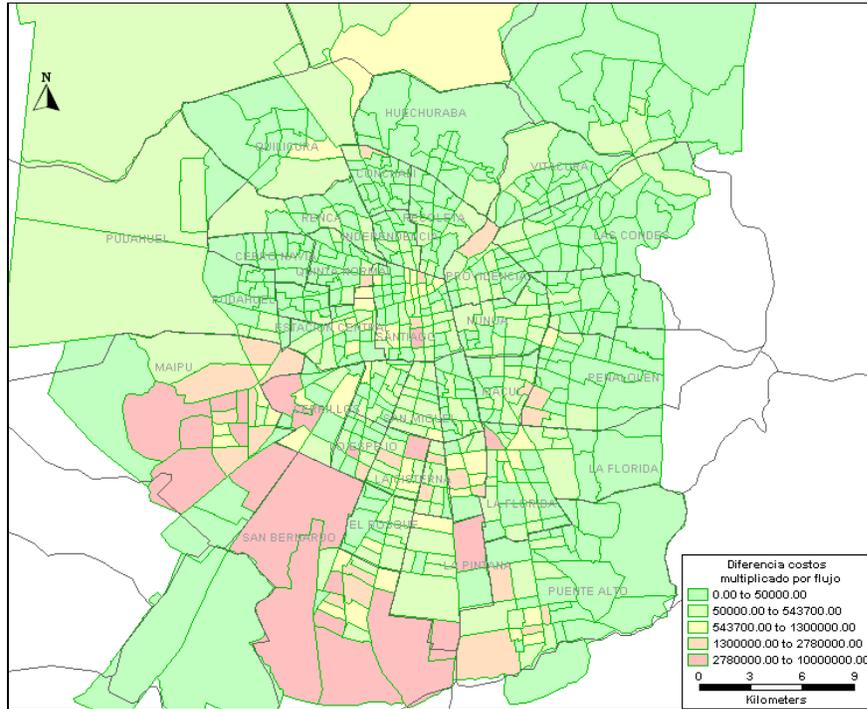


FIGURA 4-18 SUMA DE TARIFA ÓPTIMA PONDERADA POR FLUJO - FP 2007



Algunos sectores en los bordes más externos de la red se aprecian con altos niveles de concentración de tarifas óptimas (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 indica donde hay más congestión, señala donde dicha congestión tiene mayor peso específico (en términos del flujo que afecta).

El indicador de la congestión **grado de saturación** llevado a zonas, se calcula un promedio ponderado por los flujos cada arco que pertenece a la zona, según la siguiente función.

$$Sp_j = \frac{\sum_i S_i * Fo_i}{\sum_i Fo_i} \quad \forall i \in j$$

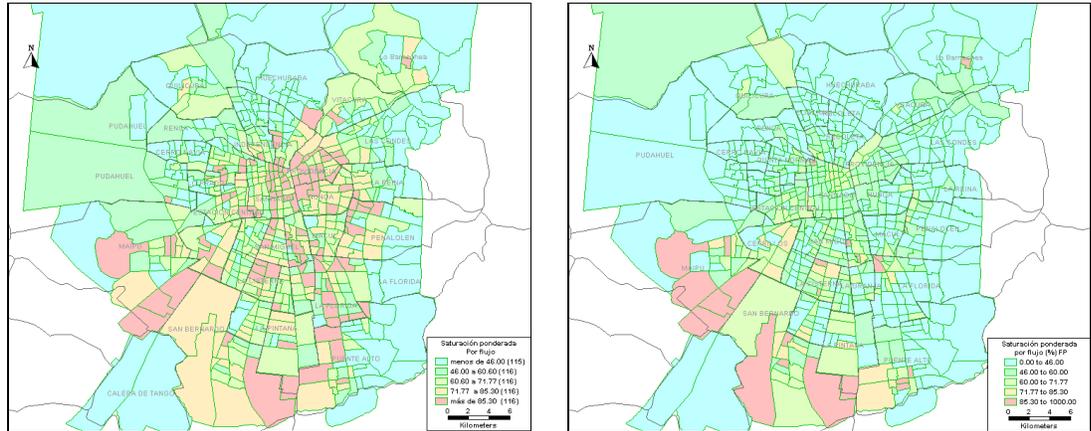
Donde:

- Sp_j : Saturación promedio (%) en la zona “j”.
- S_i : Saturación (%) en el arco “i”
- Fo_i : Flujo de equilibrio en el arco “i”

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.

Para el periodo Fuera de Punta (FP) se ve una clara disminución de la saturación, aunque persisten algunos sectores congestionados en los extremos de la red, que como se señaló anteriormente pueden deberse más bien a factores asociados a la densidad de la red por zona que a un efecto generalizado.

FIGURA 4-19 GRADO DE SATURACIÓN PONDERADO - PERIODO AM Y FP 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.

$$PTpf_j = \frac{\sum_i PT_i * Fo_i}{\sum_i Fo_i} \forall i \in j$$

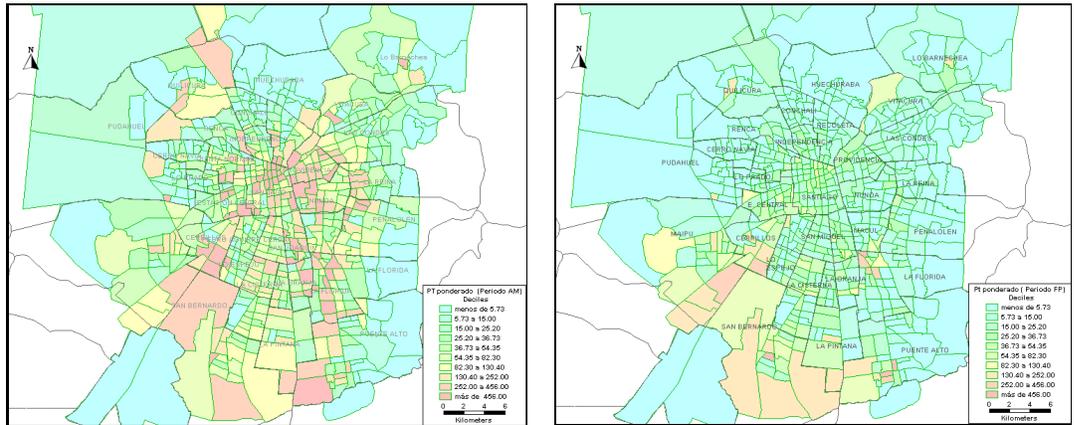
Donde:

- PTpf_j : Variación del tiempo de viaje respecto del tiempo a flujo libre (%) ponderado por los flujos de equilibrio, para la zona “j”.
- PT_i : Variación del tiempo de viaje respecto del tiempo a flujo libre (%) en el arco “i”. Es decir corresponde a la diferencia entre tiempo a flujo libre y tiempo a velocidad de operación (equilibrio)
- Fo_i : Flujo de equilibrio en el arco “i”

A veces, se multiplica el tiempo de exceso (tiempo de viaje real menos tiempo de viaje en flujo libre) por el valor del tiempo promedio, para así obtener los costos (monetarios) que se podrían asociar a la congestión en cada zona. Esto es, por cierto, una exageración ya que no es razonable esperar que una ciudad opere siempre en condiciones de flujo libre.

A continuación, las figuras despliegan el indicador PTpf_j para los periodos considerados. Nuevamente, consistente con lo que ocurre con la saturación.

FIGURA 4-20 VARIACIÓN DEL TIEMPO RESPECTO DEL TIEMPO A FLUJO LIBRE. PERIODO AM Y FP 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.

$$DDa_j = \frac{Dach_j}{A_j}$$

Donde:

DDa_j : Densidad de la demanda auto-chofer atraída (veh/hr/km²).

$Dach_j$: Demanda auto-chofer atraída en la zona “j” (veh/hr)

A_j : Área de la zona “j” (km²)

Las siguientes figuras presentan este indicador de densidad de demanda atraída en los periodos de Punta Mañana y Fuera de Punta. Donde se aprecia claramente en que la mayor atracción de viajes se produce en las comunas de Santiago, Providencia, Ñuñoa y Las Condes, en mabos periodos (AM y FP).

En la Punta Mañana además se observa que 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 4-21 DENSIDAD DE DEMANDA ATRAÍDA (A-CH) - AM 2007

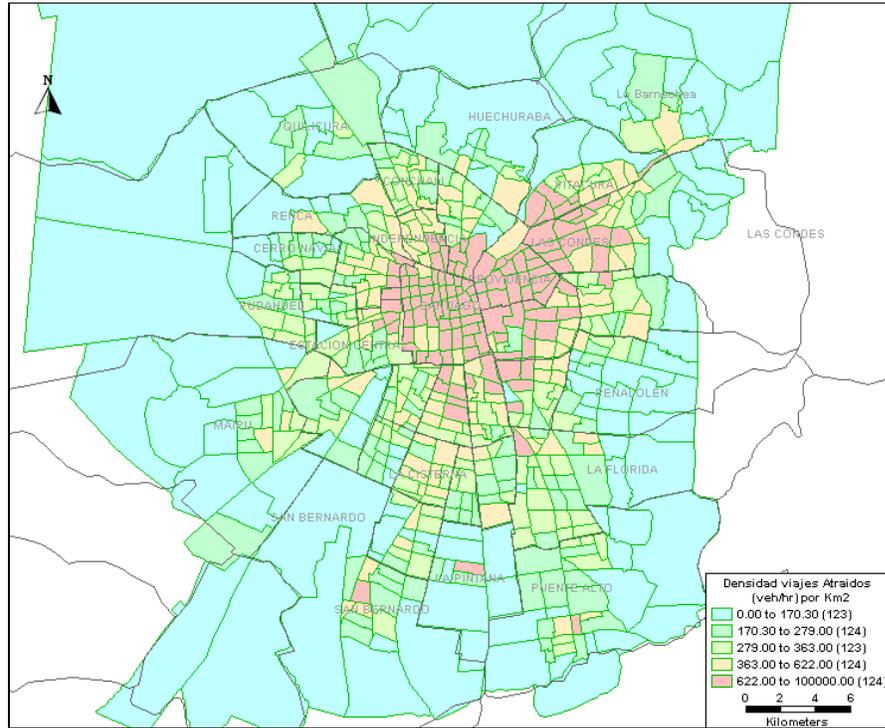
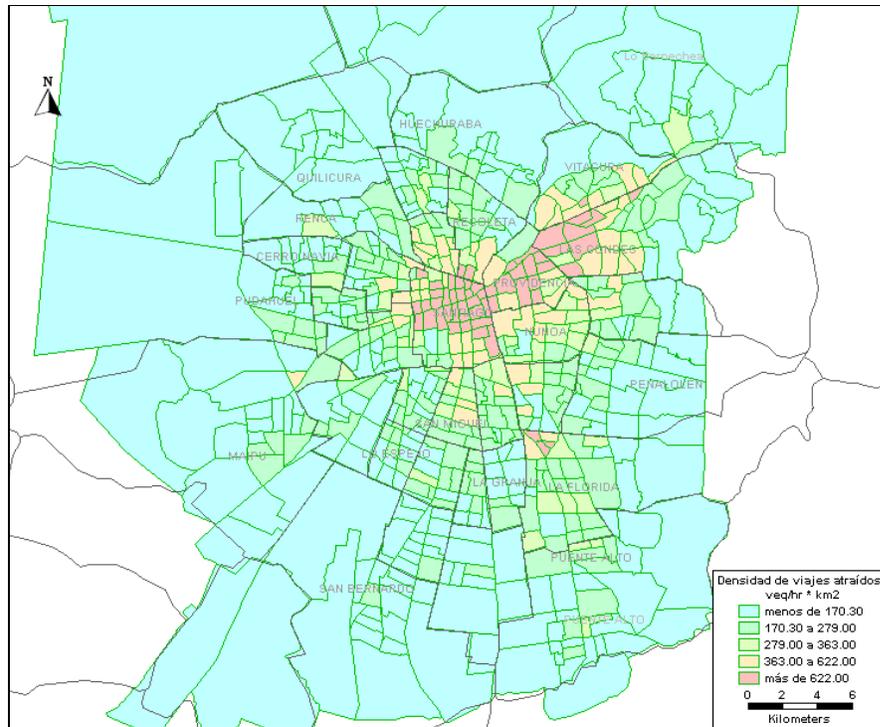


FIGURA 4-22 DENSIDAD DE DEMANDA ATRAÍDA (A-CH) - FP 2007



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.

$$DVm_j = \frac{\sum d_i}{A_j} \quad \forall i \in j$$

Donde:

DVm_j : Densidad Vial modelada para la zona “j” (km/km²).

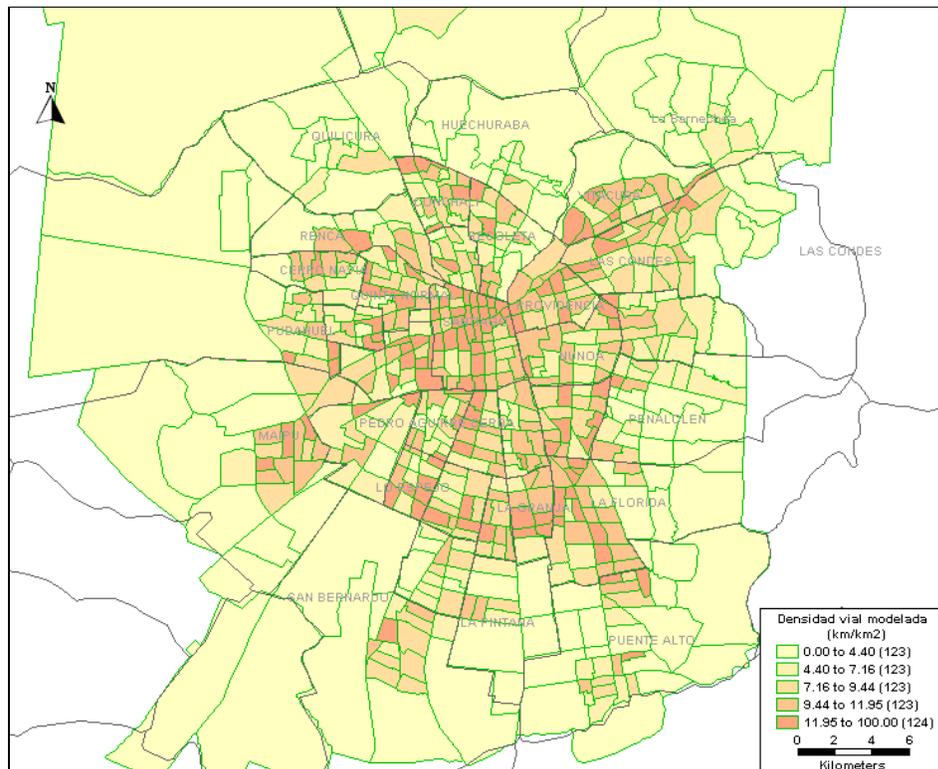
d_i : Distancia de arcos “i” de la zona “j” (km)

A_j : Área de la zona “j”

Como se aprecia en la siguiente figura, este valor está de alguna forma relacionada 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 4-23 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 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.

$$OTP_j = \frac{\sum_i OTP_i}{\sum_k i_k} \forall i \in j$$

Donde:

- OTP_j : Oferta de transporte público en la zona “j”.
- OTP_i : Oferta de transporte público en el arco “i” (pax-hr)
- i_k : Contador de arcos con transporte público “i”

Las siguientes dos figuras presentan este indicador, expresado en pasajeros por hora, para los periodos Punta Mañana y Fuera de Punta. Se observa que la concentración de la oferta se distribuye en forma similar en ambos periodos (en términos de patrones espaciales a lo largo de ejes como Alameda-Providencia-Apoquindo), con valores menores en el Fuera de Punta como sería esperable.

FIGURA 4-24 OFERTA DE TRANSPORTE PUBLICO - AM 2007

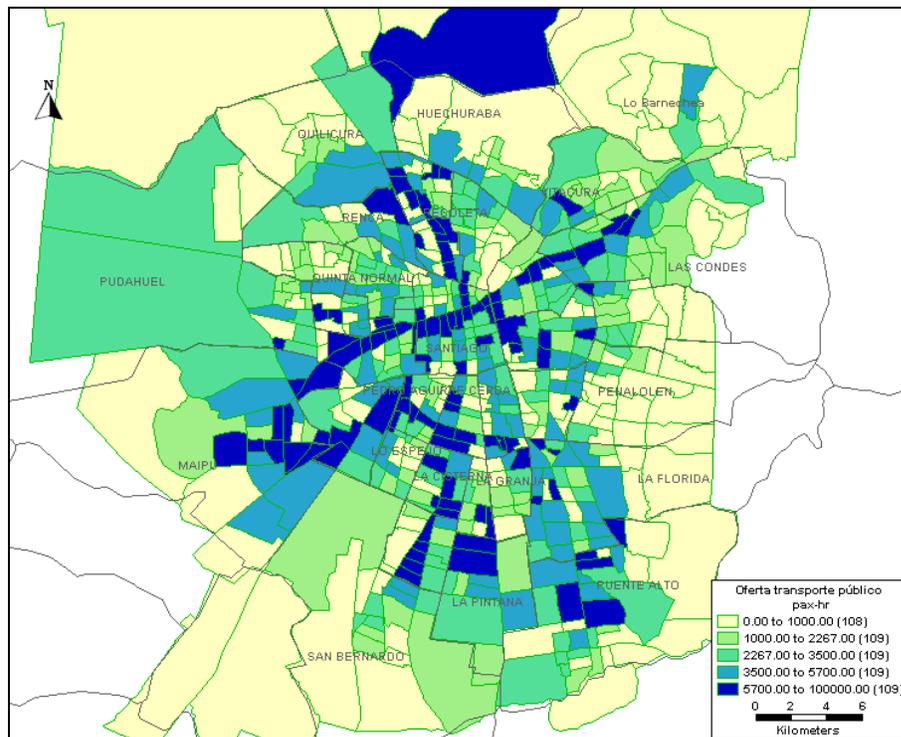
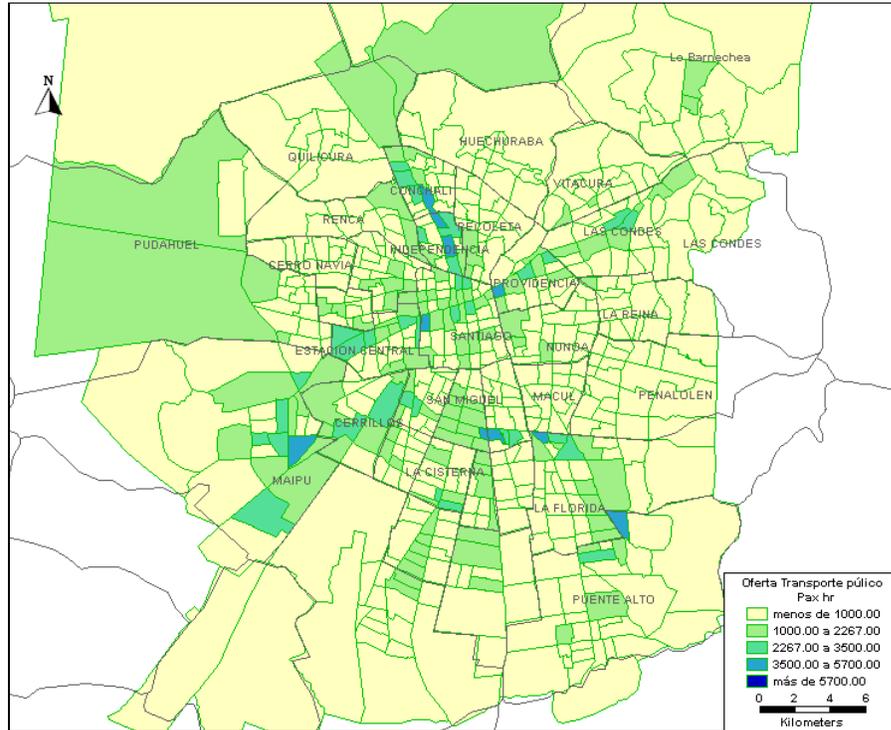


FIGURA 4-25 OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO – FP 2007



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.

$$AccTP_j = \frac{\sum_k \sum_j CG_{jk} * T_{jk}}{\sum_k T_{jk}}$$

Donde:

AccTPj : Accesibilidad de Transporte Público en la zona “j” .

CG_{ik} : Costo generalizado de para acceder a la zona “j” desde “k”

T_{jk} : Viajes atraídos a la zona “j” desde “k”

Este indicador, mientras mayor es, debiera ser menor la accesibilidad de cada zona pues tiene mayor costo promedio acceder a esta. Lamentablemente, al no incorporar el motivo del viaje el indicador pasa a ser menos relevante, pues la decisión de viajar tiene como elemento importante el porqué se realiza este viaje a una zona específica (más allá del costo de llegare a ella). Se presentan a continuación los indicadores estimados.

FIGURA 4-26 ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO - AM 2007

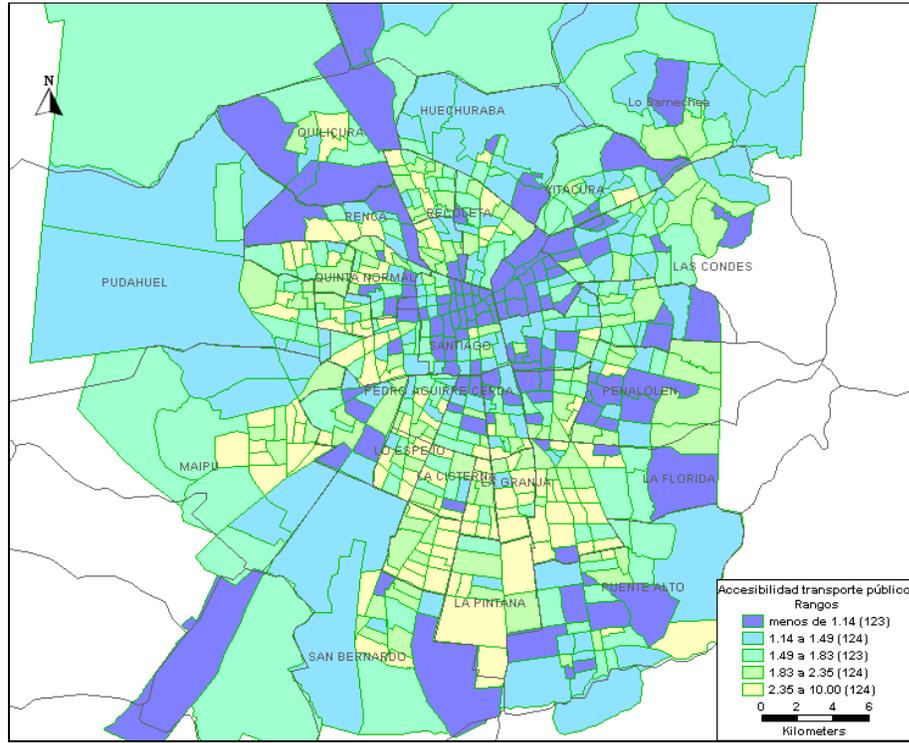
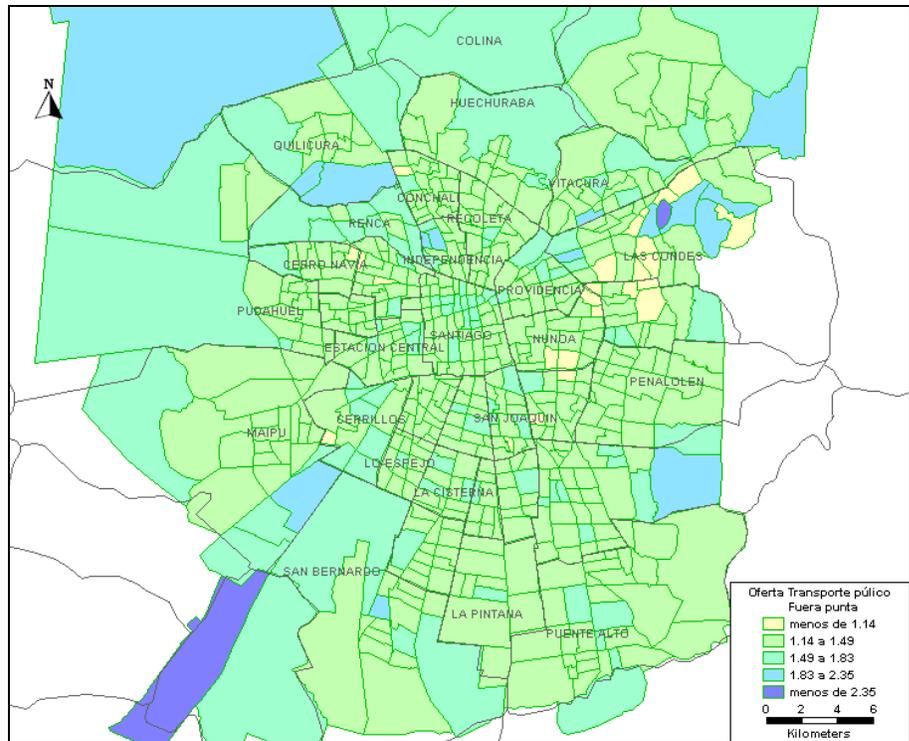


FIGURA 4-27 ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO - FP 2007



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**.

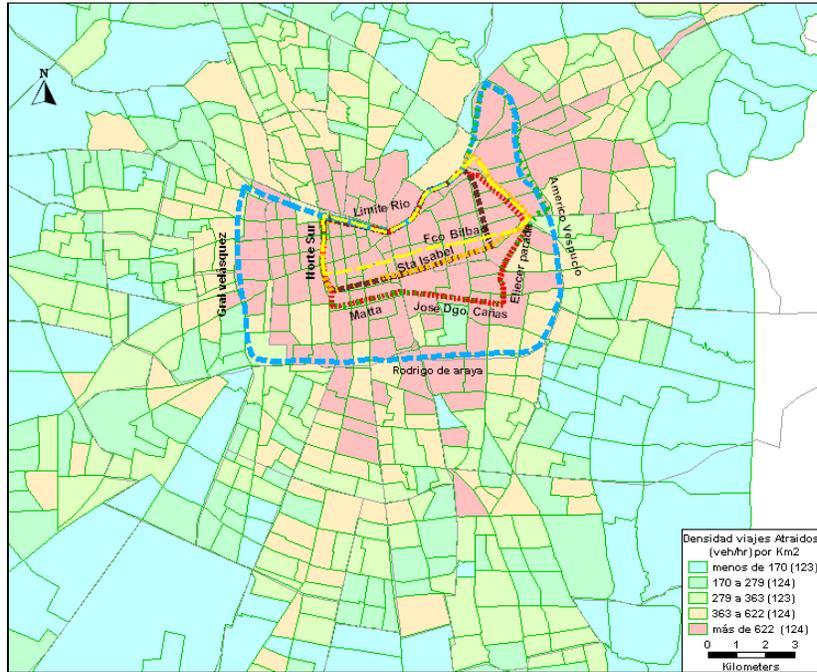
Dicho proceso se ha realizado de la siguiente manera:

- Se presentaron gráficamente las tarifas óptimas en la red para el periodo Punta Mañana, con tres niveles de tarifa 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 habían más alternativas de borde.
- Posteriormente dichas áreas y bordes se cruzaron con el resto de los indicadores, de tal forma de poder identificar aquellas que mejor capturaban zonas críticas a partir de indicadores específicos - por ejemplo viajes atraídos - o descartando otros sectores en base al resultados de otros indicadores - por ejemplo por la densidad de vialidad.
- Finalmente, una vez que se seleccionaron 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 4-28, se presenta la concentración de demanda auto-chofer atraída por zona y se identifican algunos de los potenciales bordes que se analizaron para la definición de zonas (o cordones), definidos por líneas segmentadas.

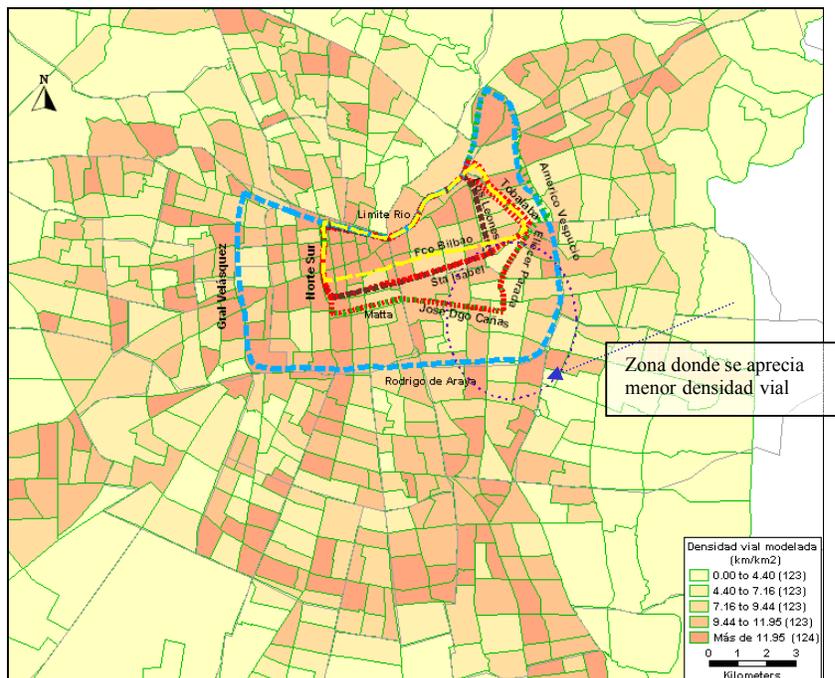
Este elemento fue considerado, por ejemplo, para un borde más externo hacia el Oriente (hasta Vespucio) dejando un sector de Las Condes dentro de algunas alternativas.

FIGURA 4-28 ZONAS DE ANÁLISIS VS DEMANDA ATRAÍDA - AM 2007



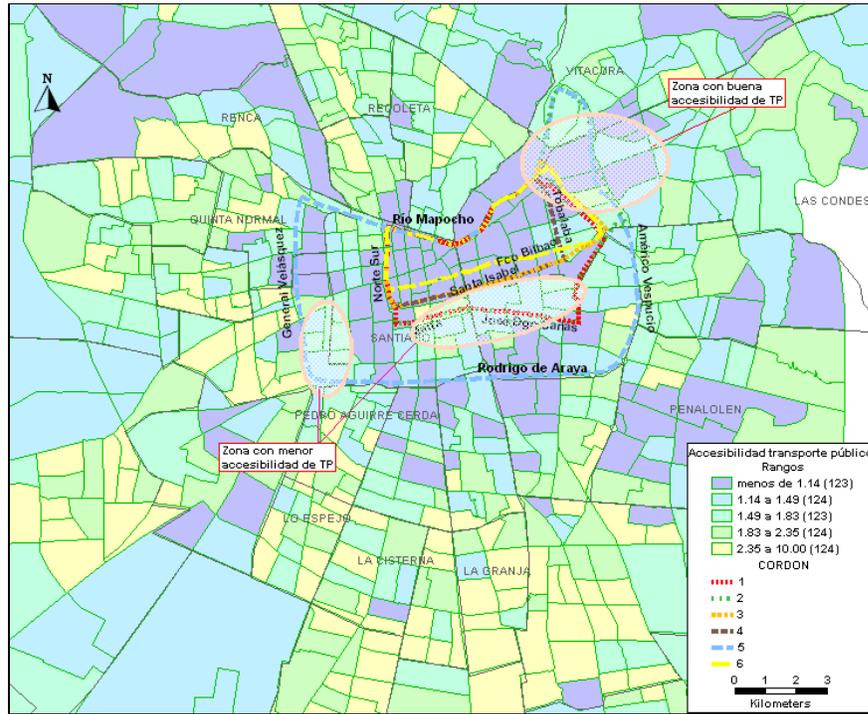
Luego, la siguiente figura muestra la superposición de los mismos bordes en contraste con la densidad vial, evidenciándose en el sector inferior derecho sectores donde el indicador presenta la existencia de menor densidad vial. Ello por ejemplo fue un elemento tomado en cuenta para incluir o no Eliecer Parada en uno de los esquemas.

FIGURA 4-29 ZONAS DE ANÁLISIS VS DENSIDAD VIAL- AM 2007



También, en la Figura 4-30 se presenta el indicador de accesibilidad de transporte público frente a los mismos bordes. Se aprecian sectores con alta accesibilidad de TP que quedan fuera de los bordes presentados y otros que a pesar de estar dentro de algunos de los bordes presentan menores valores.

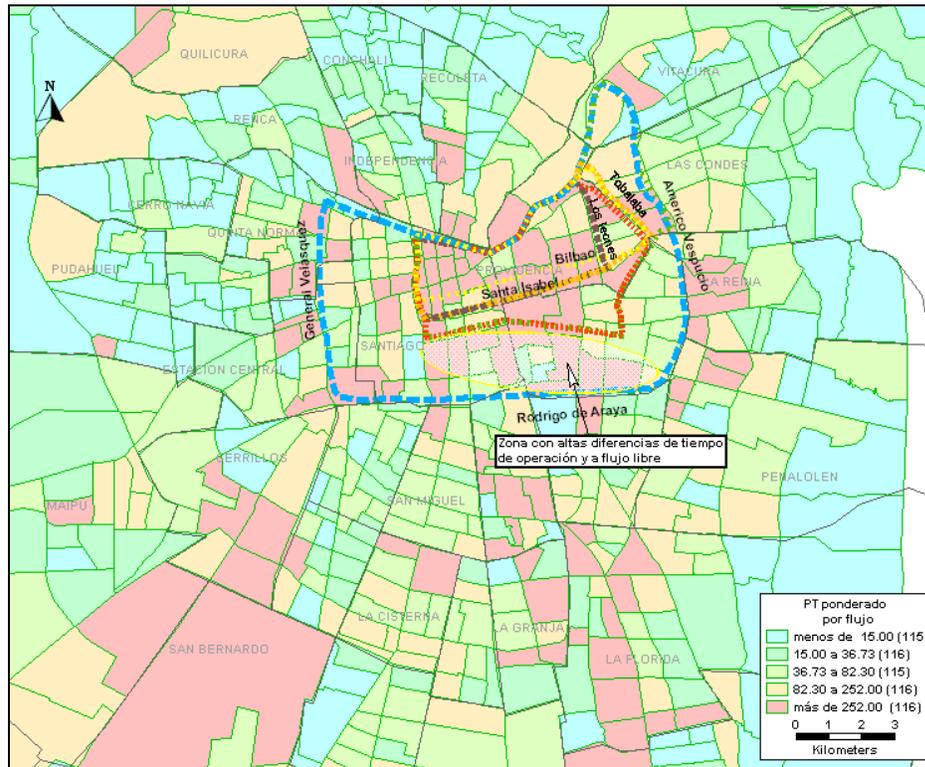
FIGURA 4-30 ZONAS DE ANÁLISIS VS ACCESIBILIDAD DE T. PÚBLICO - AM 2007



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

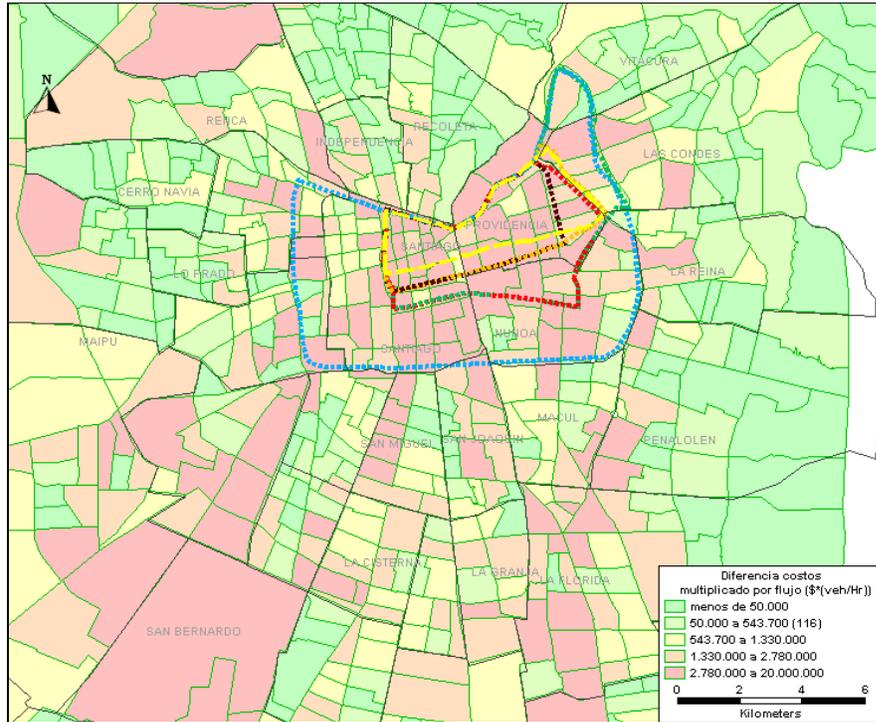
El indicador de diferencia de tiempo de viaje de operación respecto del tiempo a flujo libre es más disperso espacialmente en términos de sus resultados (ver Figura 4-31), así el sector sur muestra sectores críticos respecto de esta variable.

FIGURA 4-31 ZONAS DE ANÁLISIS VS VARIACIÓN TIEMPO RESPECTO DEL TIEMPO A FLUJO LIBRE - AM 2007



La Figura 4-32 el esquema de recaudación óptima muestra que los bordes seleccionados en distinta medida capturan más o menos *recaudación óptima* (es decir costos marginales - costos medios ponderado por el flujo en cada arco)

FIGURA 4-32 ZONAS DE ANÁLISIS VS RECAUDACION TARIFAS OPTIMAS - AM 2007



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

Es importante recordar que las zonas, cordones y corredores que se seleccionen, están definidos por vías que permitan darle cierta coherencia, continuidad a los esquemas, y que sean hitos reconocibles que dne factibilidad técnica y práctica a los esquemas.

4.4 Selección de alternativas para el caso de Santiago

Dado que no podemos cobrar el óptimo teórico (en cada arco de la red), por razones prácticas, se definió esquemas que nos permitan acercarnos a dicho óptimo con otros formatos de mayor aceptabilidad.

Si bien no disponemos de evidencia dura para sugerir que el mejor rendimiento (relación beneficio-costo), 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 éstos.

Además, cada tipo de esquema tiene ventajas y desventajas, y además se debían seleccionar al menos 6 alternativas preliminares, por lo cual hemos seleccionado esquemas de distinto tipo, entre:

- Esquemas de cobro en corredores.

- Esquemas de **cordones únicos y/o cordones dobles.**
- Esquemas en base a **zonas**

Selección inicial de corredores

En base a las gráficas de tarifas optimas (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 4-4 CORREDORES INICIALES ESCOGIDOS

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

Las siguientes figuras muestran los corredores considerados sobre la red vial de Santiago.

FIGURA 4-33 EJES CON TRANSPORTE PÚBLICO ABARCADOS POR ESQUEMA DE CORREDORES (TVCC)

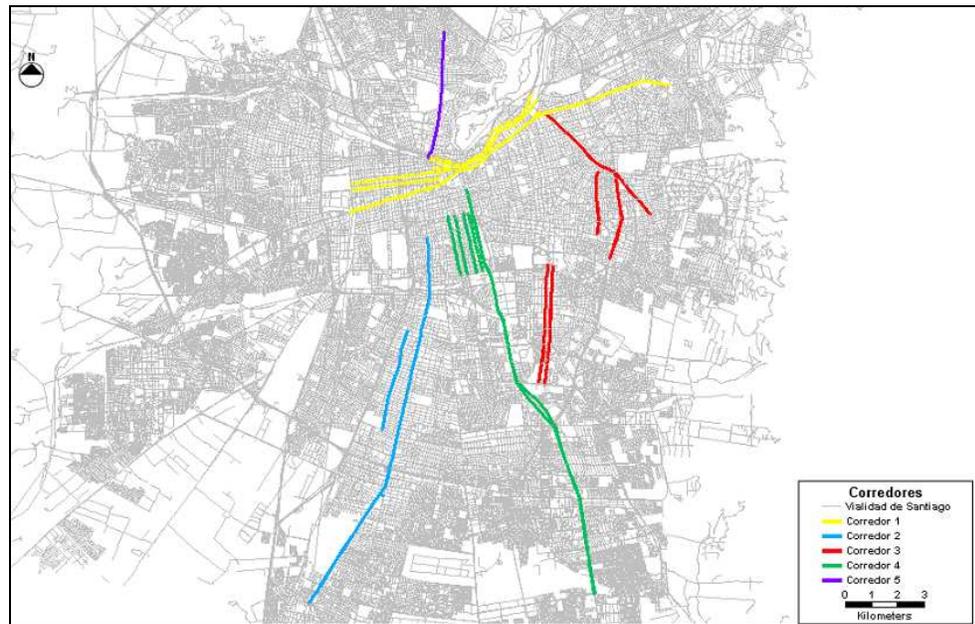
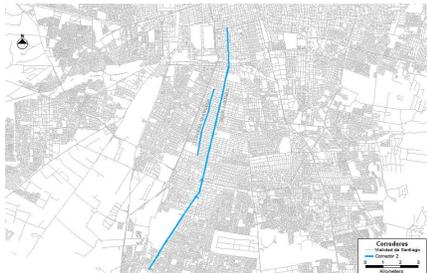
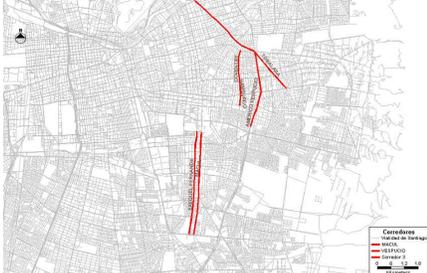
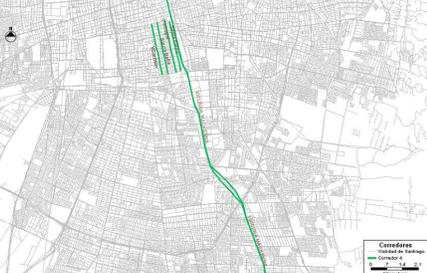
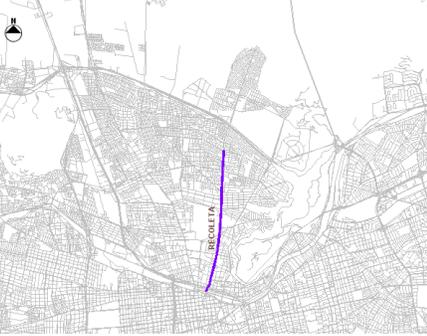


FIGURA 4-34 DETALLE DE CORREDORES

Corredor	Ubicación
<p>Ejes considerados en Corredor 1: Apoquindo - Providencia - Alameda</p>	 <p>A map of the city grid with yellow lines highlighting the route of Corridor 1. The route starts in the west, passes through Apoquindo, Providencia, and Alameda. A legend in the bottom right corner identifies the yellow lines as 'Corredor 1' and includes a scale bar.</p>
<p>Ejes considerados en Corredor 2: Gran Avenida</p>	 <p>A map of the city grid with a blue line highlighting the route of Corridor 2 along Gran Avenida. A legend in the bottom right corner identifies the blue line as 'Corredor 2' and includes a scale bar.</p>
<p>Ejes considerados en Corredor 3: Tobalaba - Vespucio</p>	 <p>A map of the city grid with red lines highlighting the route of Corridor 3 through Tobalaba and Vespucio. A legend in the bottom right corner identifies the red lines as 'Corredor 3' and includes a scale bar.</p>
<p>Ejes considerados en Corredor 4: Vicuña Mackenna</p>	 <p>A map of the city grid with green lines highlighting the route of Corridor 4 through Vicuña Mackenna. A legend in the bottom right corner identifies the green lines as 'Corredor 4' and includes a scale bar.</p>
<p>Ejes considerados en Corredor 5: Recoleta</p>	 <p>A map of the city grid with a purple line highlighting the route of Corridor 5 through Recoleta. A legend in the bottom right corner identifies the purple line as 'Corredor 5' and includes a scale bar.</p>

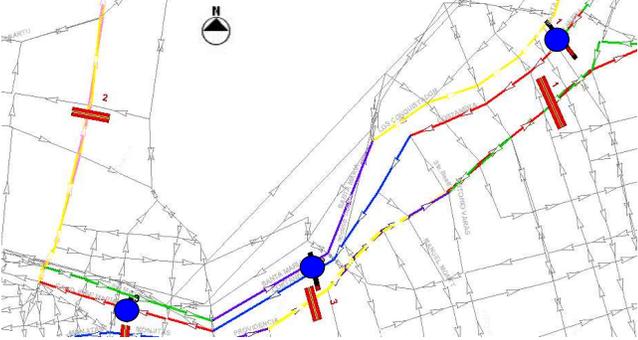
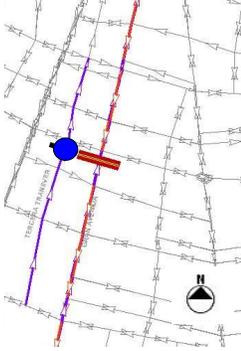
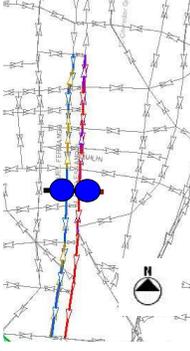
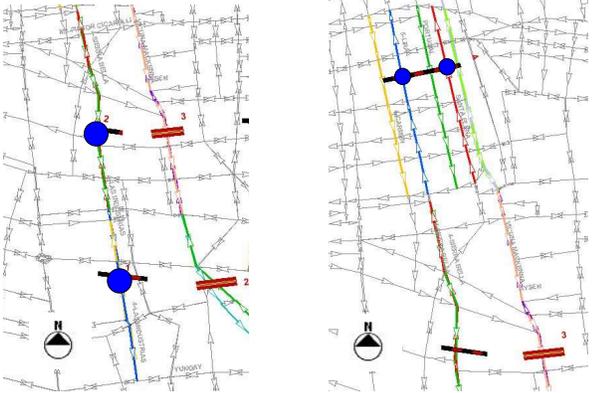
El corredor denominado Centro (6), corresponde a una serie de tres puntos de cobro:

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

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 producir el efecto deseado. Dichos puntos se presentan (círculos azules) en la siguiente tabla con figuras.

TABLA 4-5 PUNTOS DE COBRO EN ALTERNATIVAS A CORREDORES

Corredor	Vías alternativas tarificadas	Puntos de cobro (en azul)
1	Costanera Andrés Bello - Santa María	
2	Tercera Transversal	
3	Coventry - Macul/E. Fernandez	
4	Las Industrias Sierra Bella - Santa Helena	

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 al eje.

Selección inicial de cordones

Se presentó anteriormente, los análisis que permitieron definir áreas críticas en base a una combinación de indicadores. Luego, en base estas zonas preseleccionadas, se definió límites y bordes formados por vías que representaran una barrera natural fácilmente identificable por potenciales usuarios afectados.

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 éstas, 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 en base a un criterio de aceptabilidad, pues en principio nos parece poco recomendable cobrar a vehículos que vienen saliendo de pagar en la concesión.

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

TABLA 4-6 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-Sanchez 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 (A-Ch).
- Captura importantes ejes, los cuales además trasladan gran cantidad de viajes hacia las zonas más congestionadas.
- Posee buenos indicadores de densidad vial, luego no estamos dejando dentro de esta zona 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 dentro ejes relevantes como Av. Matta e Irarrázaval. Sin embargo, dado su mayor tamaño debe comprometer otros elementos como son:

- 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-orientado tiene sectores menos densos y con una trama más compleja.
- Los bordes son menos legibles que los del cordón TVC1.

Luego, el **doblo 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 muy crítico, especialmente para vehículos que salen de la zona.

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

FIGURA 4-35 CORDONES SELECCIONADOS VS DEMANDA ATRAÍDA Y SATURACIÓN – PUNTA MAÑANA 2007

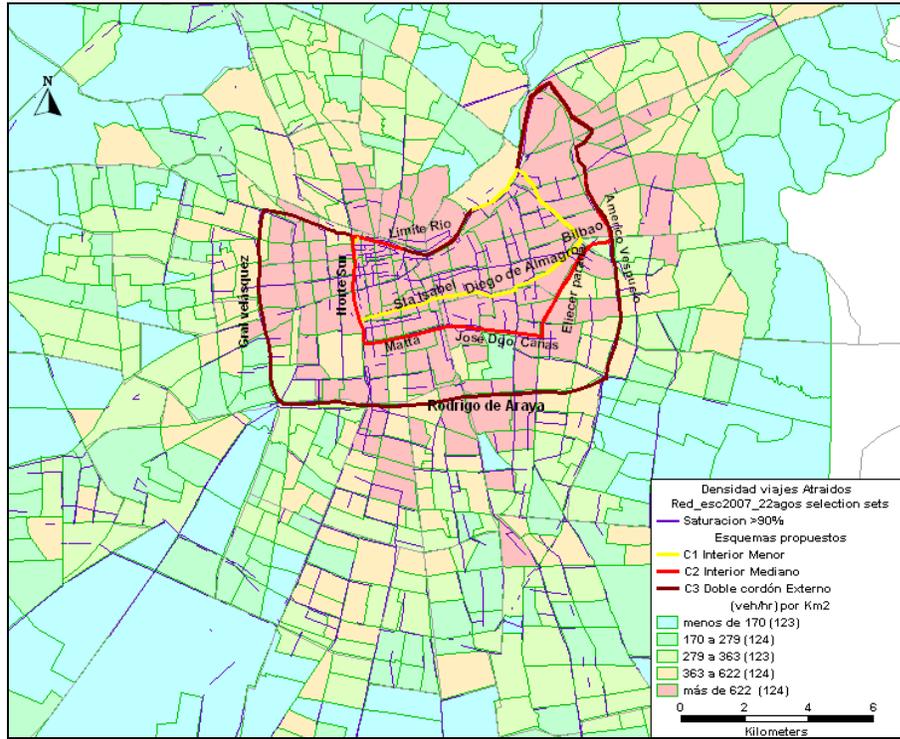
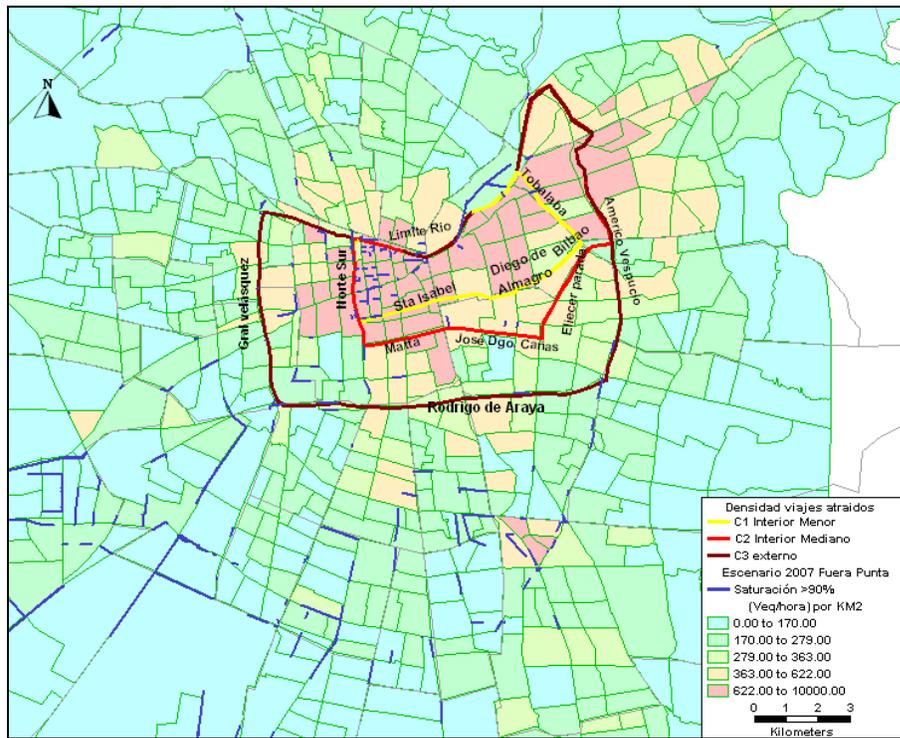


FIGURA 4-36 CORDONES PRELIMINARES SELECCIONADOS FRENTE AL INDICADOR DEMANDA ATRAÍDA Y SATURACIÓN – FUERA PUNTA



En base a 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 tarifadas

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 4-7 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-Sanchez 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 imperfecta por definición. Su nivel de imperfección dependerá del esquema de tarifación 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 aproximan lo más posible al efecto de cobrar la tarifa óptima a todos, a mejor aproximación mejor razón beneficio-costos, siempre que los costos de cobrar sean bajos.

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 calculan las tarifas optimas, definidas como la diferencia entre el costo marginal en cada arco, usando los flujos optimos (después de varias iteraciones considerando costos marginales).

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 atravesen 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 variación 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 4-8 TARIFAS INICIALES POR PERIODO PARA CORDONES

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

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

Se puede apreciar que las tarifas en el periodo fuera de punta son muy menores.

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 tarifificada 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 tarificadas

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*⁵⁸ 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 muy 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, 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 optimas, 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 4-9 TARIFAS INICIALES PARA ESQUEMAS DE ÁREAS

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

⁵⁸ Arco que permite acceder desde la matriz de viajes a la red vial.

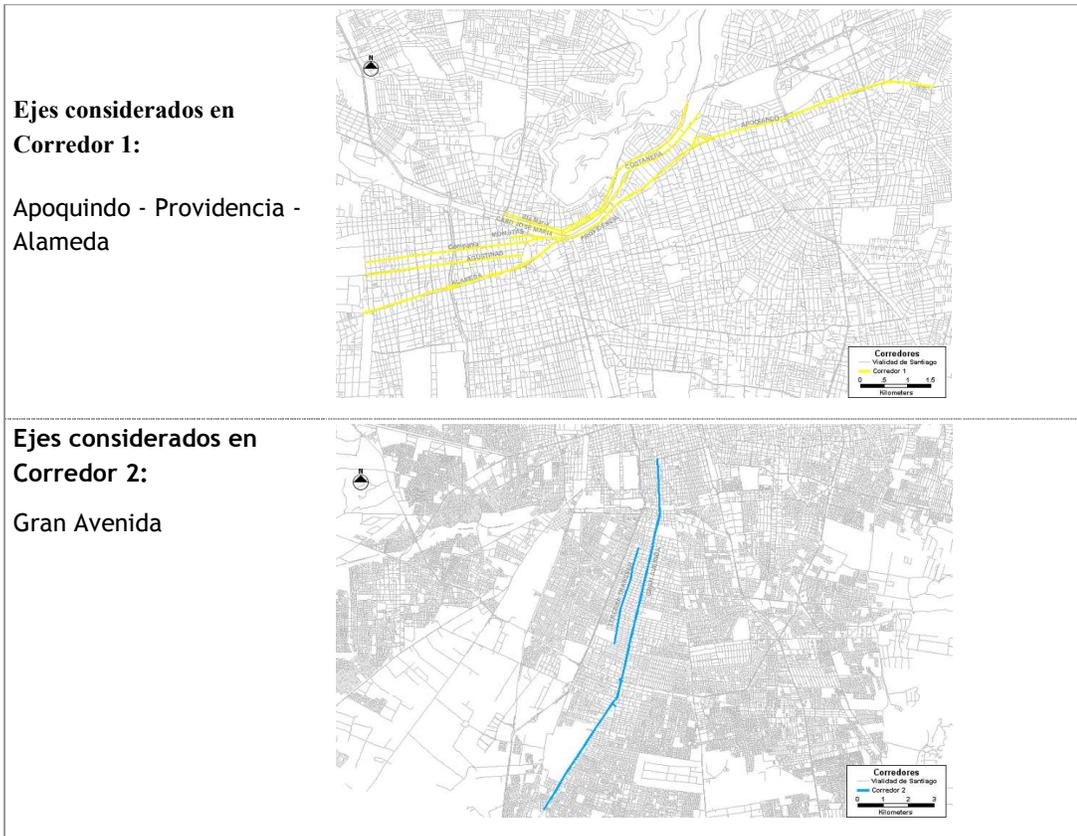
Tarifas para corredores

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.

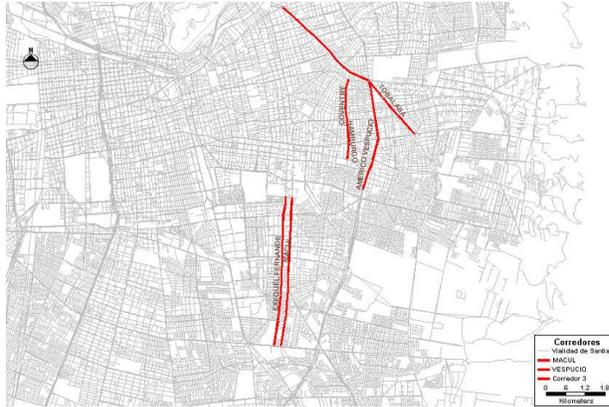
La siguiente figura muestra todas las vías consideradas en los cálculos de las tarifas.

FIGURA 4-37 EJES CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS EN EL ESQUEMA DE CORREDORES



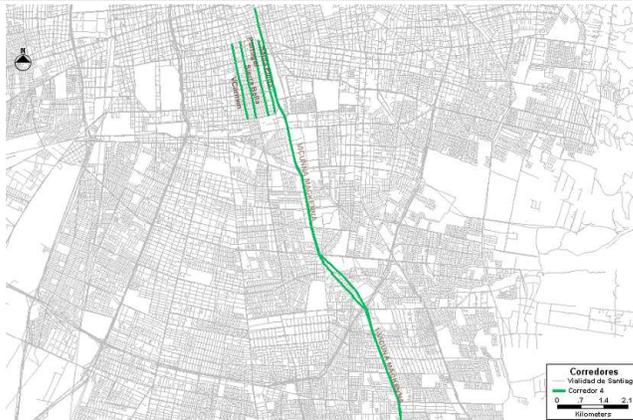
Ejes considerados en Corredor 3:

Tobalaba - Vespucio Macul



Ejes considerados en Corredor 4:

Vicuña Mackenna



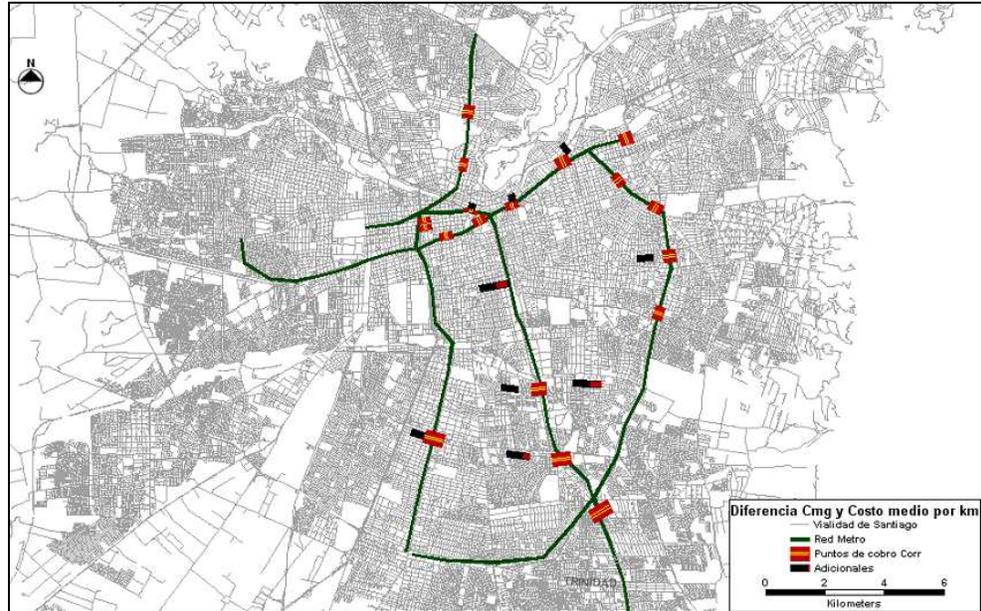
Ejes considerados en Corredor 5:

Recoleta



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 4-38 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 4-10 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 Jose Maria	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	Irrazabal 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 Martinez	700			
Vicuña Mackenna	Walker Martinez 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 Rodriguez 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 4-11 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 Larráin y Apoquindo	NS y SN
Apoquindo	Entre Chesterton y Tobalaba	PO y OP
Providencia	Entre Tobalaba y Vicuña Mackena	PO y OP
Santa María	Entre Recoleta y Puente Lo Saldes	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 4-12 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
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	
Vicuna Mackenna 1	Entre Gabriela y Vespucio	570	100
Vicuna Mackenna 2	Entre Vespucio y Ureta Cox	510	90
Vicuna Mackenna 3	Entre Ureta Cox y Rodrigo de Araya	270	10
Vicuna 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:

- 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).

- **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.
- **Esquemas de Corredores:** se cobra en los períodos 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 ESTRAUS 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.

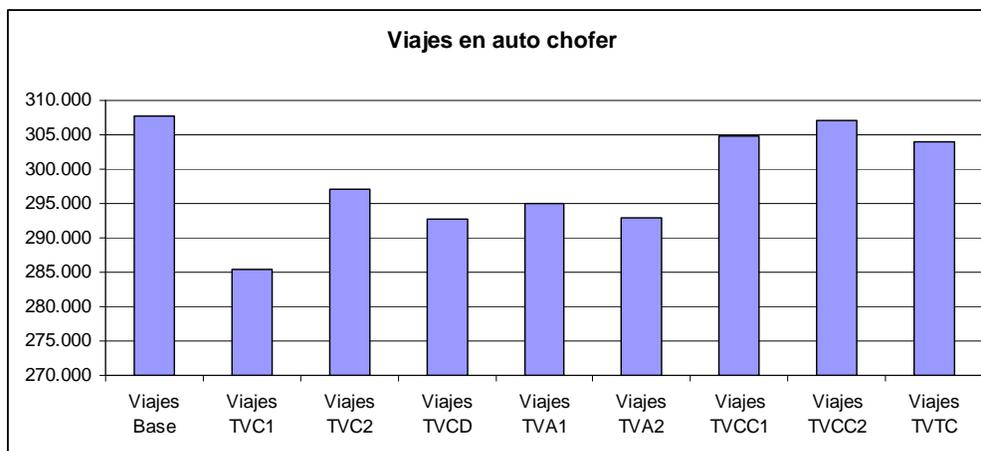
En la tabla siguiente se muestra la partición modal obtenida para los distintos esquemas, en el horario 1 del período punta mañana modelado, considerando el total de viajes de cada alternativa normalizado con respecto a la situación base.

TABLA 4-13 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 4-39 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO AUTO CHOFER



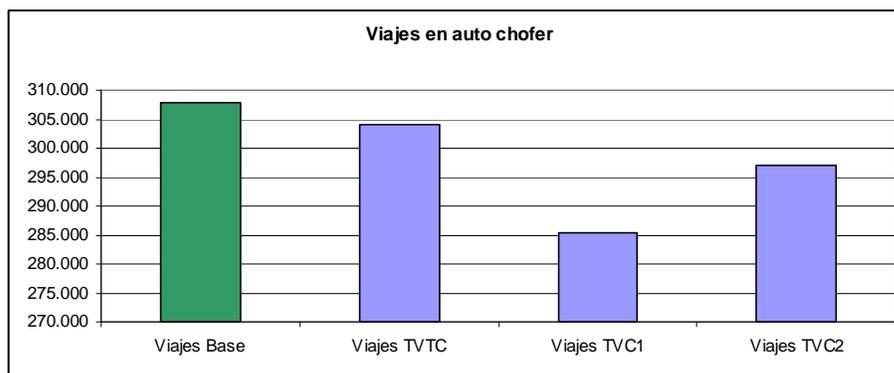
A continuación se puede ver la partición modal en términos de composición porcentual por modo. Se observa que el esquema TVC1 es el que muestra una mayor proporción de viajes en transporte público y la menor proporción de viajes en auto (auto chofer+auto acompañante).

TABLA 4-14 COMPARACIÓN PARTICIÓN MODAL ENTRE 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 4-40 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 4-40 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO AUTO CHOFER - ESQUEMAS DE CORDÓN



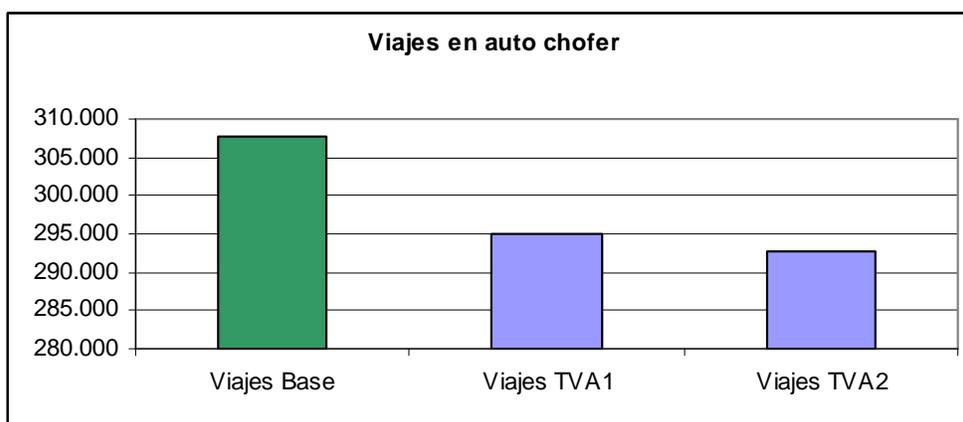
Se observa que no existe una tendencia clara asociada al tamaño del esquema. Esto se puede deber a dos razones, la primera y más obvia es que aumentar el área no siempre reducirá los viajes de auto chofer, es decir, podría existir un tamaño de cordón “óptimo” a tarifificar, que podría estar ubicado entre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

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 4-41 se han graficado los viajes en auto chofer para los esquemas de área. En este caso se observa que al aumentar el área tarifificada 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 4-41 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 tarifificación.

FIGURA 4-42 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO TPUB - ESQUEMAS DE CORDÓN

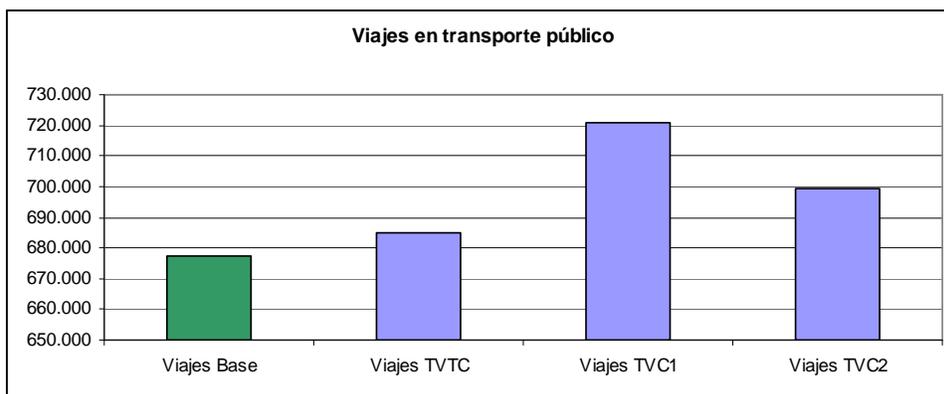
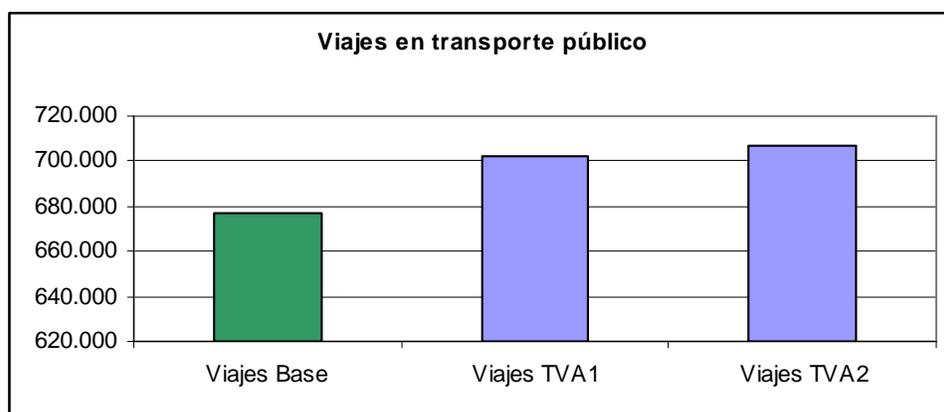


FIGURA 4-43 COMPARACIÓN VIAJES EN MODO TPUB - ESQUEMAS DE ÁREA



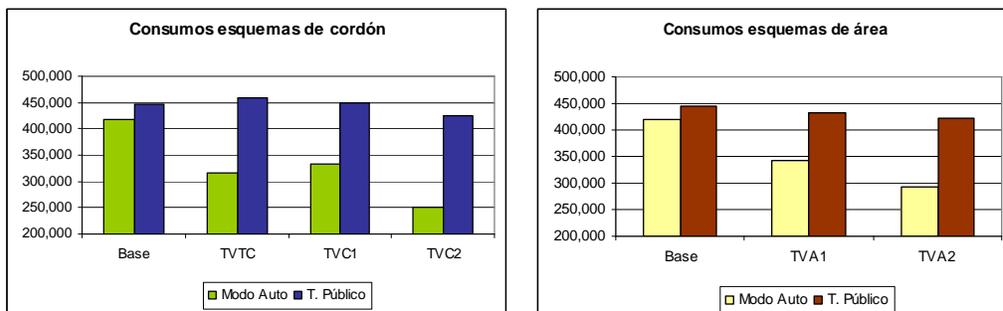
En la siguiente tabla se comparan los consumos globales de tiempo en la red para los distintos modos, en cada escenario.

TABLA 4-15 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 4-44 COMPARACIÓN CONSUMOS - ESQUEMAS DE CORDÓN & AREA



Comparación de indicadores de transporte privado

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

TABLA 4-16 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
Veh-km obtenido de arcos del área	3.945.410	3.972.424	3.768.537	3.815.891	3.866.238	3.729.310	3.960.484	4.025.744	3.895.218

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 donde se generan las velocidades promedio mayores.

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 4-17 INDICADORES DE TRANSPORTE PÚBLICO ESQUEMAS AM 2007

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 estamos cobrando 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 4-18 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 4-19 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 4-20 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

En base a 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.

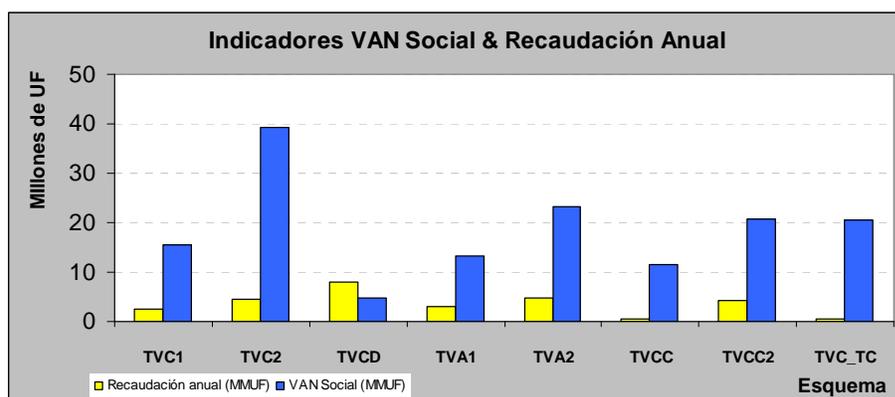
TABLA 4-21 VARIABLES COMPARATIVA ENTRE ESCENARIOS

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 4-45 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 bastante más 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.

En base a lo anterior, y basados sólo en la rentabilidad social, los esquemas TVC2 y TVA2 serían esquemas candidatos a pasar a la siguiente etapa de análisis detallado, 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 tarificación 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 seguir con este 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 tiene mejores indicadores de los cordones.

Originalmente, también se consideró que el tercer esquema fuese uno de corredores, sin embargo dados los niveles de evasión que hemos visto 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, en base a un criterio más pragmático asociado a la posterior etapa de implementación, y en base a los resultados obtenidos del análisis preliminar, junto a la contraparte se ha definido como recomendable mantener entre las alternativas definitivas al 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 Antecedentes

Como se indicó al inicio del presente documento, el análisis detallado y la evaluación de las alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago se entregan en un volumen independiente como parte integrante de este informe.

Si perjuicio de lo anterior, en este Capítulo se reporta una síntesis de dicho análisis.

5.2 Selección de alternativas definitivas

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

- Cuatro (4) escenarios de cordones:
 - Un cordón de tamaño menor denominado TVC1
 - Un cordón de tamaño intermedio, denominado TVC2
 - Un cordón pequeño, comúnmente conocido como triángulo central (TVTC)
 - 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.
- Dos (2) escenarios de áreas:
 - Un área de tamaño menor (similar al cordón menor) denominada TVA1
 - Un área de tamaño intermedio (similar al cordón intermedio) denominada TVA2
- Dos (2) escenarios de corredores.
 - 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.
 - 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:

- En primer lugar en base a 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 de 13,2 MM UF y la TIR de 105%.
- **Practicabilidad**, 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.

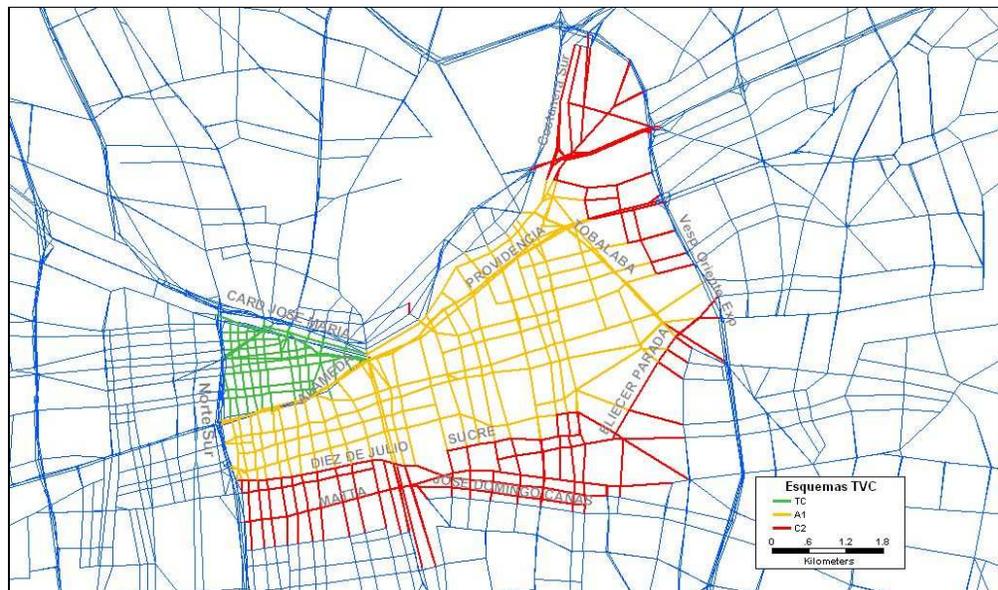
Posteriormente se analizó un esquema a solicitud de la contraparte, que consideraba un área menor en el centro de Santiago. Dicho escenario, dados los resultados obtenidos en la etapa preliminar, se incluyó como una de las tres (3) alternativas a ser analizadas en el caso definitivo. Esta alternativa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

5.3 Descripción de las alternativas definitivas

Las alternativas definitivas de tarifación vial para Santiago corresponden entonces a las tres siguientes cuya ubicación espacial se aprecia 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

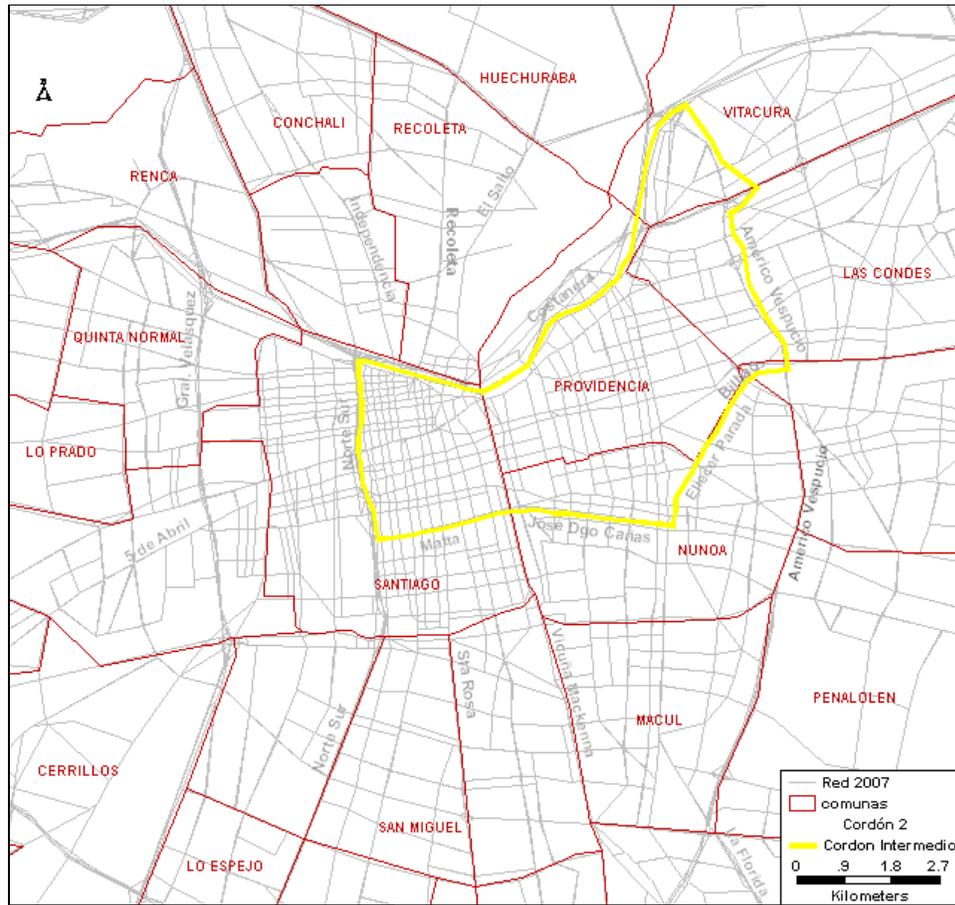
Las principales características del esquema de cordón intermedio TVC2, se presentan en la siguiente tabla.

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

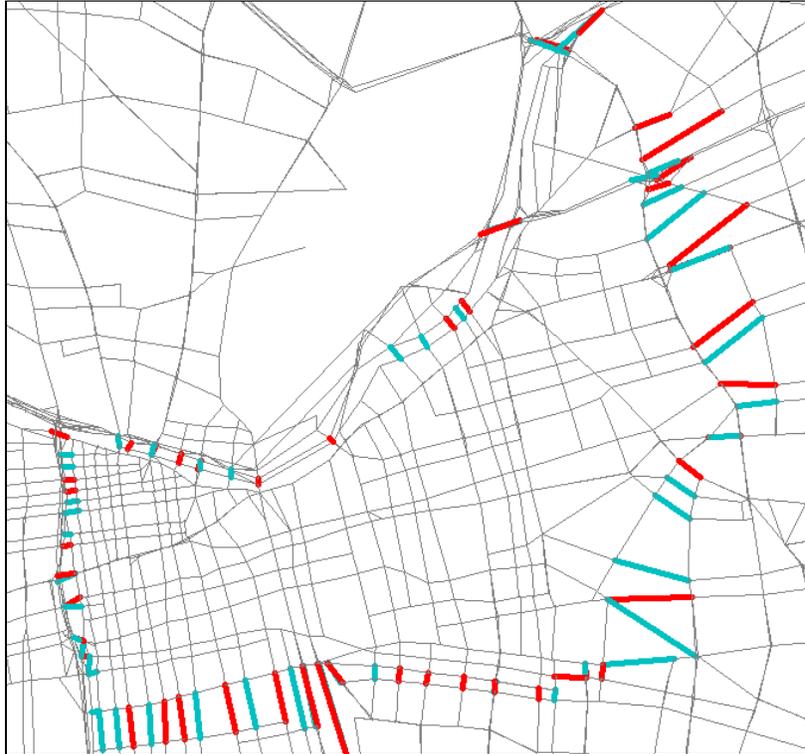
La siguiente figura muestra la ubicación del cordón dentro de Santiago, indicando las fronteras de cada comuna y principales ejes viales.

FIGURA 5-2 LOCALIZACIÓN DEL ESQUEMA TVC2



Como se describió anteriormente, se tarifaron los arcos de ingreso al cordón (en celeste) y los arcos de salida (en rojo/naranja). Estos se muestran en la figura siguiente, que es una extracción del modelo de redes.

FIGURA 5-3 ARCOS TARIFICADOS QUE CONFORMAN EL ESQUEMA TVC2



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 grande.

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 tarifación 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

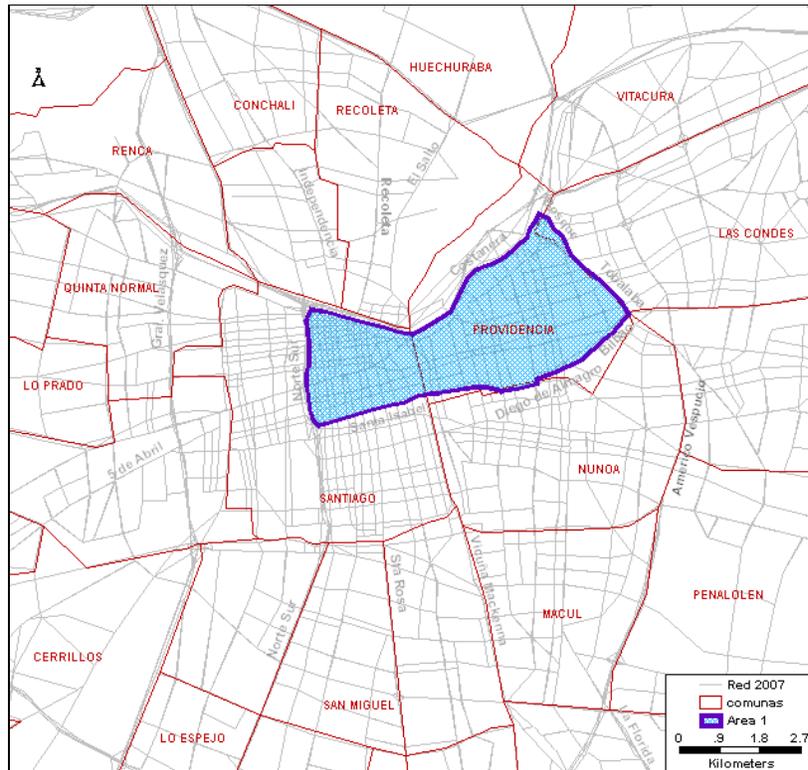
Las principales características del esquema TVA1 se presentan en la siguiente tabla.

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%

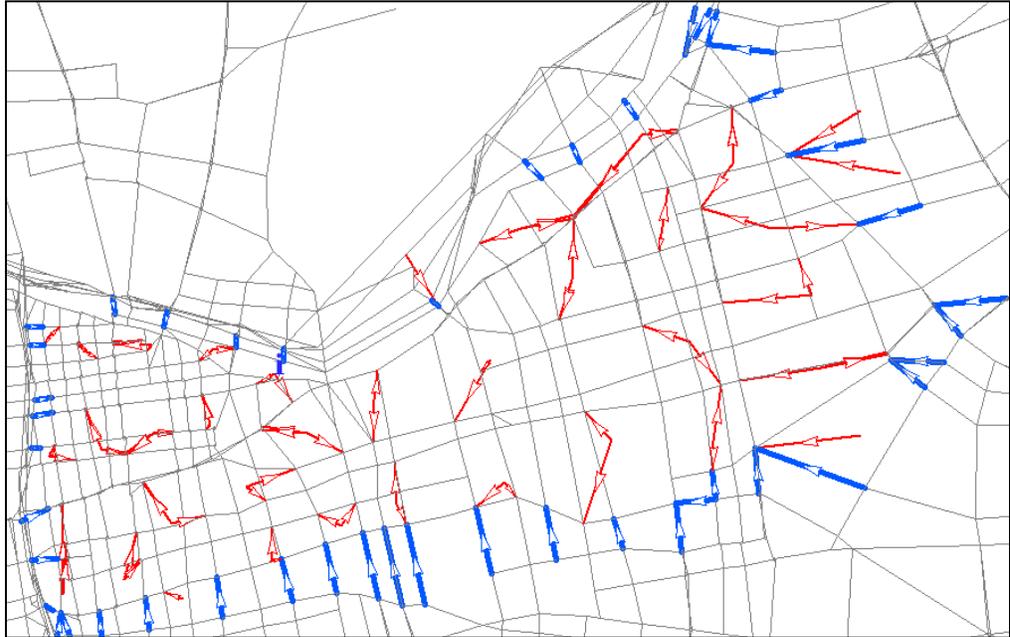
La siguiente figura además muestra la ubicación del área incluida por este esquema en Santiago.

FIGURA 5-4 LOCALIZACIÓN DEL ESQUEMA TVA1



Como se describió anteriormente, se tarificaron los arcos de ingreso al cordón (en azul) y los arcos de acceso (en naranja/rojo) desde cualquier zona a algún nodo ubicado al interior del área delimitada por el cordón. Estos se muestran en la siguiente figura.

FIGURA 5-5 ARCOS TARIFICADOS MODELADOS QUE CONFORMAN EL ESQUEMA TVA1



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 tarififica 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 realiza 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

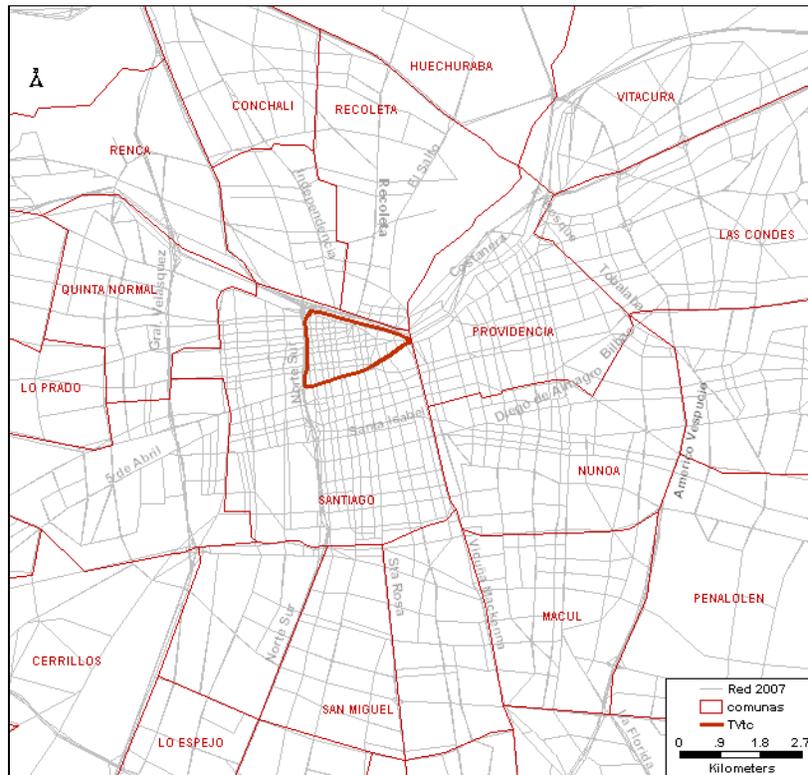
Las principales características del esquema TVTC se presentan en la siguiente tabla.

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

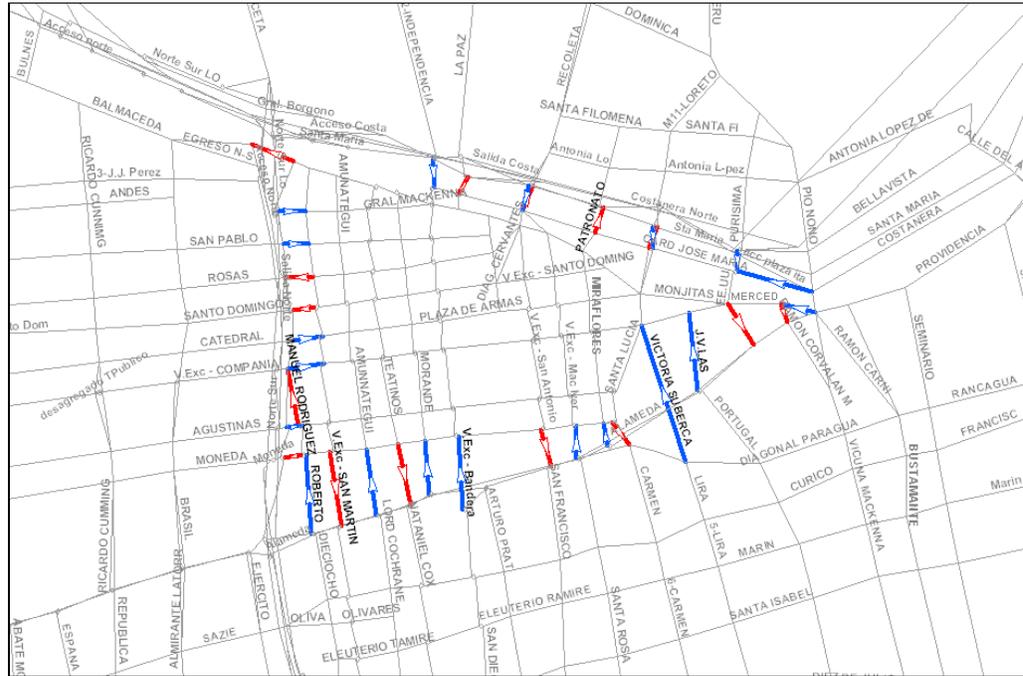
La siguiente figura presenta la ubicación del cordón dentro de Santiago.

FIGURA 5-6 LOCALIZACIÓN DEL ESQUEMA TVTC



Como se describió anteriormente, se tarificaron los arcos de ingreso al cordón (en azul) y los arcos de salida (en rojo). Estos se muestran en la figura siguiente.

FIGURA 5-7 ARCOS TARIFICADOS QUE CONFORMAN EL ESQUEMA TVTC



En este esquema de cordón el área tarifcada 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 tarifcadas.

5.4 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.

A continuación se describen los cambios generales que se llevaron a cabo para el proceso de modelación y análisis de alternativas.

Límites de los esquemas

En el caso de los esquemas de área y cordones, éstas no cambiaron mayormente respecto a la definición preliminar de cada esquema. Más adelante se entrega una descripción más detallada de cada esquema.

Tarifas

Si bien en un principio se realizaron simulaciones de cada uno de los esquemas definitivos que permitieron estimar las tarifas óptimas de tarifación vial a partir de una metodología que en términos generales consideraba:

- I Estimar los montos totales cobrados en base a tarifas óptimas (tarifa óptima x flujo óptimo = recaudación óptima), al interior de la zona tarifada (áreas y cordones).
- I Como el esquema a analizar tiene sólo algunos puntos de cobro, es decir no se cobra en cada arco individual, donde el costo marginal es mayor al costo medio de viaje, dicha recaudación óptima es distribuida en aquellos puntos de cobro que se definen para cada esquema.
- I En base a los flujos en dichos puntos y la recaudación total, se estima una tarifa promedio, que será la tarifa a cobrar por cada esquema.

Después de revisar los resultados que se obtuvo de la aplicación de dicha metodología, se propuso realizar un nuevo análisis de acuerdo con lo siguiente.

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 corresponden a viajes con 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 tarifado 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, tienen 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 sólo de 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 tarifcada, 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 tarifcada 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 tarifcada, 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 tarifcada.

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
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

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

En base a los resultados obtenidos en los análisis preliminares para el periodo Fuera de Punta, donde se obtuvo resultados negativos o muy bajos en términos de rentabilidad social, sumado a que las tarifas óptimas calculadas entregan valores muy bajos que no provocarían cambio de comportamiento relevante, se ha decidido no cobrar en dicho periodo, al menos no en función de la congestión que se produce en éstos.

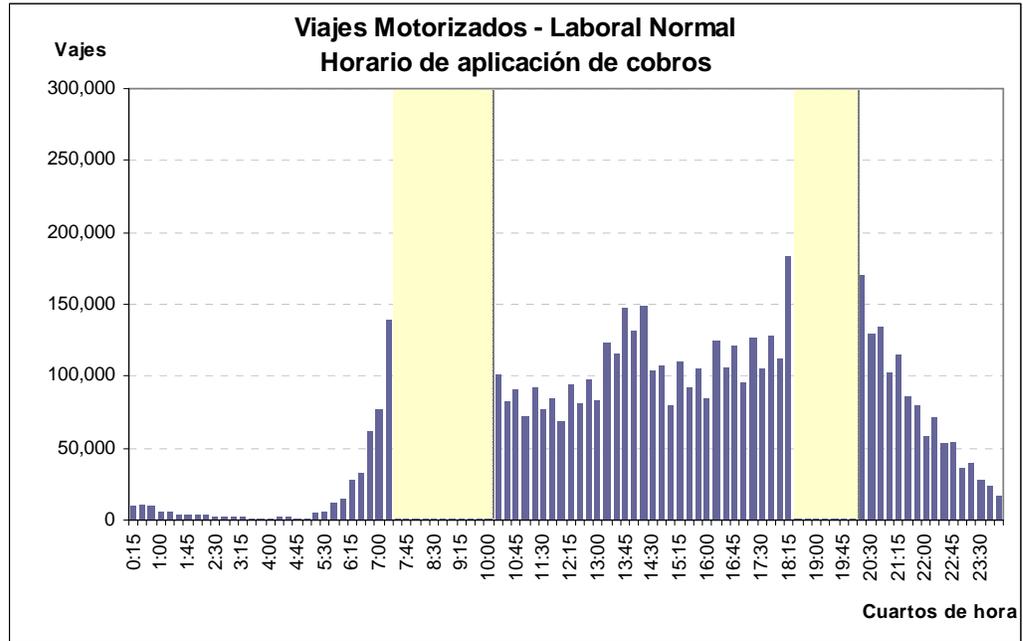
Esto significa también que no se realizaron las simulaciones del período fuera de punta, en las cuales, debido a los bajos niveles de congestión y por lo tanto, a los bajos niveles de tarifas aplicadas, la diferencia entre la situación base y la situación con tarificación es despreciable.

Luego, los horarios de cobro considerados para la operación de las alternativas definitivas son:

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

La clasificación de un viaje dentro de un período se hace considerando el punto medio del viaje.

FIGURA 5-8 HORARIOS DE COBRO (DATOS DE VIAJES, FUENTE: EOD 2001)



Para poder analizar dichos horarios se ha modelado el periodo Punta Mañana de ESTRAUS y mediante factores de expansión calculados particularmente 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 en base a las estimaciones de la Punta Mañana, se expandirán los beneficios para incluir este periodo.

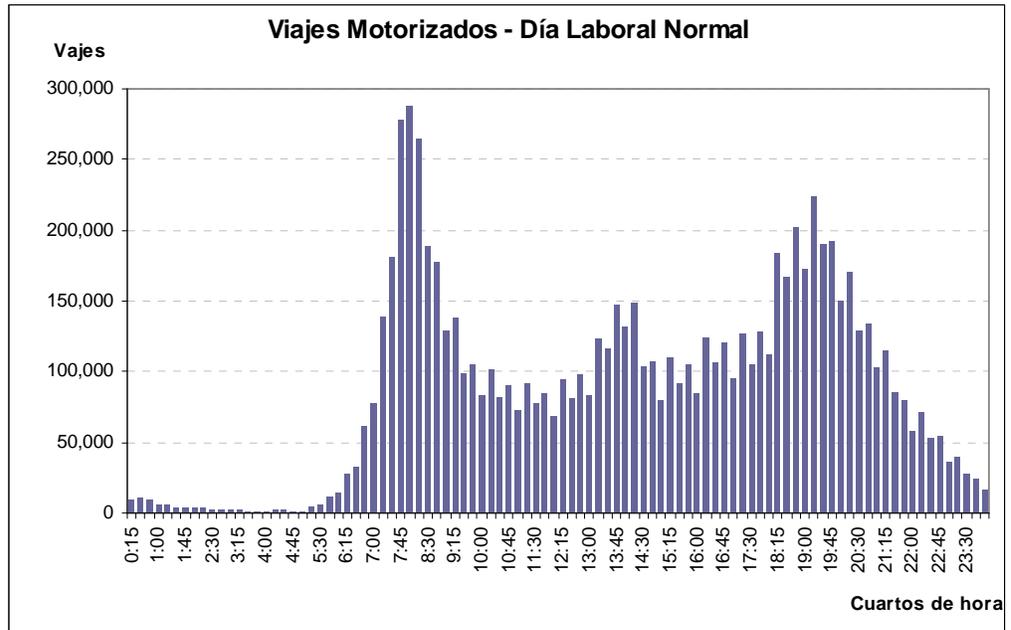
Factores de expansión

El cálculo de factores de expansión debió realizarse en forma particular para este estudio, pues los beneficios derivados de los proyectos de tarificación están asociados sólo a aquellas horas del día en que éstos operan, y por ende los factores normalmente utilizados, que consideran todo el día, no son utilizables acá.

Posteriormente, se debe considerar cuántos días al año se aplica la tarificación vial, para poder expandir al año los resultados diarios. En este caso se está asumiendo como supuesto de trabajo que la TVC se aplicará en días hábiles (5 días a la semana y descontando 10 feriados al año), entre Marzo y Diciembre, es decir 42 semanas al año. De esta forma la expansión se realizará considerando 200 días al año.

Para calcular los factores de expansión, se utilizó un perfil de viajes motorizados de la EOD 2001, más específicamente los de la temporada normal, como se aprecia en la siguiente figura.

FIGURA 5-9 VIAJES MOTORIZADOS - DÍA LABORAL - TEMPORADA NORMAL (FUENTE: EOD 2001)



Para estimar los factores de expansión se analizan todas las horas que representa cada periodo con cobro (AM y PT), y el total de viajes se compara con los viajes del periodo modelado (7:30-8:30). En este caso se supone que la hora punta AM también representa lo que ocurre en la Punta Tarde (PT) para efectos de cálculo de beneficios en todas las alternativas modeladas.

Los períodos definidos para el cálculo de los factores de expansión son los que se indica en la tabla siguiente. Las tarifas se activan en los períodos punta mañana y punta tarde de la tabla.

TABLA 5-9 PERÍODOS DEFINIDOS

Período	Horario	
Punta Mañana	PM	7:30 - 10:00
Punta Tarde	PT	18:00 - 20:00
Punta Mañana modelado		7:30 - 8:30

En la Tabla siguiente se muestra los valores obtenidos de la EOD-2001 para el total de viajes en un día laboral normal (motorizados y no motorizados), para todas las horas en las cuales se activa la tarifación y los totales que se utilizó para determinar el factor de expansión de los ahorros de tiempo.

TABLA 5-10 VIAJES TOTALES OBTENIDOS DE LA EOD-2001

Horario	Viajes
7:30-7:44	453.735
7:45-7:59	578.436
8:00-8:14	344.290
8:15-8:29	290.697
8:30-8:44	257.286
8:45-8:59	181.395
9:00-9:14	185.232
9:15-9:29	149.377
9:30-9:44	166.604
9:45-9:59	131.836
18:00-18:14	385.450
18:15-18:29	297.459
18:30-18:44	365.664
18:45-18:59	291.460
19:00-19:14	392.415
19:15-19:29	280.192
19:30-19:44	264.173
19:45-19:59	202.366
7:30-8:30	1.667.158
Total (PM + PT)	5.218.067
Factor	3,13

El factor de expansión de la tabla anterior se obtuvo como la relación entre los viajes del periodo modelado y los viajes totales de las horas en que se cobra la tarificación.

Este factor está calculado con los viajes que se realiza en todos los modos, en estos períodos y servirá para expandir los beneficios de todos los esquemas analizados.

El factor de expansión a utilizar para el cálculo de la recaudación es levemente diferente, y fue calculado de la misma manera, pero utilizando los viajes que se realiza en los mismos períodos, en auto chofer y taxi, que corresponden a los modos que deben pagar la tarifa. Este factor se calcula específicamente para cada esquema, porque se utiliza en cada caso los viajes que pagan la tarifa.

En los dos casos de esquemas de cordón se considera los viajes en auto chofer y taxi que entran y salen del área, es decir, los que atraviesan el cordón.

Para el cálculo del factor de expansión del esquema de área, se considera los viajes que entran al área, los que salen de ella y los que se realizan en su interior, que son en este caso los que pagan tarifa.

Considerando entonces el total de viajes en auto chofer y taxi que se realiza desde o hacia las zonas del cordón 2 (TVC2) durante un día laboral normal completo, se obtiene un factor de expansión de la recaudación de 3,07 para el esquema de tarificación TVC2, según los datos que se entrega en la tabla siguiente.

TABLA 5-11 FACTOR EXPANSIÓN RECAUDACIÓN TVC2

Período	Viajes
PM	125.138
PT	83.531
PM+PT	208.669
7:30 - 8:30	67.943
Factor TVC2	3,07

En este cálculo no fueron incluidos los viajes con origen y destino al interior del área, ya que ellos no pagan la tarifa.

Interesa conocer la magnitud de los viajes de este tipo, que se realiza durante el período punta mañana al interior del cordón 2, y que no pagan tarifa puesto que no atraviesan el límite. Los viajes en auto chofer y taxi son los que se indica en la tabla siguiente.

TABLA 5-12 VIAJES CON ORIGEN, DESTINO O AMBOS DENTRO DE TVC2

Período	generados	atraídos	gen y atr	TOTAL	Pagan	% no paga
7:30 - 8:30	18.022	49.921	14.751	82.694	67.943	18
7:30 - 10:00	35.719	89.419	30.326	155.464	125.138	20
18:00 - 20:00	57.648	25.883	14.751	98.282	83.531	15
PM + PT	93.367	115.302	45.077	253.746	208.669	18

En la tabla anterior se encuentran diferenciados en cada período, los viajes generados al interior del cordón 2 con destino fuera del cordón (columna generados), los viajes atraídos al interior del cordón 2 con origen fuera de él (columna atraídos) y los viajes con origen y destino al interior del cordón (columna gen y atr).

La columna TOTAL contiene la suma de los tres tipos de viajes, la columna pagan tiene la suma de las dos primeras columnas de la tabla, que corresponden a los viajes que atraviesan el límite del cordón y por lo tanto pagan la tarifa. Por último, en la última columna se muestra el porcentaje de viajes que no pagan tarifa en cada período, con respecto al total de viajes.

Si se considera los dos períodos donde se aplica la tarifa (PM+PT), se tiene que un 18% de los viajes totales corresponden a viajes internos al cordón que no pagan la tarifa.

Considerando ahora el total de viajes en auto y taxi que se realiza desde o hacia las zonas del triángulo central (TVTC) durante un día laboral normal completo, se obtiene un factor de expansión de la recaudación de 3,27 para el esquema de tarifación TVTC, según los datos que se entrega en la tabla siguiente.

TABLA 5-13 FACTOR EXPANSIÓN RECAUDACIÓN TVTC

Periodo	Viajes
PM	28.744
PT	20.300
PM+PT	49.044
7:30 - 8:30	14.998
Factor TVTC	3,27

En este cálculo tampoco fueron incluidos los viajes con origen y destino al interior del área, ya que ellos no pagan la tarifa.

La magnitud de los viajes de este tipo, que se realiza durante el período punta mañana al interior del cordón del triángulo central, y que no pagan tarifa puesto que no atraviesan el límite se muestra en la tabla siguiente. Estos son viajes en auto chofer y taxi.

TABLA 5-14 VIAJES CON ORIGEN, DESTINO O AMBOS DENTRO DE TVTC

Período	generados	atraídos	gen y atr	TOTAL	pagan	% no paga
7:30 - 8:30	1.801	13.197	410	15.408	14.998	3
7:30 - 10:00	4.767	23.977	655	29.399	28.744	2
18:00 - 20:00	15.279	5.021	0	20.300	20.300	0
PM + PT	20.046	28.998	655	49.699	49.044	1

En la tabla anterior se encuentran diferenciados en cada período, los viajes generados al interior del triángulo central con destino fuera del cordón (columna generados), los viajes atraídos al interior del triángulo central con origen fuera de él (columna atraídos) y los viajes con origen y destino al interior del triángulo central (columna gen y atr).

La columna TOTAL contiene la suma de los tres tipos de viajes, la columna pagan tiene la suma de las dos primeras columnas de la tabla, que corresponden a los viajes que atraviesan el límite del cordón y por lo tanto pagan la tarifa. Por último, en la última columna se muestra el porcentaje de viajes que no pagan tarifa en cada período, con respecto al total de viajes.

Debido a que en este caso el área encerrada al interior del cordón es muy pequeña, los viajes con origen y destino dentro del triángulo central son muy pocos. En la punta tarde este tipo de viajes, en auto chofer o taxi no existe y el porcentaje de ellos en los dos períodos tarifados sólo alcanza al 1% del total de viajes.

En el caso del esquema de cobro en área, el factor para expandir las recaudaciones es diferente, puesto que se debe considerar que los vehículos que ya han pagado en la Punta Mañana no pagarán nuevamente en la tarde. Luego, fue necesario determinar los porcentajes de personas que realizan más de un viaje en transporte privado en el período punta mañana, punta tarde o ambos.

Mediante un análisis de la base de datos de la EOD-2001, se obtuvo la cantidad de viajes hacia, desde y dentro de la zona tarifada (área1), en los períodos punta mañana y punta tarde en los cuales se aplica la tarifa, realizados por cada persona.

Para este análisis, se considera que el viaje se realiza en la hora media, entre el inicio y el término del viaje.

De la muestra seleccionada se obtiene que 577 viajes con origen y/o destino alguna zona del área 1 se realizan en PM y 358 viajes con origen y/o destino alguna zona del área 1 se realizan en PT. Estos 935 viajes totales se clasificaron de manera de poder identificar los viajes repetidos (de una misma persona) en los dos períodos.

TABLA 5-15 VIAJES TOTALES ÁREA TVA1 EN PUNTA MAÑANA Y PUNTA TARDE

TIPO	VIAJES
Viajes en PM con origen y/o destino en el área TVA1	577
Viajes en PT con origen y/o destino en el área TVA1	358
Viajes en PM y PT con origen y/o destino en el área TVA1	935

Los viajes repetidos pueden ser de tres tipos:

- Viajes en la punta mañana y en la punta tarde realizados por la misma persona
- Más de un viaje realizado por la misma persona en la punta mañana, sin viajes en la punta tarde
- Más de un viaje realizado por la misma persona en la punta tarde, sin viajes en la punta mañana

El resto de los viajes en el área 1 corresponden a personas que realizan un único viaje en el período punta mañana y no realizan viajes en la punta tarde, o que realizan un único viaje en la punta tarde y no realizan viajes en la punta mañana.

Considerando esto, a partir de la información de la EOD-2001 (registros por persona encuestada), se construyeron tablas para contabilizar los viajes repetidos en estos períodos, del tipo siguiente.

La Tabla siguiente (se muestra sólo una parte de la tabla) entrega el listado de personas que realiza viajes en auto chofer o en taxi, en la punta mañana y en la punta tarde, en el área tarifada. El total de personas con este tipo de viajes es 185, el total de viajes realizados por estas personas dentro de los períodos punta mañana y punta tarde es 424.

Entonces, del total de viajes de este tipo (424), sólo pagan 185 de ellos, y el resto (424 - 185) corresponden a viajes repetidos que realizan las mismas personas que ya pagaron y que por lo tanto no volverán a pagar.

TABLA 5-16 VIAJES DE PERSONAS QUE VIAJAN EN PUNTA MAÑANA Y EN PUNTA TARDE – AREA TVA1

Viaja en PM y PT		
ID_PERSONA	PM	PT
Personas = 185		Viajes = 424
Total 10104-1	2	1
Total 10105-1	1	1
Total 10110-1	1	1
Total 10265-2	1	1
Total 10369-1	1	1
Total 10406-1	1	1
Total 10669-1	1	1
Total 11127-2	1	1
Total 11260-1	2	3
Total 11573-1	1	1
Total 11868-1	2	1

En la Tabla siguiente (se muestra sólo una parte de la tabla) se incluyeron las personas que realizan más de un viaje en el área tarifada (en auto chofer o taxi), dentro del periodo punta de la mañana y que no realizan viajes en la punta tarde.

TABLA 5-17 VIAJES REPETIDOS EN PUNTA MAÑANA – TVA1

Viaja más de una vez en PM		
ID_PERSONA	PM	PT
Personas = 48		Viajes = 101
Total 10793-1	2	0
Total 11887-2	2	0
Total 12116-1	2	0
Total 12894-1	2	0
Total 13127-1	2	0
Total 14470-1	3	0
Total 16449-2	2	0
Total 17041-1	2	0
Total 17310-2	2	0
Total 17385-4	2	0
Total 17778-5	2	0

El total de personas en este caso es 48, y el total de viajes 101. Esto significa que del total de viajes de este tipo, sólo 48 pagarán la tarifa mientras el resto (101-48) corresponde a viajes de personas que ya pagaron antes.

TABLA 5-18 VIAJES REPETIDOS EN PUNTA TARDE – TVA1

Viaja más de una vez en PT		
ID_PERSONA	PM	PT
Personas = 12	Viajes = 24	
Total 12144-1	0	2
Total 20179-1	0	2
Total 21949-1	0	2
Total 23349-1	0	2
Total 23664-3	0	2
Total 23926-2	0	2
Total 25446-2	0	2
Total 26120-3	0	2
Total 26900-1	0	2
Total 32545-1	0	2
Total 36052-2	0	2
Total 80511-2	0	2

En la tabla anterior (completa) se entrega el listado de todas las personas que viajan en el área tarifcada más de una vez en la punta tarde (en auto chofer o taxi) y no han viajado en el área en la punta mañana. Se observa que existen 12 personas que realizan viajes de este tipo, y cada una hace dos viajes en la punta tarde.

La tabla siguiente muestra el resumen de los viajes repetidos, más aquellos viajes realizados por personas que sólo viajan en la punta mañana o sólo en la punta tarde, haciendo además, un solo viaje dentro del período.

TABLA 5-19 RESUMEN POR TIPO DE VIAJES TVA1

Tipo de viaje	Total viajes	Total personas	Viajes a descontar
Persona viaja en PM y PT	424	185	239
Persona viaja más de una vez en PM	101	48	53
Persona viaja más de una vez en PT	24	12	12
Sub Total personas más de 1 viaje	549	245	304
Persona que viaja sólo en PM, 1 vez	251	251	
Persona que viaja sólo en PT, 1 vez	135	135	
Total	935	631	

Se aprecia la cantidad de personas que realizan más de un viaje en los períodos de cobro. Para efectos de expandir las recaudaciones en el esquema del área 1, en estos casos deben ser contabilizadas las personas y no los viajes, ya que ellos pagan una sola vez.

Por el nivel de detalle requerido para este análisis de viajes repetidos por persona, fue necesario trabajar con datos de la encuesta sin expandir, ya que los datos expandidos se encuentran a un nivel más agregado.

En todos los tipos de viajes de la tabla donde una misma persona realiza más de un viaje dentro de los períodos punta mañana y punta tarde, el total de viajes y el total de personas contabilizados en el período son diferentes, y la diferencia entre ellos es la cantidad de viajes que se debe descontar del total al analizar las recaudaciones.

De la tabla anterior se tiene que 631 personas realizan 935 viajes en el área tarifada durante los períodos punta mañana y/o punta tarde, en los modos auto chofer y taxi. De estas 631 personas, 386 realizan un solo viaje en el área, en alguno de los dos períodos. El resto de las personas (490) realizan dos o más viajes en alguno de los dos períodos.

Con respecto a los viajes, de los 935 viajes totales en el área 1, en los dos períodos, 549 corresponden a personas que realizan más de un viaje, y que representan el 59% de los viajes totales. De esos 549 viajes, se debe descontar 304, y sólo pagan 245.

TABLA 5-20 VIAJES QUE NO PAGAN TARIFA TVA1

Período	Viajes
Total PM y PT	935
Descuento	304
Factor descuento	0,33

Del total de viajes en los períodos punta mañana y punta tarde, se debe descontar el 33% que no paga tarifa, porque corresponden a viajes de personas que ya viajaron antes, en el área 1, en alguno de los dos períodos, y que por lo tanto ya pagaron la tarifa.

Finalmente, para efectos del cálculo de la recaudación se ha incorporado también este descuento en la estimación de los factores de expansión específicos para este esquema de área, según se indica en la Tabla siguiente. Estos valores están calculados con los viajes en auto chofer y taxi que ingresan al área 1, salen del área 1 ó se realizan al interior de ella, obtenidos de la base de datos de la EOD-2001 expandida.

TABLA 5-21 EXPANSIÓN RECAUDACIÓN TVA1

Período	Viajes
PM	100.487
PT	63.496
PM+PT	163.983
67%(PM+PT)	109.869
7:30 - 8:30	53.424
Factor TVA1	2,06

El 67% de los viajes PM + PT considera los viajes en los dos períodos que pagan la tarifa (todos, menos el 33% que se descuenta porque ya pagaron antes).

El cálculo del factor incluye los viajes con origen y destino al interior del área, ya que en este esquema de área ellos pagan tarifa.

La magnitud de los viajes que se realiza en auto chofer y taxi durante el período punta mañana al interior del área 1, se muestra en la tabla siguiente.

TABLA 5-22 VIAJES CON ORIGEN, DESTINO O AMBOS DENTRO DE TVA1

Período	Generados	Atraídos	gen y atr	TOTAL	% gen y atr
7:30 - 8:30	10.463	35.480	7.481	53.424	14
7:30 - 10:00	22.029	62.385	16.073	100.487	16
18:00 - 20:00	39.952	16.975	6.569	63.496	10
PM + PT	61.981	79.360	22.642	163.983	14

En la tabla anterior se encuentran diferenciados en cada período, los viajes generados al interior del área 1 con destino fuera del ella (columna generados), los viajes atraídos al interior del área 1 con origen fuera de ella (columna atraídos) y los viajes con origen y destino al interior del área 1 (columna gen y atr).

La columna TOTAL contiene la suma de los tres tipos de viajes, y en este caso, todos ellos pagan alguna tarifa. Los viajes de ingreso pagan una tarifa más alta, modelada en los arcos viales de ingreso al área.

Los viajes de salida pueden ser de dos tipos. Puede ser un viaje que se inicia al interior del área, con lo cual, ya sea que realice un viaje con destino en el interior del área, o bien que salga de ella, pagará una tarifa más baja que la de ingreso (1/4 de la tarifa de ingreso), modelada en los arcos ficticios de acceso de las zonas internas al área, a la red vial. Estos últimos viajes (los que se inician al interior del área y salen de ella), no pagan otra tarifa en la salida.

El otro tipo de viaje que sale del área puede ser un viaje de paso, que ingresa al área (paga tarifa en el arco de ingreso) y luego sale de ella sin pagar otra tarifa.

En el cálculo de los factores de expansión no están considerados los viajes de paso por los sectores tarifcados, que tienen origen y destino fuera del área tarifcada.

Estos viajes, si bien pueden ser importantes en la situación base, son los primeros en evitar el cobro, ya que para ello pueden cambiar de ruta.

De esta forma, un resumen de los factores de expansión obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 5-23 FACTORES DE EXPANSIÓN

Escenario	Periodo	Factor de Expansión Beneficios al día	de Factor de Expansión anual	de Factor de Expansión Recaudación al día	Factor de Expansión anual	de
TVC2	AM	3,13	626	3,07	614	
TVA1	AM	3,13	626	2,06	412	
TVTC	AM	3,13	626	3,27	654	

Estos factores son un poco mayores que los utilizados para la expansión en la estimación preliminar, pues la base de cálculo ha sido distinta, habiéndose utilizado esta vez directamente los datos de la EOD, en vez de datos de la actualización de ESTRAUS, ya que estos últimos no estaban desagregados específicamente para temporada normal, por lo tanto se consideran menos representativos que los de la EOD.

Adicionalmente, se estimó un factor de expansión por modo, para expandir los costos de operación estimados separadamente para los modos auto, bus, y taxi colectivo.

Estos factores también fueron obtenidos de la base de datos de la EOD-2001, considerando los mismos períodos de día, pero desagregando la información por modo.

De esta forma, se obtuvo la tabla que se muestra a continuación, con los viajes agrupados por modo, en los tres períodos considerados y con los cuales se determinan los factores.

TABLA 5-24 FACTORES DE EXPANSIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN

Modo	7:30 - 8:30	7:30 - 10:00	18:00 - 20:00	Factor
Auto	289.561	491.836	352.101	2,915
Bus	481.014	829.784	617.947	3,010
Metro	32.828	69.316	64.734	4,083
taxi colectivo	31.147	65.405	47.827	3,635

Codificación de los proyectos

En términos de modelación, los esquemas fueron modelados considerando las particularidades de cada esquema.

Área

En el caso de cobros en área, se representaron en base a dos tipos de tarifas:

- Cobros en los arcos del cordón que define el área de cobro, en el sentido de entrada al área. Es decir los vehículos que acceden a la zona están sujetos al cobro de la tarifa completa.
- Cobros en los arcos de acceso a la red al interior de la zona. En este caso, dado que los vehículos que inician su viaje al interior del área también están sujetos al cobro bajo un esquema de área, se les ha cobrado en los arcos de acceso a la red (conectores) en el sentido de entrada. A todos estos usuarios se les aplicó un descuento “para residentes”, lo que se traduce en una tarifa reducida en un 75% de la tarifa total. Es razonable pensar que los residentes puedan tener un pase especial que les permita pagar una tarifa rebajada, puesto que para ellos se trata de un viaje obligado en el que no pueden modificar la ruta. Este costo se aplica con posterioridad a la toma de decisión de vivir en la zona y por lo tanto debe ser mitigado de alguna manera. Se pensó inicialmente en liberar completamente del pago de esta tarifa a los residentes, sin embargo, finalmente se optó por una tarifa rebajada en un 75% ya que ellos también deben percibir parte del costo que generan por contribuir a la congestión del sector.

Este supuesto estaría de alguna manera **subestimando** el efecto que la tarifa tendría en la zona, pues habrán usuarios no-residentes que podrían iniciar su viaje desde la zona (no habiendo pagado antes). Sin embargo es un tema complejo de abordar dadas las limitaciones del modelo.

Finalmente, un problema particular de la modelación de este esquema es que el horario 2 modelado en ESTRAUS en el período punta mañana, no permite modificar el cobro considerado en los conectores en el periodo 1. Por lo tanto para estos usuarios que inician el viaje desde el interior del área, no existe como alternativa el adelantar el viaje al período anterior para evitar el cobro.

Cordón

El cobro de los esquemas de cordón es más simple de implementar en términos de modelación, pues básicamente consiste en aplicar la tarifa estimada, de entrada y salida, en los arcos que definen el borde del cordón. De esta forma todos los vehículos que pasen por dichos arcos estarán percibiendo la aplicación del cobro.

Tecnologías y métodos de cobro

- 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 como sistema de cobro uno basado en transponders (tags) y pórticos, presenta una ventaja para su implementación en la ciudad de Santiago.
- No es menor que ya existan más de un millón de tags distribuidos en Santiago, y que además dicha tecnología sea 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).

En base a lo anterior, el análisis y la estimación de costos del sistema 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.

5.5 Resumen de resultados de alternativas definitivas

Generalidades

El análisis detallado de los resultados para cada alternativa en particular se presenta en un volumen independiente como parte del presente informe final.

En esta sección se reporta un resumen de los resultados del análisis de las alternativas definitivas de tarificación vial para Santiago que han sido definidas. 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 5-25 TARIFAS BASE APLICADAS A CADA ESQUEMA PARA EL ANÁLISIS COMPARATIVO

TVC2	TVA1	TVTC
\$ 500	\$ 500	\$ 500
\$ 1000	\$ 1000	\$ 1000
\$ 1500	\$ 1500	\$ 1500
\$ 2000	\$ 2000	\$ 2000
\$ 2500	\$ 2500	\$ 2500
\$ 3000	\$ 3000	\$ 3000
\$ 3500	\$ 3500	\$ 3500
\$ 4000	\$ 4000	\$ 4500
\$ 6000	\$ 6000	\$ 6000

Recordemos que las simulaciones se realizan sin 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:

- I 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.
- I 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. Cuando se habla de tarifa de \$2.000 en TVC2, se trata de la tarifa de ingreso, y la de salida corresponde a \$1.200. Cuando se habla de tarifa de \$2.000 en el TVTC, esta es la 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 esta tarifa, debido a que la mayoría de ellos son realizados por personas que residen dentro del área. Así, cuando se habla de tarifa de \$2.000 en TVA1, esta es la tarifa que pagan los que ingresan al cordón, y los que inician su viaje al interior pagan \$500.
- I 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.
- I 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.

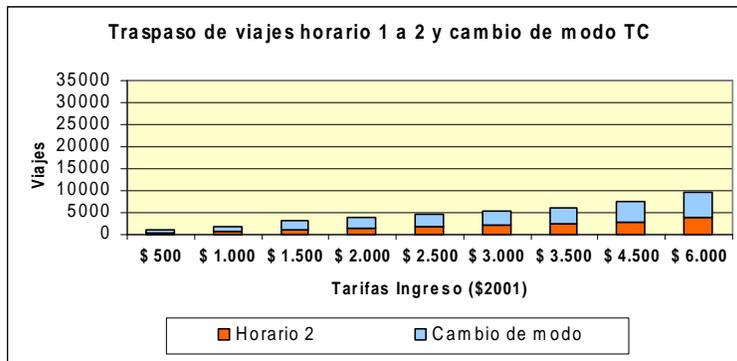
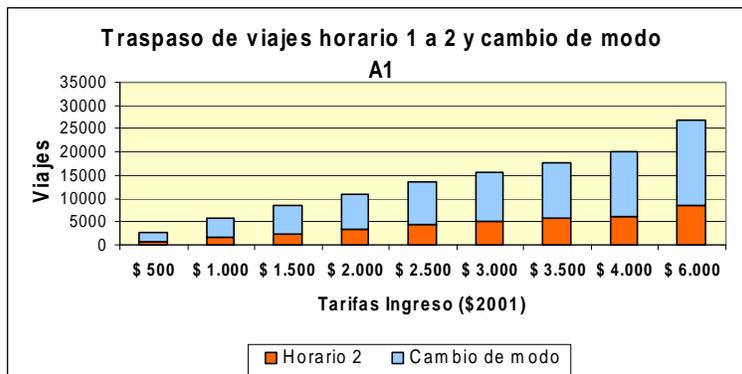
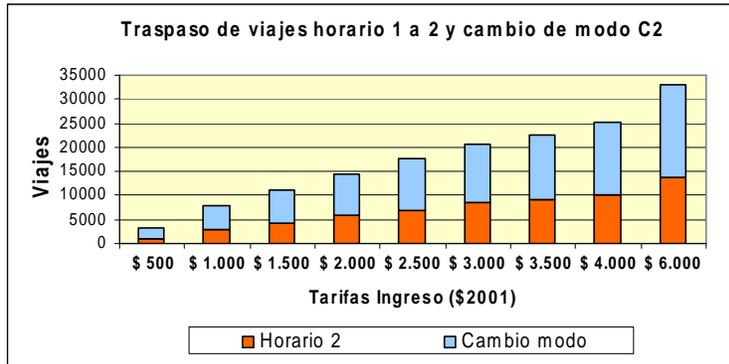
Viajes en auto que dejan de hacerse en el horario 1

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 saca 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 se cambian de horario y de modo es diferente en los tres esquemas. En el esquema TVC2, del total de viajes que salen 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 5-10 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 realizadas se considera 5 niveles de ingreso, cuyos rangos se muestran a continuación:

- 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 5-26 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

Esquema TVC2

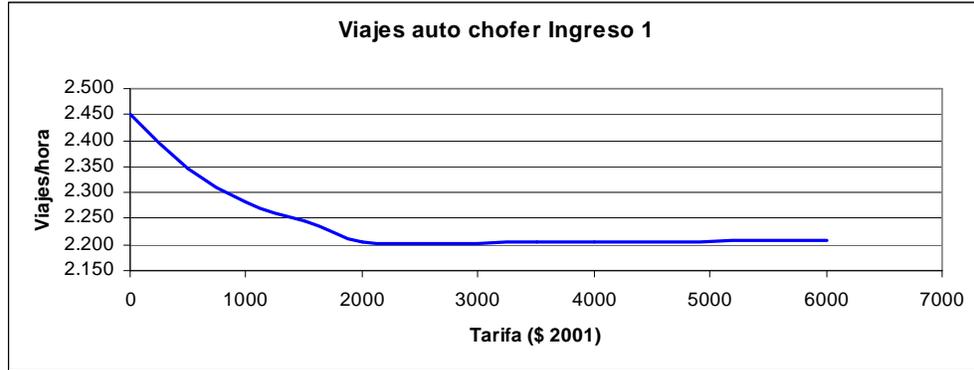
La tabla siguiente muestra los viajes en auto chofer por nivel de ingreso, para todas las tarifas aplicadas.

TABLA 5-27 VIAJES EN AUTO CHOFER HORARIO 1 ESQUEMA TVC2

Tarifa	ingreso 1	ingreso 2	ingreso 3	ingreso 4	ingreso 5	total
0	2.452	21.296	97.909	115.094	173.164	409.915
500	2.348	20.695	96.293	114.122	173.120	406.578
1000	2.282	20.148	94.499	112.818	172.473	402.220
1500	2.244	19.759	93.128	111.705	171.880	398.716
2000	2.204	19.456	91.855	110.620	171.344	395.479
2500	2.201	19.179	90.584	109.515	170.906	392.385
3000	2.202	19.002	89.393	108.356	170.292	389.245
3500	2.204	18.855	88.710	107.583	170.041	387.393
4000	2.205	18.671	87.867	106.574	169.538	384.855
6000	2.208	18.504	85.613	103.038	167.430	376.793

Las figuras siguientes muestran 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.

FIGURA 5-11 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 1, TVC2



En la figura anterior 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 \$2000, ya se han salido del horario 1 todos los usuarios del nivel de ingreso 1. Tarifas superiores a \$2000 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 \$4000 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 \$4000.

En este caso también, en los niveles de ingreso 3 o superiores, se requiere tarifas mayores a \$6000 para que todos los usuarios de niveles más altos hayan dejado de viajar en auto en este horario.

FIGURA 5-12 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 2, TVC2

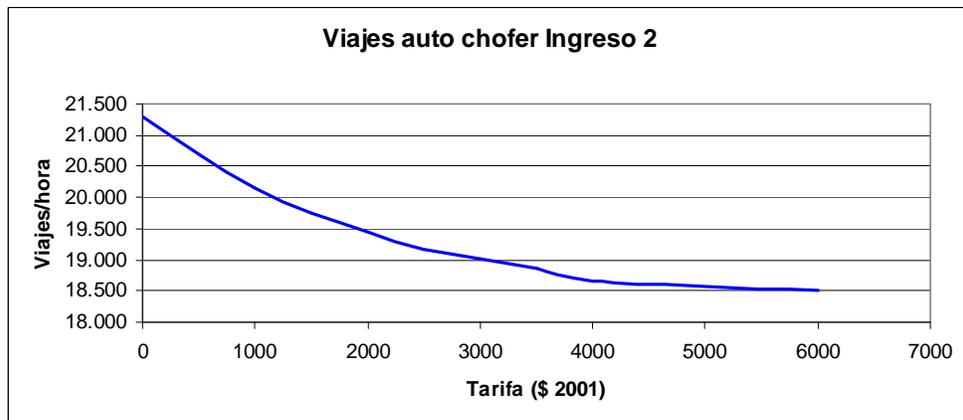


FIGURA 5-13 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 3, TVC2

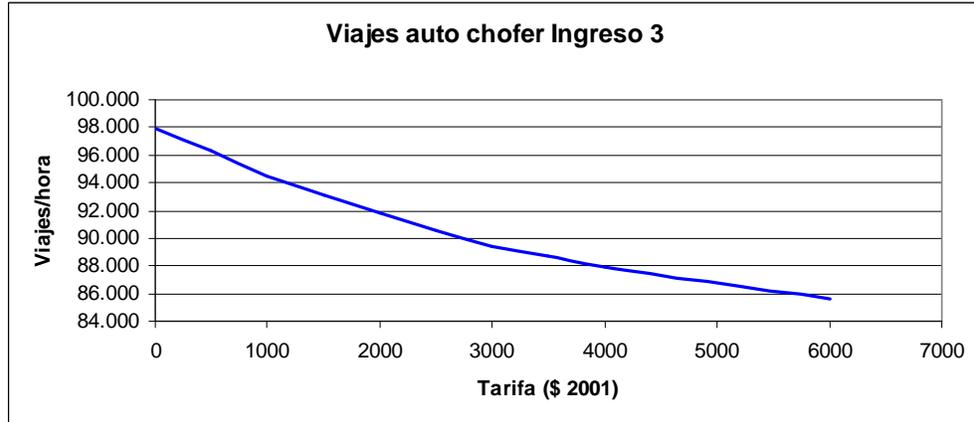


FIGURA 5-14 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 4, TVC2

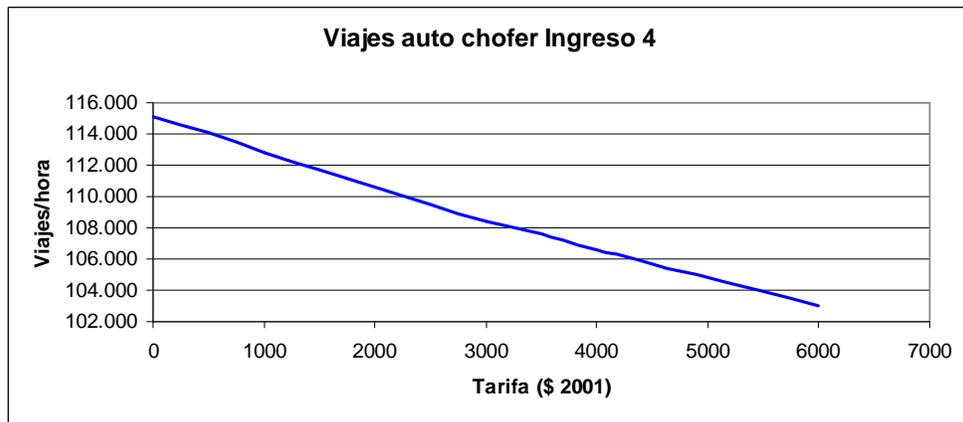
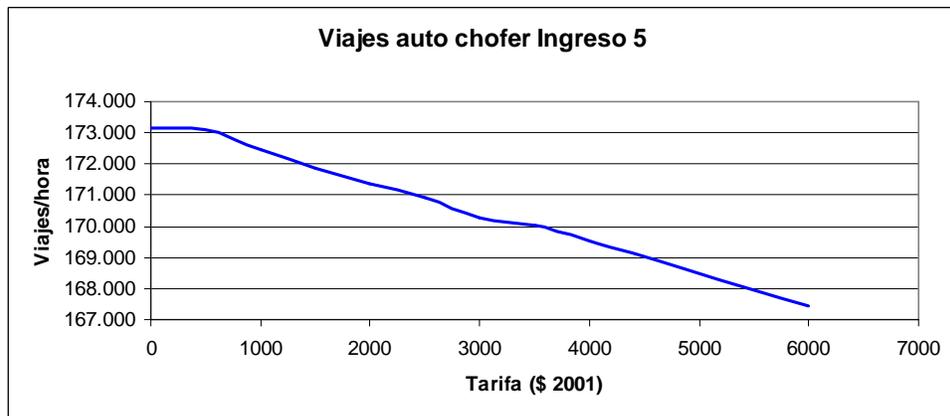


FIGURA 5-15 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 5, TVC2



Esquema TVA1

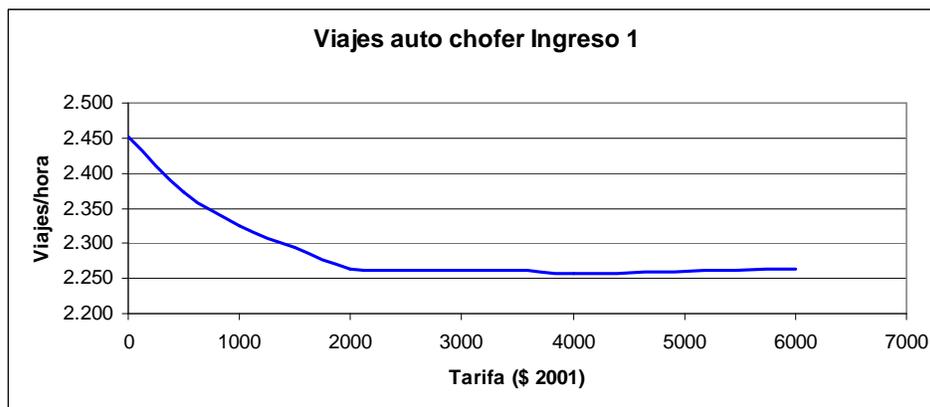
La tabla siguiente muestra los viajes en auto chofer por nivel de ingreso, para todas las tarifas aplicadas.

TABLA 5-28 VIAJES EN AUTO CHOFER HORARIO 1 ESQUEMA TVA1

Tarifa	ingreso 1	ingreso 2	ingreso 3	ingreso 4	ingreso 5	total
0	2.452	21.296	97.909	115.094	173.164	409.915
500	2.373	20.784	96.580	114.273	173.016	407.026
1000	2.324	20.446	95.450	113.353	172.652	404.225
1500	2.295	20.148	94.382	112.470	172.224	401.519
2000	2.263	19.898	93.435	111.631	171.794	399.021
2500	2.262	19.698	92.437	110.726	171.299	396.422
3000	2.262	19.541	91.577	109.907	170.848	394.135
3500	2.261	19.415	90.862	109.137	170.464	392.139
4000	2.257	19.231	90.134	108.323	169.993	389.938
6000	2.264	19.111	88.197	105.279	168.065	382.916

Las figuras siguientes muestran los viajes en auto chofer, por nivel de ingreso, que permanecen en el horario 1 al aplicar las tarifas del esquema de área 1, TVA1.

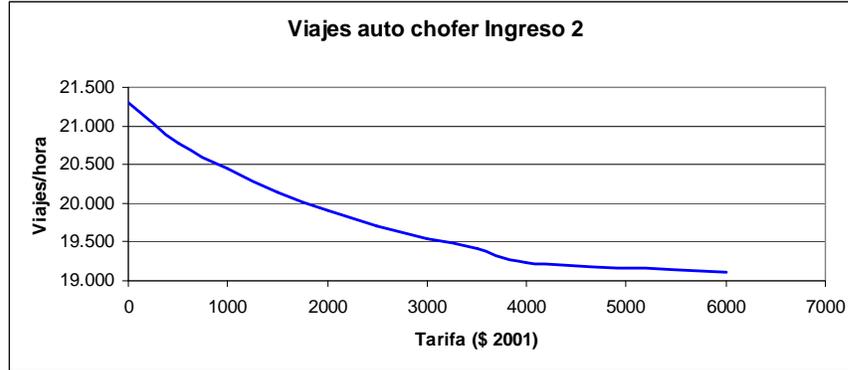
FIGURA 5-16 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 1, TVA1



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 \$2000, ya se han salido del horario 1 todos los usuarios del nivel de ingreso 1. Tarifas superiores a \$2000 ya no tienen efecto en estos usuarios de menores ingresos, puesto que ellos ya no viajan en el horario 1.

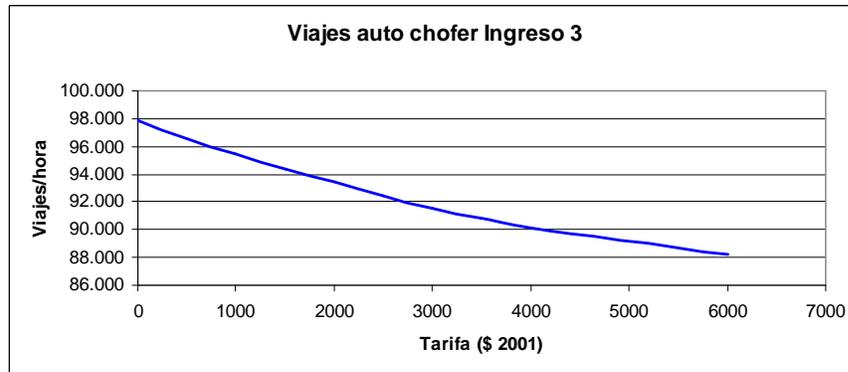
La figura muestra todos los viajes en auto del nivel de ingreso 1 en la red, por lo tanto, los viajes que permanecen en el horario 1 para tarifas superiores a \$2000 son los que no se ven afectados por la tarifación aplicada.

FIGURA 5-17 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 2, TVA1



En el caso del nivel de ingreso 2, el segundo nivel de ingreso más bajo, ocurre algo similar, pero donde la tarifa máxima que algunos de estos usuarios están dispuestos a pagar es del orden de los \$4000. Tarifas superiores a \$4000 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 \$4000.

FIGURA 5-18 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 3, TVA1



En los niveles de ingreso 3 o superiores, probablemente ocurre lo mismo, pero con tarifas superiores a los \$6000, por lo cual esto no queda reflejado en las figuras.

FIGURA 5-19 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 4, TVA1

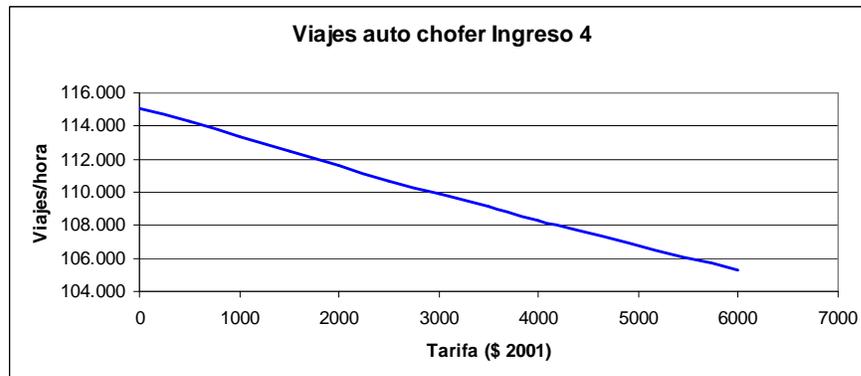
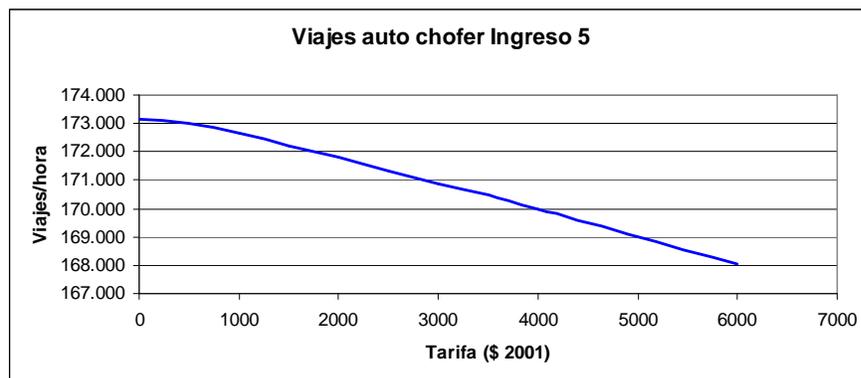


FIGURA 5-20 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 5, TVA1



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 \$1000 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 tarifado con las tarifas más bajas, y al ir aumentando el valor de la tarifa, sólo van quedando algunos usuarios de los niveles más altos.

Esquema TVTC

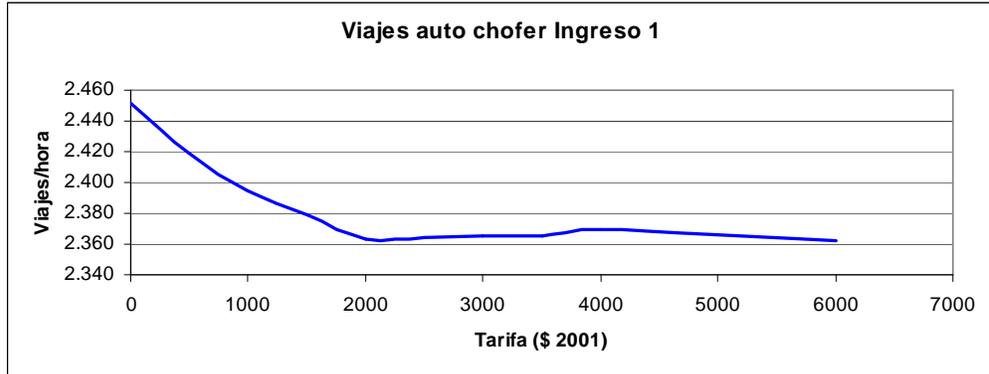
La tabla siguiente muestra los viajes en auto chofer por nivel de ingreso, para todas las tarifas aplicadas.

TABLA 5-29 VIAJES EN AUTO CHOFER HORARIO 1 ESQUEMA TVTC

Tarifa	ingreso 1	ingreso 2	ingreso 3	ingreso 4	ingreso 5	total
0	2.452	21.296	97.909	115.094	173.164	409.915
500	2.419	21.097	97.417	114.809	173.252	408.994
1000	2.395	20.937	97.003	114.563	173.258	408.156
1500	2.379	20.778	96.432	114.159	173.087	406.835
2000	2.363	20.646	96.004	113.834	173.012	405.859
2500	2.364	20.565	95.648	113.597	173.052	405.226
3000	2.365	20.499	95.305	113.314	173.037	404.520
3500	2.365	20.418	94.984	112.995	172.952	403.714
4000	2.369	20.348	94.578	112.455	172.801	402.551
6000	2.362	20.295	93.849	111.410	172.229	400.145

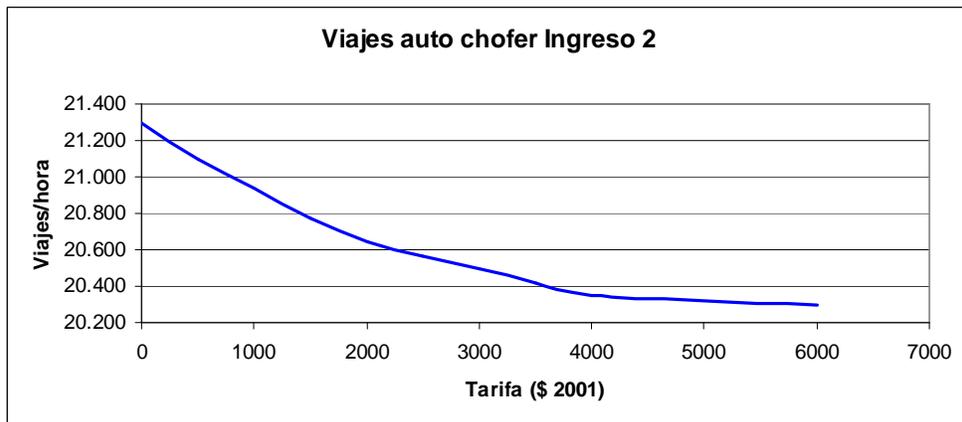
Las figuras siguientes muestran los viajes en auto chofer, por nivel de ingreso, que permanecen en el horario 1 al aplicar las tarifas del esquema de cordón Triángulo Central, TVTC.

FIGURA 5-21 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 1, TVTC



En la figura anterior 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 \$2000, ya se han salido del horario 1 todos los usuarios del nivel de ingreso 1. Tarifas superiores a \$2000 ya no tienen efecto en estos usuarios de menores ingresos, puesto que ellos ya no viajan en el horario 1.

FIGURA 5-22 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 2, TVTC



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 \$4000 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 \$4000.

En este caso también, en los niveles de ingreso 3 o superiores, se requiere tarifas mayores a \$6000 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 \$3000 tienen muy poco impacto. Estos usuarios empiezan a evitar el pago de manera importante, recién con tarifas superiores a los \$3000.

FIGURA 5-23 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 3, TVTC

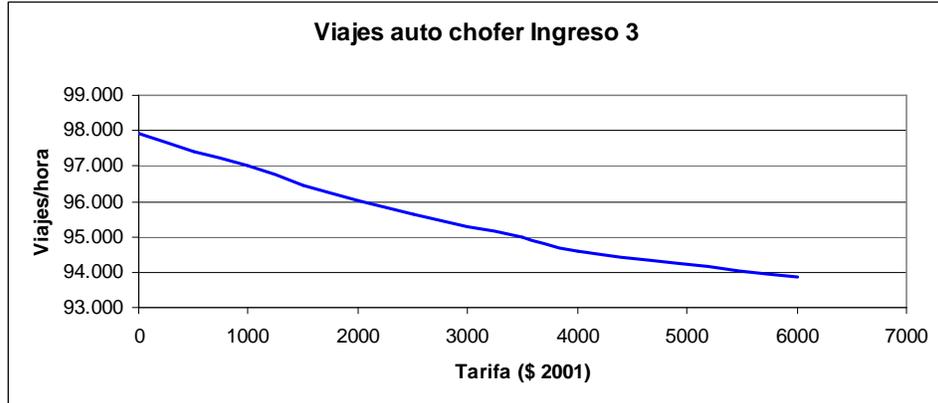


FIGURA 5-24 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 4, TVTC

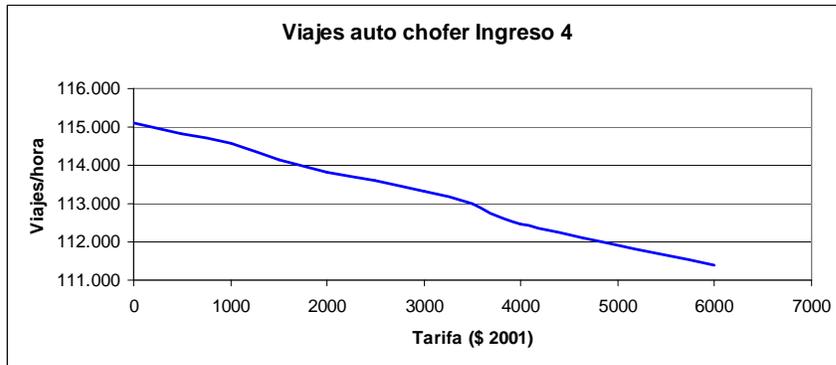
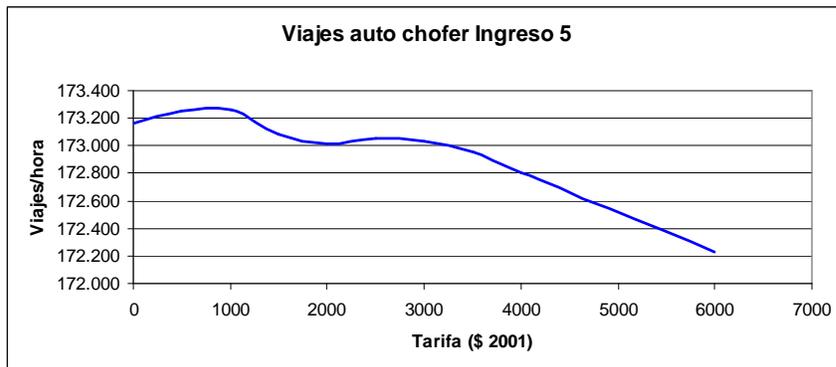


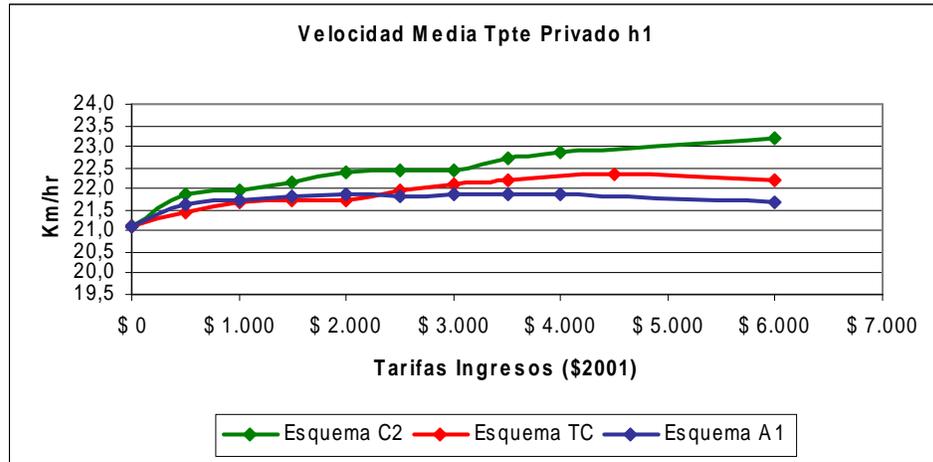
FIGURA 5-25 VIAJES EN AUTO CHOFER NIVEL DE INGRESO 5, TVTC



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 aprecia en la figura siguiente.

FIGURA 5-26 VELOCIDAD MEDIA TRANSPORTE PRIVADO POR ESQUEMA

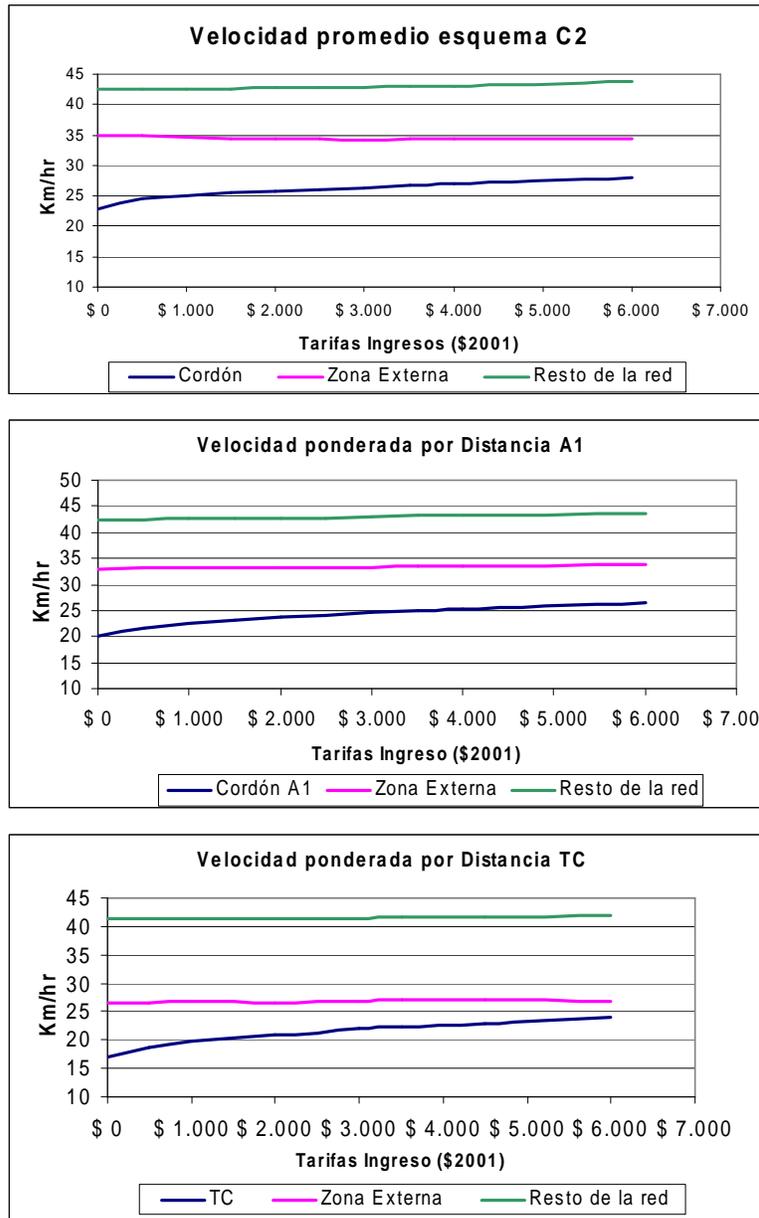


La velocidad promedio en este caso se calcula como la velocidad ponderada por la longitud de cada arco que compone el área considerada, para darle mayor peso a los arcos más largos.

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 5-27 VELOCIDAD PROMEDIO POR ESQUEMA

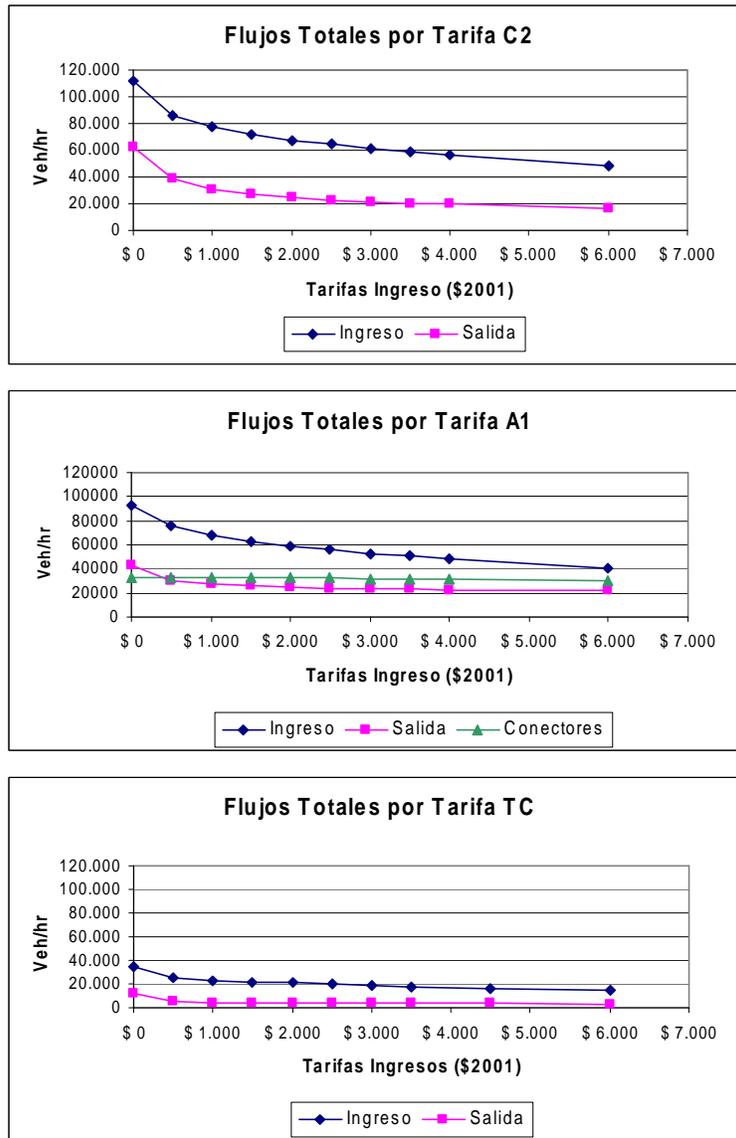


Flujos en arcos tarifcados

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

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

FIGURA 5-28 FLUJOS ARCOS TARIFICADOS POR ESQUEMA



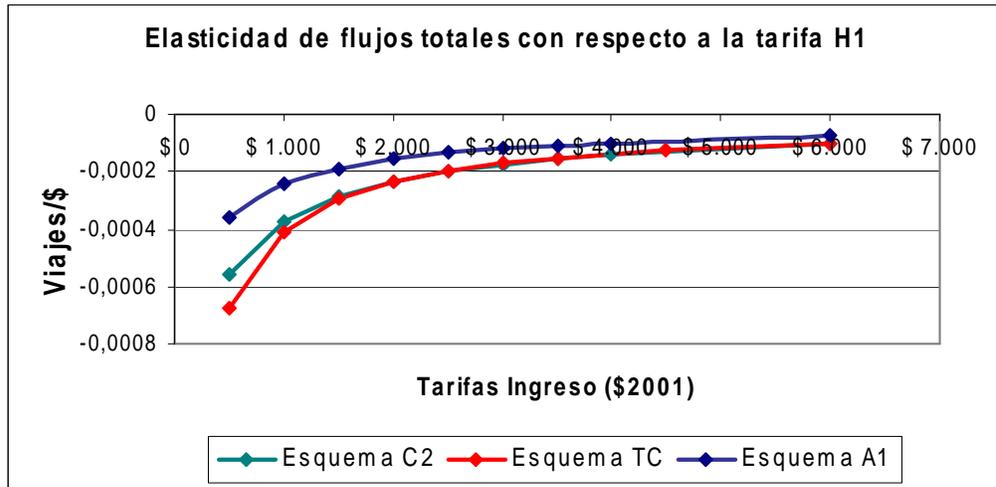
Elasticidad de los flujos en arcos tarifados

A continuación se muestra la elasticidad del flujo total en todos los arcos tarifados con respecto a los aumentos de tarifa.

En cada esquema se tomó la suma de los flujos que pasan por todos los arcos tarifados, 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 tarifados es diferente en cada esquema. Por esta misma razón, no todas las curvas parten del mismo punto.

FIGURA 5-29 ELASTICIDAD FLUJOS TARIFICADOS POR ESQUEMA



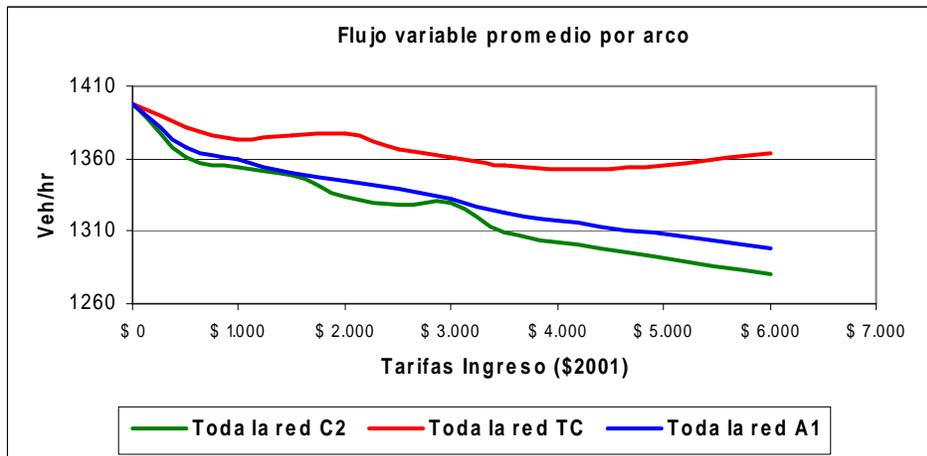
Se observa que tanto TVC2 como TVTC presentan un comportamiento bastante similar desde los \$1500 de tarifa en adelante, en términos de la elasticidad. El esquema TVA1 presenta una elasticidad mucho menor en magnitud. Esto se debe probablemente a la gran cantidad de viajes que quedan con tarifa rebajada 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 suaviza.

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 5-30 FLUJO VARIABLE PROMEDIO POR ARCO POR ESQUEMA



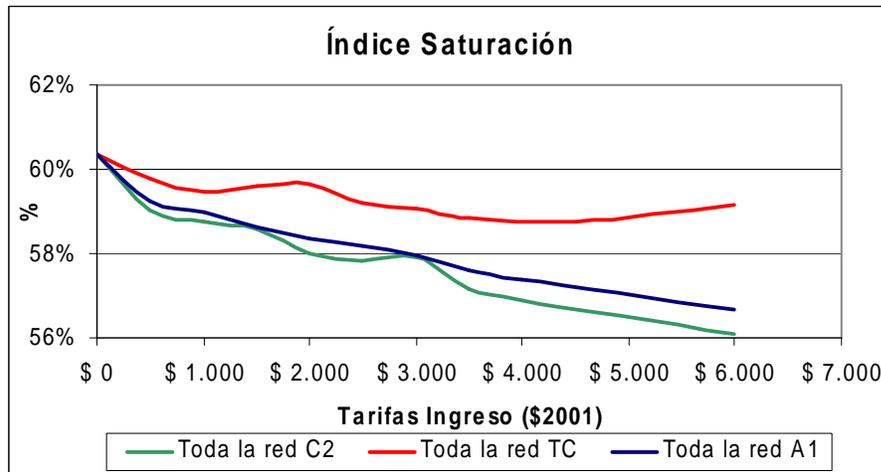
La disminución del flujo variable promedio por arco que se muestra en la figura incluye los viajes que cambian de ruta, los que cambian de horario y los que cambian de modo.

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. Ellos se muestran en la figura siguiente.

FIGURA 5-31 ÍNDICE SATURACIÓN POR ESQUEMA

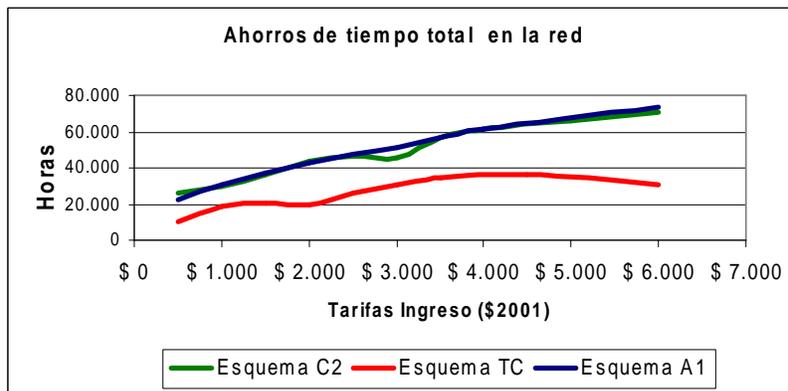


Al revisar los impactos en el índice de saturación para cada esquema a nivel de toda la red de simulación, no se ven grandes impactos. TVC2 presenta el mejor rendimiento disminuyendo desde más de un 60% a 56% para la tarifa de \$6.000. TVC2 y TVA1 presentan un efecto similar con respecto a esta indicador.

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. Ellos se muestran para cada esquema en la figura siguiente.

FIGURA 5-32 AHORROS DE TIEMPO POR ESQUEMA

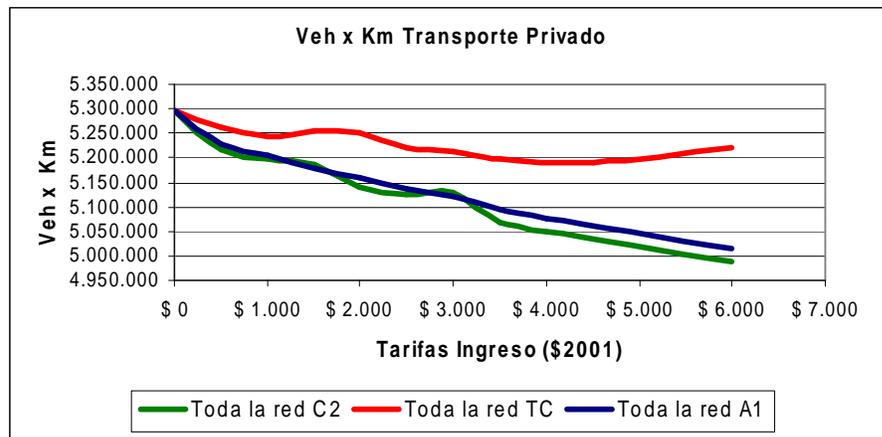


Nuevamente, los esquemas TVC2 y TVA1 tienen un impacto muy parecido en términos de ahorros de tiempo en toda la red. Para tarifas altas, los ahorros con estos dos esquemas llegan a ser del orden del doble del ahorro con el esquema TVTC.

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. Los consumos se muestran en la figura siguiente.

FIGURA 5-33 CONSUMOS DISTANCIA POR ESQUEMA

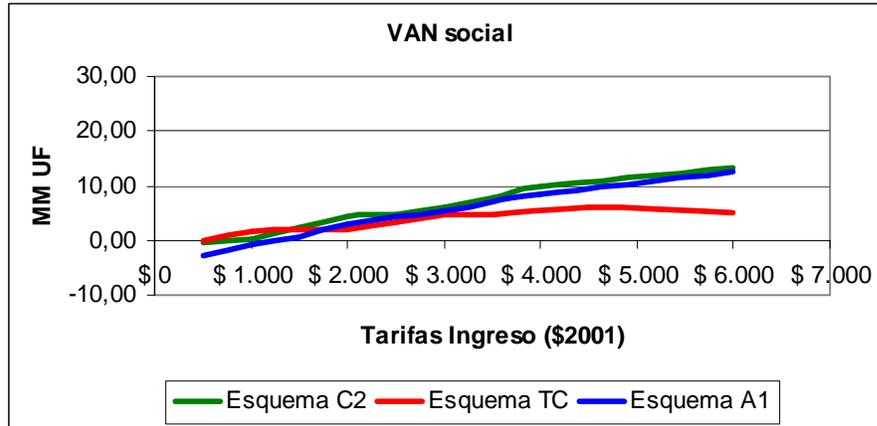


Los esquemas TVC2 y TVA1 se comportan de manera muy parecida con respecto a los consumos de distancia. El efecto en los veh-km del esquema TVTC es mucho menor.

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). En la figura siguiente se muestra los valores del VAN para cada esquema analizado.

FIGURA 5-34 VAN SOCIAL

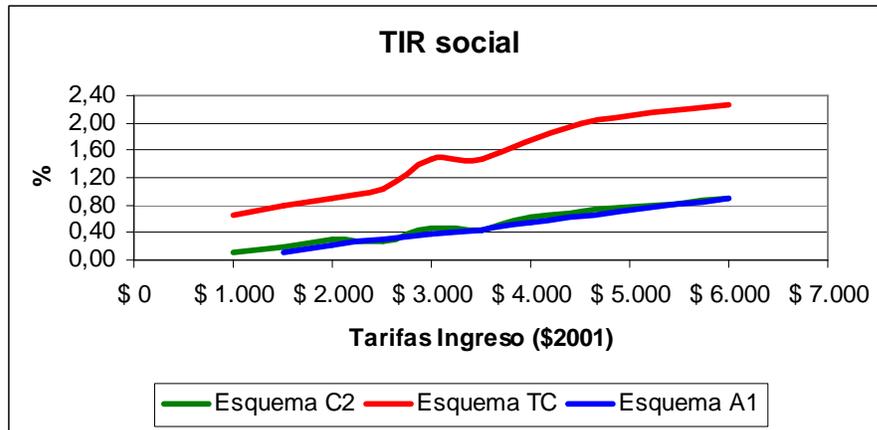


En la figura se puede ver que los esquemas TVC2 y TVA1 muestran valores de VAN similares. Para tarifas inferiores a \$3.000 el VAN es parecido para los tres esquemas. Para tarifas mayores que \$3.000, el esquema TVTC entrega valores mucho menores que los otros dos esquemas.

Tasa interna social de retorno

A continuación se estima la tasa interna de retorno de cada esquema, para todas las tarifas analizadas. Esto se muestra en la figura siguiente.

FIGURA 5-35 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.

Análisis por sectores

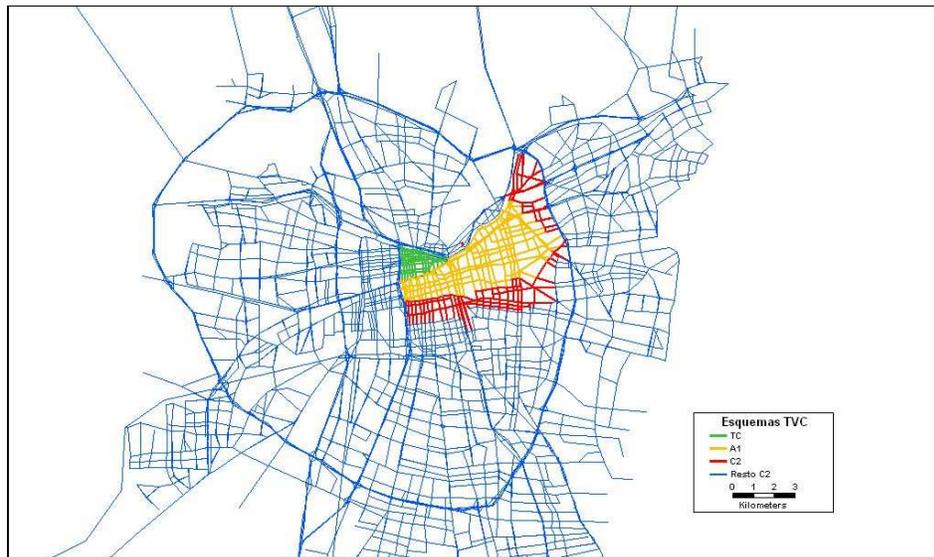
Hasta acá siempre se analizó cada esquema en los sectores correspondientes a su propia área tarifada, donde el único sector común entre los tres esquemas era la red completa.

Para hacer una comparación de indicadores por sector, se hizo una nueva división de la red, en los siguientes cuatro sectores:

- Sector triángulo central
- Sector área 1
- Sector cordón 2
- Sector resto del cordón 2

En la figura siguiente se muestran los sectores considerados.

FIGURA 5-36 SECTORES DEFINIDOS PARA EL ANÁLISIS

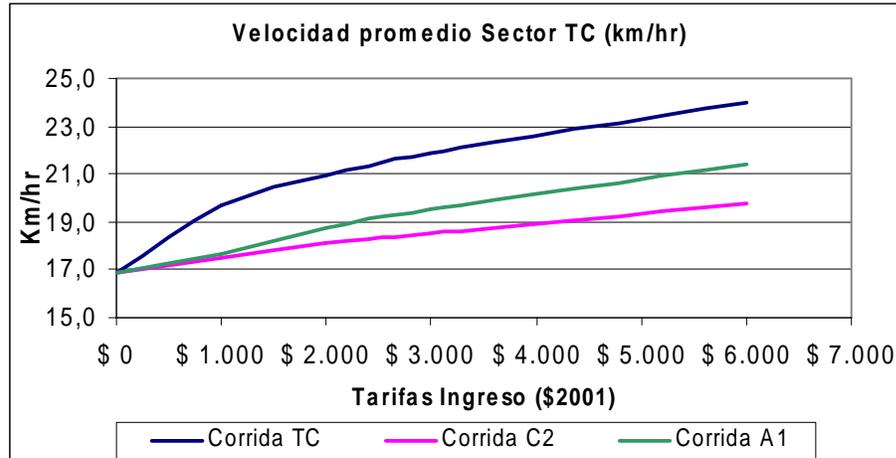


Se analizaron tres indicadores en las simulaciones de los tres esquemas, pero considerando en todos ellos esta misma división de la red. A continuación se presentan los resultados.

Velocidad promedio por sector

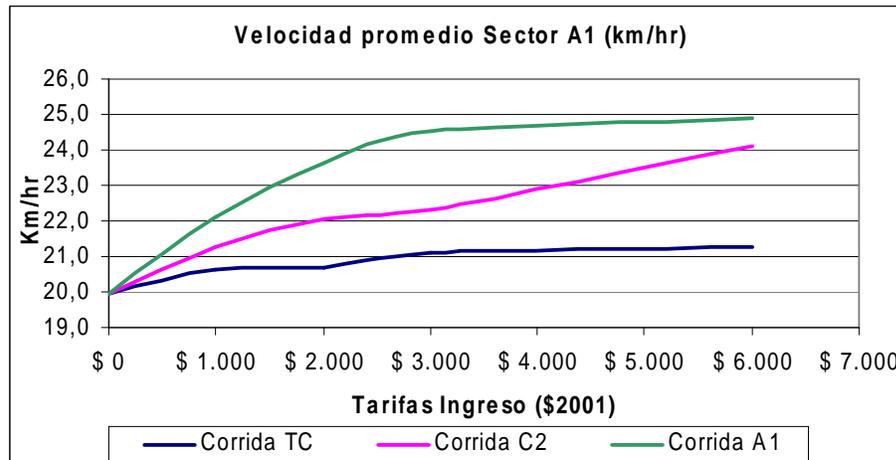
Se estimó un indicador de velocidad media en cada sector como la velocidad promedio de todos los arcos al interior del sector considerado, ponderando por la longitud de los arcos, para obtener una velocidad a la cual es posible circular, independientemente de los flujos promedios en el sector.

FIGURA 5-37 VELOCIDAD PROMEDIO SECTOR TRIÁNGULO CENTRAL (KM/HR)



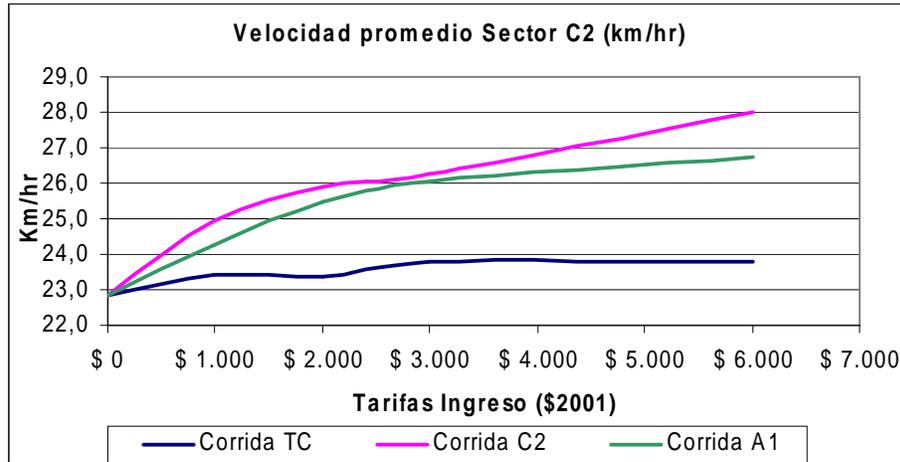
En la figura se aprecia que el esquema de triángulo central es el que produce un mayor aumento de la velocidad al interior del sector triángulo central, para todos los niveles de tarifa. El esquema de cordón 2 es el que produce el menor impacto en la velocidad media al interior de este sector.

FIGURA 5-38 VELOCIDAD PROMEDIO SECTOR ÁREA 1 (KM/HR)



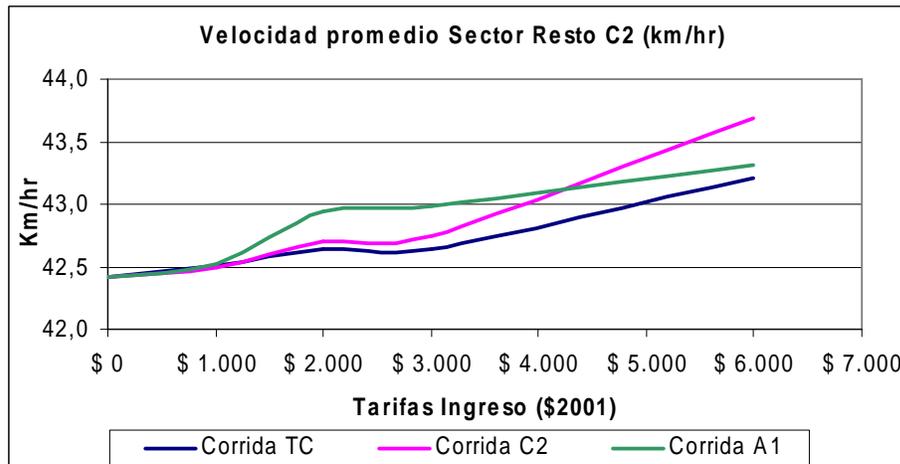
En el sector área 1, el esquema que produce un mayor aumento de la velocidad media es el esquema de área 1. El esquema de triángulo central es el que produce el menor efecto en la velocidad media del sector área 1.

FIGURA 5-39 VELOCIDAD PROMEDIO SECTOR CORDÓN 2 (KM/HR)



En el sector cordón 2, el esquema de cordón 2 es el que produce el mayor aumento en la velocidad promedio, con resultados muy parecidos a los del esquema área 1, que resultan levemente inferiores. El esquema triángulo central produce un aumento muy pequeño de la velocidad promedio en el sector cordón 2.

FIGURA 5-40 VELOCIDAD PROMEDIO SECTOR RESTO CORDÓN 2 (KM/HR)

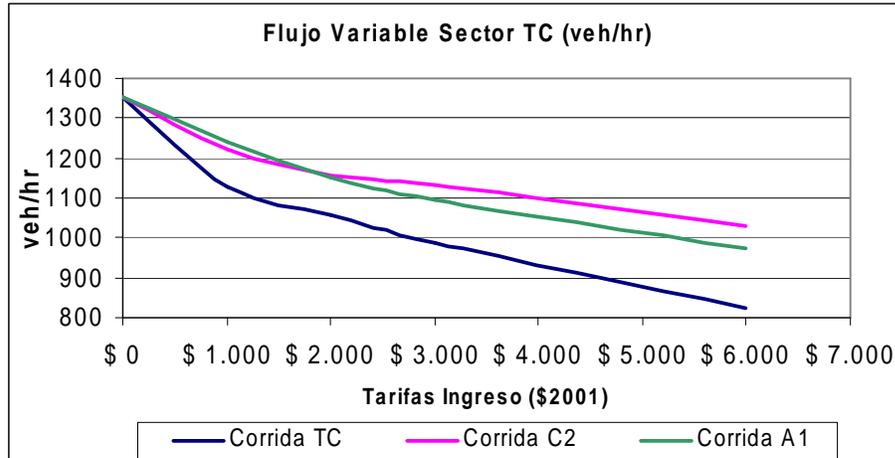


En el sector resto del cordón 2, las tarifas pequeñas casi no producen ningún efecto. El esquema área 1 es el que produce el mayor aumento en la velocidad media de este sector.

Flujo transporte privado por sector

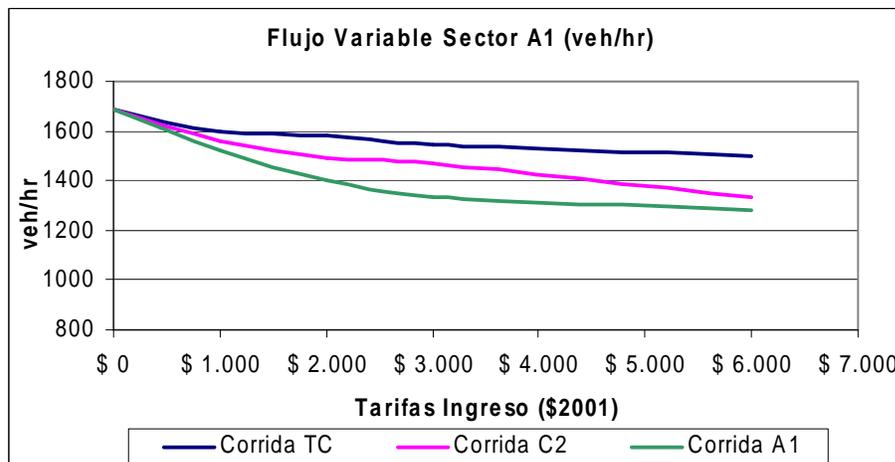
Se estimó también el indicador de flujo medio de transporte privado en los mismos sectores.

FIGURA 5-41 FLUJO PROMEDIO SECTOR TRIÁNGULO CENTRAL (KM/HR)



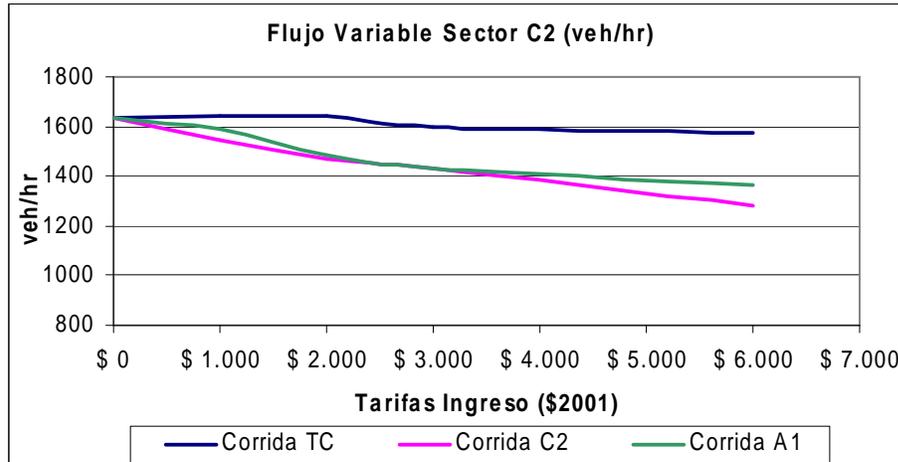
Con el flujo de transporte privado ocurre algo muy similar a lo que ocurre con la velocidad media, donde cada esquema produce el mejor efecto en el sector correspondiente a su esquema. En la figura anterior se analiza el sector triángulo central y se ve que el esquema triángulo central es el que produce la mayor disminución en los flujos medios de transporte privado. Los esquemas de área y de cordón producen efectos similares.

FIGURA 5-42 FLUJO PROMEDIO SECTOR ÁREA 1 (KM/HR)



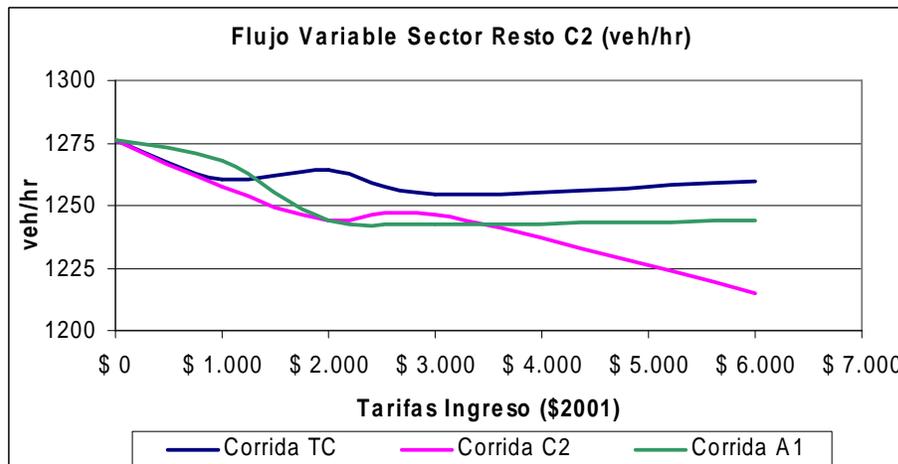
El esquema de área 1 produce la mayor disminución en los flujos de auto, en el sector área 1 y el esquema triángulo central es el que produce el menor efecto.

FIGURA 5-43 FLUJO PROMEDIO SECTOR CORDÓN 2 (KM/HR)



En el sector cordón 2, el mejor efecto se logra con el esquema cordón 2, muy parecido a lo que se logra con el esquema área 1. El esquema de triángulo central tiene un impacto menor en el flujo medio del sector cordón 2.

FIGURA 5-44 FLUJO PROMEDIO SECTOR RESTO CORDÓN 2 (KM/HR)

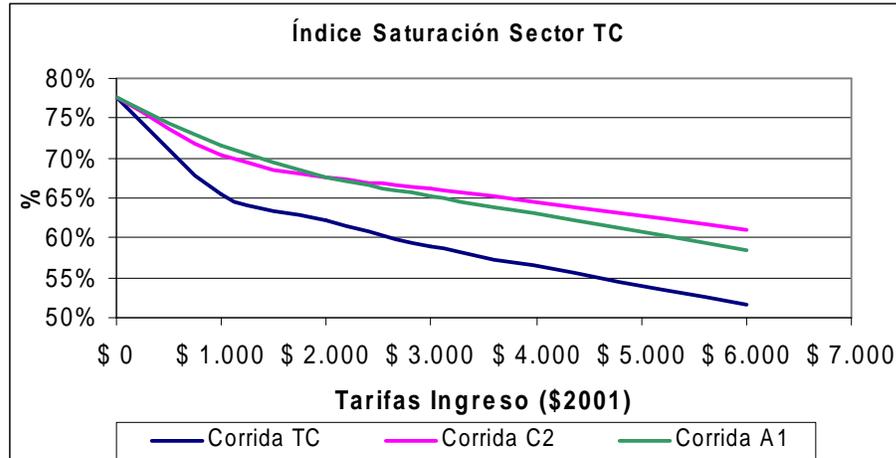


En el sector resto cordón 2, el esquema que produce los mejores resultados es el área 1. Los resultados que se obtiene en este sector con los esquemas cordón 2 y área 1 son muy parecidos.

Índice de saturación promedio por sector

Por último, se estimó también el indicador de saturación en cada uno de estos sectores, los que se compara a continuación.

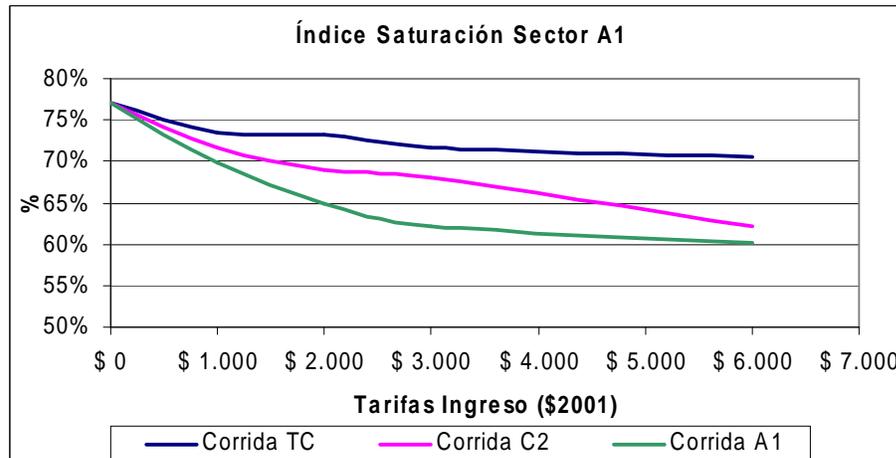
FIGURA 5-45 ÍNDICE DE SATURACIÓN SECTOR TRIÁNGULO CENTRAL (KM/HR)



El índice de saturación tiene un comportamiento análogo al flujo medio por sector. Vuelve a ocurrir que cada esquema es el que logra el mejor efecto en el sector correspondiente al área tarifada.

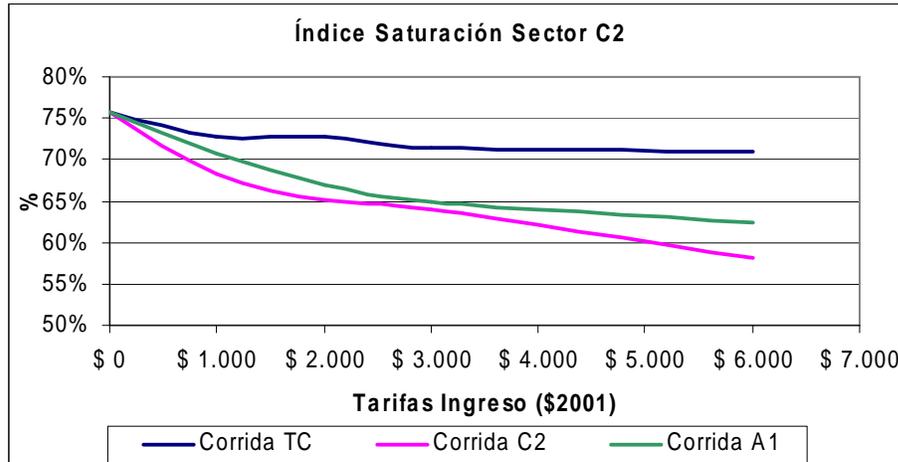
En la figura anterior se ve que el esquema de triángulo central es el que logra la mayor reducción del índice de saturación en el sector triángulo central.

FIGURA 5-46 ÍNDICE DE SATURACIÓN SECTOR ÁREA 1 (KM/HR)



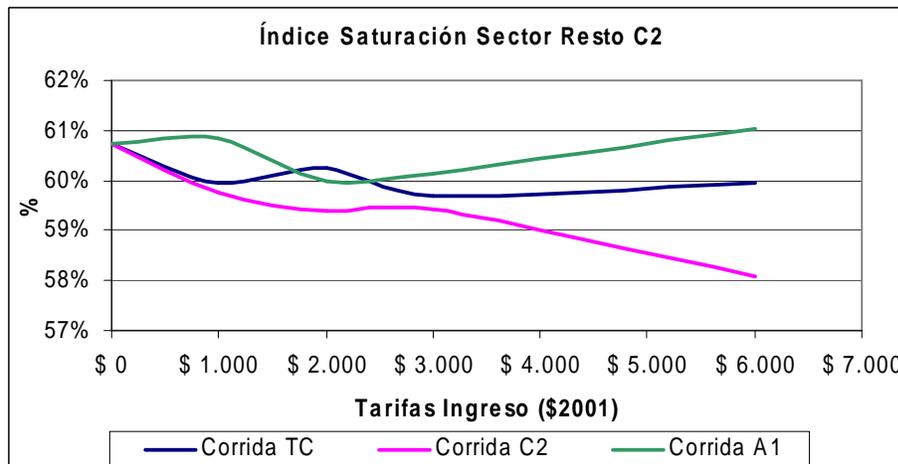
El esquema de área 1 es el que permite obtener el mejor resultado en el sector de área 1. El esquema de triángulo central logra el menor efecto.

FIGURA 5-47 ÍNDICE DE SATURACIÓN SECTOR CORDÓN 2 (KM/HR)



En el sector cordón 2, el esquema cordón 2 obtiene las mayores reducciones en los índices de saturación. El esquema triángulo central tiene poco efecto en este sector.

FIGURA 5-48 ÍNDICE DE SATURACIÓN SECTOR RESTO CORDÓN 2 (KM/HR)



En el sector resto cordón 2 el índice de saturación existente sin tarifa es mucho menor que en el resto de los sectores, y el efecto que se logra es menos importante.

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 ESTRAUS, se hizo una estimación de la emisión de contaminantes en cada alternativa de tarifificación 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.

MODEM es una herramienta estratégica de evaluación ambiental que permite incorporar la variable ambiental, en el proceso de planificación de los sistemas de transporte urbano los que incluyen planes, proyectos o medidas de transporte.

Se trabajó con el modelo MODEM en su versión v.4, propiedad del Estado de Chile. Su desarrollo permitió implementar el modelo para la ciudad de Santiago, y realizar proyecciones hasta el año 2010. En la actualidad se está desarrollando un trabajo de actualización del modelo MODEM que se espera esté disponible a finales de año.

La función principal del modelo es estimar las emisiones de contaminantes asociadas al transporte urbano, que emanan por el tubo de escape y las emisiones evaporativas de los vehículos. Además, el modelo estima los consumos de combustibles para distintas categorías vehiculares. MODEM trabaja con categorías vehiculares, asociadas a distintos vehículos y normas de emisión, agregadas en 4 tipos de vehículos (buses; taxis colectivos; camiones y vehículos particulares).

El modelo de emisiones vehiculares (MODEM) es un software especializado que permite calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos generados por la actividad vehicular en áreas urbanas. Este cálculo se realiza con un alto grado de interacción entre modelos de transporte terrestre, y con sistemas de información geográfica (SIG).

A partir de las salidas del modelo estratégico de transporte ESTRASUS, el modelo MODEM estima las emisiones de los contaminantes atmosféricos utilizando factores de emisión para cada categoría vehicular y tipo de contaminante, las composiciones de las categorías vehiculares y los perfiles de flujo horario por tipo de vehículo.

La información vial generada por el modelo estratégico de transporte ESTRASUS, debió ser adaptada y complementada para lograr el nivel de desagregación espacial y temporal requerido para la metodología de estimación de emisiones.

A continuación se reportan los resultados obtenidos para el año 2015 para cada escenario de tarifación considerando dos niveles tarifarios: \$2.000 y \$3.500.

Los resultados para el año 2010 junto con mayor detalle de las especificaciones y supuestos para la estimación de contaminantes (factores de emisión, composición tecnológica vehicular y perfiles de flujo) se reportan en el volumen independiente de análisis y evaluación de alternativas definitivas que es parte del presente informe final.

Los resultados del análisis de contaminantes para el año 2015 se presentan en primer lugar para cada esquema y su comparación con la base, para luego comparar las reducciones en las emisiones que genera cada escenario.

Las estimaciones de emisiones realizadas con el modelo MODEM consideraron la mejor información disponible a la fecha de los análisis y la adopción de supuestos generales por falta de información cuando fue necesario, especialmente para el corte temporal 2015.

Las estimaciones de las emisiones realizadas para este estudio se centraron rigurosamente en la cuantificación de las variaciones o cambios de las emisiones (ton/año), entre la situación base y las alternativas de tarifación vial analizadas, manteniendo como supuesto que algunas variables permanecen constantes "*Caeteres Paribus*". Las estimaciones de emisiones de los escenarios individuales no

pretenden entregar un inventario de emisiones del transporte, sino más bien, una estimación referencial de los niveles de las emisiones.

Emisiones de contaminantes Situación Base

En la tabla a continuación se muestra la síntesis anual para la situación base, es decir el esquema sin tarificación vial.

TABLA 5-30 DESCRIPCIÓN EMISIONES ANUALES SITUACIÓN BASE (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	213	19,3%	1.584	0,9%	925	5,7%	6.105	17,8%	25	1,5%	3	0,1%
Buses Privados	83	7,5%	638	0,3%	337	2,1%	2.122	6,2%	12	0,7%	1	0,0%
Vehículos Liv_Med	801	72,7%	180.881	97,2%	14.654	90,2%	24.001	70,0%	1.560	94,1%	1.955	96,0%
Taxicolectivos	5	0,5%	3.083	1,7%	336	2,1%	2.038	5,9%	61	3,7%	78	3,8%
Total	1.102	100,0%	186.186	100,0%	16.252	100,0%	34.265	100,0%	1.658	100,0%	2.037	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	% CH4	CC	% CC	SO2	% SO2	CO2	% CO2	PM 2,5	% PM 2,5	NA	%NA
Buses Licitados	83	6,3%	284.355	7,8%	28	0,1%	892.051	8,6%	196	0,1%	840.079	2,2%
Buses Privados	47	3,6%	106.183	2,9%	9	0,0%	333.106	3,2%	76	0,0%	386.915	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.135	86,8%	3.133.791	86,1%	48.259	99,9%	8.864.906	85,0%	343.257	99,9%	35.109.890	93,5%
Taxicolectivos	43	3,3%	114.098	3,1%	10	0,0%	336.073	3,2%	5	0,0%	1.206.033	3,2%
Total	1.308	100,0%	3.638.427	100,0%	48.306	100,0%	10.426.135	100,0%	343.534	100,0%	37.542.917	100,0%

Emisiones de contaminantes Escenario Área TVA1

En la tabla a continuación se muestra la síntesis anual para el escenario de cobro en área, denominado TVA1, para dos niveles tarifarios (\$2.000 y \$3.500).

TABLA 5-31 EMISIONES ANUALES ESCENARIO TVA1 – TARIFA \$2.000 (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	210	19,7%	1.560	0,9%	901	5,8%	6.053	18,1%	25	1,5%	3	0,2%
Buses Privados	80	7,5%	611	0,3%	320	2,0%	2.027	6,1%	11	0,7%	1	0,1%
Vehículos Liv_Med	773	72,4%	174.003	97,1%	14.099	90,1%	23.289	69,7%	1.520	93,9%	1.905	95,9%
Taxicolectivos	5	0,5%	2.982	1,7%	330	2,1%	2.049	6,1%	61	3,8%	78	3,9%
Total	1.067	100,0%	179.155	100,0%	15.650	100,0%	33.418	100,0%	1.618	100,0%	1.987	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	% CH4	CC	% CC	SO2	% SO2	CO2	% CO2	PM 2.5	% PM 2.5	NA	%NA
Buses Licitados	83	6,6%	282.506	8,0%	28	0,1%	886.252	8,8%	193	0,1%	840.079	2,3%
Buses Privados	46	3,6%	102.492	2,9%	8	0,0%	321.528	3,2%	73	0,0%	376.995	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.093	86,5%	3.022.473	85,9%	47.918	99,9%	8.586.475	84,8%	340.409	99,9%	34.209.660	93,4%
Taxicolectivos	42	3,3%	112.215	3,2%	10	0,0%	330.528	3,3%	5	0,0%	1.206.033	3,3%
Total	1.264	100,0%	3.519.687	100,0%	47.964	100,0%	10.124.784	100,0%	340.680	100,0%	36.632.767	100,0%

TABLA 5-32 EMISIONES ANUALES ESCENARIO TVA1 – TARIFA \$3.500 (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	209	19,7%	1.555	0,9%	895	5,8%	6.042	18,2%	25	1,6%	3	0,2%
Buses Privados	79	7,5%	604	0,3%	315	2,0%	2.009	6,0%	11	0,7%	1	0,1%
Vehículos Liv_Med	767	72,4%	172.536	97,1%	13.985	90,1%	23.160	69,6%	1.514	94,0%	1.897	95,9%
Taxicolectivos	5	0,5%	2.967	1,7%	329	2,1%	2.051	6,2%	61	3,8%	78	3,9%
Total	1.060	100,0%	177.662	100,0%	15.523	100,0%	33.262	100,0%	1.611	100,0%	1.979	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	% CH4	CC	% CC	SO2	% SO2	CO2	% CO2	PM 2,5	% PM 2,5	NA	%NA
Buses Licitados	83	6,6%	282.124	8,1%	28	0,1%	885.055	8,8%	192	0,1%	840.079	2,3%
Buses Privados	46	3,7%	101.773	2,9%	8	0,0%	319.272	3,2%	72	0,0%	375.406	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.086	86,4%	3.000.179	85,8%	47.838	99,9%	8.529.013	84,8%	339.807	99,9%	34.065.473	93,4%
Taxicolectivos	42	3,3%	111.917	3,2%	10	0,0%	329.650	3,3%	5	0,0%	1.206.033	3,3%
Total	1.257	100,0%	3.495.993	100,0%	47.884	100,0%	10.062.991	100,0%	340.077	100,0%	36.486.991	100,0%

Emisiones de contaminantes Escenario Cordón TVC2

En la tabla a continuación se muestra la síntesis anual para el escenario de cobro en cordón, denominado TVC2, para dos niveles tarifarios (\$2.000 y \$3.500).

TABLA 5-33 EMISIONES ANUALES ESCENARIO TVC2 – TARIFA \$2.000 (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	210	19,7%	1.560	0,9%	900	5,8%	6.055	18,2%	25	1,5%	3	0,2%
Buses Privados	79	7,4%	607	0,3%	316	2,0%	2.019	6,1%	11	0,7%	1	0,1%
Vehículos Liv_Med	770	72,4%	173.276	97,1%	14.039	90,1%	23.223	69,6%	1.517	94,0%	1.901	95,9%
Taxicolectivos	5	0,5%	2.976	1,7%	329	2,1%	2.049	6,1%	61	3,8%	78	3,9%
Total	1.064	100,0%	178.419	100,0%	15.584	100,0%	33.347	100,0%	1.614	100,0%	1.982	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	% CH4	CC	% CC	SO2	% SO2	CO2	% CO2	PM 2,5	% PM 2,5	NA	%NA
Buses Licitados	83	6,6%	282.646	8,1%	28	0,1%	886.692	8,8%	193	0,1%	841.055	2,3%
Buses Privados	46	3,6%	102.124	2,9%	8	0,0%	320.374	3,2%	73	0,0%	376.104	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.090	86,4%	3.010.997	85,8%	47.832	99,9%	8.554.884	84,8%	339.791	99,9%	34.128.822	93,4%
Taxicolectivos	42	3,3%	112.124	3,2%	10	0,0%	330.260	3,3%	5	0,0%	1.206.033	3,3%
Total	1.261	100,0%	3.507.892	100,0%	47.878	100,0%	10.092.211	100,0%	340.062	100,0%	36.552.014	100,0%

TABLA 5-34 EMISIONES ANUALES ESCENARIO TVC2 – TARIFA \$3.500 (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	207	19,6%	1.541	0,9%	883	5,7%	6.008	18,1%	25	1,6%	3	0,2%
Buses Privados	79	7,5%	603	0,3%	314	2,0%	2.008	6,0%	11	0,7%	1	0,1%
Vehículos Liv_Med	766	72,5%	172.399	97,1%	13.972	90,2%	23.136	69,7%	1.512	94,0%	1.894	95,9%
Taxicolectivos	5	0,5%	2.972	1,7%	329	2,1%	2.050	6,2%	61	3,8%	78	3,9%
Total	1.057	100,0%	177.515	100,0%	15.498	100,0%	33.202	100,0%	1.609	100,0%	1.976	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	% CH4	CC	% CC	SO2	% SO2	CO2	% CO2	PM 2,5	% PM 2,5	NA	%NA
Buses Licitados	84	6,7%	280.906	8,0%	28	0,1%	881.235	8,8%	191	0,1%	841.656	2,3%
Buses Privados	46	3,7%	101.682	2,9%	8	0,0%	318.987	3,2%	72	0,0%	374.861	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.085	86,4%	2.997.505	85,8%	47.711	99,9%	8.518.869	84,8%	338.931	99,9%	34.016.082	93,4%
Taxicolectivos	42	3,3%	112.034	3,2%	10	0,0%	329.994	3,3%	5	0,0%	1.206.033	3,3%
Total	1.256	100,0%	3.492.127	100,0%	47.756	100,0%	10.049.085	100,0%	339.199	100,0%	36.438.632	100,0%

Emisiones de contaminantes Escenario Cordón TVTC

En la tabla a continuación se muestra la síntesis anual para el escenario de cobro en cordón, denominado TC, para dos niveles tarifarios (\$2.000 y \$3.500).

TABLA 5-35 EMISIONES ANUALES ESCENARIO TVTC – TARIFA \$2.000 (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	212	19,5%	1.574	0,9%	914	5,7%	6.084	17,9%	25	1,5%	3	0,1%
Buses Privados	82	7,5%	627	0,3%	328	2,0%	2.086	6,1%	11	0,7%	1	0,0%
Vehículos Liv_Med	790	72,6%	178.257	97,1%	14.445	90,2%	23.748	69,9%	1.547	94,1%	1.938	95,9%
Taxicolectivos	5	0,5%	3.032	1,7%	333	2,1%	2.042	6,0%	61	3,7%	78	3,9%
Total	1.088	100,0%	183.489	100,0%	16.020	100,0%	33.959	100,0%	1.644	100,0%	2.020	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	%CH4	CC	%CC	SO2	%SO2	CO2	%CO2	PM2.5	%PM2.5	NA	%NA
Buses Licitados	83	6,4%	283.599	7,9%	28	0,1%	889.680	8,6%	195	0,1%	840.079	2,3%
Buses Privados	47	3,6%	104.834	2,9%	8	0,0%	328.873	3,2%	75	0,0%	383.626	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.120	86,6%	3.092.481	86,0%	48.110	99,9%	8.759.378	84,9%	342.092	99,9%	34.811.386	93,5%
Taxicolectivos	42	3,2%	113.190	3,1%	10	0,0%	333.398	3,2%	5	0,0%	1.206.033	3,2%
Total	1.293	100,0%	3.594.103	100,0%	48.157	100,0%	10.311.328	100,0%	342.367	100,0%	37.241.124	100,0%

TABLA 5-36 EMISIONES ANUALES ESCENARIO TVTC – TARIFA \$3.500 (TON)

Tipo de Vehículos	MP	% MP	CO	% CO	HC	% HC	NOx	% NOx	N2O	% N2O	NH3	% NH3
Buses Licitados	211	19,6%	1.567	0,9%	908	5,7%	6.070	18,0%	25	1,5%	3	0,1%
Buses Privados	81	7,5%	618	0,3%	323	2,0%	2.058	6,1%	11	0,7%	1	0,0%
Vehículos Liv_Med	782	72,5%	176.288	97,1%	14.284	90,1%	23.545	69,8%	1.535	94,0%	1.924	95,9%
Taxicolectivos	5	0,5%	3.017	1,7%	332	2,1%	2.045	6,1%	61	3,7%	78	3,9%
Total	1.078	100,0%	181.490	100,0%	15.846	100,0%	33.717	100,0%	1.633	100,0%	2.006	100,0%
Tipo de Vehículos	CH4	%CH4	CC	%CC	SO2	%SO2	CO2	%CO2	PM2.5	%PM2.5	NA	%NA
Buses Licitados	83	6,5%	283.092	8,0%	28	0,1%	888.090	8,7%	194	0,1%	840.079	2,3%
Buses Privados	46	3,6%	103.774	2,9%	8	0,0%	325.548	3,2%	74	0,0%	380.834	1,0%
Vehículos Liv_Med	1.109	86,6%	3.060.423	86,0%	47.994	99,9%	8.677.843	84,9%	341.155	99,9%	34.558.067	93,4%
Taxicolectivos	42	3,3%	112.880	3,2%	10	0,0%	332.486	3,3%	5	0,0%	1.206.033	3,3%
Total	1.281	100,0%	3.560.168	100,0%	48.040	100,0%	10.223.967	100,0%	341.428	100,0%	36.985.013	100,0%

Variación de cada escenario frente a la Situación Base

Una vez presentadas las emisiones que genera cada esquema, se realiza una comparación de las variaciones de los distintos escenarios respecto de la base.

TABLA 5-37 VARIACIÓN DE EMISIONES ANUALES RESPECTO A LA BASE

Esquema	Emisión					
	MP	CO	HC	NOx	N2O	NH3
TVA1_-\$2.000	-3,1%	-3,8%	-3,7%	-2,5%	-2,4%	-2,5%
TVC2_-\$2.000	-3,4%	-4,2%	-4,1%	-2,7%	-2,6%	-2,7%
TVTC_-\$2.000	-1,2%	-1,4%	-1,4%	-0,9%	-0,8%	-0,8%
TVA1_-\$3.500	-3,8%	-4,6%	-4,5%	-2,9%	-2,8%	-2,9%
TVC2_-\$3.500	-4,0%	-4,7%	-4,6%	-3,1%	-2,9%	-3,0%
TVTC_-\$3.500	-2,1%	-2,5%	-2,5%	-1,6%	-1,5%	-1,5%
Esquema	Emisión					
	CH4	CC	SO2	CO2	PM2.5	NA
TVA1_-\$2.000	-3,3%	-3,3%	-0,7%	-2,9%	-0,8%	-2,4%
TVC2_-\$2.000	-3,6%	-3,6%	-0,9%	-3,2%	-1,0%	-2,6%
TVTC_-\$2.000	-1,1%	-1,2%	-0,3%	-1,1%	-0,3%	-0,8%
TVA1_-\$3.500	-3,9%	-3,9%	-0,9%	-3,5%	-1,0%	-2,8%
TVC2_-\$3.500	-3,9%	-4,0%	-1,1%	-3,6%	-1,3%	-2,9%
TVTC_-\$3.500	-2,0%	-2,2%	-0,5%	-1,9%	-0,6%	-1,5%

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 área TVA1, mientras que el esquema de tamaño menor (triángulo central) es el que tiene menor impacto.

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

Los resultados de las variaciones también se presentan en la siguiente gráfica.

FIGURA 5-49 VARIACIÓN DE EMISIONES ANUALES RESPECTO A LA BASE (TARIFAS \$2.000)

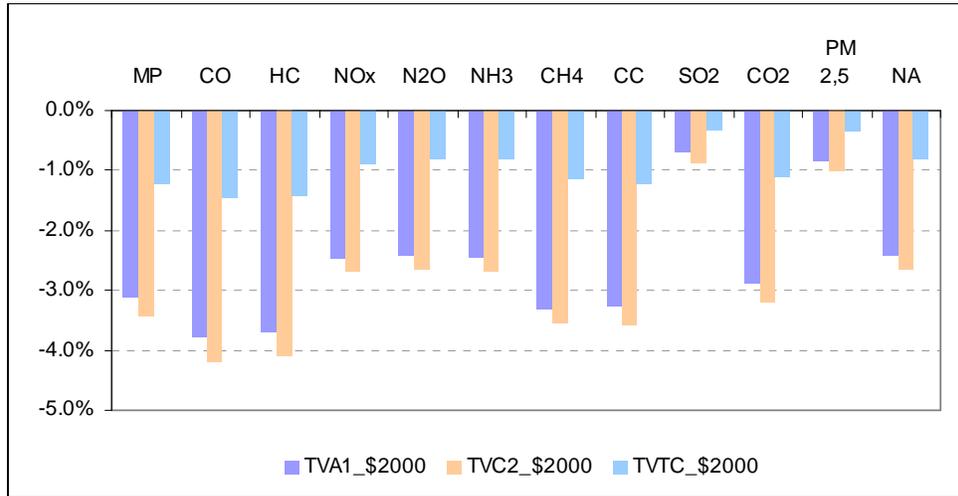
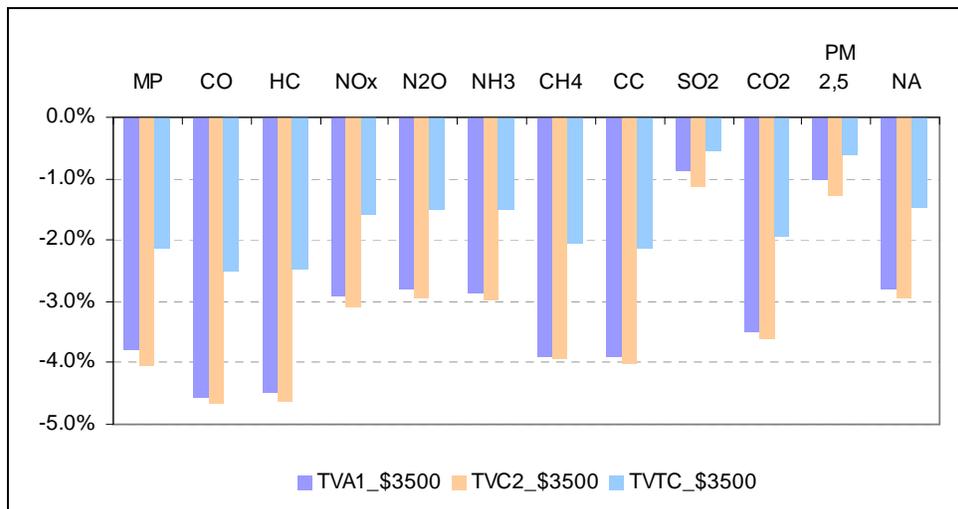


FIGURA 5-50 VARIACIÓN DE EMISIONES ANUALES RESPECTO A LA BASE (TARIFAS \$3.500)



Luego, en todos los casos los proyectos de tarifación 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.

5.6 Conclusiones del análisis de alternativas definitivas

Se realizaron análisis técnicos, que consideraron la simulación de esquemas de Tarifación Vial por Congestión para la ciudad de Santiago. Éstos se realizaron sobre la base del modelo estratégico ESTRAUS, en la modalidad de Partición modal - Asignación,

manteniendo fija la distribución de los viajes, según lo acordado con la contraparte técnica. Dicho modelo, permite simular el impacto que tiene sobre los usuarios del sistema de transporte de Santiago, la aplicación de tarifas, a través de distintos mecanismos 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 de cada esquema.

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 a nivel de toda la red son prácticamente los mismos con estos dos 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 en base a que el esquema menor tendría solo impactos locales y no a nivel 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.

5.7 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:

- Que en términos de rentabilidad social (VAN) la alternativa Tarificación Vial en Área 1 (TVA1), en amarillo en la figura, es la que muestra los mejores resultados
- Que 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), en rojo en la figura.
- Que 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
- Que TVA1 es de menor cobertura geográfica que TVC2 (con menos locales comerciales y residentes en su interior) pero por su esquema de área tarififica movimientos internos que también congestionan.
- Que Tarificación Vial en Triángulo Central (TVTC) si bien muestra resultados positivos, estos son de carácter más bien local

A partir de lo anterior, si bien la recomendación inicial del Consultor fue la selección de la alternativa TVA1, dejando sólo la alternativa TVTC como recomendación en el caso que se quisiese privilegiar una prueba piloto o implementación gradual, que fue recomendada 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 a nivel total de la ciudad, los impactos sí son importantes en su entorno local, mostrando una reducción importante de los niveles de saturación en la zona tarifcada.

Es importante mencionar también que otras ventajas de la alternativa TVTC dice 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 tarifación 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 tarifación 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 tarifación 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 tarifación 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 tres 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.

6.3 Cámaras con sistema de reconocimiento automático de placas

Características técnicas

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.

FIGURA 6-1 CÁMARA EN POSTE AL COSTADO DE LA VÍA EN LONDRES



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.

Además de las cámaras fijas es posible utilizar equipos en unidades móviles y así fotografiar los vehículos estacionados o incluso en movimiento, aunque en este caso

la cantidad de imágenes adecuadamente capturadas es menor. Por esta razón, los equipos móviles sólo se utilizan como apoyo para sectores poco cubiertos con cámaras fijas o para la captura de infractores.

Características operacionales

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.

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)

En general, el clima no afecta directamente la operación del sistema de cobro con cámaras. Sólo la nieve puede afectar la captura de imágenes al oscurecerse las placas en contraste con la nieve. Indirectamente, condiciones de lluvia o nieve derretida pueden generar problemas al aumentar la suciedad y barro en las placas.

Los errores de lectura se estiman entre el 10% y 30%. En el caso de la tarifización 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.

Sistema de cobro

El sistema de lectura automática de patentes permite operar bajo distintos métodos de cobro, como son prepago, post pago o cuentas de usuarios. La diferencia entre el post pago y las cuentas de usuarios corresponde a que en el primero el usuario puede pagar durante el día luego de utilizar la zona o eje tarifado. En las cuentas es posible acumular durante un cierto período de tiempo los cobros, y luego se envía al usuario una factura.

La diferencia entre usuarios frecuentes y ocasionales se maneja a través de las bases de datos y las formas de pago disponible. En Londres y Estocolmo es posible prepagar o post pagar a través de internet, teléfonos o en kioscos. De la misma manera, usuarios exentos de pago o con descuento se manejan a través de las bases de datos de las patentes y usuarios.

Es posible implementar tarifas diferenciadas por tipo de vehículo en la medida que sea posible vincular las patentes con las características de los vehículos a partir de bases de datos existentes del registro de vehículos. Adicionalmente, al momento de solicitar los datos de los usuarios y sus vehículos para la base de datos de usuarios, se puede agregar el tipo de vehículo. Sin embargo, siempre es importante tener algún medio para validar ese dato para limitar los fraudes, como podría ser el Registro Nacional de Vehículos Motorizados (RNVM).

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.

Seguimiento de infractores

El seguimiento de infractores se basa fundamentalmente en la captura de la patente de los vehículos que ingresan a una zona tarifada, eje o punto con peaje.

En los casos de los usuarios que no tengan una cuenta habilitada, no hayan prepagado o no post paguen antes del tiempo máximo establecido, se requiere obtener los datos del vehículo infractor. Para esto es posible utilizar los registros oficiales de vehículos para obtener los datos personales del dueño del vehículo. En este caso, el cobro y la multa se le envía al dueño del vehículo.

Sin embargo, para cobrar al dueño del vehículo en primer lugar se debe legislar para que el no pago por el ingreso a una zona tarifada o eje tarifado sea considerado como una infracción de tránsito imputable al dueño del vehículo, lo que ayudará como elemento de apremio.

Alternativamente, a partir de la captura de la patente del vehículo infractor en distintos puntos del sector tarifado, es posible identificar patrones de movimiento y una empresa externa subcontratada para la captura de vehículos o Carabineros puede detener el vehículo en la vía o remolcarlo a un depósito municipal.

También es posible utilizar unidades móviles con cámaras para capturar en terreno las patentes de los vehículos estacionados o en movimiento. En este caso también es necesario que la ley permita este tipo de acciones para el cobro del peaje, como ocurre con los vehículos mal estacionados.

Resumen

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.

6.4 Tag y pórtico

Características técnicas

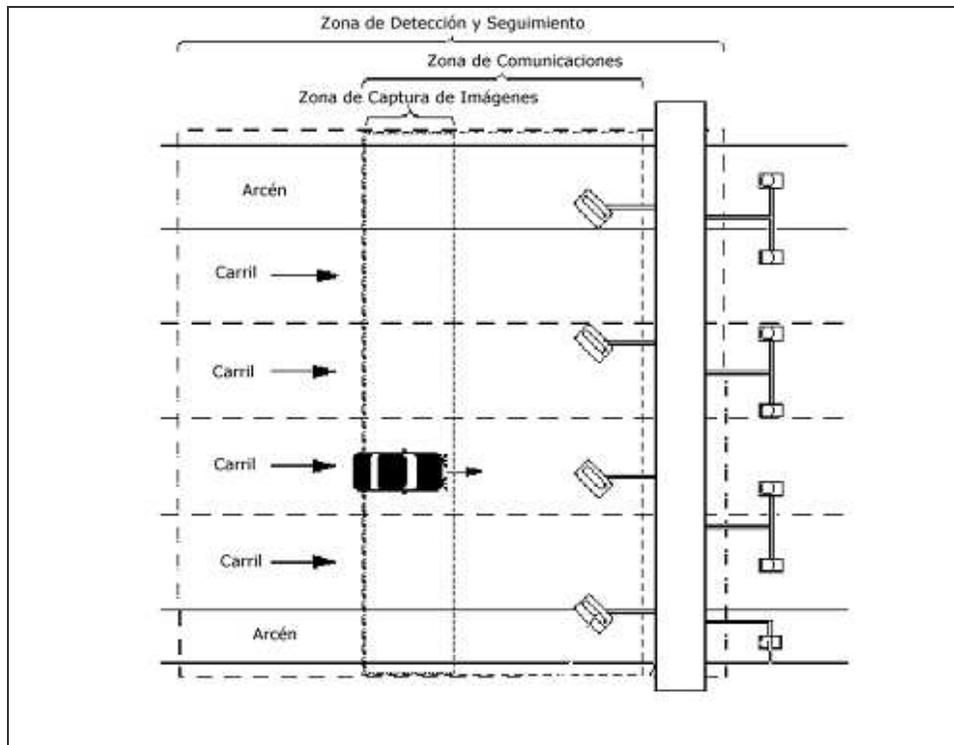
El sistema está compuesto por dispositivo llamado “tag”, “transponder” u “OBU” (On Board Unit o unidad a bordo), que se requiere instalar en cada vehículo, para que pueda comunicarse con otro dispositivo instalado sobre la vía o a un costado de ella, llamado “baliza”, “lector” o “RSE” (Road Side Equipment 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. A continuación se presentan algunos ejemplos.

FIGURA 6-2 EJEMPLOS DE TRANSPONDERS



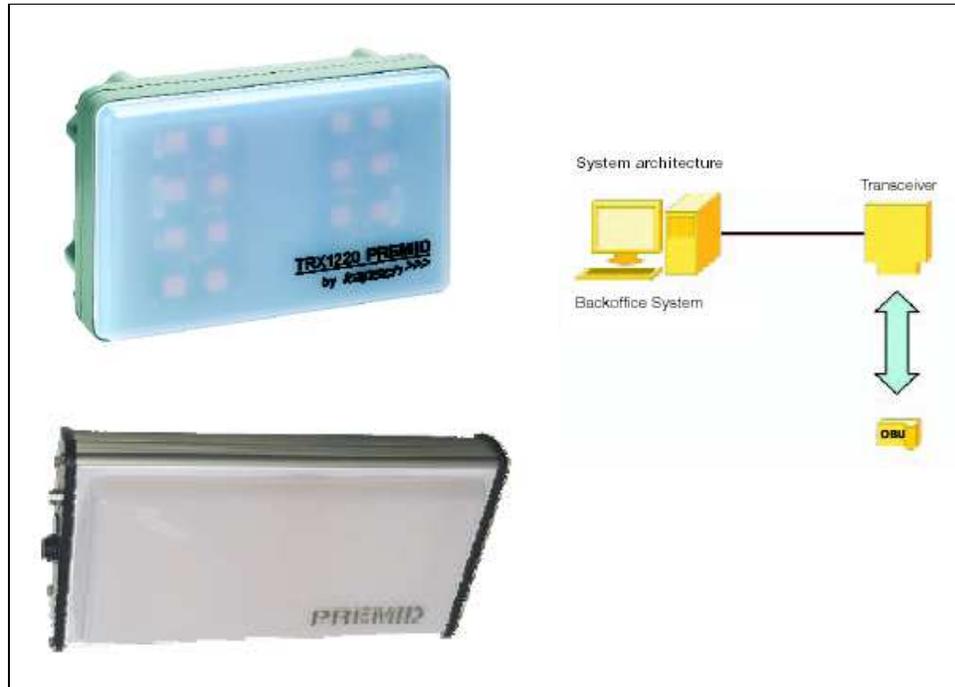
Un lector se instala idealmente sobre cada carril de la vía, y se ubica para cubrir una zona de comunicaciones equivalente al ancho de la pista y hasta 30 metros hacia los vehículos que se aproximan.

FIGURA 6-3 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE PÓRTICO DE ETC



Los lectores (antenas) se montan sobre pórticos construidos sobre la vía. La siguiente figura muestra un ejemplo, con la configuración genérica, donde se muestra que este elemento es el que permite conectarse con el transponder instalado en el vehículo (OBU).

FIGURA 6-4 EJEMPLO LECTOR - ANTENA



Fuente: Kapsch

Los pórticos en general son estructuras de gran tamaño, que resultan ser bastante intrusivos para áreas urbanas. Sobre estos se instalan, además de los dispositivos de comunicación, dispositivos adicionales como cámaras, luces infrarrojas y equipos de clasificación automática de vehículos. A continuación se presentan algunos tipos de pórticos implementados en distintos lugares.

FIGURA 6-5 EJEMPLO DE DOBLE PÓRTICO (CUBIERTOS) EN SINGAPUR



FIGURA 6-6 EJEMPLO DE PÓRTICO EN COSTANERA NORTE, SANTIAGO



FIGURA 6-7 EJEMPLO DE PÓRTICO EN ESTOCOLMO, SUECIA



Puede apreciarse cómo en el caso de Costanera Norte se ha requerido sólo un pórtico, en vez de los pórticos dobles en Estocolmo y Singapur. Ello requiere que existan unos brazos que se extienden hacia el frente del pórtico para poder distanciarse y dar los ángulos para los distintos elementos que componen el pórtico (en este caso el sistema de detección y clasificación de vehículo).

Se han estado desarrollado alternativas que consisten en un poste con una estructura horizontal sobre la vía, mucho más livianas que un pórtico. Sin embargo, en estos casos, no es posible montar el mismo nivel de equipamiento que en un pórtico doble.

La siguiente figura muestra postes que han sido instalados en la zona tarifada de Londres para realizar pruebas.

FIGURA 6-8 POSTES CON DISPOSITIVOS DE LECTURA DE TAGS EN LONDRES



Puede notarse que en este caso hay dos postes para tarificar dos pistas en la dirección izquierda a derecha. El primer poste, a la derecha de la imagen, soporta las cuatro antenas para comunicarse con los transponders, las que están orientadas a las dos pistas de circulación de interés. El segundo poste, cercano al bus de dos pisos, soporta cuatro cámaras digitales para capturar imágenes, clasificar vehículos y fiscalizar infractores.

También se ha comenzado a experimentar el diseño de postes más livianos y menos intrusivos, como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 6-9 EJEMPLOS DE POSIBLES POSTES PARA TARIFICACIÓN CON MINIMO IMPACTO URBANO (MONTAJE Q-FREE EN LONDRES)



Además de los dispositivos fijos en pórticos es posible utilizar equipos en unidades móviles (por ejemplo para esquemas de zonas) y así detectar los vehículos

estacionados o incluso en movimiento, aunque la efectividad de lectura disminuye en este último caso.

La tecnología ETC ha evolucionado rápidamente en la última década desde los sistemas más “pasivos”, en los cuales el transponder sólo entregaba una identificación única, a los dispositivos actuales, más activos, con tecnología DSRC (Dedicated Short Range Communications o comunicaciones dedicadas de corto alcance) que permiten la comunicación en dos direcciones entre el transponder y el lector.

Desde que se inició la implementación de estos sistemas en autopistas tradicionales con barrera, se han utilizado diferentes estándares propios para cada proyecto. Luego, desde la introducción de los transponders para el cobro de peaje a flujo libre (Singapur, Highway 407 y Melbourne Citylink) se comenzó con la estandarización del sistema de comunicaciones para asegurar la interoperabilidad.

El estándar Europeo es el CEN TC278, consistente en un sistema de comunicaciones por microondas a una frecuencia de 5.8 GHz. En Estados Unidos, la tecnología de mayor uso futuro es una similar pero a 5.9 GHz. En Japón también se utiliza un sistema a 5.8 GHz (ARIB T55), sin embargo, no es compatible con el estándar europeo. Australia, Brasil, Sudáfrica y Chile han adoptado los estándares CEN a 5.8 MHz Europeo.

Las comunicaciones a alta frecuencia permiten una mejor transmisión de datos, con menor interferencia y a una distancia mayor que las tecnologías utilizadas en años anteriores.

Adicionalmente al sistema de microondas para la operación de las comunicaciones de corto alcance, existe la tecnología de luz infrarroja, la que ofrece algunas características distintas como, por ejemplo, que no se refleja en parabrisas metalizados, los que podrían bloquear las transmisiones de microondas.

Los nuevos desarrollos se han enfocado en producir una arquitectura estándar que permita la interoperabilidad de distintas tecnologías, incluidas microondas, infrarrojo y GSM-GPRS.

Características operacionales

Los pódicos 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 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.

El estándar CEN permite comunicaciones con vehículos que circulan hasta una velocidad de 250 kph, logrando una transmisión de datos de 6 Mbps. Esta velocidad de transmisión es suficiente como para permitir que una transacción sea repetida varias veces al interior de la zona de comunicaciones en el caso que se produzcan errores en la transmisión.

Los transponders pueden tener una variedad de niveles de sofisticación. El más simple provee un número de identificación único que puede ser vinculado con una base de datos de clientes. El tag también puede incorporar un indicador, ya sea luminoso o por sonido, para indicar cuando se haya realizado una lectura, discriminando entre una transacción exitosa o cuando se ha producido algún problema.

Transponders más sofisticados incorporan una pantalla LCD para mostrar el monto cobrado al momento de pasar por un pórtico.

Otros transponders incluyen lector de tarjetas que permiten a los usuarios pagar con tarjetas inteligentes (tipo Multivía) o más simples y de valor fijo (como las telefónicas). Cada vez que el vehículo pasa por un pórtico se realiza el descuento del dinero disponible en la tarjeta y generalmente se muestra el dinero restante en la tarjeta.

En el caso de utilizar tarjetas inteligentes, éstas se pueden cargar con distintos montos de dinero (monedero electrónico). El tipo de transacción con este tipo de tarjetas es igual al de las tarjetas de valor fijo, pero en este caso si el crédito restante en la tarjeta no es suficiente, el cobro podría quedar registrado en la tarjeta y ser deducido la próxima vez que ésta se recargue. Para lograr que la transacción pueda ser realizada en la zona de comunicaciones de los lectores en los pórticos, el chip en las tarjetas inteligentes tiene que ser suficientemente rápidos para completar y confirmar el pago en 100 metros.

El valor de los transponders varía entre US\$1 y US\$10 para una simple identificación, hasta US\$200 para dispositivos con sistema combinado de tag y tarjetas de prepago, y con pantalla LCD incorporada. Los transponders más baratos pueden ser muy pequeños y no requerir baterías pero su funcionalidad es mínima.

La batería de estos dispositivos tiene una duración de aproximadamente 5 a 7 años dependiendo del uso, después de los cuales normalmente se requiere reemplazar por una nueva unidad, ya que éstas están selladas para que no puedan ser intervenidas por el usuario.

La efectividad de la lectura de transponders es muy alta, alcanzando tasas de éxito de 99,9%. Las causas más comunes de falla de lectura son por una mala instalación del tag en el vehículo. Por esta razón es muy importante instruir muy claramente a los usuarios acerca de la instalación de los equipos y es necesario dejar muy claro en los contratos la responsabilidad que adquieren los usuarios por ese concepto.

Para asegurar el cobro a todos los vehículos es necesario agregar sistemas de cámaras y lectura automática de patentes para aquellos vehículos infractores que utilizan la infraestructura o zona tarifada sin un tag habilitado. Esto aumenta los costos de inversión y mantenimiento durante el período de operación de un sistema tarifado.

Es necesario implementar centros de atención a usuarios para la entrega de transponders, registro de clientes y el reemplazo de dispositivos. Adicionalmente, para usuarios infrecuentes y para el período de ramp-up se debe tener disponibles una diversidad de medios para el prepago, ya sea vía telefónica, internet, locales comerciales y máquinas automáticas.

Sistema de cobro

Cada tag se debe vincular a la patente del vehículo y al tipo de vehículo (en caso que interese). Esta información es posible de conseguir cuando los usuarios se registran para obtener un tag. De esta manera es posible implementar cobros diferenciados por tipo de vehículo (tamaño, taxi, bus, etc.).

Es posible instalar en los pórticos equipos de clasificación automática de vehículos de tal manera de identificar el tipo de vehículo a través de sus dimensiones, número de ejes u otra característica fácil de detectar. Este sistema permite asegurar que el tag detectado corresponde al tipo de vehículo y cobrar la tarifa correcta. Potencialmente al menos, se puede clasificar vehículos por tamaño utilizando las cámaras digitales y procesando la imagen completa de otra forma.

El contar con una base de datos de clientes que se deben registrar para obtener un tag permite operar bajo distintos métodos de cobro, como son prepago, post pago o cuentas de usuarios. De esta manera, el usuario pueda prepagar por teléfono, internet, compra de tarjeta de prepago, etc. o puede solicitar el envío de una factura a fin de mes.

Al utilizar una interfaz de comunicaciones estándar y un sistema en el “Back Office” que puede manejar las transacciones, es posible operar con diferentes tipos de transponders. Este permite también que el usuario tenga más opciones de elegir su forma de pago.

Para operar con usuarios infrecuentes es necesario utilizar cámara y sistema OCR para la identificación de patentes. Estos usuarios pueden prepagar o post pagar a través de distintos medios como internet, teléfonos o kioscos. Sin embargo, al existir una gran penetración de transponders, la cantidad de procesamiento manual se reduce sustancialmente en comparación con el sistema de sólo cámaras.

Usuarios exentos de pago o con descuento pueden utilizar transponders habilitados con una cuenta que les permita tener un trato especial según sea el caso, todo lo cual se maneja a través de las bases de datos de los usuarios.

La diferencia entre usuarios frecuentes y ocasionales se maneja a través de las bases de datos y las formas de pago disponibles. En Londres y Estocolmo es posible prepagar o post pagar a través de internet, teléfonos o kioscos. Algo similar ocurre en las concesiones de peaje urbano en Santiago.

Seguimiento de infractores

Al igual que con el sistema de cámaras, la captura de patente de los vehículos es la principal fuente para perseguir a los infractores. Para esto se debe contar con dispositivos adicionales como cámaras y sistema OCR.

La patente es comparada con los registros oficiales de vehículos para obtener los datos personales del dueño del vehículo y enviar la multa.

Adicionalmente es posible localizar los vehículos en terreno mediante la utilización de unidades móviles con cámaras para identificar las patentes de los vehículos infractores. Esto permitiría detener el vehículo en la vía, actuando en coordinación con Carabineros, o remolcarlo a un depósito municipal.

Resumen

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 tarifificación vial.

6.5 Sistema de cobro de las concesiones viales urbanas de Santiago

Es necesario realizar una comparación de las tecnologías descritas con el sistema actualmente en funcionamiento en Santiago.

A continuación se describe en forma resumida cada uno de los aspectos analizados para el caso local.

Características técnicas

La tecnología implementada en las autopistas urbanas de Santiago corresponde un sistema de peaje de flujo libre (ETC) multicarril basado en transponders y lectores. El estándar seleccionado es el europeo CEN de comunicaciones por microondas a una frecuencia de 5.8 GHz.

En el caso de Santiago, los pódicos tienen el equipamiento necesario para clasificar vehículos y leer patentes en forma automática, para cobrar a aquellos vehículos que no portan un tag, o permitir el seguimiento de infractores. Sólo se instaló el equipamiento para capturar la patente delantera de los vehículos.

El sistema ETC tiene la misma configuración estándar de los sistemas implementados en otros países, consistente en el equipamiento en ruta, centro de operaciones o “Back Office” y red de comunicaciones.

Características operacionales

Este sistema, como muchos, requiere mantener una base de datos de sus clientes. Para ello las empresas concesionarias debieron crear bases de datos de clientes potenciales antes de comenzar a distribuir sus transponders, con el propósito de entregar los dispositivos a aquellos usuarios que se considerasen más frecuentes de las autopistas. Así se debió crear una relación comercial y un vínculo contractual

entre las empresas concesionarias y sus nuevos clientes (automovilistas usuarios de las autopistas).

Sin embargo, por tratarse de un sistema de autopistas interoperable, en el cual un tag entregado por una empresa es posible de utilizar en cualquiera de las autopistas con peaje electrónico, las concesionarias requieren conocer los datos de cualquiera de los automovilistas que usan su autopista. Para esto se creó un Registro Nacional de Usuarios de Telepeaje (RNUT), al cual tienen acceso cada una de las empresas concesionarias, y se encuentra físicamente en el Datacenter del Ministerio de Obras Públicas, pero es administrado por la Coordinación de Explotación de Concesiones.

En cuanto al manejo de las transacciones, mucha información es procesada directamente en el punto de cobro, es decir, en los pórticos, de tal manera de evitar la transmisión de una gran cantidad de datos en forma innecesaria al centro de operaciones, especialmente cuando se refiere a la transmisión de imágenes. Por ejemplo, en los pórticos de cobro se mantiene actualizada la base de datos de usuarios infractores y morosos, de tal manera de sólo guardar las imágenes de estos vehículos.

Una de las exigencias a las empresas concesionarias de las nuevas autopistas urbanas fue la distribución gratuita de aproximadamente 900.000 transponders, número que fue incrementado a más de un millón de transponders luego del comienzo de operación de las primeras concesiones. De esta manera, es posible mantener bajos los costos de cobrar los peajes electrónicos al evitarse gran parte de la gestión manual que implican las transacciones por lectura de patente.

La precisión de lectura de los transponders ha sido de acuerdo a lo esperado, con una tasa de lectura correcta superior a 99.9%. En el caso de la identificación automática de patentes para usuarios infrecuentes, también de acuerdo a lo esperado los niveles de error son mucho mayores. Sin embargo, se ha observado que gran parte de los errores y posterior procesamiento manual se debe al mal estado de las patentes, ya sea por suciedad o porque se encuentran “abolladas”.

Sistema de cobro

El esquema definido para el cobro de peajes corresponde a una tarifa por kilómetro diferenciada por tipo de vehículo y por hora del día. El tipo de vehículo se identifica tanto a través de la base de datos de clientes, ya que los transponders son entregados de acuerdo al tipo de vehículo, como también con los equipos de clasificación automática ubicados en cada pórtico, con lo que es posible verificar que el tag que lleva el vehículo es el que le corresponde. Así es posible controlar fraudes como el uso de un tag de automóvil en un vehículo de carga.

Debido a que las autopistas fueron construidas como un sistema abierto (no existen pórticos en todas las entradas y salidas) el cobro en realidad no es exactamente por kilómetro recorrido, sino por el paso por un cada punto de cobro, el cual tiene asociado una cierta cantidad de kilómetros.

Además, el cobro se modifica de acuerdo a la velocidad media de circulación de los vehículos, aumentándose el cobro a medida que disminuye la velocidad de operación. Para ello se han establecido tres niveles de cobro con el propósito de

controlar la congestión y desincentivar el uso de las autopistas a medida que aumenta el tráfico.

Alternativamente al cobro de peaje con transponders, se definió un mecanismo de cobro que se aplica a aquellos vehículos que no poseen un tag y que usan en forma infrecuente las autopistas, denominado “pase diario”. El pase diario consiste en el prepago por el uso ilimitado de las autopistas urbanas por un día. Para esto, se utiliza la tecnología de cámaras y OCR para chequear que el vehículo tenga habilitado un pase diario.

Seguimiento de infractores

Al igual que para cada una de las tecnologías presentadas anteriormente, el seguimiento de infractores se basa en la lectura de patentes de vehículos.

Para perseguir a los infractores se modificó la Ley de Tránsito estableciéndose que los vehículos que no estén provistos de un dispositivo electrónico u otro sistema complementario que permitan su cobro, están violando la ley (para ello se instala una señal de tránsito que indica cobro electrónico). Por esto, la infracción es cursada en los Juzgados de Policía Local. Por esta misma razón, el imputado por esta falta es el dueño del vehículo. La modificación de la Ley de Tránsito para estos efectos es parte del compromiso que el Estado ha asumido con el modelo de concesiones urbanas.

Las imágenes tomadas en los pórticos son utilizadas como medio de prueba para certificar la infracción de tránsito. Adicionalmente, los usuarios que no pagan la multa ingresan al Registro de Multas Impagas (art 22. a 24 bis de ley N° 18287), por lo que no pueden renovar su permiso de circulación anual hasta que no paguen sus deudas.

Por otro lado, y para evitar la evasión, los concesionarios tienen la facultad de demandar a los infractores y cobrar hasta 40 veces el valor de peaje no pagado, para lo cual deben iniciar un procedimiento legal en contra del usuario.

A continuación se presentan algunos antecedentes legales que es necesario tener en cuenta como marco para el análisis del seguimiento a los infractores (cadena de apremio).

Antecedentes del Marco Legal

Artículo 118 bis de la Ley de Tránsito, incorporado por la ley 19.841 de 2002

Éste establece que: “En los caminos públicos en que opere un sistema de cobro electrónico de cobro de tarifas o peajes, sólo podrán circular los vehículos que estén provistos de un dispositivo electrónico u otro sistema complementario que permitan su cobro. La infracción a esta prohibición será sancionada de conformidad al artículo 198 N° 8 de la presente ley”.

“Los equipos y demás medios utilizados para la implementación de este sistema, constituyen equipos de registro de infracciones, rigiéndose por lo dispuesto en el inciso 3° del art 3° y en el art. 24, ambos de la ley N° 18.287 y en el art. 4° de esta ley, salvo en lo previsto en sus incisos 5, 6, 7 y 8. Los estándares técnicos y

condiciones de instalación, funcionamiento y uso de los mismos serán regulados por el Ministerio de Obras Públicas.”

Algunos comentarios a este artículo se presentan a continuación:

- I La norma se refiere sólo a los caminos públicos y no a las calles o avenidas, por tanto debería incorporarse a éstas por cuanto la Ley de Tránsito define a camino como vía rural en contraposición a calle o avenidas que define como vía urbana destinada a la circulación de peatones, vehículos y animales.
- I Por la misma razón, es que se considera al Ministerio de OOPP como el ente regulador de los estándares, cuestión que debería ser revisada.
- I El artículo 198 N° 8 de la Ley de Tránsito expresa que **No respetar los signos y demás señales** que rigen el tránsito público son infracciones graves a la misma ley. Y el artículo 201 N° 2 sanciona esta infracción con 1,5 UTM, conociendo el juzgado de Policía Local donde se cometió la infracción y aplicando el procedimiento contemplado en la ley 19287 (Ley de Procedimiento ante los Juzgados de Policía Local).
- I Luego debe considerarse expresamente que el no pago del telepeaje constituye una infracción a la Ley de Tránsito por cuanto no se respeta un signo o señal de tránsito.
- I En consecuencia, se le aplica en primera instancia la infracción correspondiente a la citada precedentemente. Cada vez que no se paga es una infracción que debería informarse al Registro de Multas Impagas (art 22. a 24 bis de ley N° 18287). El propietario que tiene multas impagas no podrá renovar el permiso de circulación.
- I Dichas multas son de beneficio municipal, y no un impuesto, por lo que podría por ejemplo utilizarse para el mejoramiento de las calles comprendidas en el perímetro afecto al pago de peaje urbano.
- I Debe considerarse, también que la mantención de las vías son algunas de responsabilidad de cada Municipalidad y otras del SERVIU.

Artículo 42 de la ley de Concesiones

Este artículo de la Ley de Concesiones debe analizarse en relación al artículo 118 bis de la Ley de Tránsito ya citado, lo que se presenta a continuación:

- I Se aplica sólo al usuario de una obra dada en concesión. Por tanto debe determinarse si la calle o avenida será o no concesionada y en el caso de que no sea concesionada si se va a concesionar o no el sistema de cobro.
- I Respecto del citado artículo 42 de la Ley de Concesiones hay que distinguir dos situaciones:
 - I El cobro judicial de la tarifa impaga, que es entregado a la competencia de los Juzgados de Policía Local y que su fuente es el incumplimiento a las obligaciones de un contrato entre el concesionario y el usuario. Se señala “indemnización compensatoria que se establece a favor del concesionario

(valor equivalente a 40 veces el pago incumplido) y su cobro depende de que la concesionaria inicie el respectivo procedimiento porque ella es la titular del derecho.

- El titular en este caso es el concesionario y el monto que se obtenga se incorpora en su patrimonio y por tanto opera bajo el supuesto de que se le otorgó una obra en concesión.
- La infracción a una norma de tránsito y la aplicación de la consiguiente multa. En este caso, obviamente la multa no se incorpora al patrimonio del Concesionario, y no supone necesariamente la entrega de una obra en concesión.

Por tanto hay que distinguir las normas que deben aplicarse, debidamente modificadas según las situaciones descritas. También los montos y sistemas de desincentivo al incumplimiento tal como están contemplados en las normas vigentes o adicionales.

6.6 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.

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	<p>Pórtico o poste al costado de la vía en vías menores.</p> <p>Pórticos generan un alto impacto urbano, probablemente inaceptable en muchas vías urbanas.</p> <p>Postes se asemejan a los de electricidad por lo que son menos intrusivos.</p> <p>No requiere de dispositivos al interior de los vehículos, sólo la placa patente.</p>	<p>Fallas de lectura entre 10% y 30%.</p>	<p>Permite clasificación de vehículos a través de información en base de datos.</p> <p>Es posible cobrar tarifas diferenciadas por periodos del día (función del momento en que pasó frente a la cámara).</p> <p>Requiere de infraestructura para cobrar en nuevos puntos (ampliación o modificación), con el consecuente aumento en el costo de inversión y mantenimiento.</p> <p>Permite prepago (habilitando pago en BD) y post pago (permitiendo una ventana de tiempo para el pago después de haber estado sujeto a cobro).</p>	<p>Requiere mucho personal y trabajo administrativo para el chequeo manual de fallas de lectura, errores e infractores</p>	<p>Utilizan el mismo sistema que los otros usuarios.</p>	<p>Al detectar la patente es posible obtener los datos del dueño en el registro nacional de vehículos.</p> <p>Es posible utilizar unidades móviles con cámaras para rastrear los vehículos dentro de una zona tarifcada.</p>
Tag	<p>Pórtico (con equipos de clasificación de vehículos) genera un alto impacto urbano.</p> <p>Poste al costado de la vía (sin equipos para clasificación de vehículos), se asemeja a los postes de electricidad, no producen tanto impacto.</p> <p>Requiere de un dispositivo al interior del vehículo para su comunicación en los puntos de cobro.</p> <p>Se podría eventualmente clasificar vehículos usando la información de las cámaras</p>	<p>Fallas de lectura 0.002%</p>	<p>Es posible cobrar tarifas diferenciadas por periodos del día.</p> <p>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.</p> <p>Requiere de infraestructura para cobrar en nuevos puntos, con el consecuente aumento en el costo de inversión y mantención.</p> <p>Permite prepago (habilitando pago en BD) y post pago (permitiendo una ventana de tiempo para el pago después de haber estado sujeto a cobro).</p> <p>Permite el uso de sistemas de prepago con tarjeta inteligente (requiere un tag específico).</p>	<p>Requiere el manejo de una base de datos actualizada para facturar a los usuarios.</p>	<p>Requiere sistema adicional de cámaras</p>	<p>Al detectar la patente (cámara) es posible obtener los datos del dueño en el registro nacional de vehículos.</p> <p>Es posible utilizar unidades móviles con cámaras para rastrear vehículos sin OBU.</p>

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	<p>Pórticos con lectores, cámaras y equipos de clasificación vehicular.</p> <p>Los pórticos no generan impacto urbano comparado con el que generan las autopistas.</p> <p>Se debió instalar tags en la mayor parte de los vehículos de Santiago, distribuido en forma gratuita.</p>	<p>Falla de lectura tag 0.002%.</p> <p>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.</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>	<p>Generación de una base de datos inicial para distribuir tags a usuarios más frecuentes.</p> <p>Requerimiento de pases diarios superior a lo esperado.</p> <p>Disminución del número de infractores depende de entidades externas a la empresa operadora.</p> <p>Requerirá el reemplazo masivo de dispositivos a los 5 años de su instalación.</p>	<p>Se utiliza las cámaras instaladas en los pórticos para identificar patentes.</p>	<p>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.</p>

La implementación de la tarificación por congestión puede realizarse a través de distintos esquemas de tarificación, donde los principales tipos son:

- **Áreas tarifadas:** se cobra por transitar dentro de un área delimitada por bordes que pueden ser vías o hitos.
- **Anillo o cordón:** el cobro es por entrar a una zona tarifada, cruzando por puntos de cobro ubicados en los bordes de ésta. Este esquema puede contar con más de un cordón.
- **Puntos:** se cobra al pasar por un punto tarifado; como variante de este esquema, varios puntos pueden conformar un eje tarifado. Los puntos de cobro se pueden ubicar en corredores viales o bien esparcidos en diversas partes de la red vial.

A su vez, cada uno de estos esquemas tiene diferentes alternativas tecnológicas de cobro, con ventajas y desventajas. En las siguientes tablas se analiza la forma en que cada tecnología puede manejar cada uno de los esquemas anteriores.

La conveniencia de adoptar una u otra tecnología dependerá del esquema que finalmente se quiera adoptar, así como de otros elementos como por ejemplo institucionales, legales y financieros, los que se seguirán analizando como parte del estudio.

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 6-2 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍA FRENTE A ESQUEMAS DE TARIFICACIÓN

Tecnología	Zona	Anillo o Cordón	Puntos o ejes
Cámaras y sistema OCR	<p>Posible de operar, requiere cámaras en los puntos de entrada y en puntos internos (generalmente móviles) para detectar vehículos al interior de la zona.</p> <p>Cobro por tiempo de estadía es posible, pero requiere tener cámaras orientadas en ambas direcciones para capturar vehículos que salen de la zona. Requiere una alta tasa de captura.</p> <p>Cobro por hora del día es factible pero requiere de una alta tasa de captura de patentes, se generan problemas con autos que quedan estacionados en la noche en la zona (o entran a la zona antes de comenzar el cobro), dificultad para informar a usuarios cuando y qué tarifa se está cobrando.</p>	<p>Posible de operar, requiere cámaras en los límites (puntos de cruce) del anillo o cordón.</p> <p>Cobro por hora del día es posible de implementar, requiere procesamiento en línea para asignar tarifa según hora de la captura de imagen, algo que se hace automáticamente.</p> <p>En el caso de existir ejes que cruzan el área cubierta por el cordón, ya sea tarifados (concesiones urbanas) o ejes que no se quiere tarifificar, es posible instalando cámaras en todas las salidas de dicho eje hacia área.</p>	<p>Posible de operar, requiere cámaras en los puntos de cobro</p> <p>Cobro por distancia es exacto en un sistema cerrado, requiere cámaras en todas las entradas y salidas; tasas de falla de ANPR no lo recomiendan. En el caso de sistema abierto se le puede asignar una distancia a cada punto, por lo que el cobro no es exacto a la distancia recorrida.</p> <p>Cobro por hora del día es posible de implementar, requiere procesamiento en línea para asignar tarifa según hora de fotografía.</p>
Tag y pórticos	<p>Requiere gran cantidad de lectores (microondas o infrarrojo) y cámaras para detectar vehículos en zona.</p> <p>Cobro por tiempo de estadía es posible, pero requiere lectores y cámaras orientadas en ambas direcciones para capturar vehículos que salen de la zona.</p> <p>Cobro por hora es posible, pero es difícil manejar los casos de autos que quedan estacionados en la noche en la zona (o entran a la zona antes de comenzar el cobro) y dificultad para informar la tarifa que se está cobrando.</p> <p>Para reducir el impacto visual de la infraestructura de cobro puede ser necesario limitar la fiscalización a algunos puntos fijos y varios móviles.</p>	<p>Posible de operar, requiere lectores en los puntos que definan el anillo o cordón. Fiscalización podría requerir cámaras.</p> <p>Cobro por hora del día es posible y fácil de implementar.</p> <p>En el caso de existir ejes que cruzan el área cubierta por el cordón, ya sea tarifados (concesiones urbanas) o ejes que no se quiere tarifificar, es posible instalando lectores y cámaras en todas las salidas de dicho eje hacia área.</p>	<p>Posible de operar, requiere lectores en los puntos de cobro. Adicionalmente se podría requerir cámaras.</p> <p>Cobro por distancia es exacto en un sistema cerrado, requiere equipos en todas las entradas y salidas. En el caso de sistema abierto se le puede asignar una distancia a cada punto, por lo que el cobro no es exacto a la distancia recorrida. Baja tasa de falla permite ambos sistemas.</p> <p>Cobro por hora del día es posible y fácil de implementar.</p>

6.7 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 caleterera 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.

Los siguientes representan aspectos relacionados a la implementación del proyecto los cuales inciden, en mayor o menor medida, sobre la selección de un sistema de cobro. Estos son:

- Canalización de vehículos al carril monitoreado - para reducir el campo de detección de vehículos, la cantidad de dispositivos de detección y la lectura cruzada. Lo cual será logrado con adecuada señalización de anticipación y en el punto de cobro.
- Captura de imagen de la placa frontal y posterior de los vehículos - aumenta la captura de usuarios y evasores, si bien la experiencia de las autopistas urbanas en Santiago con solamente la fotografía a la placa posterior de vehículos ha sido suficiente para identificar a los infractores.
- Transmisión de data en tiempo real o cerca de tiempo real - limitar la cantidad de equipo desplegado al costado de las carreteras:
 - evita ser expuesto a golpes accidentales, sabotaje y otros
 - reduce la demanda eléctrica (particularmente al sistema alternativo de baterías, Uninterrupted Power Supply-UPS)
 - acomodaticio al entorno urbano
 - facilita el desarrollo de aplicaciones adicionales como información de tiempo de viaje a los usuarios.
- No se realizará clasificación vehicular o dimensionamiento a nivel de puntos de cobro - reducir el equipamiento y dispositivos de campo requeridos, por lo que la clasificación se realiza según el registro del dispositivo (*tag* o *transponder*) del usuario (residente, taxi, transporte colectivo, exento y otros).
- Captura de imagen y pareo a vehículos, particularmente los que constan de clasificaciones especiales (residente, taxi, transporte colectivo y otros) - para propósitos de fiscalización en operaciones de trastienda.

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 diariamente 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 congestión 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 interfaces 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 de los supuestos operacionales descritos previamente y las estimaciones de costos asociadas. 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.

Criterios de Evaluación

A continuación se describe las consideraciones para cada uno de los criterios de evaluación.

- Vida de Servicio - expectativa de servicio de los componentes críticos del sistema antes de que sea necesario reemplazarlos.
- Instalación - facilidad de instalar los sistemas, nivel de interferencia con el flujo vehicular, requisitos de pruebas técnicas de funcionalidad.
- Mantenimiento - requisitos de mantenimiento preventivo y programático. Expectativas de mantenimiento correctivo.
- Reemplazo - facilidad de reparación de sistemas vía remoción y remplazo de componentes (elementos “*plug and play*”) versus la necesidad de remoción y reparación en taller.
- Modificaciones al Sitio de Ubicación - nivel de construcción e intervención en el lugar donde será ubicado el sistema de detección y lectura.
- Sistemas de Comunicaciones - demanda por banda de transmisión
- Madurez y Sofisticación de la Aplicación - son tecnologías probadas y del estado de la práctica. Se mide además cuanta intervención humana es requerida para completar transacciones
- Manejo de Volúmenes Altos de Transacciones - comportamiento del sistema bajo niveles de volúmenes altos, cambios requeridos según aumenta el volumen.
- Arquitectura de Sistemas - definido por procesos fijos, disponibilidad de estándares, enlaces entre unidades
- Costos Capitales - costos de adquisición e instalación del sistema
- Costos Operacionales - costos recurrentes para mantener el sistema operando
- Nivel de Captura - valor intrínseco sobre la detección y lectura de vehículos
- Confiabilidad de la Captura - se refiere a una vez detectado y realizado una lectura (de tag o placa patente) cuan preciso o confiable resulta la lectura realizada.
- Disponibilidad de Servicio - tiempo el cual la aplicación está activa y operativa.
- Operación en Modo Degradado - disponibilidad del sistema de seguir operando con fallas en sus componentes. Redundancia de sistemas.
- Distintas Tarifas o Esquemas de Cobro - ajuste y procesamiento de distintos modos de cobro, por ejemplo por tiempo transcurrido dentro de la zona, por distancia recorrida o por cruce de punto de cobro.
- Distribución / Acceso a Usuarios - facilidad con la cual se hace llegar a los usuarios elementos necesarios para participar del programa.
- Distintas clasificaciones vehiculares - capacidad del sistema para realizar clasificaciones vehiculares
- Definición de múltiples usuarios - posibilidad de clasificar distintos tipos de usuarios (residentes, taxis, transporte colectivo)

- I Sistema de seguimiento a evasores - cuenta por si solo con un sistema de detección de evasores
- I Facilidad de seguimiento de evasores - facilidad para realizar el proceso, nivel de intensidad laboral
- I Controles ambientales - susceptibilidad al clima
- I Disponibilidad de suplidores - cantidad de suplidores en el mercado para proveer el servicio
- I Privacidad del usuario - riesgo de intromisión en asuntos personales
- I Justicia social - imposiciones sobre los desaventajados
- I Especialización de software - existencia de software en mostrador versus desarrollo particular para el proyecto
- I Facilidad de integración a sistema existente - capacidad para operar con sistemas ya establecidos como televía
- I Expansibilidad - facilidad de crecimiento del sistema más allá del inicial
- I Aplicaciones adicionales - facilidad de utilizar la tecnología para realizar tareas adicionales

La siguiente tabla muestra las ponderaciones otorgadas a cada uno de los criterios de evaluación descritos anteriormente.

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 tarifación 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 tarifación 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 6-3 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE COBRO

Matriz Evaluativa de Especificaciones Santiago de Chile	de Sistema de Tarificación Vial	de Cumplimiento	Tecnología Propuesta		
			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	Distintas 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

6.8 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 tarifación 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 tarifación 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 tarifación 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.

Las principales características del esquema, que si bien se señalaron en Capítulos previos, son importantes de recordar en esta Sección y por lo tanto se detallan en la tabla siguiente.

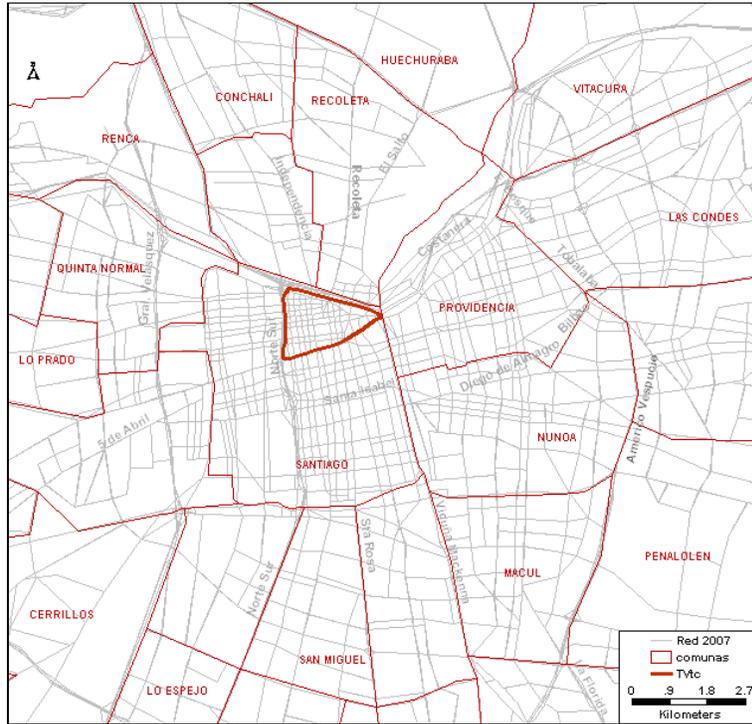
TABLA 7-1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

	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 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

El esquema considera tarifación 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.

De manera esquemática se aprecia la ubicación en Santiago del Triángulo Central en la figura siguiente.

FIGURA 7-1 ALTERNATIVA SELECCIONADA: TRIÁNGULO CENTRAL



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 Tarifación 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 Tarifación Vial, estas servirán a futuro de base para la aplicación y desarrollo en plenitud de alguna metodología de evaluación de impactos urbanos, como por ejemplo, la Metodología De Evaluación De Los Efectos Urbanos De Un Proyecto Via, SECTRA RM, año 1999, la cual considera la aplicación de una metodología de exploración prospectiva, evaluación y cuantificación de efectos potenciales sobre el entorno urbano producidos por proyectos de carácter vial.

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 tarifización vial.

Impactos positivos al desarrollo urbano del proyecto tarifización vial

Promoción del desarrollo urbano integrado

- Reducción de la congestión vial, correspondiente a una disminución significativa del tránsito vehicular privado. Es un efecto inmediato e inherente a medidas de tipo económico para regular el uso de la infraestructura y especialmente la infraestructura vial en la ciudad dada su capacidad limitada.
- Mayor uso del transporte Público, derivado del cambio de modo de transporte de los usuarios generando con ello un aumento de la demanda
- Aumento de la velocidad de recorrido del transporte público superficie en zonas centro en horarios punta, que se asocia a un uso más eficiente de la infraestructura vial, en horarios y tiempos de viaje.
- Cambio del patrón de movilidad de las personas, implica un aumento modo caminata y transporte público, respecto al transporte privado vehicular.
- Favorece la peatonalización de zonas comerciales céntricas, lo que genera proyectos de remodelación de espacios público vial mediante la construcción de nuevos paseos peatonales que favorecen el comercio y servicios del centro urbano.
- Uso racional del espacio urbano - Incremento de la intensidad de uso del espacio público, la liberación del espacio vial que ocupa los vehículos motorizados en congestión posibilita el surgimiento de modos alternativos de transporte.
- Mejoras en el comercio, ya que, habría un espacio público más atractivo y grato, y centrado en el peatón.
- Renovación urbana de zonas deterioradas físicamente por mejoramiento de las condiciones de accesibilidad y transporte.
- Aumento de la densidad residencial en zonas centrales por mejoramiento en los atractores de localización derivado de la reducción de la congestión vehicular. El aumento en la densidad responde a mejores expectativas inmobiliarias.
- Atractividad y plusvalía a zonas residenciales

Centro urbano dinámico y competitivo

- Minimización de la fricción vehículo peatón en la zona centro por reducción de la congestión, genera mejores condiciones para el uso más intensivo del espacio público en forma segura lo cual beneficia a la actividad comercial y servicios.
- Incentivo a la inversión privada y repoblamiento del centro, mediante proyectos de densificación residencial en altura de estratos medios y medios altos con poder adquisitivo, frente a la mayor atractividad que ofrecen los entornos urbanos residenciales en barrios centrales y el consecuente incremento de la calidad del espacio público.
- La reducción de la congestión puede permitir invertir la relación peatón - vehículo en el espacio público, otorgando mayores posibilidades para la circulación peatonal intensiva en áreas comerciales y de servicios lo cual se puede materializar mediante proyectos de intervención en el espacio público.
- Aumento en los precios de suelo por iniciativas de mejoramiento espacio urbano, frente al desarrollo de nuevas inversiones como resultado de la reducción de la fricción vehicular.
- Revalorización del centro para localización de centros de negocios por descongestión del área respecto a otras zonas competitivas en sector oriente.

Cambios de uso en zonas de borde

- Dinamización de la actividad urbana en las zonas de borde por potencial relocalización de actividades comerciales y servicios.
- Creación de áreas de estacionamiento comercial.
- Habilitación de franjas de estacionamiento. Zonas de aparcamiento controladas.
- Cambio de uso del suelo en zonas de borde. Renovación usos no residenciales.

Mejoramiento medio ambiente urbano

- Reducción de la contaminación ambiental (polución), lo que tiene implicancias directas en el mejoramiento sostenido de la salud pública.
- Uso más racional de la energía, por la reducción del consumo energético en combustibles dada la disminución de la tasa de motorización en la ciudad que revierte las tendencias crecientes.
- Reducción de las emisiones de ruido por reducción de los efectos de la congestión vial.

Impactos negativos al desarrollo urbano del proyecto tarificación vial

Conflictos con el desarrollo integrado del sistema urbano.

- Altera los desplazamientos locales.

- Menor accesibilidad a equipamientos por desincentivo del cobro, que reduce los factores de atracción y ventas.
- Déficit de equipamientos por reorganización de la accesibilidad y demanda.
- Impactos diferenciados según escala del comercio, dado que se infiere un mayor perjuicio al comercio escala menor, respecto a grandes tiendas o empresas de servicios.
- Superávit de equipamientos⁵⁹
- Incentivo a la expansión urbana, generando subcentros competitivos por accesibilidad vehicular en la periferia.

Conflictos por intensidad de ocupación del suelo

- Fricción de usos por incremento de la demanda de estacionamiento en las zonas de borde.
- Mezcla inadecuada de funciones. Referida a la superposición de usos de suelos incompatibles entre sí en zonas de borde, como consecuencia del eventual traslado de actividades que se ven perjudicadas por la TVC.
- *Sobrestock* edificado de estacionamientos en el centro por reducción de la demanda que accede al centro.

Conflictos por efectos en zonas de borde

- Congestión vial, con costo económico, en pérdida de tiempo, pérdida de combustible y aumento de los costos de operación de los vehículos.
- Demanda de estacionamientos.
- Generación de oferta de equipamientos e infraestructura de estacionamientos que determine cambios en entornos residenciales de las zonas de borde, y consecuente deterioro físico-ambiental por mayor intromisión vehicular en el entorno inmediato a la vivienda de barrios localizados en zonas de borde.
- Deterioro de áreas residenciales. Refiere específicamente al impacto que puede generar la reasignación de viajes en áreas residenciales como resultado de la tarifación particularmente en las zonas de borde en áreas residenciales este deterioro se puede manifestar por cambios en el patrón de localización de actividades o la pérdida de valoración inmobiliaria lo que en definitiva se traduce en obsolescencia física.

⁵⁹ En el ámbito urbano claramente la condición de déficit o superávit de equipamientos implica desequilibrios en la organización territorial de las actividades urbanas (usos de suelo) que tiene claras implicancias en el patrón de viajes, un ejemplo claro de esta situación son los viajes propósito estudio, en el que se observa que la comuna sujeta a las medidas de tarifación presenta un fuerte superávit de establecimientos para la demanda generada en la propia comuna, por esta razón a decir de los especialistas entrevistados esta situación puede tener claras implicancias en el patrón individual de viajes por cuanto no es menor la demanda que accede a estos servicios proveniente de zonas fuera del cordón de tarifación.

- Deterioro de espacios públicos (vías y áreas verdes). Refiere al incremento eventual de la circulación en las zonas de borde puede generar congestión, aparcamiento no regulado, que en definitiva va en detrimento de la calidad física del espacio público.
- Costos sociales por mal uso de la infraestructura. Derivan de la congestión y aparcamiento en zonas de borde.

Evaluación de impactos

A continuación se presentan dos matrices de evaluación de los impactos enunciados, por parte de tres especialistas del equipo consultor⁶⁰, 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** (color rojo ■ en la matriz), cuando es un efecto directamente relacionado con la puesta en marcha de un Proyecto de Tarifación Vial (PTV) e incide muy fuertemente en forma única como principal factor desencadenante. Hay una interdependencia funcional, un ejemplo de ello es la reducción de la congestión vial frente a tarifificar un área de circulación.
- **Impacto Neutro** (color verde ■ en la matriz), cuando un efecto se puede presentar en forma independiente a la puesta en marcha de un PTV, y no se identifica como un efecto directo del mismo y que por lo tanto esta influenciado por otros factores desencadenantes. Ej: Aumento de la velocidad del transporte público, el que estaría condicionado a otras medidas como segregación de corredores o dotación o uso de vías de transporte exclusivo, sin relación directa a la Tarifación Vial.
- **Impacto Bajo** (color amarillo ■ en la matriz), cuando un efecto esta relacionado en forma indirecta, y esta débilmente asociado según factor desencadenante de un PTV. Se atribuye que están presentes juntos a otros atributos Ej: Uso racional del espacio urbano, ya que junto con propuestas de tarifación vial más un conjunto de otras asociadas a otros componentes del desarrollo urbano se lograría tan efecto.

TABLA 7-2 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS URBANOS DEL PROYECTO TARIFICACIÓN VIAL, ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL

IMPACTOS URBANOS POSITIVOS	VALORACION IMPACTO			
	Ev. 1	Ev. 2	Ev. 3	Ev. final
1 Promoción del Desarrollo Urbano Integrado				
Reducción de la congestión vial.	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo

⁶⁰ 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 Magister en Urbanismo; Isabel Zapata, Arquitecta y Diego Ávila, Arquitecto.

Mayor uso del transporte Público.	Significativo	Neutro	Significativo	Significativo
Aumento velocidad de recorrido del transporte público	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo
Uso mas eficiente de la infraestructura vial	Neutro	Significativo	Significativo	Significativo
Mantención de las velocidad promedio	Bajo	Neutro	Neutro	Neutro
Cambio del patrón de movilidad	Significativo	Significativo	Neutro	Significativo
Favorece la peatonalización de zonas comerciales	Significativo	Significativo	Neutro	Significativo
Uso racional del espacio urbano	Neutro	Neutro	Bajo	Neutro
Incremento de intensidad de uso del espacio público	Significativo	Significativo	Neutro	Significativo
Mejora en el comercio	Bajo	Significativo	Significativo	Significativo
Renovación urbana de zonas deterioradas	Bajo	Significativo	Bajo	Bajo
Atractividad y plusvalía a zonas residenciales	Neutro	Significativo	Neutro	Neutro
2 Centro urbano dinámico y competitivo				
Minimización de la fricción vehiculo peatón	Significativo	Significativo	Neutro	Significativo
Replamamiento del centro	Bajo	Significativo	Bajo	Bajo
Aumento en los precios de suelo	Bajo	Significativo	Significativo	Significativo
Atractividad para localización de centros de negocios	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo
Incentivo a la inversión privada para renovación	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo
3 Cambios de uso en Zonas de borde				
Dinamización de la actividad urbana	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo
Creación de áreas de estacionamiento comercial.	Neutro	Neutro	Bajo	Neutro
Habilitación de franjas de estacionamiento.	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo
Cambio de uso del suelo	Bajo	Significativo	Bajo	Bajo
4 Mejoramiento medio ambiente urbano				
Reducción de la contaminación ambiental (polución)	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo
Uso más racional de la energía.	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo
IMPACTOS URBANOS NEGATIVOS	VALORACION IMPACTO			
1 Conflictos con el Desarrollo integrado del sistema urbano.	Ev 1	Ev 2	Ev 3	Ev f
Altera los desplazamientos.	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo
Menor accesibilidad a equipamientos	Bajo	Significativo	Bajo	Bajo
Déficit de equipamientos	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro

Impactos diferenciados según escala del comercio	Significativo	Neutro	Neutro	Neutro
Superavit de equipamientos	Neutro	Bajo	Bajo	Bajo
Incentivo a la expansión urbana	Neutro	Bajo	Neutro	Neutro
2 Conflictos por intensidad de ocupación del suelo				
Fricción de usos	Bajo	Significativo	Bajo	Bajo
Mezcla inadecuada de funciones	Bajo	Neutro	Neutro	Neutro
Mantenimiento de la Obsolescencia del stock edificado	Neutro	Neutro	Bajo	Neutro
3 Conflictos por efectos en zonas de borde				
Costos de la congestión vial	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo
Demanda de estacionamientos	Significativo	Significativo	Bajo	Significativo
Deterioro de áreas residenciales	Significativo	Bajo	Bajo	Bajo
Deterioro de espacios públicos	Bajo	Significativo	Significativo	Significativo
Costos sociales por mal uso de la infraestructura	Bajo	Neutro	Bajo	Bajo

De las matriz es 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, tanto en las zonas afectas a tarifación como en aquellas zonas 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 tarificación va a tener desincentivos para acceder al supermercado que se encuentra al interior del área de tarificación, 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 comerciales en las áreas de mercado, lo que no implica que se pueda desarrollar y aplicar alguna metodología al respecto.

Medidas de mitigación sugeridas

Se desarrolla a continuación un conjunto de medidas y recomendaciones por ámbito de acción destinadas a minimizar los efectos urbanos de la implementación de la tarificación vial.

TABLA 7-3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN SUGERIDAS PARA MINIMIZAR IMPACTO DE PROYECTO TARIFICACIÓN VIAL EN ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL

Ámbito	Descripción	Medidas y recomendaciones
Medidas de gestión urbana-Rol de la Institucionalidad Pública	Unos de los aspectos relevantes que se observa de la definición del territorio sujeto a tarificación es el efecto que puede tener sobre los organismos de administración local, y en particular de las áreas de borde.	<ul style="list-style-type: none"> • Resulta fundamental fortalecer las instancias de coordinación de los distintos municipios y en particular de las Direcciones de Tránsito, con el objeto de prever los efectos negativos que puede llegar a provocar en los territorios de borde del cordón de tarificación, en particular respecto de las atribuciones específicas que por Ley le caben a los gobiernos locales.
Medidas de Evaluación	Comprende la implementación de medidas de control y monitoreo del entorno urbano de la tarificación.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación sistemática y pública de los impactos en cambios de patrones de comportamiento urbano (flujos) y de usos de suelo generado por la puesta en marcha del sistema de tarificación vial del centro urbano de Santiago. • Monitoreo del impacto en las actividades, mediante la operatoria y gestión de observatorios urbanos ambientales, utilizando indicadores como los permisos de edificación en el área.
Medidas económicas	Las medidas económicas se pueden orientar en dos líneas de importancia, por un lado las captura de plusvalía y por el otro medidas compensatorias.	<ul style="list-style-type: none"> • Retorno en inversión urbana en el sector centro de la ciudad (Comuna Santiago) derivados de los montos de recaudación de la tarificación vial, los que se pueden canalizar en: <ul style="list-style-type: none"> ○ Obras urbanas de mejoramiento del espacio público ○ Obras de equipamiento público. ○ Mejoramiento de la infraestructura y sistema de transporte público de acceso al centro.
Medidas Regulatorias, o Planificación urbana del área tarificada.	Refiere a la gestión del suelo y el espacio público a través de la legislación urbana.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación adecuada a la localización de equipamientos en función de las escalas señaladas en el artículo 2.1.36 de la Ordenanza General de Urbanismo, en particular respecto de las cargas de ocupación de estacionamientos⁶¹ indicadas

⁶¹ Los cambios o reasignaciones en las condiciones de circulación como resultado de la implementación de la medida de tarificación vial, genera cambios en el patrón de localización de actividades y en particular la generación de una oferta de estacionamientos en los puntos de acceso, lo cual puede tener claros impactos en los usos de suelo, en particular la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y los respectivos Instrumentos de Planificación, establecen las cargas de ocupación admisibles para proyectos urbanos en función de la jerarquía de la vía, lo cual no siempre se encuentra en los estudios de Capacidad Vial de los Instrumentos de Planificación comunal.

Ámbito	Descripción	Medidas y recomendaciones
		<p>en la misma norma.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considerar los criterios de jerarquización vial señaladas en los instrumentos de planificación. • Establecer condiciones para la localización racional de zonas destinadas al aparcamiento en las áreas de borde. • Planificación por compensaciones⁶² en zonas centro según retorno de la plusvalía por aumentar la oferta de espacios públicos.
Medidas en Mejoramiento de Espacios Públicos Proyectos urbanos	Se orientan al aprovechamiento de las externalidades positivas del proyecto de tarificación vial en lo que concierne a la reducción de los efectos de congestión.	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias permanentes de mejoramiento sostenido del espacio público en áreas sujetas a tarificación. • Ampliar las posibilidades para la habilitación de modos de transporte no motorizados.
Medidas compensatorias según afectaciones diferenciadas a los usuarios/visitantes y residentes		<ul style="list-style-type: none"> • Es importante señalar que como consecuencia del desincentivo de la demanda de estacionamiento en las zonas centrales, una afectación indirecta en el comercio que basa sus ventas en los factores de atracción que genera el stock de aparcamiento (retail). • Entrega de una bonificación, vales de acceso o descuentos para los residentes y clientes del comercio establecido, es una medida de compensación para los que puedan salir afectados. Debe identificarse a los afectados, tanto a los moradores con vehículo a los sin éste, o los comerciantes, etc., para realizar compensaciones individualizadas según los requerimientos de éstos, pueden ser tributarias, relocalización, en patentes comerciales.
Medidas de Marketing Urbano	Refiere al conjunto de medidas destinadas a establecer un puente permanente con los distintos agentes urbanos que permita retroalimentar y mitigar los efectos urbanos de la aplicación del proyecto de tarificación.	<ul style="list-style-type: none"> • Deben realizarse campañas, es todo un proceso de concientización, Marketing Urbano enfocado en dos objetivos primordiales: <ul style="list-style-type: none"> ○ Orientar respecto de la aplicación de las medida de tarificación: áreas de tarificación, horarios, etc. ○ Establecer oficinas que reciban observaciones y reclamos de los usuarios de transporte. ○ Proponer mediante señalética urbana, las medidas de eficiencia del uso del espacio público.

⁶² La planificación por compensaciones, es un mecanismo que se utiliza en los instrumentos de planificación urbana, mediante el cual se otorga incentivos en constructibilidad, para aquellos proyectos que entreguen prestaciones de mejoramiento urbano, como cesión de espacio público, incremento de estacionamientos, áreas de circulación etc. Caso de comuna de Providencia.

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 tarifificación 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 tarifificación vial para Santiago, dice relación con la institucionalidad requerida para liderar el desarrollo de este proyecto.

Si bien en el desarrollo del presente estudio, se ha mencionado que una Autoridad Metropolitana de Transporte, es la que debiera estar a cargo de este proyecto; se entiende que se trata de una entidad con las atribuciones y recursos necesarios para llevar adelante un proyecto de tal envergadura y que podría ser también la actual Coordinación General de Transporte de Santiago (CGTS) que actualmente está mayormente abocada al sistema de transporte público de la ciudad.

Más allá del nombre de la unidad, lo que se debiese procurar es 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 apprehensiones 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.
- I 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 soluciones 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 *Congestion Charge* (cargo por congestión), también denominado *Congestion Tax* en Norteamérica. Otras medidas específicas, tales como la *Low Emission Zone* (Zona de baja emisiones), también en Londres, no incorpora 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, endorsan, 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 de uno o dos colores de fácil reproducción.

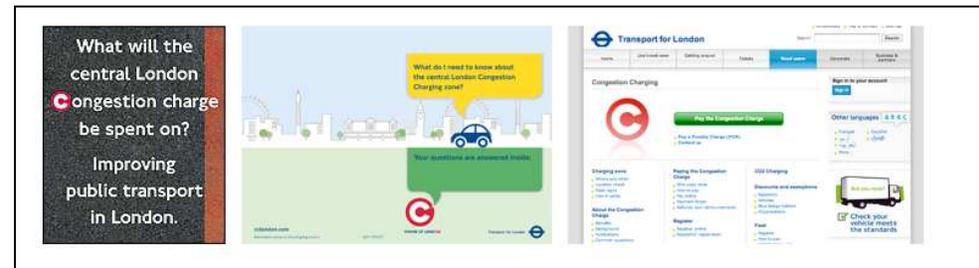
FIGURA 7-2 EJEMPLOS DE IDENTIDADES DE ESQUEMAS DE TVC



Logotipos para TVCs, de izquierda a derecha: Congestion Charge, Low Emission Zone (Londres) y Congestion 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.

Es importante asegurar la consistencia a través del tiempo y de las distintas aplicaciones, para el beneficio del reconocimiento de el icono o logotipo, por ende de la marca –por extensión de la medida y sus beneficios.

FIGURA 7-3 EJEMPLOS DE APLICACIONES DE UNA MARCA DE TVC



Aplicaciones de la marca Congestion Charge: Afiche publicitario para la campaña de lanzamiento (2003), Folleto informativo (2008) y Sitio web (2009), este último parte del sitio de la autoridad de transporte (Transport for London), quien administra y a la vez endorsa la medida. A casi cinco años de su puesta en marcha (Febrero 2003), la marca y el iconos se han sumado al patrimonio gráfico de la ciudad y se utiliza en el resto de Reino Unido como sinónimo de TVC.

Nuevas medidas traen consigo una nueva jerga a la cual tanto usuarios como no usuarios se ven enfrentados. Algunas de estas se traspasan directamente desde el lenguaje técnico al coloquial (como el caso del anglicismo “tag”), otras se

presentan como marcas de fantasía (“*tarjeta Bip*”) y otras, a falta de una nomenclatura clara, simplemente son bautizadas espontáneamente (como los “*buses oruga*” = buses articulados).

La TVC traería consigo no sólo una serie de términos asociados, estos términos no sólo deben ser familiarizados y su comprensión incidirán en la apropiada comunicación y uso de la medida. Términos tales como “*cordón*”, “*hora punta*”, “*cobro de entrada*”, “*cobro de salida*” y “*multa*”, entre otros, deberán ser evaluados y validados –o eventualmente reemplazados por otros.

Cualquiera sea el caso, se debe perseguir consistencia en el uso de estos términos a través de todos los canales comprendidos en la Estrategia de Comunicación, así como en las señalización y otra información en la vía pública.

La aplicación de TVC es una medida que afectaría el tránsito vehicular de la ciudad en su conjunto, a kilómetros de los límites del cordón. La aproximación hacia un sistema de señalización para esta, debe considerar un gama de elementos desde la aproximación hasta la delimitación del cordón.

De modo similar a la implementación de autopistas urbanas en Santiago y del Transantiago, las nuevas necesidades de señalización pondrán a prueba el alcance y la eficiencia de la normativa de señalización de tránsito, en particular a lo referido a la vertical y la demarcación.

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. **Todos los esquemas que se presentan a continuación son de carácter indicativo y no constituyen propuestas de diseño.**

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:

- Delimitación (entrada y salida)
- Días y horario de aplicación
- Vías alternativas
- Tarifas(*)⁶³
- Otras condiciones de aplicación (excepciones, recordatorios, multas, entre otros)

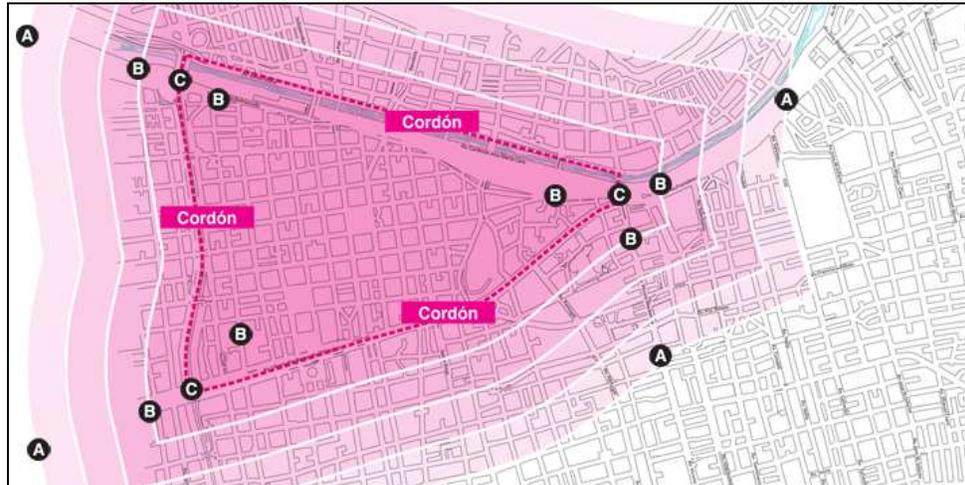
Estos y otros mensajes deben ser articulado de modo lógico y oportuno, para que tanto el usuario puede tomar decisiones anticipadas, reduciendo el número de equivocaciones (por ende de cobros involuntarios), reclamos (por desinformación) e incluso congestión generada por decisiones precipitadas como virajes de última

⁶³ 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

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 7-4 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.

a) Información anticipada (larga distancia)

- ▮ **Objetivo:** Informar a los potenciales usuarios por anticipado, permitiéndoles re-definir su viaje o decidir continuar conscientes de atravesar el cordón.
- ▮ **Ubicación:** Se debe definir cuáles son las principales vías de acceso al cordón y dentro de éstas, anticipar los puntos de decisión clave. En experiencias internacionales el radio supera los 5km de distancia al π h est.
- ▮ **Contenidos:** Identificación, días y horario de aplicación, tarifa (*).
- ▮ **Soportes recomendados:** Letrero vertical, Señalización de carretera, Letreros de información dinámica.

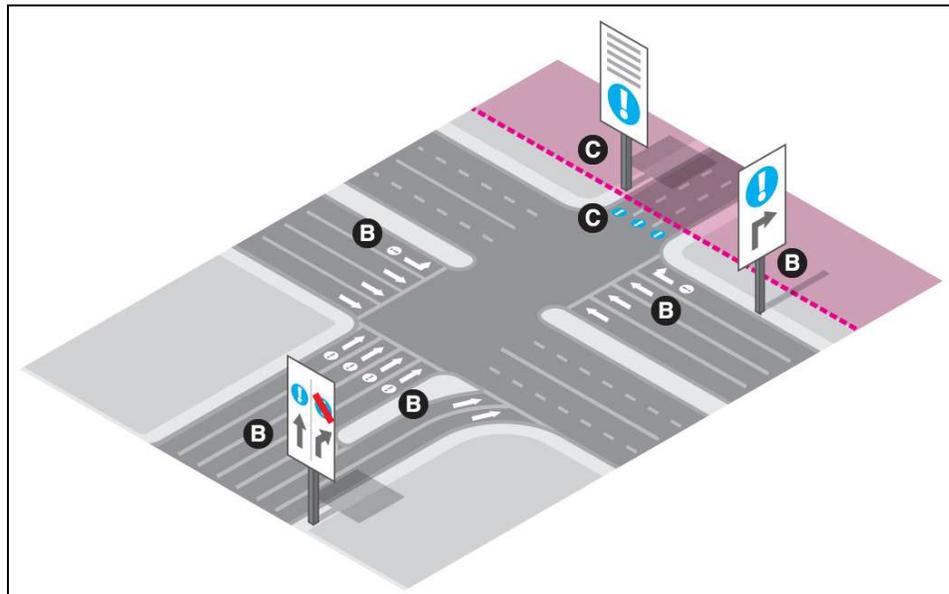
B) Aproximación al cordón (inmediata)

- ▮ **Objetivo:** Informar de la inminente cercanía al cordón con objeto de permitir el desvío de ésta.
- ▮ **Ubicación:** En anticipado a todas las intersecciones de entrada y salida del cordón. Distancia adecuada para permitir desvío seguro.
- ▮ **Contenidos:** Identificación, días y horario de aplicación, identificación de las vías que conducen / no conducen al cordón.
- ▮ **Soportes recomendados:** Letrero vertical y demarcación.

C) Delimitación del cordón (entrada y salida)

- **Objetivo:** Confirmar el ingreso o salida del cordón.
- **Ubicación:** En todas las entradas y salidas del cordón junto a los puntos de cobro.
- **Contenidos:** Identificación, días y horario de aplicación, excepciones, multas, tarifas(*), información específica de entrada/salida.
- **Soportes recomendados:** Letrero vertical y demarcación.

FIGURA 7-5 ESQUEMA ILUSTRATIVO DE SEÑALIZACIÓN EN ACCESO A LA ZONA DE COBRO



Esquema ilustrativo para una intersección de entrada al cordón. El funcionamiento de cada intersección debe ser estudiado individualmente en vías de establecer las necesidades específicas de señalización, tanto para la aproximación (B) como en la delimitación (C). Una combinación de soportes de señalización vertical y demarcación se deben complementar de manera consistente para lograr una adecuada visibilidad de la medida, reducir la incertidumbre y mejorar la experiencia de los usuarios.

Si bien los soportes que se han recomendados son en su mayoría de carácter estático (letreros verticales y demarcaciones), existe una oportunidad de incorporar información dinámica tanto en soportes existentes (como los letreros de información dinámica de las autopistas urbanas) como en aquellos implementados junto con la medida, sean estos completamente dinámicos o mixtos. Asimismo existen oportunidades para implementar otros canales de información a través del uso de tecnologías tales como sistemas de navegación satelital y teléfonos celulares.

Se recomienda que tanto la definición de la marca, así como el diseño de la identidad visual, sean desarrollados en consultorías específicas con equipos idóneos. Así también se recomiendan instancias de consulta pública con el objetivo de validar los la efectividad de estas propuestas.

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 la 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.

En este contexto destaca por ejemplo considerar la experiencia de Londres en el monitoreo de los impactos del esquema de tarificación vial implantado. En el último reporte de Julio 2008, se ha llegado a la conclusión general que los efectos en el total de la economía son muy pequeños para ser detectados. La economía en el área tarifada ha sido incluso mayor que en el resto de la ciudad desde que se implementó TVC pero esta situación no ha podido ser tampoco atribuida al esquema.

Igualmente, se deberán considerar las limitaciones ya existente, 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 del informe se presenta una descripción de las principales características de los pórticos utilizados en zonas de tarificación vial. Cabe mencionar que 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 tipo “Marco” con apoyo en ambos bordes de la vía. Estos pórticos se utilizan principalmente en autopistas y corresponden a 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. La figura siguiente muestra a un pórtico tipo “marco” utilizado en la autopista Vespucio Sur de Santiago, mientras que la figura a continuación muestra una situación similar en la ciudad de Estocolmo, Suecia.

FIGURA 7-6 PÓRTICO UTILIZADO EN AUTOPISTA AMÉRICO VESPUCIO SUR DE LA CIUDAD DE SANTIAGO, CHILE



FIGURA 7-7 PÓRTICO UTILIZADO EN EL ESQUEMA DE TARIFICACIÓN VIAL DE LA CIUDAD DE ESTOCOLMO, SUECIA



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. La figura siguiente muestra un detalle de esta situación para el caso del pórtico de la autopista Vespucio Sur en Santiago.

FIGURA 7-8 DETALLE DE PÓRTICO DE AUTOPISTA AMÉRICO VESPUICIO SUR, CHILE



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. La figura siguiente muestra ejemplos de estos casos instalados en la ciudad de Londres, Inglaterra.

FIGURA 7-9 PÓRTICO UTILIZADO EN EL ESQUEMA DE TARIFICACIÓN VIAL DE LA CIUDAD DE LONDRES, INGLATERRA



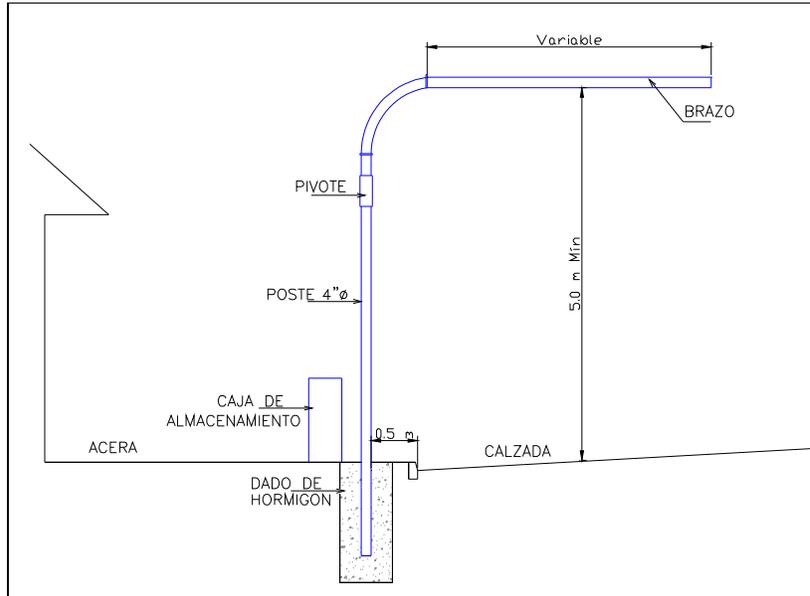
El diseño de estos pórticos considera un pivote en el poste de modo que pueda girarse el brazo para efectuar mantenencias sin tener que efectuar interrupciones al flujo de vehículos. La altura libre de los pórticos varía entre 4 a 6 metros y el largo del brazo varía en función del número de pistas que 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 más 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.

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 tiene 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.

FIGURA 7-10 DISEÑO ESQUEMÁTICO DE PÓRTICO SIMPLE



Diseño de puntos de cobro

La alternativa preliminarmente elegida sobre la cual se aplicaría un esquema de tarificación vial corresponde a aquella denominada Triángulo Central, la cual está delimitada por los ejes Manuel Rodríguez por el poniente, Santa María por el Norte, Pio Nono-V.Mackenna por el oriente y la Av. Libertador Bernardo O’Higgins por el sur para aplicar el sistema de cobro. La figura siguiente ilustra esta zona y en ella se indican los puntos de cobro de finidos, 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.

En la tabla siguiente está el listado y nomenclatura de los Puntos de Cobro definidos, los cuales también se indican en la figura mencionada.

En cada uno de estos puntos se considera proveer e instalar los pórticos que den soporte al equipamiento necesario para hacer funcionar el sistema. Cabe mencionar que quienes quedan afectos 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. En la tabla se indica la cantidad de pórticos proyectados en cada caso, considerando, como se explicó, un pórtico para tres pistas como máximo.

FIGURA 7-11 ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL PARA APLICACIÓN DE ESQUEMA DE TARIFICACIÓN VIAL PARA SANTIAGO

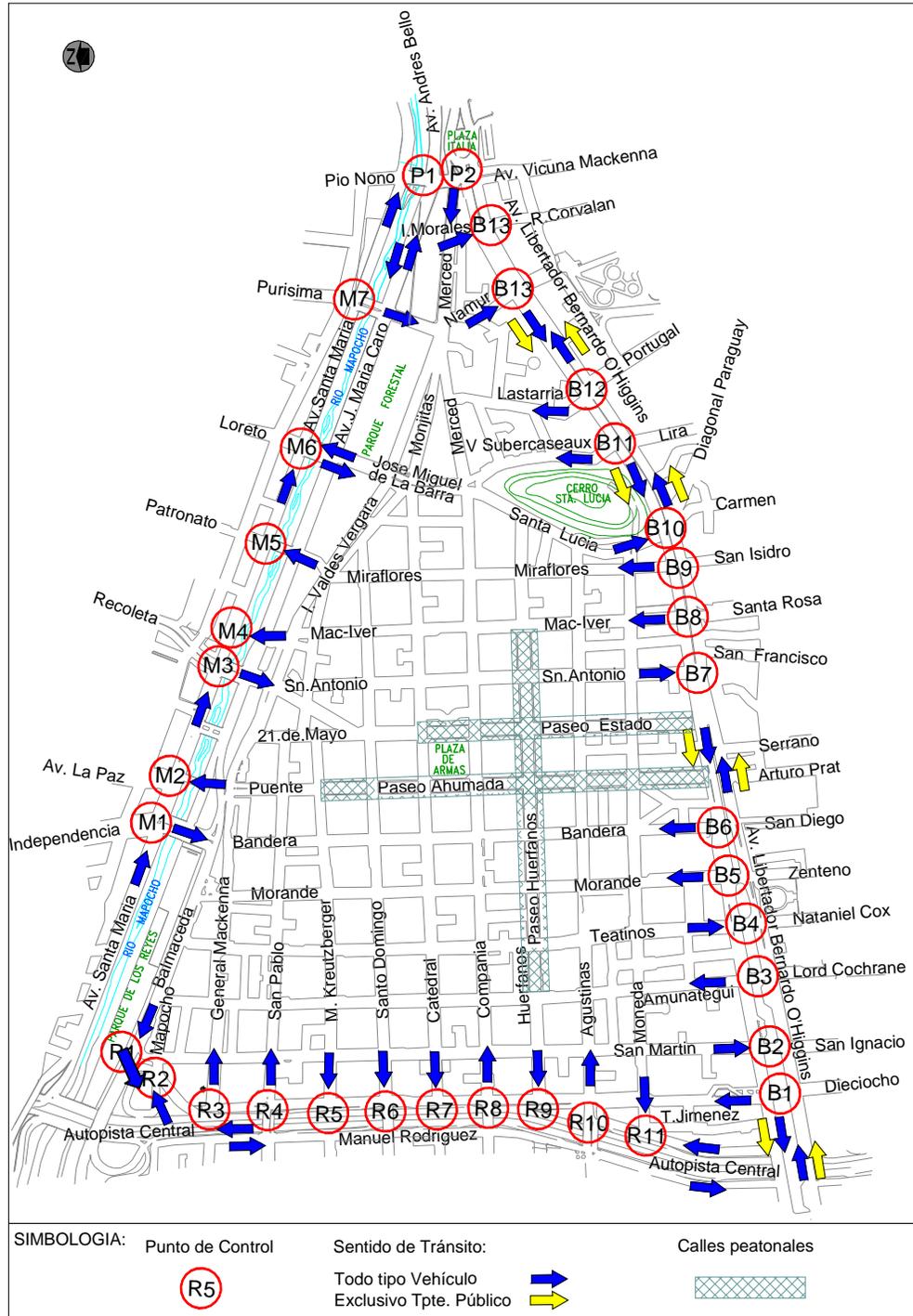


TABLA 7-4 PUNTOS DE COBRO DE ALTERNATIVA TRIÁNGULO CENTRAL

EJE	BORDE	Punto Cobro	Calle	Condición	Pórticos (pistas)
SANTA MARÍA	NORTE	M1	Independencia	Ingreso	2 (5)
		M2	Av. La Paz	Salida	2 (4)
		M3	Recoleta poniente	Ingreso	2 (5)
		M4	Recoleta oriente	Salida	2 (4)
		M5	Patronato	Salida	1 (2)
		M6	Loreto	Ingreso y Salida	2 (3 x sentido)
		M7	Purísima	Ingreso	2 (4)
PÍONONO - VIC.MACKENNA	ORIENTE	P1	Cardenal José María Caro	Ingreso y Salida	2 (3 x sentido)
		P2	Merced	Ingreso	1 (3)
MANUEL RODRIGUEZ BORDE PONIENTE	PONIENTE	R1	Balmaceda	Salida	1 (3)
		R2	Autopista Central	Ingreso y Salida	1 (1 x sentido) ⁶⁴
		R3	Gral. Mackenna	Ingreso	1 (3)
		R4	San Pablo	Ingreso	1 (3)
		R5	Mario Kreutzberger	Salida	1 (2)
		R6	Sto. Domingo	Salida	1 (3)
		R7	Catedral	Salida	1 (2)
		R8	Compañía	Ingreso	1 (2)
		R9	Huérfanos	Salida	1 (2)
		R10	Agustinas	Ingreso	1 (3)
		R11	Moneda	Salida	1 (2)
AV. LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS	SUR	B1	Tucapel Jimenez	Ingreso	1 (2)
		B2	San Martín	Salida	1 (3)
		B3	Amunátegui	Ingreso	1 (2)
		B4	Teatinos	Salida	1 (2)
		B5	Morandé	Ingreso	1 (2)
		B6	Bandera	Ingreso	1 (2)
		B7	San Antonio	Salida	1 (3)
		B8	Mac-Iver	Ingreso	1 (3)
		B9	Miraflores	Ingreso	1 (2)
		B10	Sta. Lucía	Salida	1 (3)
		B11	Victoria Subercaseux	Ingreso	1 (2)
		B12	José V. Lastarria	Ingreso	1 (2)
		B13	Namur	Salida	1 (2)
		B14	Irene Morales	Salida	1 (3)
Total Pórticos =					41 (98)

⁶⁴ De la autopista salen dos pistas, pero solo una pista accede a la zona centro por calle San Martín (en el punto en que se proyecta el pórtico). Sin embargo en este mismo lugar (donde se proyecta el pórtico) existe una pista por sentido, la otra pista que es de salida proviene de Av. Balmaceda y no es para acceder a Autopista, sino que corresponde a acceso a propiedades existentes y permite también el acceso a Av. Balmaceda al poniente del punto de cobro R1. Ver Anexo E, parte 2 para mejor comprensión.

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. **Todos los ejemplos de señalización que se presentan a continuación son de carácter indicativo y no constituyen propuestas de diseño definitivas**, cuya definición y adaptación a la normativa de señalización de tránsito no forma parte de los alcances de este estudio.
- I** Como criterio se han considerado tres instancias de señalización, las cuales deberán ser validadas en etapas posteriores para cada caso en particular; estas se explican a continuación.

b) Señalización de información anticipada

Esta señalización está orientada solo a los usuarios que tienen la opción de ingresar a la zona de cobro. Se ha considerado colocar una señal a una distancia entre 200 y 300 m o mas antes de cruzar el cordón de cobro, donde exista vías perimetrales alternativas. Esto tiene por objetivo informar por anticipado al usuario de la proximidad de esta zona y permitirle escoger otras vías en caso que opte por no ingresar. La figura siguiente muestra un ejemplo de esta situación.

FIGURA 7-12 EJEMPLO SEÑALIZACIÓN DE INFORMACIÓN ANTICIPADA



c) Señalización de aproximación

Esta señalización se proyecta tanto para aquellos usuarios que pueden ingresar como para aquellos que salen de la zona de cobro; su objetivo es informar del inminente acceso o salida de la zona. Para el caso de los usuarios que pueden ingresar, la señal se proyecta en el cruce correspondiente al punto de cobro; aquellos usuarios que decidan no ingresar deberán continuar por la vía perimetral. Para el caso de los usuarios que están al interior, la señal se proyecta entre 100 a 200 m antes del cruce correspondiente al punto de cobro. Las figuras siguientes grafican ambos casos

FIGURA 7-13 EJEMPLO SEÑALIZACIÓN DE APROXIMACIÓN PARA USUARIOS FUERA DE LA ZONA DE COBRO



FIGURA 7-14 EJEMPLO SEÑALIZACIÓN DE APROXIMACIÓN PARA USUARIOS AL INTERIOR DE LA ZONA DE COBRO



d) Señalización de delimitación del cordón

Esta señalización sirve a aquellos usuarios que optan por ingresar y a los que salen de la zona de cobro; su objetivo es confirmar el acceso o salida y se ubica adyacente al pórtico proyectado.

FIGURA 7-15 EJEMPLO SEÑALIZACIÓN DE DELIMITACIÓN DEL CORDÓN



- **Demarcación:** se proyecta demarcar los cruces correspondientes a cada Punto de Cobro de modo de asegurar un uso adecuado de las pistas.

Las figuras siguientes muestran ejemplos de puntos de cobro por ingreso y por salida, donde se aprecia la demarcación del cruce, las señales informativas y la ubicación del pórtico, en color verde.

FIGURA 7-16 EJEMPLO PUNTO DE COBRO DE INGRESO



FIGURA 7-17 EJEMPLO PUNTO DE COBRO DE SALIDA



En Anexos se entrega para cada Punto de Cobro el diseño correspondiente a cada intersección utilizando la Ortofoto de Santiago 2007 proporcionada por el mandante.

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 fue entregada en Informes previos y 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 en esta etapa, se han actualizado las proyecciones de costos, específicamente por la precisión del número de pórticos y pistas asociadas a la alternativa según lo detallado anteriormente. Igualmente el ítem asociado a la estructura metálica del pórtico ya que la estimación preliminar consideraba un pórtico de infraestructura tal para disponer de información dinámica y no de las características más afines al entorno urbano (referencia Figura 7-10) que es la que se está considerando para la implementación.

Adicionalmente se ha incorporado a la estimación de costos preliminar los ítemes de Señalización y Demarcación según el detalle siguiente:

- 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 descrito anteriormente. En Anexos se presenta el desglose y mayor detalle.

TABLA 7-5 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 Triángulo 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 7-6 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 7-7 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 actualizada⁶⁵ 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.

⁶⁵ 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 7-8 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 7-9 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 tarifación 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 7-10 INGRESOS Y COSTOS ESTIMADOS DE TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL (MILLONES DE PESOS DE DICIEMBRE 2008)

	Año 2010			Año 2015		
	\$ 1.961	\$ 3.268	\$ 4.575	\$ 1.961	\$ 3.268	\$ 4.575
Tarifa						
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 Item 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 el anteproyecto (ver Tabla 7-5) que resultó en una disminución de los costos estimados previamente por efecto principalmente de la precisión del número de pórticos requeridos, se han reestimado los indicadores de VAN y TIR de la evaluación social, con los resultados que indican las siguientes figuras y tabla.

FIGURA 7-18 VAN SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC

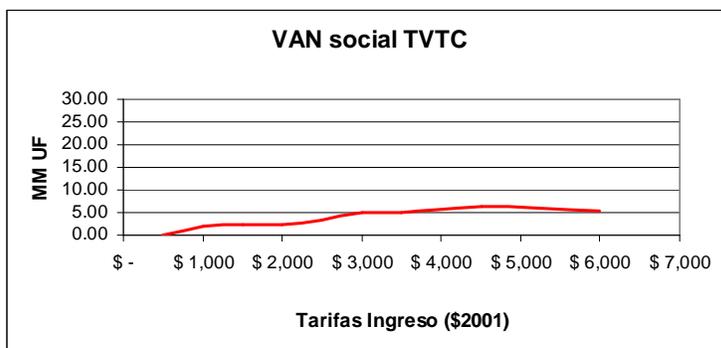


FIGURA 7-19 TIR SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC

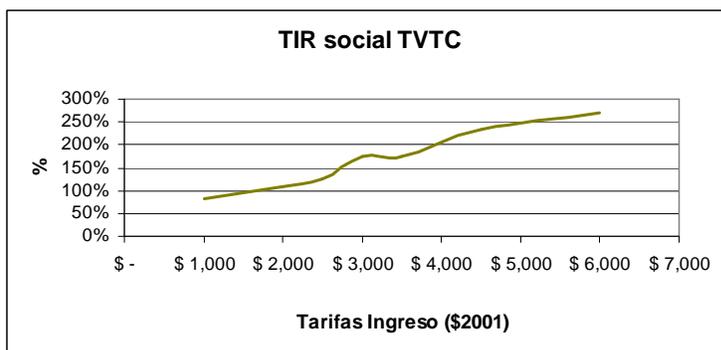


TABLA 7-11 INDICADORES DE EVALUACIÓN SOCIAL ACTUALIZADOS, ALTERNATIVA TVTC

Tarifa (\$)	VAN (MM UF)	TIR
500	0.14	
1.000	1.90	82%
1.500	2.19	97%
2.000	2.25	109%
2.500	3.40	126%
3.000	4.86	173%
3.500	5.08	176%
4.500	6.34	233%
6.000	5.23	270%

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1 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 de la ciudad y por lo tanto inducen al crecimiento de la congestión vehicular. Situación que seguirá aumentando en la medida que aumente el crecimiento económico y el ingreso per capita disponible.

Las simulaciones de escenarios futuros en el modelo de transporte de Santiago reflejan esta situación en aumentos de tiempos de viaje y reducción de velocidades junto con indicar que la partición modal continuaría aumentando en favor del auto y en desmedro del bus si bien las importantes inversiones en metro y concesiones viales en los últimos años han permitido reducir la congestión de manera temporal.

8.2 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, de manera tal que los conductores perciban un costo privado de cada viaje 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 compensar algunas pérdidas de bienestar aumentando la inversión y los servicios de transporte 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 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.

8.3 De la experiencia internacional

A pesar de las sólidas razones económicas para introducir la tarifación vial, esta ha sido adoptada sólo en pocas ocasiones.

Sin embargo, existen casos exitosos y consolidados de tarifación 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 tarifación 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 tarifación vial, que son la implementación de mejoras en la infraestructura vial y en el transporte público de las zonas tarifadas.

Se rescatan 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 plan de tarifación vial sea percibido como un instrumento eficaz para resolverlo
- Que la tarifación 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
- Que se contemple un sistema transparente de recaudo y uso de los fondos
- 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

- Que los precios que se cobren por el uso de las vías sean aceptados como correctos y con una base sólida
- Que el esquema de cobros sea simple de entender, predecible con anticipación y flexible en el tiempo
- Que el sistema que se implemente sea técnicamente confiable y que garantice el respeto a la privacidad de los usuarios de las vías
- Que tanto en la etapa previa como una vez implementado el sistema de tarifación vial se diseñe una estrategia comunicacional que explique los beneficios esperados y efectivos
- Que la implementación considere o no un plebiscito y si es el caso que procure generar una experiencia previa de uso

A este respecto, vale la pena mencionar el caso de Estocolmo, ciudad en que la medida de tarifación 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 permanentemente 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 período de implementación, a diferencia del de Edimburgo donde la medida se rechazó en un plebiscito realizado ex-ante.

8.4 Del uso de los fondos

Del análisis de la experiencia internacional se desprende que para mejorar la aceptabilidad de un esquema de tarifación vial, tanto a nivel individual como político, es fundamental 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, más inversión en zonas de esparcimiento, construcción de ciclovías y mayor inversión en infraestructura vial. 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 tarifación 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 tarifación 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 amplía 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 lo hace la tarificación vial desincentivando la circulación en las horas punta.

8.5 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 tarifación 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.

8.6 Del análisis técnico-metodológico

Para efectos de definición y análisis de alternativas preliminares de tarifación 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 tarifación 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, la que debe considerar otros criterios prácticos, como podrían ser barreras físicas y naturales (ríos, cerros, grandes avenidas, entre otras), que permite incrementar la legibilidad de los esquemas.

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:

- El primero es el impacto de una medida como la tarifación 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.
- 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.
- 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 e inconsistentes. A partir de ello no parece recomendable considerar este periodo al menos para los objetivos de analizar el impacto de la tarifación vial.
- 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-periodo), 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).

- **Transantiago** fue elemento que tuvo cambios importantes durante el estudio, respecto a lo originalmente diseñado que fue lo considerado en los modelos, lo cual es una limitación del análisis, posible de ser ajustado en análisis futuros.

8.7 De los esquemas analizados para Santiago

El análisis de los esquemas de tarificación se hizo en dos etapas. En una primera etapa 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 las 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 la 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:

- Análisis de indicadores agregados (velocidades, flujos, grados de saturación, etc.)
- Análisis impactos derivados de cada esquema (consumos de tiempo, costos de operación)
- Estimación de beneficios sociales y recaudación
- Estimación de costos de inversión y operación

Luego, se realizó la evaluación social preliminar de cada alternativa y el análisis comparativo de dichos resultados, estimando para ello factores de expansión en función de los horarios de operación de los esquemas.

En la medida de lo posible, todos los esquemas fueron evaluados sobre una base similar, para permitir su comparación, sin embargo como se ha planteado a lo largo del estudio, dada la génesis de las tarifas y las distintas formas en que se cobra en cada uno de los tipos de esquemas no resultó posible definir tarifas directamente comparables entre los distintos esquemas.

En base a la rentabilidad social, a los análisis de viajes afectados, beneficios por unidad de tarifa cobrada, beneficios por hogar, 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 tarificación por área, como son la fiscalización y gestión de descuentos de residentes, los que podrían hacer muy complejo el proceso de implementación de este esquema en

sectores muy extensos, unido al hecho de que el esquema de área menor también era rentable, llevaron a seleccionar el área menor para pasar a la etapa de análisis más detallado.

Por otra parte, en base a un criterio más práctico para la etapa de implementación, y a los resultados obtenidos del análisis preliminar y de entrevistas con expertos, se decidió seguir adelante con el esquema de cordón menor correspondiente a la tarificación del Triángulo Central de Santiago que presenta buenos indicadores de rentabilidad, y bajos niveles de inversión.

El resultado de esta etapa entonces fue la selección de tres esquemas para el análisis más detallado.

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, en base a 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 tarificado, 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 paso de viajes diferentes.

El barrido tarifario incluyó tarifas entre \$500 y \$6.000 (\$ del año 2001) para los viajes de ingreso al sector tarificado. El resto de las tarifas aplicadas en cada esquema corresponde siempre a una fracción de la tarifa de ingreso.

TABLA 8-1 ESQUEMAS DE TARIFICACIÓN VIAL ANALIZADOS PARA SANTIAGO

Esquema	Límites	Localización referencial en Santiago
Cordón mediano (TVC2)	<p>Norte: Río Mapocho</p> <p>Oriente: A. Vespucio (inclusive)</p> <p>Sur: Bilbao / Eliécer Parada / J. D. Cañas / Av. Matta</p> <p>Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)</p>	
Área menor (TVA1)	<p>Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)</p> <p>Norte: Río Mapocho</p> <p>Oriente: Tobalaba / El Bosque</p> <p>Sur: Bilbao / Diego de Almagro / Santa Isabel</p>	
Cordón menor (TVTC)	<p>Norte: Río Mapocho</p> <p>Sur: Alameda</p> <p>Poniente: Norte Sur - Caletera Poniente (excluida)</p>	

Analizando los resultados, en términos absolutos, el esquema de cordón TVC2, por ser el que abarca la mayor superficie tarifcada, es el que produce los mayores impactos 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
- 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 en el 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 los mayores impactos de reducción de la congestión.

Sin embargo, el consultor ha considerado como la mejor alternativa de tarifcación el esquema TVA1, pues además de obtener indicadores muy 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 anteriormente expuesto, existía otro elemento relevante a considerar y que tenía que ver con la gradualidad de la aplicación de una medida de TVC, elemento que tomó mayor fuerza después de los sucesos de la implementación de Transantiago, y que también fue mencionado como un elemento relevante en las entrevistas a especialistas y en los análisis de la literatura técnica. En base a este criterio, y en conjunto con la contraparte, se seleccionó la alternativa de cordón en el

Triángulo Central (TVTC), como aquella que se recomendaba para ser implementada en primera instancia.

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 posibles errores.

Este esquema TVTC, por ser el menor de todos en extensión, si bien es el que obtiene impactos más pequeños dentro de la ciudad, es a la vez el que requiere una menor inversión y presenta además claras ventajas en temas de carácter institucional, dada la mayor facilidad de implementar la medida en la jurisdicción de una sola comuna de la ciudad (Santiago).

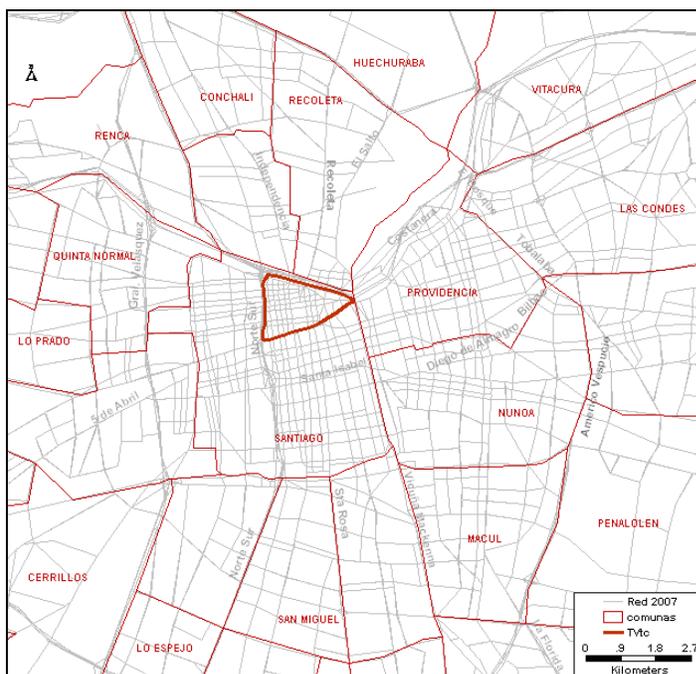
Por otro lado, los impactos a nivel local sí son importantes, mostrando una reducción relevante de los niveles de saturación en la zona tarifificada. Su reducida superficie constituye una ventaja en cuanto al monitoreo, tanto de los impactos positivos en los niveles de congestión, como en los conflictos 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.

La aplicación gradual de la medida permitiría además contar experiencia y mediante un detallado monitoreo de los impactos que produce en el área y su entorno, con los cuales se podrían analizar las eventuales sucesivas etapas de ampliación del sector tarifificado.

Evaluación de la alternativa seleccionada

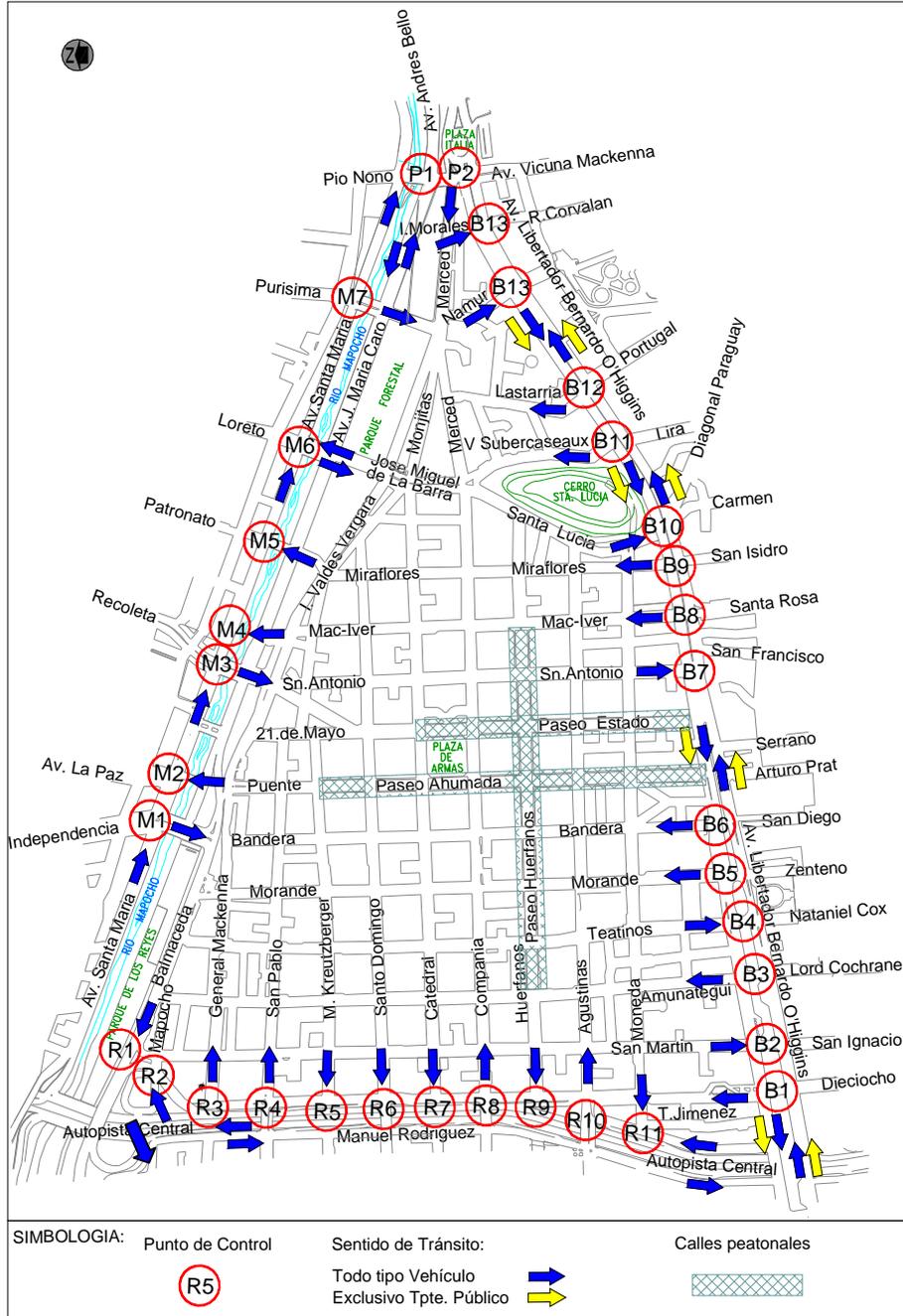
En la figura siguiente se muestra un esquema del área tarifificada en el esquema TVTC seleccionado.

FIGURA 8-1 LOCALIZACION REFERENCIAL DEL TRIÁNGULO CENTRAL EN SANTIAGO



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 8-2 PUNTOS DE COBRO ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL



Los costos de inversión, operación y mantenimiento de la alternativa TVTC actualizada al año 2008 se muestran en la tabla siguiente.

TABLA 8-2 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN, OPERACIÓN Y MANTENCIÓN ACTUALIZADA PARA ALTERNATIVA TVTC (IMPUESTOS INCLUIDOS)

Inversiones	Monto (UF)
Costos fijos implementación Sistema Base	UF 171.739
Costos inversión en puntos de cobro	UF 395.249
Total inversión	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

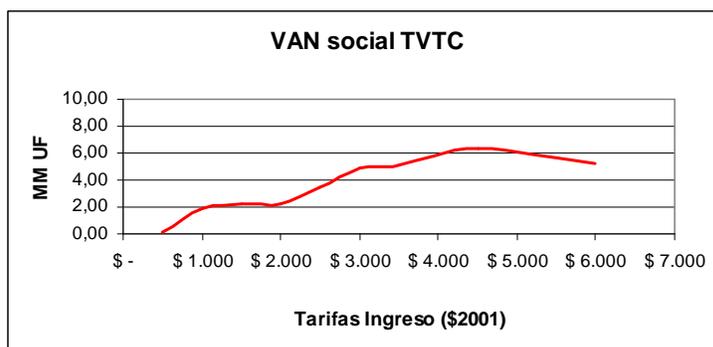
Por otro lado las estimaciones de ingresos obtenidas para los años 2010 y 2015, respectivamente, corresponden a los montos indicados en la tabla siguiente. En ella se aprecia también la tasa anual de crecimiento de los ingresos.

TABLA 8-3 ESTIMACIÓN DE INGRESOS ANUALES POR TARIFICACIÓN VIAL EN TRIÁNGULO CENTRAL, MILLONES DE PESOS DEL 2008

Tarifa ⁶⁶	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%

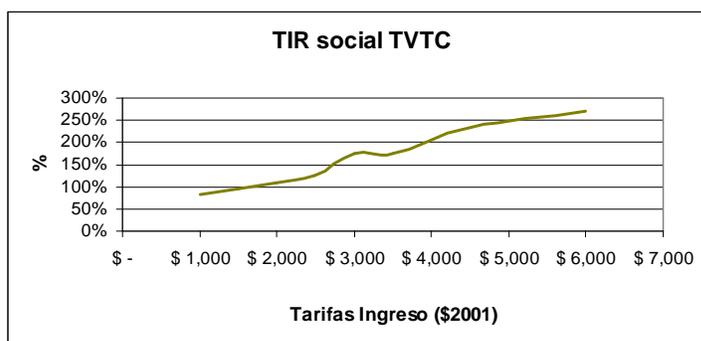
La evaluación social del esquema TVTC, para cada una de las tarifas simuladas, considerando un horizonte de evaluación de 20 años, muestra los resultados que se presentan en la figura siguiente.

FIGURA 8-3 VAN SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC



⁶⁶ Las tarifas corresponden a \$1500, \$2500 y \$3500 del año 2001.

FIGURA 8-4 TIR SOCIAL ACTUALIZADO, ALTERNATIVA TVTC



8.8 De la perspectiva de Participación Ciudadana

Una conclusión general de la investigación realizada es que existe una importante tarea comunicacional por delante. El entendimiento de la idea de tarifificación 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 mejoró cuando las personas recibieron más información sobre la situación de congestión en Santiago.

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 tarifificación 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 desaprobada 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 tarifificación vial puede llegar a significar para los residentes en Santiago.

Para constatar los beneficios de la tarifificación 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 tarifizadas 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 tarifiza 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 si sería efectivo, con la ventaja adicional del cordón en términos de su claridad y simplicidad para explicarlo a la ciudadanía, según lo que se comprobó con los usuarios 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 (pérdida de patentes municipales) y las compensaciones a inversiones privadas que se verían 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 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.

La resistencia de residentes y locatarios, 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 períodos 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 de TVC a implementar.

En lo que respecta a las condiciones previas necesarias para implementar una medida como tarifización 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 períodos 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 para toda la ciudad si permitiría medir efectos locales y demostrar efectividad para facilitar la aceptabilidad de su expansión a otros sectores.

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 ya se mencionó anteriormente sería recomendable implementar la medida inicialmente acotada a los períodos *peak* actuales (punta mañana y punta tarde) de días laborales.

8.9 De la viabilidad jurídica de una medida de tarifación 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 tarifación vial en Chile:

- I Que el establecimiento de un sistema de **tarifación 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** -entendiéndose 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 tarifación 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 tarifación 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 tarifación 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 tarifificar, 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 tarifación 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 Tarifación Vial, en estudio.
- I **Que es factible destinar los fondos recaudados de la tarifación 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 tarifación 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 Tarifación 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 tarifación 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 tarifcadas 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 tarifación 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 Tarifación 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.

ANEXOS

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 ESTRAUS, 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.

ANEXO

B

**REFERENCIAS PARA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE TECNOLOGÍA DE COBRO CONSIDERADA
PARA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TVC**

Costos de inversión, operación y mantención de sistemas

Dada las ventajas que presenta la implementación en Santiago de un esquema de cobro mediante pórticos y transponders, se ha cunificado esta opción para los diferentes esquemas de cobro.

Por otro lado la tecnología de Cámaras y Sistema OCR (video tolling), si bien no debiera ser muy distinta en términos de costos de inversión (aumentan marginalmente los costos de almacenamiento y transmisión de información), en términos de costos de operación aumenta en forma considerable, por los procesos de fiscalización y facilidad de facturación.

Para el sistema de cobro vía pórticos/tag, se obtuvo información de costos de los diferentes componentes, la que se recopiló de distintos actores, los cuales han estado involucrados en el desarrollo de proyectos ITS.

Las fuentes son nacionales e internacionales, tratando de buscar un equilibrio entre los costos de compra de equipo que normalmente tienen un valor de mercado internacional, y costos locales asociados a la implementación física y la posterior operación y mantención de los sistemas.

Entre las fuentes consultadas destacan:

- UOCT : quienes entregaron datos de costos locales de inversión, instalación, operación y mantenimiento de tecnologías.
- MOP (Concesiones): Costos locales de equipamiento y software para concesiones urbanas de Santiago.
- PIARC (ITS Handbook 2nd Edition 2004): de donde se obtuvieron valores referenciales de equipamiento ITS.
- Concesionarios: se obtuvieron detalles de costos reales de inversión, operación y mantenimiento de sistemas de cobro electrónico de peajes utilizados en dos concesiones urbanas de Santiago, para los distintos componentes del sistema.
- Además se utilizó información disponible en manos del consultor de otras fuentes internacionales, especialmente en lo referente a equipos específicos.

La desagregación de costos se ha realizado en base a los siguientes ítems:

- i. Costos Fijos Implementación Sistema Base
 - Habilitación Centro Control y Sistemas
 - Edificio Centro Control

ii. Costos Operación y Mantenición Sistema Base

- Back Office
 - Gastos Personal
 - Gastos Corrientes
 - Sistema Recaudación
 - Mantenición de los Sistemas
- Front Office
 - Call Center
 - Entrega de tags
 - Venta pase diario
 - Centros de pago/oficina propia
 - Convenios medios de pago
 - Fiscalización

iii. Costo inversión por punto de cobro

- Estructura pórtico instalada
- Empalme eléctrico
- Unidad de respaldo
- Lector de tag
- Cámara captura imágenes
- Espiras clasificadoras
- Equipo clasificador
- Enlace fibra óptica
- Software
- Gabinetes
- Instalación de equipos
- Obras civiles adicionales
- Impuestos y aranceles (US\$)

iv. Costo mantención por punto de cobro

- Operación y mantención equipos
- Renta enlace fibra óptica

A continuación se describe cada uno de estos.

Costos fijos implementación del sistema base

Este concepto tiene dos componentes: la habilitación de los sistemas y el espacio físico propiamente tal.

- **Habilitación centro control y sistemas.** Se refiere a un costo referencial de la inversión inicial necesaria para adquirir e instalar todos los equipos y sistemas necesarios para la operación del centro de control.
- **Edificio centro control.** Considera la compra de un sitio y construcción de inmueble, con un precio total de referencia por m².

Costos operación y mantención sistema base

En este caso hay dos entidades denominadas Back Office y Front Office. El Back Office realiza las labores de dirección, operación y mantención de los sistemas, mientras que la labor del Front Office se refiere a la interacción con los usuarios.

En el caso del Back Office, los ítemes presupuestados son los siguientes:

■ **Gastos Personal.** Se refiere al personal de planta necesaria para administrar el sistema. Se ha supuesto una planta de 24 personas, con los siguientes cargos o funciones:

- Un director o gerente
- Un ingeniero B (10 años de experiencia)
- Dos ingenieros C (5 años de experiencia)
- Un jefe de la sala de control (con conocimientos de tecnología)
- Cinco operadores de la sala de control (para control de tráfico)
- Diez operadores para chequeo manual de patentes
- Un administrativo
- Dos secretarias
- Un ayudante

■ **Gastos Corrientes.** Se refiere a los gastos de mantención de las oficinas, entre los cuales se han considerado:

- Luz
- Agua
- Gastos comunes
- Teléfono
- Computación
- Materiales
- Gastos Bancarios
- Contabilidad / asesoría legal
- Otros

■ **Sistema Recaudación.** Se refiere al sistema necesario para facturación, envío de cuentas y gestión de cobranzas.

■ **Mantención de los Sistemas.** Corresponde a la mantención de los sistemas de hardware y software, comunicaciones, etc.

En el caso del Front Office, los ítemes presupuestados son los siguientes:

- **Call Center.** Sistema de atención de público vía telefónica.
- **Entrega de tags.** Puntos de entrega.
- **Venta de pase diario.** Puntos de venta.
- **Centros de pago / oficina propia.** Sistema de recaudación ubicados en las dependencias del centro de control.

- **Gatos en convenios con medios de pago.** Convenios para pago de cuentas a través de sistema bancario, grandes tiendas, Transbank u otros (Servipag).
- **Fiscalización.** Personal a cargo de la fiscalización del área tarifada.

Costo inversión por punto de cobro

Se estimaron los costos en que se incurre al instalar un punto de cobro, el cual contempla el pódico con todo el equipamiento necesario. Los ítemes considerados son los siguientes:

- **Estructura pódico instalada.** Estructura soportante del equipamiento de cobro.
- **Empalme eléctrico.** Energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los equipos.
- **Unidad de respaldo.** Unidad de respaldo eléctrico para prevenir suspensión del funcionamiento en caso de cortes de luz.
- **Lector de Tag.** Dispositivo de lectura del transponder.
- **Cámara captura imágenes.** Cámara para captura de imágenes de las placas patentes.
- **Equipo clasificador.** Equipo para realizar la detección y clasificación del flujo.
- **Enlace fibra óptica.** Enlace de comunicaciones con el centro de control.
- **Software.** Programas requeridos para el funcionamiento de los lectores de tag y sistema de cámaras.
- **Gabinetes.** Gabinete para protección de los equipos.
- **Instalación de equipos.** Mano de obra de técnicos especializados.
- **Obras civiles adicionales.** Otras obras civiles.
- **Impuestos y aranceles.**

Costo mantención y operación por punto de cobro

En este caso se consideró por cada punto de cobro algunos costos de operación y mantención, desglosados en dos ítemes:

- **Operación y mantención equipos.** Costo de revisión preventiva y reposición en caso de fallas.
- **Renta enlace fibra óptica.** Arriendo de línea de comunicaciones.
- **Suministro eléctrico.** Costo mensual suministro electricidad.

Resumen de los presupuestos referenciales

La información recopilada permitió estimar los costos de cada ítem considerado, obteniéndose los valores referenciales que se presentan en la tabla siguiente. Estos precios referenciales fueron los utilizados para calcular el costo de cada una de las distintas alternativas de tarifación analizadas en el presente estudio.

COSTOS REFERENCIALES

Item	Moneda	C. U.	Unidad	Cantidad	Total en \$
Costos Fijos Implementación Sistema Base					
Habilitación Centro Control y Sistemas	US\$	5.000.000	global	1	\$ 2.700.000.000
Edificio Centro Control	UF	50	m2	500	\$ 460.000.000
Total en pesos	\$				\$ 3.160.000.000
Total en dólares	US\$				US\$ 5.954.952
Costos Operación y Mantenimiento Sistema Base					
Back Office					
Gastos Personal	\$	357.720.000	año	1	\$ 357.720.000
Gastos Corrientes	\$	92.400.000	año	1	\$ 92.400.000
Sistema Recaudación	US\$	300.000	año	1	\$ 162.000.000
Mantenimiento de los Sistemas	US\$	300.000	año	1	\$ 162.000.000
Front Office					
Call Center	\$	360.000.000	año	1	\$ 360.000.000
Entrega de tags	\$	12.960.000	punto/año	1	\$ 12.960.000
Venta pase diario	\$	12.960.000	punto/año	1	\$ 12.960.000
Centros de pago/oficina propia	\$	4.600.000	año	1	\$ 4.600.000
Convenios medios de pago (resp. facturación total)	%	2%	año	1	----
Fiscalización	\$	115.680.000	año	1	\$ 115.680.000
Total en pesos	\$				\$ 1.280.320.000
Total en dólares	US\$				US\$ 2.370.963
Costo inversión por punto de cobro					
Estructura pórtico instalada	UF	714	unidad	1	\$ 13.137.600
Empalme eléctrico	UF	100	unidad	1	\$ 1.840.000
Unidad de respaldo	US\$	8.744	unidad	1	\$ 4.721.825
Lector de tag	US\$	12.000	pista	3	\$ 19.440.000
Cámara captura imágenes	US\$	20.000	pista	3	\$ 32.400.000
Equipo clasificador	US\$	10.000	pista	3	\$ 16.200.000
Enlace fibra óptica	\$	2.737.000	unidad	1	\$ 2.737.000
Software	US\$	40.000	unidad	1	\$ 21.600.000
Gabinetes	US\$	15.000	unidad	1	\$ 8.100.000
Instalación de equipos	US\$	38.000	unidad	1	\$ 20.520.000
Obras civiles adicionales	\$	20.000.000	unidad	1	\$ 20.000.000
Impuestos y aranceles (US\$)	%	25			\$ 25.615.456
Total en pesos	\$				\$ 186.311.881
Total en dólares	US\$				US\$ 345.022
Costo mantenimiento por punto de cobro					
Operación y mantenimiento equipos	\$	37.262.376	unidad/año	1	\$ 37.262.376
Renta enlace fibra óptica	\$	2.870.400	unidad/año	1	\$ 2.870.400
Suministro eléctrico	\$	3.600.000			\$ 3.600.000
Total en pesos	\$				\$ 43.732.776
Total en dólares	US\$				US\$ 80.987

Fuente: elaboración propia en base a información referencial proporcionada por terceros.

ANEXO

C

DISEÑO DE PUNTOS DE COBRO DE ALTERNATIVA ELEGIDA TRIÁNGULO CENTRAL

ANEXO

D

ACTUALIZACIÓN DE ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN DE ALTERNATIVA
TVTC

Alternativa Triángulo Central (TVTC)			
Puntos de control	N°	Total Pórticos	Total Pistas
de 1 pista	1		
de 2 pistas	15		
de 3 pistas	11	41	98
de 4 pistas	3		
de 5 pistas	2		
de 6 pistas (3 x sentido)	2		
Recaudación diaria esperada⁶⁷	\$ 122,430,137		UF 7,528
% recaudado convenios externos	75%		
Nuevos usuarios anuales	12,500		
RESUMEN COSTOS			
Inversiones			
		Antes de impuestos	Después de 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			
		Antes de impuestos	Después de 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

⁶⁷ Dado que en este caso la Recaudación es un input para la estimación de costos, se ha considerado para una estimación más conservadora la recaudación estimada para el año 2015 asociada a una tarifa base de \$3.500

INVERSIONES						
Costos Fijos Implementación Sistema Base						
	Precio Unitario UF		Unidad	Cantidad	Total UF	
	sin imp	con imp			sin imp	con imp
Habilitación Centro Control y Sistemas	UF 122,283	UF 146,739	global	1	UF 122,283	UF 146,739
Edificio Centro Control	UF 42	UF 50	m2	500	UF 21,008	UF 25,000
Total en UF					UF 143,291	UF 171,739
Costo inversión por punto de cobro						
	Precio Unitario UF		Unidad	Cantidad	Total UF	
	sin imp	con imp			sin imp	con imp
Estructura pórtico instalada	UF 450	UF 536	unidad	41	UF 18,450	UF 21,956
Empalme eléctrico	UF 84	UF 100	unidad	41	UF 3,445	UF 4,100
Unidad de respaldo	UF 216	UF 257	unidad	41	UF 8,842	UF 10,521
Lector de tag	UF 352	UF 440	pistas	98	UF 34,513	UF 43,141
Cámara captura imágenes	UF 587	UF 734	pistas	98	UF 57,522	UF 71,902
Equipo clasificador	UF 293	UF 367	pistas	98	UF 28,761	UF 35,951
Enlace fibra óptica	UF 125	UF 149	unidad	41	UF 5,125	UF 6,099
Software	UF 1,174	UF 1,467	unidad	41	UF 48,130	UF 60,163
Gabinetes	UF 440	UF 550	unidad	41	UF 18,049	UF 22,561
Instalación y prueba de equipos	UF 1,115	UF 1,394	unidad	41	UF 45,724	UF 57,155
Obras civiles adicionales	UF 913	UF 1,087	unidad	41	UF 37,450	UF 44,565
Señalización	UF 8	UF 10	unidad	105	UF 838	UF 998
Demarcación	UF 59	UF 70	unidad	34	UF 2,000	UF 2,380
Nuevos transponders iniciales	UF 0.9	UF 1.1	unidad	12,500	UF 11,005	UF 13,757
Total en UF					UF 319,854	UF 395,249

OPERACIÓN Y MANTENCIÓN (1 AÑO)						
Costos Operación y Mantenimiento Sistema Base						
	Precio Unitario UF		Unidad	Cantidad	Total UF	
	sin imp	con imp			sin imp	con imp
Back Office						
Gastos Personal	UF 19,441	UF 19,441	año	1	UF 19,441	UF 19,441
Gastos Corrientes	UF 4,220	UF 5,022	año	1	UF 4,220	UF 5,022
Sistema Recaudación	UF 7,399	UF 8,804	año	1	UF 7,399	UF 8,804
Mantenimiento de los Sistemas	UF 7,337	UF 8,804	año	1	UF 7,337	UF 8,804
Front Office						
Call Center	UF 1,630	UF 1,630	mes	12	UF 19,565	UF 19,565
Entrega de tags	UF 49	UF 59	punto/mes	12	UF 592	UF 704
Venta pase diario	UF 49	UF 59	punto/mes	12	UF 592	UF 704
Centros de pago/oficina propia	UF 2,019	UF 2,402	año	1	UF 2,019	UF 2,402
Fiscalización (costo fijo)	UF 260	UF 310	año	1	UF 260	UF 310
Fiscalización (honorarios)	UF 1,500	UF 1,500	año	1	UF 1,500	UF 1,500
Transponders	UF 0.9	UF 1.1	unidad	12,500	UF 11,005	UF 13,757
Total anual en UF					UF 62,925	UF 67,258
Costo mantenimiento por punto de cobro						
	Precio Unitario UF		Unidad	Cantidad	Total UF	
	sin imp	con imp			sin imp	con imp
Operación y mantenimiento equipos	UF 1,560	UF 1,928	unidad/año	41	UF 63,971	UF 79,050
Renta enlace fibra óptica	UF 13	UF 15	unidad/mes	492	UF 6,396	UF 7,611
Suministro eléctrico	UF 137	UF 163	unidad/mes	492	UF 67,410	UF 80,217
Total anual en UF					UF 137,776	UF 166,878

HOJA DE CONTROL

Nombre Proyecto/Propuesta	Tarificación Vial por Congestión para la Ciudad de Santiago
Título del Documento	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
2		
3		

REVISIÓN

Generado por	UCV
Otros colaboradores	RAM, DML
Revisado por	Impreso UCV
RAM	

Firma

.....

DISTRIBUCIÓN

Cliente	Transantiago, SECTRA, SUBTRANS
Steer Davies Gleave:	Santiago